

Fiches Pathologie

Danièle Dirol - Jacques Holveck - Jacques Putatti

Mars 2004

ÉDITIONS WEKA

308C13

Avertissement de l'éditeur

La mise à disposition du lecteur du présent classeur à feuillets mobiles vise un but d'information.

Cette information est fournie en l'état ; les Éditions WEKA déclinent toute responsabilité quant à son utilisation, son adaptation ou son interprétation dans le cadre d'une activité professionnelle.

De nombreux nouveaux textes (normes, lois, décrets, etc.) entrent en vigueur chaque mois. Aussi, lorsque ce classeur à feuillets mobiles se réfère aux normes, réglementations, lois, etc., il s'agit de celles en vigueur au moment de la publication de l'ouvrage de base ou des compléments/mises à jour.

C'est pourquoi, entre la réception de deux compléments/mises à jour, nous invitons le lecteur à vérifier la validité des références au moment de leur application.

L'article L. 122-5 du Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de ses alinéas 2 et 3 d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les « analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration », toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement écrit et préalable de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite (article L. 122-4).

Toute représentation, reproduction ou adaptation par quelque procédé que ce soit constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Cette interdiction recouvre notamment l'utilisation et l'exploitation de l'ouvrage ou des textes le composant par tout procédé tel que saisie, manipulation et stockage dans une banque de données, reproduction ou transmission par quelque moyen ou forme que ce soit tel que électronique, mécanique, photographique, photocomposition, cinématographique, magnétique, informatique, télématique, satellite, ainsi que par tout autre moyen existant ou à créer.

L'insertion d'extraits dans un ouvrage ou dans un document de formation est interdite sauf si elle est associée à une citation de l'ouvrage.

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction de la version française par tous procédés réservés pour tous pays.

© 2004 Éditions WEKA - 249, rue de Crimée - F. 75935 Paris Cedex 19

Tél. : 01 53 35 16 00 - Fax : 01 53 35 17 01

Directeur de production : Jacques Piétri

Composition : Compographie - F. 26200 Montélimar

Impression : Langlois Pao Fab - F. 14410 Vassy

Imprimé en UE, 2004

Dépôt légal (ouvrage de base) : 4^e trimestre 1999

Tous droits réservés - Reproduction interdite

ISBN 2-7337-0148-7

Présentation de l'ouvrage

Les désordres dus à des erreurs de conception et de mise en œuvre engendrent un nombre important de litiges.

C'est pourquoi il nous a paru intéressant d'établir, pour la résolution des cas courants, des fiches de synthèse spécialisées permettant d'analyser un cas précis de pathologie.



- La pathologie est simple : une fiche « Question/Réponse » contient les rubriques suivantes : question, textes réglementaires et réponse. Ces fiches traitent de points particuliers issus de cas concrets rencontrés par nos lecteurs et nos experts.



- La pathologie est complexe :

- une fiche « Désordre » décrit uniquement le désordre, sans évoquer de causes et/ou solutions, et est éventuellement enrichie par un schéma ou une photographie ;



- une fiche « Diagnostic » décrit uniquement les causes du désordre en respectant l'ordre chronologique de ces causes ;



- une fiche « Solution » permet de développer des causes décrites dans la fiche « Diagnostic » ; elle peut être complétée par un schéma ou une photographie.



- Fiche « Synthèse » :

- une fiche « Synthèse ouvrage » traite de pathologies traitées concernant un ouvrage ;

- une fiche « Synthèse matériau » traite de pathologies traitées en liaison avec un matériau.

La fiche « Synthèse » est réalisée lorsque plusieurs pathologies liées à un ouvrage ou à un matériau ont été traitées dans les fiches décrites ci-dessus.

Ainsi, plus de 400 fiches synthétiques et illustrées de schémas clairs et précis sont réunies dans ce classeur et classées par ordre alphabétique.

Pour une navigation simple et efficace, la recherche s'effectue à partir de mots clés. Un exemple : la pathologie des balcons vous intéresse. Cherchez le mot clé « balcon » puis affinez votre sélection à l'aide du deuxième mot clé qui précise la nature du désordre. Ainsi, vous trouverez une fiche désordre sur les balcons et les fissurations horizontales ou encore sur les garde-corps métalliques.

Toutefois, il est important de rappeler que l'utilisation de ces fiches doit être effectuée avec précaution. En effet, si les causes de désordres peuvent être identiques, chaque cas doit être resitué dans son contexte. Il est donc prudent de ne pas faire de généralités à partir de simples constatations présentant des analogies morphologiques.

N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques et de vos souhaits en utilisant les cartes contact. Ce service gratuit vous permet d'interroger nos auteurs. Nous ferons le maximum pour vous donner entière satisfaction.

Bien cordialement

Thierry Kremer
Éditeur

Présentation des auteurs

**Yves
Benoît**

Professeur de l'enseignement technique depuis 1997, sa formation est essentiellement professionnelle : du CAP de menuiserie à la licence des sciences de la production industrielle.

Pendant 9 ans, il a exercé au Centre technique du bois et de l'ameublement.

Il a assuré dans un premier temps le fonctionnement du SVP 11-11 spécialisé de l'industrie du bois. Ce poste lui a permis d'être quotidiennement au contact avec les professionnels rencontrant des pathologies du bois dans le bâtiment. Puis, il a travaillé sur des applications industrielles avec des capteurs sans contact (mesure d'épaisseur, détection de défauts, etc.).

**Danièle
Dirol**

Ingénieur en biologie du bois, elle a exercé son activité pendant 31 ans au Centre technique du bois et de l'ameublement en tant que chef du service Biologie comprenant les laboratoires d'anatomie du bois, d'entomologie, de mycologie et écotoxicité aquatique.

Expert en pathologies biologiques du bois dans le bâtiment, son rôle de consultante s'exerce auprès des architectes, maîtres d'œuvre, industriels de la préservation du bois et également scieurs et lamellistes ; elle peut être appelée en tant que sapiteur auprès d'un expert judiciaire et participe à la mise au point de nouvelles techniques de traitement et à la rédaction de cahiers des charges.

Expert national (AFNOR) et européen en normalisation ; membre du Comité euro-

péen de normalisation CENT/TC/38 (Durabilité du bois et des matériaux dérivés), elle a contribué à l'élaboration des normes de critères et des méthodes d'essais normalisées qui régissent la préservation du bois actuellement.

Son assistance technique auprès des entreprises désireuses d'obtenir un agrément de qualité de produits (de préservation du bois) ou de services (applicateurs de traitements curatifs, stations de traitement) lui a donné une grande expérience des règles de la certification qui passent par l'application des normes européennes et de prescriptions techniques bien précises.

Responsable des recherches en préservation (biologie et chimie) au CTBA, elle a élaboré des contrats de recherches et assuré leur coordination avec des universités françaises et des organismes techniques ou de recherche européens, lui permettant ainsi de suivre la progression de l'efficacité des techniques dans le domaine de la protection du bois en même temps que leur sécurité vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

Elle a enseigné à l'École supérieure du bois à Paris (ESB), à l'École d'horticulture de Versailles, à l'École du Louvre et à l'Institut français de restauration des œuvres d'art (IFROA) à Paris. Elle a rédigé de nombreuses communications techniques (CTBA) et scientifiques dans le cadre de l'IRG (*International Research Group on Wood Preservation*) et participe actuellement à la rédaction de nombreux documents techniques et scientifiques.

Membre et expert à l'AFPB (Association française pour la préservation du bois), elle est actuellement professeur à l'Institut de l'expertise à Paris.

**Jacques
Holveck**

Ingénieur électrotechnicien, il a conduit la mise en route de grands chantiers tels que celui d'Usinor à Dunkerque (1962) et celui de la centrale nucléaire de Chooz, dans les Ardennes.

Directeur d'un bureau d'études à la compagnie électromécanique, il est également l'inventeur du système de régulation d'huile d'étanchéité des turbos accélérateurs de grande puissance.

Ingénieur au Bureau Veritas en qualité de responsable des contrôles techniques, il a également été conseiller auprès de grandes entreprises, chargé du développement des missions à l'étranger et président de la section « ascenseurs » au Coprec de 1982 à 1989.

**Jacques
Putatti**

Ingénieur ETP (major de la promotion TP 48).

Professeur de l'enseignement technique depuis 1955, il a dirigé des bureaux d'études d'entreprises pendant une quinzaine d'années (bâtiment, génie civil) ; puis comme ingénieur en chef au Bureau Veritas pendant quinze ans, il a assuré la direction de la division traitant de l'étanchéité des parois de bâtiment (maçonneries, couvertures, toitures avec étanchéité, ouvrages divers tels que cuvelages, bassins, réservoirs...) puis la direction du département « Techniques nouvelles ».

Pendant toute cette période, il a contribué à l'élaboration de la réglementation tech-

nique (normes DTU, règles professionnelles, Avis techniques) et a dirigé de nombreuses enquêtes.

En raison de ses connaissances particulières des conditions climatiques hors métropole, il a été l'auteur principal des « règles Antilles ».

Il a, en outre, assuré des suivis sur de nombreux chantiers dans le monde (Moyen-Orient, Afrique, Canada), où ont été développées des techniques nouvelles.

Il est également membre des commissions DTU « couvertures et toitures avec l'étanchéité » au CSTB, ainsi que du « groupe spécialisé n° 5 » (délivrant les Avis techniques).

Il a participé au cycle d'enseignement spécialisé « Mastère de l'enveloppe du bâtiment » à l'école centrale de Paris pendant plusieurs années. Expert français en génie civil (Direction des affaires économiques et internationales - ministère de l'Urbanisme), il a participé à de nombreux congrès internationaux.

Il est expert judiciaire auprès de la cour d'appel de Paris dans les spécialités : étanchéité, couverture et génie civil.

Il a publié un ouvrage intitulé *Technologie de la construction des bâtiments, fondations et soutènements* (Eyrolles, 1979) ainsi qu'un ouvrage sur l'étanchéité dans le bâtiment et les travaux publics (Éditions Nathan, 1990). Aux éditions Weka, il est l'auteur de la partie technique de l'ouvrage *Désordres dans les ouvrages de bâtiment*, ainsi que pour l'ouvrage *Détails des projets de construction de bâtiment*.

Comment est organisé cet ouvrage ?

Votre ouvrage est constitué de fiches. Elles sont regroupées par ordre alphabétique. Un onglet sur le côté droit de votre ouvrage vous permet de vous repérer et de chercher la lettre qui vous intéresse.

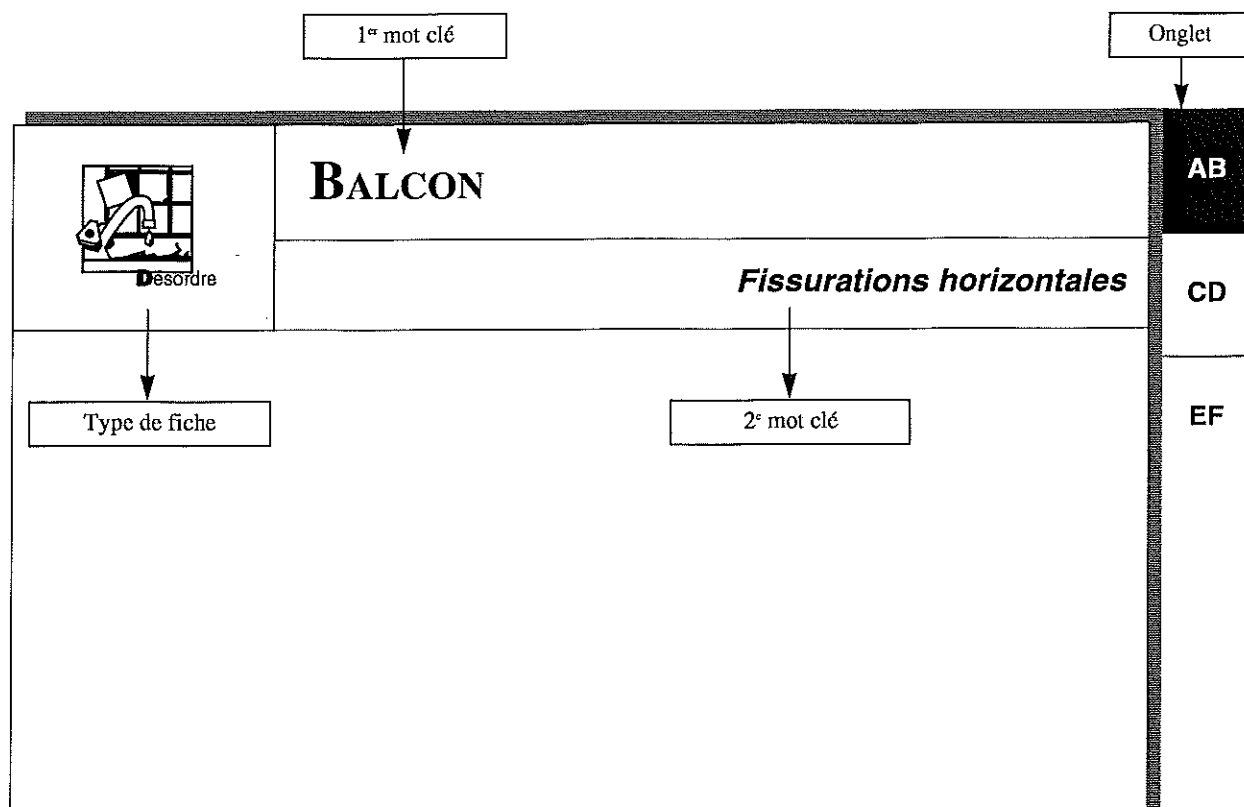
l'entrée balcon, vous trouverez la pathologie des fissurations horizontales.

Les logos

L'organisation

Les fiches présentent deux mots clés. Le premier précise le domaine et le second la nature du désordre. Par exemple, à

Le logo indique le type de fiche que vous consultez : diagnostic, solution, question-réponse, désordre, synthèse. Ceci vous permettra de vous repérer visuellement dans l'ouvrage.



est **organisé cet ouvrage ?**

Écrivez-nous

Ces cartes vous permettent de joindre les rédacteurs de cet ouvrage pour :

- poser des questions
- faire des suggestions
- émettre des souhaits
- formuler des critiques

Carte de contact lecteur

Expéditeur
Merci d'écrire lisiblement

Nom / Prénom

Profession

N° rue

Code postal Ville

Code client

Nouvelle adresse ☐ oui ☐ non

Affanchir
au tarif
postal

Éditions Weka

249, rue de Crimée

75935 PARIS CEDEX 19

(France)

Carte de contact lecteur

Expéditeur
Merci d'écrire lisiblement

Nom / Prénom

Profession

N° rue

Code postal Ville

Code client

Nouvelle adresse ☐ oui ☐ non

Affanchir
au tarif
postal

Éditions Weka

249, rue de Crimée

75935 PARIS CEDEX 19

(France)

Carte de contact lecteur

Expéditeur
Merci d'écrire lisiblement

Nom / Prénom

Profession

N° rue

Code postal Ville

Code client

Nouvelle adresse ☐ oui ☐ non

Affanchir
au tarif
postal

Éditions Weka

249, rue de Crimée

75935 PARIS CEDEX 19

(France)

1

CARTE CONTACT

Titre de l'ouvrage :

Je me réfère à la partie Chapitre

page à page dessin n°

et désire formuler à ce sujet la remarque suivante :

2

CARTE CONTACT

Titre de l'ouvrage :

Je me réfère à la partie Chapitre

page à page dessin n°

et désire formuler à ce sujet la remarque suivante :

3

CARTE CONTACT

Titre de l'ouvrage :

Je me réfère à la partie Chapitre

page à page dessin n°

et désire formuler à ce sujet la remarque suivante :

Index alphabétique

Domaine	Mots clés	Type de fiche
AB		
Acoustique	Nouvelle réglementation acoustique	Question/réponse
Ascenseurs	Quand et comment doit-on intervenir pour déverrouiller et ouvrir les portes d'un ascenseur	Question/réponse
Ascenseurs	Surveillance minimale d'installation d'ascenseur	Question/réponse
Ascenseurs	Types de contrats d'entretien	Question/réponse
Ascenseurs et monte-charge	Arrêt intempestif de la cabine entre deux paliers	Désordre
Ascenseurs et monte-charge	Arrêt intempestif de la cabine entre deux paliers	Diagnostic
Ascenseurs et monte-charge	Arrêt intempestif de la cabine entre deux paliers	Solutions
Ascenseurs et monte-charge	Non-démarrage de l'appareil	Désordre
Ascenseurs et monte-charge	Non-démarrage de l'appareil	Diagnostic
Ascenseurs et monte-charge	Non-démarrage de l'appareil	Solutions
Balcon	Désordres sur les rives	Désordre
Balcon	Évacuation des EP	Question/réponse
Balcon	Fissurations transversales	Désordre
Balcon	Garde-corps métallique	Désordre
Balcon	Mauvais positionnement des armatures	Désordre
Balcon	Revêtement d'étanchéité	Question/réponse
Balcon avec étanchéité	Infiltration	Désordre
Balcon avec garde-corps métallique	Scellement - Éclatement du béton	Question/réponse
Bardage en bardeaux bitumés	Bardeaux arrachés, jupes battantes	Désordre
Bardage industriel	Arrachement par effet du vent	Désordre
Bardage rapporté en bardeaux bitumés	Bardeaux arrachés	Question/réponse
Bardage translucide en PRV	Rupture par effet de vent	Désordre
Béton	Cure	Question/réponse
Béton	Essai brésilien	Question/réponse
Béton	Fissuration superficielle des bétons frais	Désordre
Béton armé	Fautes de ferrailage	Désordre
Béton armé	Structures préfabriquées -	Désordre
Béton armé (structures)	Déficience des appuis	Synthèse
Béton armé (structures)	Pathologie générale	Désordre
Béton armé (structures)	Déficiences des appuis	Question/réponse
Béton armé (structures) - Exécution des ouvrages	Poteaux extérieurs	Question/réponse
Béton armé (structures en zone sismique)	Cales d'armatures	Question/réponse
Bétons structures	Joint de dilatation	Question/réponse
Bois	Béton gâché à l'eau de mer	Question/réponse
Bois (emploi du)	Réduire les variations dimensionnelles	Synthèse
	Classes de risque biologique	Synthèse

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Bois (emploi du)	Classes de risque - Prescription pour les ouvrages	Synthèse
Bois (emploi du)	Diagnostic des agents biologiques	Synthèse
Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois	Synthèse
Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée	Synthèse
Bois (structures)	Charpente en lamellé-collé	Désordre
Bois (structures)	Pathologie générale	Synthèse
CD		
Canalisations	Carrelage (incorporation sous un revêtement de...)	Question/réponse
Canalisations	Dispositif de protection des canalisations d'amenée d'eau enterrées	Question/réponse
Canalisations	Distribution d'eau sanitaire	Question/réponse
Canalisations	Étanchéité	Question/réponse
Canalisations d'amenée	Eau sous pression	Question/réponse
Canalisations d'évacuation	Chute unique	Question/réponse
Canalisations d'évacuation d'eaux vannes	Corrosion	Désordre
Canalisations d'évacuation des eaux pluviales	Colmatage des canalisations réseau enterré	Désordre
Canalisations d'évacuation des eaux pluviales	Évacuation des eaux pluviales	Question/réponse
Canalisations en acier	Désordres	Synthèse
Canalisations en fonte	Gel de l'eau pluviale	Question/réponse
Canalisations en grès	Joints utilisables	Question/réponse
Carrelage (revêtement de mur extérieur)	Décollement, destruction	Désordre
Carrelage de terrasse privative	Gel d'un revêtement de sol	Désordre
Carrelage de terrasse privative	Réfection d'un revêtement de sol	Solutions
Chaînage defectueux	Agrandissement d'une construction	Désordre
Chaînage defectueux	Agrandissement d'une construction	Solutions
Charpentes en bois	Auvent extérieur	Désordre
Charpentes en bois	Pathologie générale	Désordre
Charpentes en bois	Charpentes industrialisées	Synthèse
Charpentes en bois	Réalisation de colombage	Désordre
Charpente traditionnelle en bois	Fentes de séchage	Désordre
Charpente traditionnelle en bois	Fentes de séchage	Diagnostic
Charpente traditionnelle en bois	Fentes de séchage	Solutions
Charpente traditionnelle en résineux	Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Capricorne des maisons	Désordre
Charpente traditionnelle en résineux	Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Capricorne des maisons	Diagnostic
Charpente traditionnelle en résineux	Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Capricorne des maisons	Solutions
Cloisons de distribution	Carreaux de plâtre	Question/réponse
Cloisons de distribution	Déformation de cloisons en briques plâtrières enduites	Désordre
Cloisons de distribution	Fissuration	Désordre
Cloisons de doublage	Mise en compression	Désordre
Cloisons de doublage	Utilisation de briques plâtrières	Désordre
Cloisons de doublage isolant	Décollement des plaques	Désordre
Cloisons pour parois de douches	Conditions d'emploi du plâtre	Question/réponse
Comble (transformation)	Désordres provoqués par l'aménagement d'un comble	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Conception	Fautes de conception à l'origine des sinistres d'ouvrages d'une souche	Désordre
Conduit d'évacuation de produits de combustion	Développement de végétation autour d'une souche	Désordre
Conduits de fumée	Détérioration d'enduits de cheminée	Désordre
Conduits de fumée	Formation de bistré	Question/réponse
Conduits de fumée	Installation d'inserts	Désordre
Conduits de fumée	Obturation de conduits non utilisés	Question/réponse
Conduits de fumée	Pathologie générale	Synthèse
Conduits de fumée	Raccord avec souche	Désordre
Conduits de fumée	Réparation d'un sinistre de conduit	Solutions
Conduits de fumée	Surélévation	Question/réponse
Conduits de fumée	Tirage naturel	Diagnostic
Conduits de fumée	Valeurs minimales des écarts de feu pour une pièce de bois	Question/réponse
Conduits de fumée (souches)	Cas de réfections de toiture	Question/réponse
Costières métalliques (toitures-terrasses)	Utilisation de costières métalliques pour relevés d'étanchéité	Question/réponse
Couvertures	Couvertures en tuiles - Pénétrations diverses - Désordres divers	Désordre
Couvertures	Pathologie générale	Synthèse
Couvertures	Plan de toiture	Question/réponse
Couvertures	Réfection d'une couverture en tuiles - Défaut de solin	Désordre
Couvertures	Solins - Raccordement par mortier	Désordre
Couvertures (ouvrages de collecte)	Chéneaux	Question/réponse
Couvertures (ouvrages particuliers)	Défaut d'étanchéité d'une rive latérale	Question/réponse
Couvertures (ouvrages particuliers)	Défaut d'étanchéité d'une rive latérale	Solutions
Couvertures (ouvrages particuliers)	Lucarnes	Désordre
Couvertures (déformation)	Déformation des supports (charpente)	Désordre
Couvertures (déformation)	Déformation des supports et éléments porteurs	Désordre
Couvertures en ardoise	Fuite due à une ardoise percée	Désordre
Couvertures en ardoises	Présence de pyrites	Question/réponse
Couvertures en ardoises de schiste	Présence de grains de pyrites	Désordre
Couvertures en bardeaux bitumés	Altération des matériaux	Question/réponse
Couvertures en bardeaux bitumés	Déformation de bardeaux bitumés posés au crochet	Désordre
Couvertures en bardeaux bitumés	Déformation du support	Désordre
Couvertures en bardeaux bitumés	Infiltrations (angle de 2 rives métalliques)	Désordre
Couvertures en bardeaux bitumés	Joint de structure	Question/réponse
Couvertures en bardeaux bitumés	Joint de structure au droit d'une noue	Question/réponse
Couvertures en bardeaux bitumés	Pose « à la française »	Diagnostic
Couvertures en bardeaux de bois	Mousses végétales	Désordre
Couvertures en climat de montagne	Infiltrations d'eau en sous-toiture	Désordre
Couvertures en feuilles métalliques façonnées	Pose à joint debout	Question/réponse
Couvertures en feuilles métalliques façonnées	Pose à simple ou double agrafure	Question/réponse
Couvertures en plaques fibre-ciment (supports de tuiles canal)	Pathologie	Solutions
Couvertures en plaques ondulées d'amiante-ciment	Réparation d'un chéneau de rive encaissé (nouveaux désordres)	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Couvertures en tôle d'acier galvanisé nervurée	Corrosion en sous-face	Désordre
Couvertures en tuiles	Fixation	Question/réponse
Couvertures en tuiles	Lucarne rampante (infiltration)	Diagnostic
Couvertures en tuiles	Pénétration d'eau par faîtage et souche	Désordre
Couvertures en tuiles	Rive latérale contre mur	Solutions
Couvertures en tuiles	Rives latérales	Désordre
Couvertures en tuiles de terre cuite	Chute d'éléments	Désordre
Couvertures en tuiles de terre cuite	Efflorescences	Désordre
Couvertures en tuiles de terre cuite	Infiltration au droit d'une lucarne - Défauts divers	Désordre
Couvertures en tuiles de terre cuite	Réfection d'une toiture	Désordre
Couvertures en tuiles de terre cuite	Rive d'égout - Utilisation de tuiles à emboîtement	Désordre
Couvertures en tuiles de terre cuite	Rive d'égout - Utilisation de tuiles à emboîtement	Solutions
Couvertures en tuiles de terre cuite	Rive latérale contre mur	Désordre
Couvertures en tuiles de terre cuite à emboîtement	Défauts d'écoulement dans la gouttière	Désordre
Couvertures en zinc	Corrosion en sous-face	Désordre
Couvertures en zinc	Support en bois	Question/réponse
Couvertures en zinc à tasseaux	Corrosion de la feuille de zinc	Question/réponse
Couvertures en zinc à tasseaux	Défauts d'entretien - Vieillessement d'ouvrage	Diagnostic
Couvertures en zinc à tasseaux	Défauts d'exécution	Désordre
Couvertures métalliques en tôles d'acier nervurées	Défaut d'étanchéité d'une rive biaise	Désordre
Couvertures métalliques en tôles d'acier nervurées	Traitement d'une rive biaise fuyarde	Solutions
Couvertures métalliques en zinc à tasseaux	Défaut de liaison des feuilles	Désordre
Couvertures métalliques en zinc par feuilles façonnées	Supports autres que le bois	Question/réponse
Couvertures - Ouvrages de collecte	Chéneaux en tôle d'acier	Question/réponse
Couvertures par petits éléments	Pathologie générale	Synthèse
Couvertures translucides	Matériau de synthèse	Synthèse
Couvertures translucides en plaques de PRV	Opacification	Question/réponse
Cuvelages	Création d'un cuvelage dans un bâtiment existant	Question/réponse
Cuvelages	Cuvelage « économique »	Question/réponse
Cuvelages	Différents types de cuvelage	Synthèse
Dallage	Soulèvement	Désordre
Dallage extérieur	Effet de la végétation - Fissuration	Question/réponse
Dallage extérieur	Tassement de revêtements de sols extérieurs sur terre-plein	Désordre
Dallage extérieur	Tassement de revêtements de sols extérieurs sur terre-plein	Solutions
Dallage industriel	Fissurations	Question/réponse
Dallages en béton	Exécution d'un dallage extérieur en période froide	Question/réponse
Dallages de sous-sol	Phénomène « sécheresse »	Désordre
Dallages sur terre-plein	Affaissement	Diagnostic

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Dallages sur terre-plein	Gonflement de remblais	Désordre
Dallages sur terre-plein	Remblais de démolitions	Désordre
Dalles alvéolées en béton précontraint utilisées comme éléments porteurs des toitures-terrasses	Avantages et inconvénients	Question/réponse
Déformations ponctuelles d'un revêtement d'étanchéité	Revêtement d'étanchéité apparent	Question/réponse
Désordre de fondations superficielles	Tassements différentiels	Désordre
Désordre maçonnerie	Pignon fissuré	Désordre
Désordre sécheresse (suite)	Désordres divers (dallage, murs porteurs, etc.)	Désordre
Désordres en toiture-terrasse	Fuites, pénétrations d'eau	Question/réponse
Désordres revêtement d'étanchéité par hydrocarbures	Toitures industrielles avec revêtement d'étanchéité	Désordre
Double vitrage	Choix d'un double vitrage	Question/réponse
EF		
Eaux (épreuve d'étanchéité à l'eau d'un ouvrage)	Expertise	Question/réponse
Eaux (fuites et dégâts des...)	Dégâts provoqués par des fuites d'eau en plafond d'un rez-de-chaussée d'immeuble d'habitation	Question/réponse
Eaux pluviales	Dégâts des eaux sur une terrasse	Question/réponse
Eaux usées (évacuation des...)	Corrosion de canalisation	Question/réponse
Écrans de sous-toiture	Rôle et fonction	Question/réponse
Écrans de sous-toiture	Pathologie	Désordre
Électriques (installations)	Déclenchements aléatoires affectant un même circuit	Désordre
Électriques (installations)	Déclenchements aléatoires affectant un même circuit	Diagnostic
Électriques (installations)	Déclenchements aléatoires affectant un même circuit	Solutions
Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher	Désordre
Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher	Diagnostic
Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher	Solutions
Électriques (installations)	Défaut à la terre	Désordre
Électriques (installations)	Dégradation apparente de l'appareillage	Question/réponse
Électriques (installations)	Échauffement anormal	Désordre
Électriques (installations)	Perturbations de tension	Désordre
Électriques (installations)	Perturbations de tension	Diagnostic
Électriques (installations)	Perturbations de tension	Solutions
Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté	Synthèse
Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques	Synthèse
Électriques (installations)	Répartition inégale des courants dans les conducteurs en parallèle d'une même phase	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Électriques (installations)	Répartition inégale des courants dans les conducteurs en parallèle d'une même phase	Diagnostic
Électriques (installations)	Répartition inégale des courants dans les conducteurs en parallèle d'une même phase	Solutions
Électriques (installations)	Vérification de la grandeur du courant de court-circuit possible dans un circuit	Question/réponse
Électriques (installations)	Vérification de la valeur de réglage des protections de surintensité dans une installation définie en régime TN	Question/réponse
Électriques (installations)	Vérification de la valeur du courant de défaut possible dans une installation définie en régime TT	Question/réponse
Électriques (installations)	Vérifications périodiques réglementaires	Question/réponse
Enduit ciment	Enduit ciment sur mur en pierre calcaire	Question/réponse
Enduit de parement plastique	Enduit de parement plastique sur enduit ciment faïencé	Question/réponse
Enduits extérieurs sur mur en maçonnerie	Maçonnerie de terre	Question/réponse
Enduits intérieurs	Cloisons en briques plâtrières	Question/réponse
Escaliers en béton armé	Escaliers préfabriqués	Question/réponse
Étanchéité (techniques nouvelles)	Utilisation des SEL en ouvrages d'étanchéité	Question/réponse
Étanchéité de façade	Revêtement de carrelage	Question/réponse
Étanchéité des murs en maçonnerie	Revêtement extérieur en pierres attachées	Question/réponse
Étanchéité des planchers intermédiaires	Réalisation d'une étanchéité pour salle de bains ou salle d'eau - Utilisation de feuilles de plomb	Question/réponse
Évacuation des eaux pluviales	Cas d'une terrasse-jardin	Question/réponse
Façade (structure)	Panneaux lourds préfabriqués à double peau	Désordre
Façade (structure)	Support pour isolation	Diagnostic
Façade (revêtement en carrelage)	Étanchéité	Question/réponse
Façade (revêtement extérieur)	Revêtement en pierres attachées	Désordre
Façade (revêtements verticaux)	Pathologie générale	Synthèse
Façades en béton	Présence de pyrites près d'un parement	Désordre
Façades en béton	Taches - Traînées de couleur rouille	Désordre
Façades en béton	Taches - Traînées de couleur rouille	Solutions
Façades lourdes (maçonnerie)	Pathologie générale	Synthèse
Façades lourdes (maçonnerie)	Pathologie générale (études statistiques)	Synthèse
Fissuration de dallage extérieur	Effet du gel	Désordre
Fissuration de maçonnerie	Étude d'un cas concret d'après la morphologie de la fissure	Désordre
Fissuration d'un mur	Tassements différentiels	Désordre
Fissurations de murs en maçonnerie	Dispositions de chaînages	Désordre
Fissures	Morphologie	Désordre
Fissures (réparation par mastics souples)	Réparation enduit	Solutions
Fondation d'un mur de clôture	Déchaussement de la fondation	Désordre
Fondation d'un mur de clôture	Déchaussement de la fondation	Solutions
Fondations	Effondrement d'un mur enterré par défaut du sol de fondation	Désordre
Fondations	Fissuration (phénomène sécheresse)	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Fondations	Fissuration d'un voile porteur par tassement différentiel	Désordre
Fondations	Semelles filantes en béton non armé	Question/réponse
Fondations	Tassement d'un angle de bâtiment	Désordre
Fondations profondes	Fondations par puits	Question/réponse
Fondations profondes	Pieu foré et colonne ballastée	Question/réponse
Fondations profondes	Recépage des pieux	Question/réponse
Fondations profondes	Types - Pathologie sommaire	Synthèse
Fondations profondes et semi-définitives	Reprise en sous-œuvre	Question/réponse
Fondations superficielles	Compactage dynamique	Question/réponse
Fondations superficielles	Dispositions générales (conception)	Synthèse
Fondations superficielles	Drainage	Question/réponse
Fondations superficielles	Essais à la plaque	Question/réponse
Fondations superficielles	Graves-ciment	Question/réponse
Fondations superficielles	Influence du voisinage d'arbres sur les fondations - Désordres dus à la végétation	Question/réponse
Fondations superficielles	Maisons individuelles	Synthèse
Fondations superficielles	Mise « hors gel »	Question/réponse
Fondations superficielles	Phénomène « sécheresse »	Désordre
Fondations superficielles	Sols gonflants	Question/réponse
Fondations superficielles	Travaux (utilisation de feuilles plastiques)	Question/réponse
Fondations superficielles	Tassement d'ensemble	Désordre
Fondations superficielles (maisons individuelles)	Affouillement des plates-formes	Désordre
Fondations superficielles (maisons individuelles)	Dallage sur terre-plein	Synthèse
Fondations sur pieux forés	Rupture de pieux en cours de chantier	Désordre
IJ		
IP protection	Choix du degré de protection IP des matériels électriques	Diagnostic
Isolation acoustique	Bruits d'impact	Question/réponse
Isolation acoustique	Couvertures métalliques	Question/réponse
Isolation acoustique	Insuffisances	Synthèse
Isolation acoustique	Obligations	Désordre
Isolation d'un comble	Réglementation	Question/réponse
	Isolation par laine minérale disposée sous rampant (condensations)	Désordre
Isolation par l'extérieur	Décollement	Question/réponse
Isolation par l'extérieur	Défaut de planéité et moisissure	Désordre
Isolation par l'extérieur	Support (reconnaissance)	Diagnostic
Isolation thermique	Température d'un local	Question/réponse
Isolation thermique par l'extérieur	Façades	Synthèse
Isolation thermique par l'extérieur	Nature du support	Question/réponse
Joint d'une gaine VO (défaut de calfeutrement)	Vide-ordures (gaine)	Désordre
Joint d'une gaine VO (défaut de calfeutrement)	Vide-ordures (gaine)	Solutions
KL		
Lambris	Soulèvement d'un lambris	Désordre
Lambris	Soulèvement d'un lambris	Diagnostic
Lambris	Soulèvement d'un lambris	Solutions

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Lambris extérieurs	Dégradation fongique par les agents de bleuissement	Désordre
Lambris extérieurs	Dégradation fongique par les agents de bleuissement	Diagnostic
Lambris extérieurs	Dégradation fongique par les agents de bleuissement	Solutions
Lamellé-collé extérieur	Dégradation fongique par le Lenzite des clôtures : pourriture cubique	Désordre
Lamellé-collé extérieur	Dégradation fongique par le Lenzite des clôtures : pourriture cubique	Diagnostic
Lamellé-collé extérieur	Dégradation fongique par le Lenzite des clôtures : pourriture cubique	Solutions
Liaisons équipotentielles	Salles d'eau	Diagnostic
MN		
Maçonneries	Fissures (colmatage)	Question/réponse
Maçonneries	Fissures dans un angle de bâtiment	Diagnostic
Maçonneries	Fissures dans un angle de bâtiment	Solutions
Maçonneries	Maçonneries de terre	Question/réponse
Maçonneries de briques creuses de terre cuite	Piles porteuses	Question/réponse
Maçonneries de briques pleines	Efflorescences	Question/réponse
Maçonneries de briques pleines	Phénomènes de gel	Désordre
Maçonneries de pierre calcaire	Altération de pierres	Désordre
Maçonneries de pierre de taille appareillée	Désordres sur des appuis de baie	Désordre
Maçonneries de pierre de taille appareillée	Éclatement de la pierre provoqué par un scellement d'une grille	Désordre
Maçonneries de terre	Pathologie des murs en pisé	Désordre
Maçonnerie en blocs de béton manufacturés	Fissuration de l'enduit	Désordre
Maçonneries enterrées	Étanchéité des murs extérieurs	Synthèse
Maçonneries enterrées	Humidité intérieure	Désordre
Maçonneries enterrées	Infiltrations	Désordre
Maçonneries enterrées	Infiltrations	Solutions
Maçonneries enterrées	Infiltration d'eau (immeuble)	Désordre
Maçonneries enterrées	Infiltration d'eau (maison individuelle)	Désordre
Maçonneries enterrées	Infiltrations dans un mur en limite de propriété	Question/réponse
Maçonneries enterrées	Pathologie des murs de sous-sols	Désordre
Maçonneries extérieures	Pathologie des briques apparentes	Synthèse
Maçonneries extérieures	Fissuration et infiltration d'eau	Désordre
Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau dans les murs extérieurs	Désordre
Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau dans un mur pignon	Diagnostic
Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau dans un mur pignon - Cas concret	Solutions
Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau par fissures	Désordre
Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau par gouttière	Désordre
Maçonneries extérieures	Infiltrations par les joints	Désordre
Maçonneries extérieures	Remontées capillaires	Désordre
Maçonneries extérieures	Remontées capillaires et autres causes	Diagnostic
Maçonneries extérieures (verticales et horizontales)	Infiltrations d'eau	Synthèse
Maçonneries extérieures enterrées (structures)	Désordre dans un mur de soutènement en construction	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Maçonneries (montage)	Joints non horizontaux	Question/réponse
Maçonneries porteuses	Fissuration d'un angle de mur	Désordre
Maçonneries porteuses	Maçonnerie de pisé - Sinistre par effondrement	Désordre
Maçonneries porteuses	Rupture de maçonnerie par absence de chaînage	Désordre
Maçonneries porteuses en briques creuses	Hourdage des joints	Désordre
Maçonneries semi-enterrées	Utilisation de blocs creux manufacturés en béton de granulats courants	Question/réponse
Maçonneries verticales	Fissuration des angles	Désordre
Marches d'escalier	Désordre provoqué par la croissance d'un arbre	Désordre
Menuiseries bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Lyctus	Désordre
Menuiseries bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Lyctus	Diagnostic
Menuiseries bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Lyctus	Solutions
Menuiseries extérieures	Pathologie générale	Synthèse
Menuiseries extérieures	Travaux de réhabilitation - Absence de coordination entre corps d'état	Désordre
Menuiseries extérieures en bois	Dégradation des assemblages	Désordre
Menuiseries extérieures en bois	Dégradation des assemblages	Diagnostic
Menuiseries extérieures en bois	Étanchéité à l'air de fenêtres	Question/réponse
Menuiseries extérieures en bois	Peintures	Désordre
Menuiseries métalliques	Pénétration d'eau par un défaut de raccordement	Désordre
Menuiseries métalliques	Pénétration d'eau par un défaut de raccordement	Solutions
Mortier de réparation à prise rapide	Types de mortiers	Question/réponse
Mortier sans retrait	Ciments expansifs	Question/réponse
Mur mitoyen	Infiltrations d'eau	Question/réponse
Murs en béton banché	Rebouchage de scellements	Question/réponse
Murs de façade	Amélioration de l'isolation thermique	Question/réponse
Murs de maçonnerie	Mur double avec paroi extérieure en blocs de béton	Question/réponse
Murs en maçonnerie	Efflorescences	Question/réponse
Murs-voiles porteurs en béton banché coulé en place	Épaisseur minimale	Question/réponse
OP		
Ouvrages de fondation	Déchaussement des semelles	Désordre
Parquet	Parquet pour salle de sport	Question/réponse
Parquet en bois	Grincement sous les pas	Désordre
Parquet en bois	Grincement sous les pas	Diagnostic
Parquet en bois	Grincement sous les pas	Solutions
Parquet massif en bois	Soulèvement d'un parquet massif posé cloué	Désordre
Parquet massif en bois	Soulèvement d'un parquet massif posé cloué	Diagnostic
Parquet massif en bois	Soulèvement d'un parquet massif posé cloué	Solutions

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Peinture	Décollement sur un enduit de ciment	Désordre
Pénétrations d'eau par souches et conduit de fumée	Souches de conduits de fumée	Désordre
Perturbations électromagnétiques	Protection des matériels sensibles	Question/réponse
Pièces humides	Pathologie des « coins douches »	Désordre
Pierre agrafée (revêtements verticaux)	Dalles défailantes en pierre agrafée	Désordre
Pignon en maçonnerie	Effondrement par effet du vent	Désordre
Plafonds	Décollements d'enduits et de peintures	Désordre
Plafonds	Désordres dans les pièces humides	Désordre
Plafonds	Peinture sur plâtre (écaillage)	Désordre
Plafonds chauffants	Enduits	Désordre
Plafonds en plaques de plâtre sur structure bois	Décollement d'enduits et de peintures	Désordre
Plafonds en plaques de plâtre sur structure bois	Nuisances sonores	Désordre
Plafonds en terre cuite	Mise en compression	Désordre
Plancher dalle en béton armé	Corrosion des armatures	Désordre
Plancher dalle en béton armé	Incorporation de fourreaux plastiques pour canalisations	Question/réponse
Plancher en bois	Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher	Désordre
Plancher en bois	Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher	Diagnostic
Plancher en bois	Assemblage disjoints entre des éléments d'un plancher	Solutions
Plancher chauffant sur terre-plein	Fissuration d'un dallage	Question/réponse
Planchers à bacs métalliques collaborants	Corrosion (utilisation en toiture-terrasse plate)	Désordre
Planchers en dalle pleine béton	Fissuration	Question/réponse
Planchers intermédiaires	Étanchéité	Question/réponse
Planchers intermédiaires	Infiltrations en sous-sol	Désordre
Planchers intermédiaires	Installation d'un four de boulanger sous un plancher en béton armé	Question/réponse
Planchers intermédiaires	Pose de feuilles de plomb	Question/réponse
Planchers métalliques à poutrelles et entrevous	Destruction par corrosion	Désordre
Planchers métalliques anciens	Pathologie	Désordre
Planchers préfabriqués	Hourdis polystyrène	Question/réponse
Planchers préfabriqués	Pose de dalles alvéolées en béton précontraint	Question/réponse
Planchers sur vide sanitaire	Hauteur	Question/réponse
Plaques de PSE collées	Isolation d'un plafond	Question/réponse
Plaques éclairantes en couverture	Couvertures translucides	Désordre
Porte plane	Déformation d'une porte plane	Question/réponse
QR		
Racines d'un résineux	Effet des racines d'un résineux sur une chaussée	Désordre
Renforcement des structures en béton armé	Procédés utilisables	Question/réponse
Revêtement d'étanchéité autoprotégé (par feuille métallique)	Dégradation de l'autoprotection	Désordre
Revêtement d'étanchéité autoprotégé (par granulés minéraux)	Dégradation de l'autoprotection	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Revêtement d'étanchéité et protection inadaptés	Toiture courbe - Hangar d'aviation	Synthèse
Revêtement de façade	Enduit en ciment blanc	Question/réponse
Revêtements de façade	Enduit monocouche	Question/réponse
Revêtements de façade	Fissuration anarchique de l'enduit d'imperméabilisation	Désordre
Revêtements de façade	Plaques de pierres minces attachées	Question/réponse
Revêtements de façade	Principaux désordres des revêtements de façade en petits éléments rigides, scellés ou collés	Synthèse
Revêtements de façade (RPE)	Désordre provoqué par défaut de raccordement de canalisation d'eaux usées	Désordre
Revêtements de façade en carreaux de terre cuite	Décollement, chute des éléments	Désordre
Revêtements de façade enduit	Cloquage et décollement	Désordre
Revêtements d'imperméabilisation de façade	Cloquage	Désordre
Revêtement extérieur de façade en pierres attachées	Fissuration - Épaufrement des dalles	Question/réponse
Revêtements de sols	Carrelage sur chape flottante	Question/réponse
Revêtements de sols	Carrelage sur support chauffant	Question/réponse
Revêtements de sols	Joint de dilatation	Désordre
Revêtements de sols	Sol industriel en chape ciment	Désordre
Revêtements de sols	Sols plastiques	Question/réponse
Revêtements de sols	Sols textiles - Électricité statique	Question/réponse
Revêtements de sols	Sols textiles - Enduit de lissage	Question/réponse
Revêtements de sols	Sols textiles - Pose sur thibaude	Question/réponse
Revêtements de sols	Type de désordres	Désordre
Revêtements de sols carrelés	Incorporation de canalisations de faible diamètre sous carrelage	Question/réponse
Revêtements de sols extérieurs	Dégradation	Question/réponse
Revêtements de sols extérieurs	Fissuration d'un dallage de plage de piscine	Désordre
Revêtements de sols extérieurs	Joint défectueux sous climat tropical	Désordre
Revêtements de sols extérieurs	Pierre naturelle	Question/réponse
Revêtements de sols industriels	Carrelage	Désordre
Revêtements de sols industriels	Carrelage antidérapant	Question/réponse
Revêtements de sols industriels	Sol de laiterie	Question/réponse
Revêtements de sols industriels	Sol industriel en chape ciment	Désordre
Revêtements de sols minces collés	Décollement de dalles de linoléum	Question/réponse
Revêtements de sols - Parquet mosaïque	Plancher chauffant	Question/réponse
Revêtements de sols - Parquets	Parquets sur sols chauffants	Question/réponse
Revêtements de sols plastiques	Enduit primaire	Question/réponse
Revêtements de sols scellés	Pose à l'extérieur des revêtements de sols scellés	Question/réponse
Revêtements de sols textiles	Miroitement des moquettes	Désordre
Revêtements en pierre attachée	Rupture d'une plaque	Question/réponse
Revêtements extérieurs en briques de parement	Mise en compression	Désordre
Revêtements extérieurs en briques de parement	Mise en compression	Solutions
Revêtements extérieurs verticaux	Ragréage	Question/réponse
Revêtements horizontaux	Tablettes de fenêtres	Désordre
Revêtements plastiques épais (RPE)	Décollement d'un RPE	Question/réponse

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Revêtements plastiques épais (RPE) - Cloquage	Application sur enduit plâtre	Désordre
Revêtements verticaux extérieurs	Enduit hydraulique	Question/réponse
Revêtements verticaux extérieurs	Enduit mortier sur mur chaud	Question/réponse
Revêtements verticaux intérieurs	Carrelages muraux - Décollements	Désordre
Revêtements verticaux intérieurs	Enduit en mortier bâtard et briques plâtrières	Question/réponse
Revêtements verticaux intérieurs	Murs ou cloisons	Question/réponse
Revêtements verticaux intérieurs	Peinture dans une salle d'eau	Désordre
Revêtements verticaux intérieurs	Plâtre coupé et plâtre lissé	Question/réponse
Rouille blanche	Couvertures métalliques - Protection par galvanisation	Question/réponse
Ruissellement (destruction d'une partie du mur)	Mur de clôture	Question/réponse
Rupture d'une souche de cheminée	Souche de cheminée isolée de grande hauteur	Désordre
ST		
Sécheresse (sinistre)	Exemple de cas concret, fissurations	Désordre
Sinistre de ravalement de façade par RPE	Décollement, cloquage	Question/réponse
Sinistre tempête sur couverture en zinc à tasseaux	Envol d'une protection provisoire de couverture après premier sinistre	Désordre
Sinistres « sécheresse »	Formation de fissures sur un sol de fondation	Désordre
Sous-sols	Inondations (par refoulement des égouts)	Désordre
Sous-sols	Inondation de sous-sols par les égouts	Question/réponse
Soutènement	Parois moulées dans le sol	Question/réponse
Soutènement	Paroi moulée préfabriquée - Jambe de pantalon	Question/réponse
Soutènement	Paroi moulée préfabriquée - Tolérances de mise en œuvre	Question/réponse
Soutènement	Principe de la paroi moulée	Question/réponse
Soutènement	Rupture d'un voile non armé	Désordre
Soutènement (ouvrages)	Pathologie sommaire	Synthèse
Soutènement par paroi moulée dans le sol	Textes réglementaires	Question/réponse
Soutènements (ouvrages provisoires)	Paroi berlinoise	Question/réponse
Soutènements (ouvrages provisoires)	Paroi hurpinoise	Question/réponse
Structure bois	Dégradation fongique par la Mérule : pourriture cubique	Désordre
Structure bois	Dégradation fongique par la Mérule : pourriture cubique	Diagnostic
Structure bois	Dégradation fongique par la Mérule : pourriture cubique	Solutions
Structure bois d'essences feuillues	Dégradation fongique par le Polypore des caves : pourriture fibreuse	Désordre
Structure bois d'essences feuillues	Dégradation fongique par le Polypore des caves : pourriture fibreuse	Diagnostic
Structure bois d'essences feuillues	Dégradation fongique par le polypore des caves : pourriture fibreuse	Solutions
Structure bois	Dégradation par les termites souterrains	Désordre
Structure bois	Dégradation par les termites souterrains	Diagnostic
Structure bois	Dégradation par les termites souterrains	Solutions
Structure bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : la grosse vrillette	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Structure bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : la grosse vrillette	Diagnostic
Structure bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : la grosse vrillette	Solutions
Structure bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : la petite vrillette	Désordre
Structure bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : la petite vrillette	Diagnostic
Structure bois	Dégradation par un insecte à larve xylophage : la petite vrillette	Solutions
Structure bois	Pathologie sommaire - Bois lamellé-collé	Désordre
Structures en béton	Utilisation de béton prêt à l'emploi	Question/réponse
Structures en béton armé	Épaisseur minimale de voiles porteurs en béton banché	Question/réponse
Structures en béton armé	Ouvrages avec porte-à-faux	Désordre
Structures en maçonnerie porteuses de petits éléments	Chaînages verticaux	Question/réponse
Structures en poutres de béton armé	Renforcement par plaques métalliques collées	Question/réponse
Structures métalliques	Corrosion, destruction de points porteurs	Désordre
Structures métalliques	Pathologie générale	Synthèse
Structures métalliques	Protection par système Duplex	Question/réponse
Structures préfabriquées	Appuis à glissement	Question/réponse
Structures préfabriquées en béton	Déformation	Question/réponse
Terrasses accessibles	Seuil de porte	Question/réponse
Terrasse-jardin	Évacuation des eaux pluviales	Question/réponse
Terrasse privative	Protection par carrelage	Désordre
Terrasse privative - Étage en retrait	Étanchéité réalisée par feuilles de plomb façonnées	Désordre
Terrasse privative - Étage en retrait	Réparation après désordres	Solutions
Terrassements	Blindages de fouilles et de tranchées	Question/réponse
Terrassements	Compactage (essais de...)	Question/réponse
Terre (mise à la)	Logements anciens	Question/réponse
Terre (mise à la)	Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique	Désordre
Terre (mise à la)	Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique	Diagnostic
Terre (mise à la)	Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique	Solutions
Terre (mise à la)	Valeurs des mises à la terre des masses d'installation	Désordre
Toitures	Utilisation de membranes synthétiques	Désordre
Toitures	Utilisation de membranes synthétiques	Solutions
Toiture industrielle	Effondrement sous charge d'eau	Désordre
Toiture-terrasse	Accès aux installations techniques	Désordre
Toiture-terrasse	Acrotère haut préfabriqué - Raccordement de l'étanchéité	Question/réponse
Toiture-terrasse	Acrotères hauts en béton armé	Question/réponse
Toiture-terrasse	Aspirateurs - aérateurs de toitures plates	Question/réponse
Toiture-terrasse	Attaques par vent de sable et sel de mer d'un revêtement d'étanchéité autoprotégé par granulés minéraux	Désordre

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Toiture-terrasse	Bandeaux préfabriqués de relevés défailants	Solutions
Toiture-terrasse	Corrosion des avaloirs en plomb	Question/réponse
Toiture-terrasse	Couche de diffusion	Question/réponse
Toiture-terrasse	Défaut de protection des acrotères hauts	Désordre
Toiture-terrasse	Descentes d'eaux pluviales	Question/réponse
Toiture-terrasse	Désordre par pénétration d'eau - Utilisation d'un SEL	Désordre
Toiture-terrasse	Désordre par pénétration d'eau - Utilisation d'un SEL	Solutions
Toiture-terrasse	Disparition des granulés d'un revêtement d'étanchéité	Désordre
Toiture-terrasse	Étanchéité	Désordre
Toiture-terrasse	Étanchéité multicouche (réfection)	Question/réponse
Toiture-terrasse	Évacuation des eaux pluviales - Avaloirs en fonte	Question/réponse
Toiture-terrasse	Fissuration d'acrotères hauts	Désordre
Toiture-terrasse	Infiltrations consécutives à la fissuration d'un acrotère	Désordre
Toiture-terrasse	Infiltrations d'eau	Question/réponse
Toiture-terrasse	Infiltrations par les relevés d'étanchéité, utilisation de bandeaux préfabriqués	Désordre
Toiture-terrasse	Lanterneaux pour éclairage zénithal - Défaut d'éclairage	Désordre
Toiture-terrasse	Pathologie générale	Synthèse
Toiture-terrasse	Phénomène de pustulage d'un revêtement d'étanchéité autoprotégé	Désordre
Toiture-terrasse	Relevés d'étanchéité	Question/réponse
Toiture-terrasse	Revêtement d'étanchéité autoprotégé - Défaut de pose	Désordre
Toiture-terrasse	Revêtement d'étanchéité « pose à l'américaine »	Question/réponse
Toiture-terrasse	Rives sans acrotères, étanchéité	Question/réponse
Toiture-terrasse	Terrasse privative d'immeuble - Utilisation en terrasse-jardin	Désordre
Toiture-terrasse (accessible aux véhicules lourds - PL)	Infiltration d'eau	Diagnostic
Toiture-terrasse (accessible aux véhicules lourds - PL)	Infiltration d'eau	Solutions
Toiture-terrasse (seuil d'accès)	Défaut d'étanchéité d'un seuil d'accès à une toiture-terrasse	Désordre
Toiture-terrasse accessible	Protection par carrelage	Désordre
Toiture-terrasse accessible à usage privatif	Défaut d'étanchéité	Désordre
Toiture-terrasse accessible aux piétons	Infiltration d'eau	Désordre
Toiture-terrasse à isolation inversée	Dispositif garde-grève	Solutions
Toiture-terrasse à usage privatif	Entretien des terrasses	Question/réponse
Toitures-terrasses accessibles aux piétons	Protections lourdes dures	Désordre
Toiture-terrasse à isolation inversée	Acrotères bas	Diagnostic
Toiture-terrasse à isolation inversée	Réparations après sinistre	Solutions
Toiture-terrasse inaccessible	Acrotère préfabriqué	Désordre
Toiture-terrasse inaccessible	Revêtement d'étanchéité	Désordre
Toiture-terrasse-jardin	Percements multiples dans le complexe d'étanchéité	Question/réponse

Domaine	Mots clés	Type de fiche
Toiture-terrasse plate	Cloquage généralisé	Désordre
Toiture-terrasse plate	Présence d'eau en permanence sur toiture-terrasse plate	Question/réponse
Toiture-terrasse plate	Réhabilitation thermique par isolation inversée	Question/réponse
Toiture-terrasse plate inaccessible	Infiltration d'eau	Diagnostic
Toiture-terrasse plate inaccessible	Protections lourdes meubles	Question/réponse
Toiture-terrasse plate à isolation inversée	Déplacement des panneaux isolants	Désordre
Toiture-terrasse pour parc autos	Détérioration du revêtement asphalte	Question/réponse
Toiture-terrasse pour parcs autos	Rampes d'accès	Question/réponse
Toiture-terrasse sans acrotères	Étanchéité	Désordre
Toiture-terrasse sur piscine intérieure	Désordres en plafond	Désordre
Toiture-terrasse technique	Exigences et dispositions	Question/réponse
Traitement des eaux	Installation d'un adoucisseur	Question/réponse

UV

Ventilation des locaux	Garage de maison individuelle et caves d'immeuble	Question/réponse
Vide sanitaire	Dispositions de ventilation	Question/réponse
Vitrages isolants	Condensations internes	Question/réponse
Voisinage	Effondrement d'un bâtiment en limite	Désordre
Volet en bois	Fermeture difficile ou impossible	Désordre
Volet en bois	Fermeture difficile ou impossible	Diagnostic
Volet en bois	Fermeture difficile ou impossible	Solutions
Volet en bois à barres et écharpe	Faux équerrage	Désordre
Volet en bois à barres et écharpe	Faux équerrage	Diagnostic
Volet en bois à barres et écharpe	Faux équerrage	Solutions

Liste des mots clés

Mot clé	Ouvrage	Désordre
AB		
Accès, pente maximale	Toiture-terrasse pour parcs autos	Rampes d'accès
Acrotère préfabriqué	Toiture-terrasse inaccessible	Acrotère préfabriqué
Adoucisseur, installation	Traitement des eaux	Installation d'un adoucisseur
Affaissement	Dallages sur terre-plein	Affaissement
Affouillement des plates-formes	Fondations superficielles (maisons individuelles)	Affouillement des plates-formes
Appâts, technique	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Appuis de glissement	Structures préfabriquées	Appuis à glissement
Appuis, déficience	Béton armé	Structures préfabriquées - Déficience des appuis
Appuis, déficience	Béton armé (structures)	Déficiences des appuis
Ardoises de schiste, caractéristiques	Couvertures en ardoises de schiste	Présence de grains de pyrites
Armatures transversales	Fondations	Semelles non filantes en béton non armé
Arrachement par effet du vent	Bardage industriel	Arrachement par effet du vent
Assemblages disjoints	Plancher en bois	Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher
Assemblages, dégradation	Menuiseries extérieures en bois	Dégradation des assemblages
Atomisation	Menuiseries bois	Le Lyctus
Aubiers, caractéristiques	Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois
Auréoïles	Vitrages isolants	Condensations internes
Autoclave double vide	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Autoclave vide pression	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Badigeonnage et pulvérisation	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Béton de clavage	Béton armé (structures)	Déficiences des appuis
Béton gâché à l'eau de mer	Bétons structures	Béton gâché à l'eau de mer
Béton prêt à l'emploi, volume	Structures en béton	Utilisation de béton prêt à l'emploi
Béton, éclatement	Balcon	Garde-corps métallique
Bilame, effet	Cloisons de doublage isolant	Décollement des plaques
Bistre, formation	Conduits de fumée	Formation de bistre
Bleuissement	Lambris extérieurs	Bleuissement
Blocs creux en soubassement	Maçonneries semi-enterrées	Utilisation de blocs creux manufacturés en béton de granulats courants
Bois lamellé-collé	Structure bois	Pathologie sommaire - Bois lamellé-collé
Bois parfait	Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois
Bois, humidité d'équilibre	Bois	Réduire les variations dimensionnelles
Boraciques, implants	Lamellé-collé extérieur	Lenzite des clôtures : pourriture cubique
Brai de houille	Toiture-terrasse	Étanchéité multicouche (réfection)
Brique pleines, chutes d'éléments	Revêtement extérieur en briques de parement	Mise en compression
Briques apparentes, pathologie	Maçonneries extérieures	Pathologie des briques apparentes
Briques plâtrières	Cloisons de doublage	Utilisation de briques plâtrières

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Briques plâtrières	Enduits intérieurs	Cloisons en briques plâtrières
Briques plâtrières	Revêtements verticaux intérieurs	Enduit en mortier bâtard et briques plâtrières
Brouillards insecticides	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Brouillards insecticides	Menuiseries bois	Le Lyctus
Brouillards insecticides	Structure bois	La grosse vrillette
Bruit de pluie	Isolation acoustique	Couvertures métalliques
Bruits d'impact	Isolation acoustique	Bruits d'impact
Bruits de pas	Isolation acoustique	Bruits d'impact
Buées	Vitrages isolants	Condensations internes
CD		
Cales d'armatures	Béton armé (structures)	Cales d'armatures
	Exécution des ouvrages	
Capricorne des maisons	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Carrelage	Façade (revêtement en carrelage)	Étanchéité
Carrelage	Revêtements de sols industriels	Carrelage
Carrelage antidérapant	Revêtements de sols industriels	Carrelage antidérapant
Carrelage sur chape flottante	Revêtements de sols	Carrelage sur chape flottante
Carrelage, incorporation sous un revêtement de canalisations	Canalisations	Carrelage (incorporation sous un revêtement de...)
Carrelages muraux, décollements	Revêtements verticaux intérieurs	Carrelages muraux - Décollements
Certificat de qualité	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Certification de qualité	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique
Certification de qualité	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Certification de qualité	Lambris extérieurs	Bleuissement
Certification de qualité	Lamellé-collé extérieur	Lenzite des clôtures : pourriture cubique
Certification de qualité	Menuiseries bois	Le Lyctus
Certification de qualité	Structure bois	La Mérule : pourriture cubique
Certification de qualité	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Certification de qualité	Structure bois	La grosse vrillette
Certification de qualité	Structure bois	La petite vrillette
Certification de qualité	Structure bois d'essences feuillues	Polypore des caves : pourriture fibreuse
Châfnages verticaux	Structures en maçonnerie porteuse de petits éléments	Châfnages verticaux
Châfnages, dispositions	Fissurations de murs en maçonnerie	Dispositions de châfnages
Champignons	Revêtements verticaux intérieurs	Peinture dans une salle d'eau
Champignons lignivores	Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois
Charges d'exploitation	Escaliers en béton armé	Escaliers préfabriqués
Charpente en lamellé-collé	Bois (structures)	Charpente en lamellé-collé
Charpentes en bois lamellé-collé	Charpente en bois	Pathologie générale
Charpentes industrialisées	Charpente en bois	Pathologie générale
Charpentes traditionnelles	Charpente en bois	Pathologie générale
Chauffage, fissures d'un dallage	Plancher chauffant sur terre-plein	Fissuration d'un dallage
Cheminées à feu ouvert	Conduits de fumée	Obturation d'un conduit non utilisé
Chéneaux	Couvertures (ouvrages de collecte)	Chéneaux
Chute d'éléments	Couvertures en tuiles	Chute d'éléments
Chute unique	Canalisations d'évacuation	Chute unique
Ciments expansifs	Mortier sans retrait	Ciments expansifs
Clapets de non-retour	Sous-sols	Inondations (par refoulement des égouts)
Classement MERUC	Revêtement de façade	Enduit monocouche

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Classes de risque biologique	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique
Cloison en briques plâtrières	Revêtements verticaux intérieurs	Enduit en mortier bâtard et briques plâtrières
Cloison, éclatement	Cloisons de doublage	Utilisation de briques plâtrières
Cloisons	Isolation acoustique	Obligations
Cloisons de cuisine	Cloisons de distribution	Fissuration
Cloisons mince, plancher trop flexible	Fissures	Morphologie
Cloisons, mise en charge	Cloisons de doublage	Mise en compression
Colombage	Charpente en bois	Réalisation de colombage
Colonne ballastée	Fondations profondes	Pieu foré et colonne ballastée
Comble « à la Mansart »	Couvertures en bardeaux bitumés	Pose « à la française »
Compactage (essais de...)	Terrassements	Compactage (essais de...)
Condensation sous couverture aluminium	Couverture métallique	Condensation sous couverture aluminium
Condensations internes	Vitrages isolants	Condensations internes
Condensations superficielles	Maçonneries extérieures	Remontées capillaires et autres causes
Conduit non utilisé, obturation	Conduits de fumée	Obturation d'un conduit non utilisé
Conduites d'eau	Terre (mise à la)	Logements anciens
Corrosion de canalisation	Eaux usées (évacuation des...)	Corrosion de canalisation
Corrosion en sous-face	Couvertures en zinc	Corrosion en sous-face
Couche de diffusion	Toiture-terrasse	Couche de diffusion
Court-circuit	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Couvertures métalliques	Isolation acoustique	Couvertures métalliques
CTB B+	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
CTB P+	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Culotte en fonte	Canalisations	Étanchéité
Cuvelage « économique »	Cuvrages	Cuvelage « économique »
Cuvelage, différents types	Cuvrages	Différents types de cuvelage
Cuvrages par revêtement d'étanchéité extérieur	Cuvrages	Différents types de cuvelage
Dallage sur terre-plein	Fondations superficielles (maisons individuelles)	Dallage sur terre-plein
Dalle flottante, chape flottante	Isolation acoustique	Réglementation
Dalles alvéolées en béton précontraint	Planchers préfabriqués	Pose de dalles alvéolées en béton précontraint
Dalles bitumineuses	Revêtements de sols	Type de désordres
DDR, principe du fonctionnement d'un dispositif	Électriques (installations)	Vérification de la valeur du courant de défaut possible dans une installation définie en régime TT
Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Déclenchements aléatoires affectant un même circuit	Électriques (installations)	Déclenchements aléatoires affectant un même circuit
Déclenchements fréquents	Électriques (installations)	Déclenchements fréquents
Déclencheur à courant différentiel-résiduel (DDR)	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Décollement, fissuration	Revêtements horizontaux	Tablettes de fenêtres
Décollements	Revêtements de sols	Type de désordres
Défauts d'isolement	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Déformations	Revêtements de sols	Type de désordres
Dégradation apparente de l'appareillage	Électriques (installations)	Dégradation apparente de l'appareillage

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Détecteur de surintensité	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Dispositions générales	Fondations superficielles	Dispositions générales (conception)
Double toiture	Couvertures en tuiles	Lucarne rampante (infiltration)
Douche, cloisons	Cloisons pour parois de douches	Conditions d'emploi du plâtre
Douches	Pièces humides	Pathologie des « coins douches »
Drainage	Fondations superficielles	Drainage
Drainage	Fondations superficielles (maisons individuelles)	Dallage sur terre-plein
Drainage	Maçonneries semi-enterrées	Utilisation de blocs creux manufacturés en béton de granulats courants
Durabilité naturelle des essences	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique
Duramen	Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois
Durée de service des essences	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique
EF		
Eau dure, entartrante	Traitement des eaux	Installation d'un adoucisseur
Eau pluviale, gel	Canalisations en fonte	Gel de l'eau pluviale
Eau sous pression	Canalisations d'amenée	Eau sous pression
Eau, fuites en plafond	Eaux (fuites et dégâts des...)	Dégâts provoqués par des fuites d'eau en plafond d'un rez-de-chaussée d'immeuble d'habitation
Eau, infiltration	Toiture-terrasse (accessible aux véhicules lourds - PL)	Infiltration d'eau
Eau, infiltration	Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau dans les murs extérieurs
Eau, infiltration	Couvertures en bardaux bitumés	Infiltrations (angle de 2 rives métalliques)
Eau, infiltration	Planchers intermédiaires	Infiltrations en sous-sol
Eau, infiltration	Maçonneries extérieures (verticales et horizontales)	Infiltrations d'eau
Eau, infiltration de la pluie par le sol	Maçonneries extérieures	Remontées capillaires et autres causes
Eau, infiltration en sous-toiture	Couvertures en climat de montagne	Infiltrations d'eau en sous-toiture
Eau, infiltration, (immeuble)	Maçonneries enterrées	Infiltration d'eau (immeuble)
Eau, infiltration, (maison individuelle)	Maçonneries enterrées	Infiltration d'eau (maison individuelle)
Eau, infiltration, fissuration	Maçonneries extérieures	Fissuration et infiltration d'eau
Eau, infiltration, fissures	Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau par fissures
Eau, infiltration, gouttière	Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau par gouttière
Eau, infiltration, mur pignon	Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau dans un mur pignon
Eau, infiltrations	Toiture-terrasse plate inaccessible	Infiltration d'eau
Eau, infiltrations	Mur mitoyen	Infiltrations d'eau
Eau, infiltrations	Toiture-terrasse	Infiltrations d'eau
Eau, infiltrations	Toiture-terrasse accessible aux piétons	Protections lourdes dures
Eaux pluviales, évacuation	Terrasse - jardin	Évacuation des eaux pluviales
Eaux, dégâts sur une terrasse	Eaux pluviales	Dégâts des eaux sur une terrasse
Eaux, traitement	Traitement des eaux	Installation d'un adoucisseur
Écart de feu	Conduits de fumée	Installation d'inserts
Écarts de feu pour une pièce de bois	Conduits de fumée	Valeurs minimales des écarts de feu pour une pièce de bois
Échauffement anormal	Électriques (installations)	Échauffement anormal
Effets bilames	Fissures	Morphologie
Efflorescences	Couvertures en tuiles	Efflorescences
Effondrement sous charge d'eau	Toiture industrielle	Effondrement sous charge d'eau

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Égouts, inondation, par refoulement	Sous-sols	Inondations (par refoulement des égouts)
Enduit de lissage	Revêtements de sols plastiques	Enduit primaire
Enduit en ciment blanc	Revêtement de façade	Enduit en ciment blanc
Enduit en mortier bâtard	Revêtements verticaux intérieurs	Enduit en mortier bâtard et briques plâtrières
Enduit hydraulique	Revêtements verticaux intérieurs	Enduit hydraulique
Enduit monocouche	Revêtement de façade	Enduit monocouche
Enduit mortier sur mur chaud	Revêtements verticaux intérieurs	Enduit mortier sur mur chaud
Enduit primaire	Revêtements de sols plastiques	Enduit primaire
Enduit, décollement	Plafonds chauffants	Enduits
Enduits, peintures décollements	Plafonds	Décollements d'enduits et de peinture
Essais à la plaque	Fondations superficielles	Essais à la plaque
Étanchéité	Façade (revêtement en carrelage)	Étanchéité
Étanchéité	Toiture-terrasse	Étanchéité
Étanchéité	Canalisations	Étanchéité
Étanchéité	Planchers intermédiaires	Étanchéité
Étanchéité multicouche, réfection	Toiture-terrasse	Étanchéité multicouche (réfection)
Étanchéité, percements multiples dans le complexe	Toiture-terrasse-jardin	Percements multiples dans le complexe d'étanchéité
Façade, enduit ciment blanc	Revêtement de façade	Enduit en ciment blanc
Fautes de conception à l'origine des sinistres d'ouvrages	Conception	Fautes de conception à l'origine des sinistres d'ouvrages
Faux équerrage	Volet en bois à barres et écharpe	Faux équerrage
Fenêtres, étanchéité	Menuiseries extérieures en bois	Étanchéité à l'air de fenêtres
Fenêtres, tablettes	Revêtements horizontaux	Tablettes de fenêtres
Fentes de séchage	Charpente traditionnelle en bois	Fentes de séchage
Feuilles de plomb	Planchers intermédiaires	Pose de feuilles de plomb
Feuilles plastiques	Fondations superficielles	Travaux (utilisation de feuilles plastiques)
Film polyéthylène	Fondations superficielles	Travaux (utilisation de feuilles plastiques)
Fissuration	Balcon	Fissurations transversales
Fissuration	Cloisons de distribution	Fissuration
Fissuration - Epaufrure des dalles	Revêtement extérieur de façade en pierres attachées	Fissuration - Epaufrure des dalles
Fissuration d'un dallage	Plancher chauffant sur terre-plein	Fissuration d'un dallage
Fissure, morphologie	Fissuration de maçonnerie	Étude d'un cas concret d'après la morphologie de la fissure
Fissures	Façade (revêtement extérieur)	Revêtement en pierres attachées
Fissures	Fissures	Morphologie
Fissures	Plafonds en terre cuite	Mise en compression
Fissures (colmatage)	Maçonneries	Fissures (colmatage)
Fissures dans un angle	Maçonneries	Fissures dans un angle de bâtiment
Fissures horizontales	Cloisons de doublage	Utilisation de briques plâtrières
Fixation	Couvertures en tuiles	Fixation
Flambement, effondrement	Plafonds en terre cuite	Mise en compression
Flexion, terrassement	Fissures	Morphologie
Fondations, végétation	Fondations superficielles	Influence du voisinage d'arbres sur les fondations - Désordres dus à la végétation
Fongique, dégradation	Lambris extérieurs	Bleuissement
Foudroiement	Électriques (installations)	Perturbations de tension
Fumigation	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Fumigation	Menuiseries bois	Le Lyctus
Fumigation	Structure bois	La grosse vrillette

Mot clé	Ouvrage	Désordre
GH		
Gâchage d'un béton, eau de mer	Bétons structures	Béton gâché à l'eau de mer
Garage de maison, caves d'immeuble	Ventilation des locaux	Garage de maison individuelle et caves d'immeuble
Garde-corps métallique	Balcon	Garde-corps métallique
Gel	Canalisations d'amenée	Eau sous pression
Gel	Dallages en béton	Exécution d'un dallage extérieur en période froide
Gonflement de volets, estimation	Volet en bois	Fermeture difficile ou impossible
Grains de pyrites	Couvertures en ardoises de schiste	Présence de grains de pyrites
Grandeur du courant, court-circuit	Électriques (installations)	Vérification de la grandeur du courant de court-circuit possible dans un circuit
Graves-ciment	Fondations superficielles	Graves-ciment
Grincement sous les pas	Parquet en bois	Grincement sous les pas
Grincements	Plafonds en plaques de plâtre sur structure bois	Nuisances sonores
Haute fréquence, liaisons des masses	Perturbations électromagnétiques	Protection des matériels sensibles
Hors gel, mise	Fondations superficielles	Mise hors gel
Hourdis polystyrène	Planchers préfabriqués	Hourdis polystyrène
Humidité intérieure	Maçonneries enterrées	Humidité intérieure
IJ		
Imprégnabilité des essences	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Infiltration	Balcon avec étanchéité	Infiltration
Insecte à larve xylophage	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Insecte à larve xylophage, grosse vrillette	Structure bois	La grosse vrillette
Insecte à larve xylophage, Lyctus	Menuiseries bois	Le Lyctus
Insectes	Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois
Inserts, installation	Conduits de fumée	Installation d'inserts
IP	Terre (mise à la)	Valeurs des mises à la terre des masses d'installation
IP, protection	IP protection	Choix du degré de protection IP des matériels électriques
Isolant thermique, diagnostic d'un support	Isolation thermique par l'extérieur	Nature du support
Isolation par l'extérieur	Revêtements verticaux intérieurs	Enduit hydraulique
Isolation thermique	Murs de façade	Amélioration de l'isolation thermique
Isolation, support	Façade (structure)	Support pour isolation
IT, schéma	Électriques (installations)	Défaut à la terre
IT, schéma	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
Joints	Béton armé (structures en zone sismique)	Joints de dilatation
Joints à coulisse	Balcon	Garde-corps métallique
Joints de dilatation	Béton armé (structures en zone sismique)	Joints de dilatation
Joints de dilatation	Revêtements de sols	Joint de dilatation
Joints diaphragmes	Balcon	Fissurations transversales
Joints espacés	Balcon	Fissurations transversales
Joints rapprochés	Balcon	Fissurations transversales

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Jugement du TGI	Toiture-terrasse	Étanchéité
Jugement TGI	Voisinage	Effondrement d'un bâtiment en limite
KL		
Laiterie, revêtement	Revêtements de sols industriels	Sol de laiterie
Laiterie, sol	Revêtements de sols industriels	Sol de laiterie
Lambourdes, support	Parquet en bois	Grincement sous les pas
Lambris	Lambris	Soulèvement d'un lambris
Lambris, gonflement	Lambris	Soulèvement d'un lambris
Larve xylophage, petite vrillette	Structure bois	La petite vrillette
LCPC, essai de déformabilité	Fondations superficielles	Essais à la plaque
Lenzite des clôtures, pourriture cubique	Lamellé-collé extérieur	Lenzite des clôtures : pourriture cubique
Liaison solive-chevêtre	Plancher en bois	Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher
Liaisons solive-poutre maîtresse	Plancher en bois	Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher
Linoléum	Revêtements de sols	Type de désordres
Linoléum, décollement de dalles	Revêtements de sols minces collés	Décollement de dalles de linoléum
Lucarne rampante, infiltration	Couvertures en tuiles	Lucarne rampante (infiltration)
Lucarnes	Couvertures (ouvrages particuliers)	Lucarnes
Lutte biologique	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
MN		
Maison à ossature bois	Fondations superficielles (maisons individuelles)	Dallage sur terre-plein
Maisons individuelles	Fondations superficielles	Maisons individuelles
Masse d'un matériel électrique, potentiel	Terre (mise à la)	Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique
Matériels électriques, protection IP	IP protection	Choix du degré de protection IP des matériels électriques
Matériels électroniques	Perturbations électromagnétiques	Protection des matériels sensibles
Matériels sensibles, protection	Perturbations électromagnétiques	Protection des matériels sensibles
Mérule, pourriture cubique	Structure bois	La Mérule : pourriture cubique
Mesures préventives	Lambris extérieurs	Bleuissement
Mesures préventives	Structure bois d'essences feuillues	Polypore des caves : pourriture fibreuse
Mesures préventives, traitement de préservation	Structure bois	La Mérule : pourriture cubique
Mises à la terre, des masses d'installation, valeurs	Terre (mise à la)	Valeurs des mises à la terre des masses d'installation
Moquette	Isolation acoustique	Bruits d'impact
Morphologie	Fissures	Morphologie
Mortiers à prise rapide	Mortier de réparation à prise rapide	Types de mortiers
Mousses insecticides	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Mousses végétales	Couvertures en bardeaux de bois	Mousses végétales
Mur de soutènement en construction	Maçonneries extérieures enterrées (structures)	Désordre dans un mur de soutènement en construction
Mur double	Murs de maçonnerie	Mur double avec paroi extérieure en blocs de béton
Mur pignon	Maçonneries extérieures	Infiltration d'eau dans un mur pignon
Mur, 1 ^{re} catégorie	Maçonneries semi-enterrées	Utilisation de blocs creux manufacturés en béton de granulats courants

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Mur, 2 ^e catégorie	Maçonneries semi-enterrées	Utilisation de blocs creux manufacturés en béton de granulats courants
Mur, 3 ^e catégorie	Maçonneries semi-enterrées	Utilisation de blocs creux manufacturés en béton de granulats courants
Murs de 1 ^{re} catégorie	Maçonneries enterrées	Étanchéité des murs extérieurs
Murs de 2 ^e catégorie	Maçonneries enterrées	Étanchéité des murs extérieurs
Murs extérieurs, étanchéité	Maçonneries enterrées	Étanchéité des murs extérieurs
NF EN 351-1	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Normes DTU	Menuiseries bois	Le Lyctus
Nuisances sonores	Plafonds en plaques de plâtre sur structure bois	Nuisances sonores

OP

Panneaux dérivés du bois, support	Parquet en bois	Grincement sous les pas
Panneaux isolants, déplacement	Toiture-terrasse plate à isolation inversée	Déplacement des panneaux isolants
Panneaux lourds préfabriqués à double peau	Façade (structure)	Panneaux lourds préfabriqués à double peau
Papier peint sur mur en béton banché	Revêtements verticaux intérieurs	Murs ou cloisons
Parafoudres	Électriques (installations)	Perturbations de tension
Paroi moulée préfabriquée - Jambe de pantalon	Soutènement	Paroi moulée préfabriquée - Jambe de pantalon
Paroi moulée préfabriquée - Tolérances de mise en œuvre	Soutènement	Paroi moulée préfabriquée - Tolérances de mise en œuvre
Parois moulées dans le sol	Soutènement	Parois moulées dans le sol
Parquet flottant	Isolation acoustique	Bruits d'impact
Parquet massif, soulèvement	Parquet massif en bois	Soulèvement d'un parquet massif posé cloué
Parquet mosaïque	Revêtements de sols - Parquet mosaïque	Plancher chauffant
Parquet, estimation du gonflement	Parquet massif en bois	Soulèvement d'un parquet massif posé cloué
Parquets sur sols chauffant	Revêtements de sols - Parquets	Parquets sur sols chauffants
Parquets, dalles	Revêtements de sols	Type de désordres
Peinture sur plâtre (écaillage)	Plafonds	Peinture sur plâtre (écaillage)
Peinture, décollement sur un enduit de ciment	Peinture	Décollement sur un enduit de ciment
Peintures	Menuiseries extérieures en bois	Peintures
Perturbations	Perturbations électromagnétiques	Protection des matériels sensibles
Phénomène « sécheresse »	Dallages de sous-sol	Phénomène « sécheresse »
Pierre calcaire attachée	Revêtement extérieur de façade en pierres attachées	Fissuration - Épaufrure des dalles
Pierre naturelle	Revêtements de sols extérieurs	Pierre naturelle
Pierres attachées	Étanchéité des murs en maçonnerie	Revêtement extérieur en pierres attachées
Pierres attachées, revêtement	Façade (revêtement extérieur)	Revêtement en pierres attachées
Pierres minces attachées	Revêtements de façade	Plaques de pierres minces attachées
Pieu foré	Fondations profondes	Pieu foré et colonne ballastée
Pieux, recépage	Fondations profondes	Recépage des pieux
Plancher chauffant	Revêtements de sols - Parquet mosaïque	Plancher chauffant
Planchers	Isolation acoustique	Obligations
Planchers-terrasses	Fissures	Morphologie
Plaques métalliques collées, renforcement	Structures en poutres de béton armé	Renforcement par plaques métalliques collées
Plâtre coupé, plâtre lissé	Revêtements verticaux intérieurs	Plâtre coupé et plâtre lissé
Plâtre hydrofugé	Cloisons de distribution	Fissuration

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Plâtre, carreaux	Cloisons de distribution	Carreaux de plâtre
Plomb, pose de feuilles	Planchers intermédiaires	Pose de feuilles de plomb
Plomb, salle de bains ou salle d'eau, étanchéité	Étanchéité de planchers intermédiaires	Réalisation d'une étanchéité pour salle de bains ou salle d'eau - Utilisation de feuille de plomb
Pluie, rejaillissements	Maçonneries extérieures	Remontées capillaires et autres causes
Pluies, infiltration directe	Maçonneries extérieures	Remontées capillaires et autres causes
PMMA (polyméthacrylate de méthyle)	Couvertures translucides	Matériau de synthèse
Pollution atmosphérique	Revêtements verticaux intérieurs	Enduit hydraulique
Polycarbonate	Couvertures translucides	Matériau de synthèse
Polypore des caves, pourriture fibreuse	Structure bois d'essences feuillues	Polypore des caves : pourriture fibreuse
Porte plane, déformation	Porte plane	Déformation d'une porte plane
Pose « à l'américaine »	Couvertures en bardeaux bitumés	Pose « à la française »
Pose « à la française »	Couvertures en bardeaux bitumés	Pose « à la française »
Poteaux extérieurs	Béton armé (structures)	Poteaux extérieurs
Poudrage	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Poutres de structure en béton armé, renforcement	Structures en poutres de béton armé	Renforcement par plaques métalliques collées
Poutres-linteaux	Fissures	Morphologie
Préservation d'un produit, application	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Préservation, différents types de produits	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Préservation, produit	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique
Préservation, produit	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Proctor Normal, essai : PM	Terrassements	Compactage (essais de...)
Proctor Normal, essai : PN	Terrassements	Compactage (essais de...)
Produit de préservation, application	Menuiseries bois	Le Lyctus
Produit de préservation, application	Structure bois	La grosse vrillette
Produits de préservation, composition	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Protection des usagers	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
Protection lourde	Toiture-terrasse inaccessible	Revêtement d'étanchéité
Protections lourdes dures	Toiture-terrasse accessible aux piétons	Infiltration d'eau
Protections lourdes meubles	Toiture-terrasse plate inaccessible	Protections lourdes meubles
Puits, pieux, micropieux	Fondations superficielles	Maisons individuelles
PVC	Couvertures translucides	Matériau de synthèse
QR		
Radier général	Fondations superficielles	Maisons individuelles
Recépage	Soutènement	Parois moulées dans le sol
Refolements	Conduits de fumée	Tirage naturel
Régime de neutre, changement	Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté
Régime de neutre, texte réglementaire	Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté
Régime du neutre - Schémas et caractéristiques	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
Régime IT	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Régime IT	Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté
Régime TN	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Régime TN	Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté
Régime TT	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Régime TT	Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté
Régime TT, courant de défaut possible	Électriques (installations)	Vérification de la valeur du courant de défaut possible dans une installation définie en régime TT
Régimes du neutre, choix	Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté
Réglage des protections de surintensité, régime TN	Électriques (installations)	Vérification de la valeur de réglage des protections de surintensité dans une installation définie en régime TN
Réglemmentation acoustique	Isolation acoustique	Réglemmentation
Remblais de démolitions	Dallages sur terre-plein	Remblais de démolitions
Remblais, gonflement	Dallages sur terre-plein	Gonflement de remblais
Remontées capillaires	Maçonneries extérieures	Remontées capillaires
Remontées capillaires dans l'enduit	Maçonneries extérieures	Remontées capillaires et autres causes
Répartition inégale des courants	Électriques (installations)	Répartition inégale des courants dans les conducteurs en parallèle d'une même phase
Résistance moyenne du corps humain	Électriques (installations)	Vérification de la valeur du courant de défaut possible dans une installation définie en régime TT
Retrait	Charpente traditionnelle en bois	Fentes de séchage
Retrait	Fissures	Morphologie
Retrait d'une solive, estimation	Plancher en bois	Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher
Retraits	Bois	Réduire les variations dimensionnelles
Revêtement d'étanchéité	Balcon	Revêtement d'étanchéité
Revêtement d'étanchéité	Toiture-terrasse inaccessible	Revêtement d'étanchéité
Revêtement d'imperméabilisation	Cuvclages	Différents types de cuvelage
Rives latérales	Couvertures en tuiles	Rives latérales
Rives latérales contre mur	Couvertures	Rives latérales contre mur
Rouille, points	Couvertures en ardoises de schiste	Présence de grains de pyrites
RPE (revêtement plastique épais)	Revêtements extérieurs verticaux	Ragréage

ST

Salle d'eau, peinture	Revêtements verticaux intérieurs	Peinture dans une salle d'eau
Salle de sport, parquet	Parquet	Parquet pour salle de sport
Salles d'eau	Liaisons équipotentielles	Salles d'eau
Scellements, rebouchage	Murs en béton banché	Rebouchage de scellements
Sécheresse, phénomène	Fondations superficielles	Phénomène « sécheresse »
Sécurité	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
Sécurité	Électriques (installations)	Vérifications périodiques réglementaires
Sécurité des personnes	Électriques (installations)	Régime du neutre - Choix du schéma le mieux adapté

Mot clé	Ouvrage	Désordre
Semelles filantes	Fondations superficielles	Maisons individuelles
Semelles non filantes en béton non armé	Fondations	Semelles non filantes en béton non armé
Seuil de porte	Terrasses accessibles	Seuil de porte
Seuils de danger	Électriques (installations)	Vérification de la valeur du courant de défaut possible dans une installation définie en régime TT
Shakes (bardeaux éclatés)	Couvertures en bardeaux de bois	Mousses végétales
Shingles (bardeaux sciés)	Couvertures en bardeaux de bois	Mousses végétales
Sinistres	Menuiseries extérieures	Pathologie générale
Siphons métalliques, percement	Eaux usées (évacuation des...)	Corrosion de canalisation
Sol industriel en chape ciment	Revêtements de sols	Sol industriel en chape ciment
Sol plastique	Revêtements de sols plastiques	Enduit primaire
Sol, traitement	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Solins	Couvertures	Solins - Raccordement par mortier
Solives, support	Parquet en bois	Grincement sous les pas
Sols gonflants	Fondations superficielles	Sols gonflants
Sols textiles - Électricité statique	Revêtements de sols	Sols textiles - Électricité statique
Sols textiles - Enduit de lissage	Revêtements de sols	Sols textiles - Enduit de lissage
Souche, raccord	Conduits de fumée	Raccord avec souche
Statistiques	Façades lourdes (maçonnerie)	Pathologie générale (études statistiques)
Structure relativement étanche	Cuvrages	Différents types de cuvelage
Support en bois	Couvertures en zinc	Support en bois
Supports	Couvertures métalliques en zinc par feuilles façonnées	Supports autres que le bois
Surcharge	Électriques (installations)	Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher
Surélévation	Conduits de fumée	Surélévation
Surtension, limiteurs	Électriques (installations)	Perturbations de tension
Surtensions	Électriques (installations)	Perturbations de tension
Système duplex	Structures métalliques	Protection par système duplex
Taches - Traînées de rouille	Façades en béton	Taches - Traînées de rouille
Tassement d'ensemble	Fondations superficielles	Terrassement d'ensemble
Température d'un local	Isolation thermique	Température d'un local
Température, humidité des matériaux, variation	Fissures	Morphologie
Tension limite conventionnelle	Électriques (installations)	Vérification de la valeur du courant de défaut possible dans une installation définie en régime TT
Tension, baisses	Électriques (installations)	Perturbations de tension
Tension, perturbations	Électriques (installations)	Perturbations de tension
Térébrants marins	Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois
Termites	Bois (emploi du)	Durabilité naturelle des essences de bois
Termites souterrains	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Terre, défaut	Électriques (installations)	Défaut à la terre
Terre, logements anciens	Terre (mise à la)	Logements anciens
Textes réglementaires, paroi moulée	Soutènement par paroi moulée dans le sol	Textes réglementaires
Thibaude, pose sols textiles	Revêtements de sols	Sols textiles - Pose sur thibaude
Tirage naturel	Conduits de fumée	Tirage naturel
TN, régime	Électriques (installations)	Vérification de la valeur de réglage des protections de surintensité dans une installation définie en régime TN
TN, schéma	Électriques (installations)	Défaut à la terre

Mot clé	Ouvrage	Désordre
TN, schéma	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
TN-C, schéma	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
TN-S, schéma	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
Toiture inversée, isolation inversée	Toiture-terrasse plate à isolation inversée	Déplacement des panneaux isolants
Toiture, plan	Couvertures	Plan de toiture
Traitement	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Traitement aux micro-ondes	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Traitement aux micro-ondes	Menuiseries bois	Le Lyctus
Traitement aux micro-ondes	Structure bois	La petite vrillette
Traitement curatif	Lambris extérieurs	Bleuissement
Traitement curatif	Lamellé-collé extérieur	Lenzite des clôtures : pourriture cubique
Traitement curatif	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Traitement curatif	Structure bois	La grosse vrillette
Traitement curatif	Structure bois	La petite vrillette
Traitement curatif chimique	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Traitement curatif chimique	Structure bois	La petite vrillette
Traitement curatif des meubles	Structure bois	La petite vrillette
Traitement curatif fongicide	Structure bois	La Mérule : pourriture cubique
Traitement curatif fongicide	Structure bois d'essences feuillues	Polypore des caves : pourriture fibreuse
Traitement curatif physique	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Traitement curatif physique	Menuiseries bois	Le Lyctus
Traitement de préservation	Structure bois d'essences feuillues	Polypore des caves : pourriture fibreuse
Traitement des sols extérieurs	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Traitement par la chaleur	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Traitement par la chaleur	Menuiseries bois	Le Lyctus
Traitement par la chaleur	Structure bois	La petite vrillette
Traitement préventif	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Traitement préventif	Lamellé-collé extérieur	Lenzite des clôtures : pourriture cubique
Traitement préventif	Structure bois	Dégradation par les termites souterrains
Traitement préventif	Structure bois	La grosse vrillette
Traitement préventif	Structure bois	La petite vrillette
Traitement préventif chimique	Menuiseries bois	Le Lyctus
Traitement préventif chimique classe 2	Charpente traditionnelle en résineux	Le Capricorne des maisons
Traitement, attestation	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Traitement, différents types	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique
Traitement, procédés	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique
Traitement, procédés	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Traitements de préservation du bois, durabilité conférée	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Traitements de surface	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Tranchées, fouilles blindages	Terrassements	Blindages de fouilles et de tranchées
Travaillons	Couvertures en bardeaux de bois	Mousses végétales
Trempage court	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
TT, schéma	Électriques (installations)	Défaut à la terre

Mot clé	Ouvrage	Désordre
TT, schéma	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
TT, schéma caractéristiques	Électriques (installations)	Régime du neutre - Schémas et caractéristiques
Tuiles de terre cuite	Couvertures en tuiles	Efflorescences
Tuiles en béton	Couvertures en tuiles	Fixation
Tuiles en terre cuite	Couvertures en tuiles	Fixation
Types - Pathologie sommaire	Fondations profondes	Types - Pathologie sommaire
UV		
Véhicules lourds PL	Toiture-terrasse (accessible aux véhicules lourds - PL)	Infiltration d'eau
Vent, effet	Toiture-terrasse plate inaccessible	Protections lourdes meubles
Vérifications périodiques réglementaires	Électriques (installations)	Vérifications périodiques réglementaires
Vide sanitaire, hauteur	Planchers sur vide sanitaire	Hauteur
Vinyle, dalles	Revêtements de sols	Type de désordres
Voiles porteurs en béton banché, épaisseur minimale	Structures en béton armé	Épaisseur minimale de voiles porteurs en béton banché
VRB	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
WX		
Westergaard, essai	Fondations superficielles	Essais à la plaque
YZ		
Zone de vulnérabilité	Bois (emploi du)	Traitements de préservation du bois, durabilité conférée
Zone sismique	Béton armé (structures en zone sismique)	Joints de dilatation
Zones du bois dégradables	Bois (emploi du)	Classes de risque biologique



Question/Réponse

ACOUSTIQUE

Nouvelle réglementation acoustique

QUESTION

Quelles sont les dispositions principales de la nouvelle réglementation acoustique et les conséquences pratiques au point de vue technique ?

RÉPONSE

La nouvelle réglementation acoustique (NRA) ne s'applique, comme l'ancienne, qu'aux bâtiments neufs. D'une manière générale, les exigences sont accrues modérément vis-à-vis des bruits aériens par rapport à la réglementation précédente.

Les exigences doivent également être comparées entre les niveaux des isollements à obtenir par rapport à la nouvelle réglementation et celles correspondant à la note 5 du classement Qualitel.

Le tableau suivant donne trois valeurs :

- la valeur supérieure en dB(A) correspond à la réglementation précédente ;
- la valeur suivante (intermédiaire) (en gras) correspond à la NRA ;
- la dernière valeur (en italique) est celle exigée pour obtenir la note 5 Qualitel.

Isolation acoustique aux bruits aériens

Local d'émission	Pièces du logement réception	
	Pièce principale	Cuisine et salle d'eau
Local d'un logement à l'exclusion des garages individuels	51	48
	54	51
	56	48
Circulation commune intérieure au bâtiment	41	38
	41	38
	46	38
Local d'activité	56	53
	59	56
	59	53
Garage individuel d'un logement et garage collectif	51	56
	56	53
	56	53

Les valeurs des isollements acoustiques aux bruits aériens correspondent à une durée de réverbération de 0,5 seconde à toutes les fréquences et d'un bruit rose à l'émission.

CONSÉQUENCES TECHNIQUES

- Parois traditionnelles

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pour obtenir un isolement acoustique de 51 dB(A) il faut une paroi en béton de 0,16 ou 0,17 m d'épaisseur,

pour 54 dB(A) il faut 0,18 ou 0,19 m,

pour 56 dB(A) il faut 0,20 m,

pour 59 dB(A) il faut 0,23 m,

mais plus l'exigence est élevée plus on doit éviter les transmissions latérales augmentées par les doublages thermiques défavorables à l'acoustique (isolants en mousse cellulaire type PSE, polyuréthane...) et par les cloisons rigides et légères (carreaux de plâtre, briques plâtrières). On utilisera donc de préférence des doublages thermiques à base de laine minérale ou autres produits plus satisfaisants au point de vue acoustique.

- Cloisons de séparations légères

L'évaluation par les transmissions latérales nécessite une étude précise.

- Certains locaux tels que cuisines et salle d'eau présentent des exigences supérieures à celle de la note 5 Qualitel lorsque ces locaux réceptionnent les sons (dispositions liées aux installations de VMC).

- Isolation aux bruits d'impacts

Exigence de la réglementation précédente niveau de pression acoustique = 70 dB(A).

Exigence de la NRA = 61 dB(A). Cette valeur risquant d'entraîner des surcoûts, une valeur intermédiaire de 65 dB(A) a été fixée jusqu'au 1^{er} janvier 1999 en attendant la publication du décret.

Note 5 Qualitel : 65 dB(A).

Cette exigence correspond :

– à une épaisseur minimale de 0,18 m pour la dalle de structure ;

– au choix du revêtement de sol (ΔL) :

- pour obtenir 65 dB(A) il faut un ΔL de 16 dB(A),
- pour obtenir 61 dB(A) il faut un ΔL de 19 dB(A).

Cette valeur de ΔL s'obtient facilement avec une moquette. Les tapis aiguillettés permettent de satisfaire à la NRA.

Les revêtements plastiques sur sous-couches incorporées ne satisfont pas tous à la NRA.

Les parquets sans sous-couche entre la dalle support et le parquet ou avec une sous-couche placée directement sous le parquet ou pose sur dalle flottante, ne permettent pas de satisfaire la valeur limite de 70 dB(A).

La seule solution permettant de ne pas dépasser les 61 dB(A) correspond à des poses sur sols flottants. Les carrelages, même avec des sous-couches, ne permettent pas d'obtenir les 61 dB(A) quel que soit le mode de transmission.

Pour les sols flottants, la performance dépend de la nature de la sous-couche résiliente et de l'élément résistant posé dessus. Les valeurs de ΔL varient entre 12 et 30 dB(A).

Le problème des sols flottants est surtout d'ordre économique. Leur coût ne peut concerner que l'isolation aux bruits d'impact.



Question/Réponse

ASCENSEURS

Quand et comment doit-on intervenir pour déverrouiller et ouvrir les portes d'un ascenseur

La cabine d'ascenseur peut, dans certains cas, être arrêtée au niveau d'un palier mais avec un dénivellement important. Les portes ne s'ouvrent alors pas automatiquement. Cette situation est due soit à un dérèglement de positionnement de la cabine, soit à la suite d'une manœuvre de secours par laquelle on a amené la cabine au niveau proche du palier.

CAS NE NÉCESSITANT PAS LE DÉVERROUILLAGE MANUEL DES PORTES

Les normes EN 81.1 et EN 81.2 prévoient cette situation et, afin de permettre la sortie des passagers en cas d'arrêt intempestif à proximité d'un palier, il est possible, la cabine étant arrêtée et l'alimentation de l'opérateur de porte (s'il en existe un) coupée :

- d'ouvrir ou d'entrouvrir manuellement depuis le palier, la porte de cabine ;
- d'ouvrir ou d'entrouvrir manuellement, depuis l'intérieur de la cabine, la porte de cabine et la porte palière qui lui est liée, dans le cas de portes à entraînement simultané.

Cependant, l'ouverture de la porte de cabine dans ces conditions doit pouvoir se faire au moins dans la zone de déverrouillage (zone dans laquelle le déverrouillage automatique des portes permet leur ouverture). L'effort nécessaire pour cette ouverture ne doit pas dépasser 30 N, ce qui permet aux passagers de se libérer aisément.

CAS NÉCESSITANT LE DÉVERROUILLAGE DE SECOURS DEPUIS L'EXTÉRIEUR

Si la cabine est arrêtée, proche du niveau d'un palier mais hors de la zone de déverrouillage automatique, les portes ne peuvent être ouvertes qu'au moyen de la clé spéciale adaptée au « triangle de déverrouillage » normalisé situé sur le bâti extérieur des portes palières.

Dans les immeubles gardiennés, le gardien a pu recevoir, le cas échéant, les instructions lui permettant l'usage de cette clé.

Les normes suscitées prescrivent qu'un exemplaire de cette clé ne doit être remis au responsable qu'avec une instruction écrite précisant les précautions indispensables à prendre pour éviter les accidents qui pourraient résulter d'un déverrouillage non suivi d'un reverrouillage effectif.

Après un déverrouillage de secours, le dispositif de verrouillage ne doit pas rester en position de déverrouillage sur une porte palière fermée.

La construction étant conforme aux normes, dans le cas de portes palières entraînées par la porte cabine, un dispositif (poids ou ressort) doit assurer la fermeture automatique de la porte palière si, pour une raison quelconque, cette porte se trouve ouverte, la cabine ayant quitté la zone de déverrouillage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

ASCENSEURS

Surveillance minimale d'installation d'ascenseur

Un appareil normalement entretenu par une société compétente ne présente pas de risques potentiels graves, en principe. Cependant il y a une attention minimale, du ressort du syndic ou responsable de l'immeuble, concernant l'ascenseur, et qui fait partie de la surveillance habituelle du bon fonctionnement d'un immeuble.

Les éléments à surveiller, pour la sécurité des personnes, sont essentiellement les suivants (liste non exhaustive) :

- fermeture à clé du local des machines et de l'accès en cuvette ;
- accès à ces locaux assuré en toute circonstance (pas de meubles encombrants ou de gêne le long du parcours) ;
- maintien en température du local des machines entre + 5 °C et + 40 °C ;
- examen du fonctionnement des portes, soit :
 - impossibilité d'ouvrir une porte lorsque la cabine n'est pas au niveau du palier considéré ;
 - impossibilité de faire fonctionner l'appareil lorsque les portes ne sont pas fermées et verrouillées ;
- vérification de la présence en machinerie des éléments permettant une manœuvre de secours : volant de manœuvre et outil de déblocage du frein pour les ascenseurs électriques ; identification de la soupape de descente et de la pompe à main (déplacement vers le haut) pour les ascenseurs hydrauliques ;
- fonctionnement du dispositif antidérive pour les ascenseurs hydrauliques ;
- vérification de l'existence de la clé spéciale de déverrouillage des portes si celle-ci est confiée à un responsable désigné, autorisé et averti.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

ASCENSEURS

Types de contrats d'entretien

L'entretien est affaire de spécialistes. Il appartient au chef d'établissement, propriétaire ou syndic de choisir la société de service chargée de maintenir en bon état et de prévenir les aléas de l'installation. Il existe deux modèles de contrats normalisés et les entreprises d'entretien, conformément à l'arrêté du 11 mars 1977 et à la norme NF P 82-002, sont tenues de ne soumettre au choix de la clientèle que les deux types de contrats définis ci-après, soit : un entretien normal ou un entretien complet.

ENTRETIEN NORMAL

C'est un entretien relativement réduit à ce qui est nécessaire au maintien des appareils dans les conditions normales de sécurité et de fonctionnement.

Les textes (arrêté du 11 mars 1977 et NF P 82-002) précisent les prestations (exclusives) de ce type d'entretien. Il comprend :

1/ Les visites périodiques, nettoyage et graissage des organes mécaniques : l'entreprise chargée de l'entretien doit adapter la fréquence et la connaissance de ses visites aux caractéristiques techniques et aux conditions d'utilisation de l'appareil. En aucun cas, cependant, l'entreprise ne peut effectuer moins d'une visite par mois. Un nettoyage de la cuvette, du dessus de la cabine et de la machinerie est exécuté par l'entreprise une fois par an.

2/ La fourniture des produits de lubrification et de nettoyage nécessaires.

3/ Le dépannage : l'entreprise s'engage, sur demande du propriétaire ou de son représentant, à intervenir pendant les jours et heures normaux de travail de l'entreprise en cas d'arrêt ou de fonctionnement défectueux de l'appareil.

4/ L'examen semestriel des câbles et la vérification annuelle de l'état de fonctionnement des parachutes.

5/ La tenue, dans l'entreprise d'entretien, de dossiers permettant d'y retrouver la date et la nature des changements qui auraient été apportés à l'appareil, les dates et le résultat des dernières visites, l'indication des accidents qui se seraient produits et, généralement, de tous les faits importants concernant l'appareil. Le propriétaire ou son représentant pourra, à sa demande, prendre connaissance des dossiers tenus par l'entreprise.

6/ La réparation des pièces énumérées ci-dessous usées par le fonctionnement normal de l'appareil, ou leur remplacement si elles ne peuvent être réparées. Ces travaux sont effectués à l'initiative de l'entreprise et concernent les organes suivants :

- cabine : boutons d'envoi, paumelles de porte, contacts de porte, ferme-porte automatique, coulisseries de cabine, dispositif de sécurité de seuil et cellule photoélectrique ;
- paliers : ferme-porte mécaniques, électriques ou pneumatiques, serrures électromécaniques, contacts de porte et boutons d'appel ;
- balais du moteur et fusibles.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ENTRETIEN COMPLET

Cette prestation est complémentaire de l'entretien normal, c'est-à-dire qu'il comporte :

- les prestations comprises dans l'entretien normal ;

- la réparation des pièces usées par le fonctionnement normal de l'appareil ou leur remplacement si elles ne peuvent pas être réparées (câbles par exemple).

Les travaux sont effectués à l'initiative de l'entreprise et concernent, en particulier, les organes suivants :

- gaine : câbles de traction, de régulateur, de compensation et de sélecteur d'étages ; impulseurs, orienteurs, contacts fixes et mobiles et interrupteurs d'étages et de fin de course ; câbles souples pendentifs, poulies de renvoi ; parachute de sécurité ;

- machinerie : moteur (roulements, paliers, bobinages, rotor et stator), treuil (arbre à vis, engrenage, poulies, paliers, roulements, coussinets), frein (mâchoires, bobines, garnitures), contrôleurs de manœuvre (bobines, relais, redresseurs, résistances, contacts fixes et mobiles), transformateurs, organes de sélecteurs, contrôleur d'étages et régulateur de vitesse.

PRESTATIONS NON COMPRISES DANS LES CONTRATS

L'arrêté du 11 mars 1977 précise que ne sont pas comprises les prestations suivantes :

- l'entretien des installations de bâtiment en général, même si elles ont été exécutées spécialement pour l'établissement de l'ascenseur ou monte-charge, telles que : branchements de force, de lumière, et de mise à la terre, compteurs, combinés ou disjoncteurs, éclairage des abords, sonnerie d'appel, dispositifs antiparasites, entourages et protections, maçonnerie, peinture, même consécutive à des travaux de réparation ;

- l'entretien des portes, de la cabine et de son ameublement ;

- les réparations ou remplacements des pièces ou organes détériorés par malveillance ou usage anormal ;

- pour les pièces ou organes non visés aux rubriques ci-dessus, les réparations ou remplacements rendus nécessaires par la vétusté indépendamment de l'usage qui en est fait (vieillesse des canalisations électriques fixes notamment) ;

- les travaux de modernisation ou de mise en conformité de l'appareil avec les règlements applicables.



ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE

Arrêt intempestif de la cabine entre deux paliers

L'appareil s'arrête le long de son parcours, sans qu'une commande « arrêt d'urgence » (bouton rouge marqué « stop » dans la cabine) ait été actionné.

CONSTAT

Assez souvent, l'arrêt se produit entre deux paliers, nécessitant une intervention extérieure pour désincarcérer des occupants éventuels. Si c'est une panne d'alimentation électrique, la cabine n'est plus éclairée et le panneau des boutons de commande, dans les installations modernes, est visible grâce à un faible éclairage de secours.

Conformément aux articles 8.17.3 et 8.17.4 de la norme EN 81.1, la source d'éclairage de secours est à rechargement automatique et permet, en cas d'interruption du courant d'alimentation de l'éclairage normal, d'alimenter au moins une lampe de 1 W pendant 1 heure. Cet éclairage doit intervenir automatiquement dès la défaillance de l'alimentation de l'éclairage normal. Si la source prévue ci-dessus est également utilisée pour l'alimentation du dispositif de demande de secours, sa puissance doit être prévue en conséquence.

DISPOSITIF DE DEMANDE DE SECOURS

Aucune action n'est possible depuis l'intérieur de la cabine, sauf l'appel de secours.

La norme EN 81.1 (art. 14.2.3) prescrit que les passagers doivent avoir à leur disposition en cabine, un dispositif facilement reconnaissable et accessible permettant de demander du secours. Ce dispositif doit être alimenté soit par la source prévue pour l'éclairage de secours, soit par une source présentant des caractéristiques équivalentes.

Le matériel de demande de secours est l'un des dispositifs suivants :

- simple sonnerie ;
- interphone ;
- téléphone raccordé à un réseau public.

DISPOSITIONS PRÉVUES POUR RÉPONDRE À UN APPEL

La norme suscitée prescrit que l'organisation de l'immeuble devrait être prévue pour répondre efficacement à ces demandes de secours dans un délai raisonnable.

Nous pouvons penser que c'est un vœu pieux dans la plupart des situations actuelles des immeubles qui n'ont pas de gardien. La connexion par téléphone ou autre moyen avec une société de télésurveillance est, le cas échéant, la meilleure disposition (cf. Fiche solutions).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Diagnostic

ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE

Arrêt intempestif de la cabine entre deux paliers

Deux causes principales sont possibles :

- coupure d'alimentation électrique des machines ; soit une coupure générale du réseau, soit une coupure du circuit d'alimentation de la machinerie ;
- fonctionnement d'un dispositif électrique de sécurité dans la chaîne « de sécurité » de l'installation, dû à une anomalie ou à la défaillance d'un organe.

INVESTIGATION

L'investigation consiste à vérifier l'alimentation électrique, au tableau général puis au tableau secondaire d'où partent les circuits d'alimentation machines et éclairage de l'ascenseur. Si ces circuits sont corrects, l'arrêt a été provoqué par un dispositif de sécurité en machinerie, et il faut reconnaître le dispositif puis rechercher la cause qui a provoqué son action.

Le fonctionnement normal de l'ascenseur ne peut être rétabli qu'après avoir supprimé le défaut et réarmé l'appareil déclenché (réseau sur chaîne de sécurité).

Dans les cas où il ne s'agit pas d'une simple interruption du réseau général d'alimentation, l'intervention d'un technicien spécialiste est nécessaire.

Dans l'attente, il est possible de ramener la cabine à un niveau accessible et de libérer des passagers éventuels (cf. Fiche solutions).

CHAÎNE DE SÉCURITÉ

La chaîne de sécurité est un circuit comportant des contacts électriques en série, chacun étant asservi au fonctionnement des éléments mécaniques ayant un rapport avec la sécurité des usagers. Les événements susceptibles de provoquer le fonctionnement de l'un des dispositifs de cette chaîne sont par exemple :

- le non-verrouillage des portes après leur fermeture ;
- le dépassement de l'un des niveaux haut ou bas (détecteur « fin de course ») de la cabine ;
- vitesse en descente dépassant anormalement la vitesse assignée de la cabine, etc.

Des contacts de sécurité contrôlent en moyenne entre 25 et 40 événements suivant le type de machine et la destination des appareils.

L'action d'un dispositif de sécurité provoque, suivant la nature de l'anomalie détectée :

- soit l'arrêt immédiat de la cabine ;
- soit l'interruption de son fonctionnement (interdiction de démarrage, la cabine étant au niveau d'un palier).

Dans les deux cas, l'alimentation des machines est interrompue, et le frein bloque la poulie de laquelle il est solidaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

RECHERCHE DE DÉFAILLANCE DANS UN ASCENSEUR ÉLECTRIQUE

Les dispositifs de la chaîne de sécurité assurent le contrôle des procédures normales de fonctionnement et obéissent, le cas échéant, aux commandes d'interruption volontaire de la part du personnel d'entretien ou d'intervention.

Dans l'installation d'un ascenseur électrique, des dispositifs de sécurité interviennent dans les cas suivants :

- contrôle de la fermeture des portes de visite et de secours et des trappes de visite ;
- dispositif d'arrêt en cuvette ;
- dispositif d'arrêt dans le local de poulies ;
- contrôle du verrouillage des portes palières ;
- contrôle de la fermeture des portes palières ;
- contrôle de la fermeture des vantaux sans serrure ;
- contrôle de la fermeture de la porte de cabine ;
- contrôle du verrouillage de la trappe de secours et de la porte de secours en cabine ;
- dispositif d'arrêt sur le toit de cabine ;
- contrôle de l'allongement relatif anormal d'un câble ou d'une chaîne dans le cas de deux chaînes ou deux câbles de suspension ;
- contrôle de la tension des câbles de compensation ;
- contrôle du dispositif antirebond ;
- contrôle de l'enclenchement du parachute ;
- contrôle du déclenchement du limiteur de vitesse ;
- contrôle du retour en position normale du limiteur de vitesse ;
- contrôle de la tension du câble limiteur de vitesse ;
- contrôle du dispositif de protection contre la vitesse excessive de la cabine en montée ;
- contrôle du retour en position détendue normale des amortisseurs ;
- contrôle de la tension de transmission de la position de la cabine (dispositif hors course de sécurité) ;
- dispositif hors course de sécurité pour ascenseur à adhérence ;
- contrôle du verrouillage de la porte de cabine ;
- contrôle de la position du volant amovible de dépannage ;
- contrôle de la tension de l'organe de transmission de la position de la cabine (dispositif de contrôle du ralentissement) ;
- contrôle du ralentissement dans le cas d'amortisseurs à course réduite ;
- contrôle du mou des câbles ou des chaînes pour ascenseur à treuil attelé ;
- contrôle des interrupteurs principaux au moyen de contacteurs coupe-circuit ;
- contrôle du nivelage et de l'isonivelage ;
- contrôle de la tension de l'organe de transmission de la position de la cabine (nivelage et isonivelage) ;

- dispositif d'arrêt en manœuvre d'inspection ;
- limitation de la course de la cabine en manœuvre de mise à quai ;
- dispositif d'arrêt en manœuvre de mise à quai.

RECHERCHE DE DÉFAILLANCE DANS UN ASCENSEUR HYDRAULIQUE

Les dispositifs de la chaîne de sécurité ont le même rôle que ceux des ascenseurs électriques. Ils sont différents pour ceux qui concernent les éléments spécifiques à la machinerie hydraulique. Les éléments pour lesquels ils interviennent sont les suivants :

- contrôle de la fermeture des portes de visite et de secours et des trappes de visite ;
- dispositif d'arrêt en cuvette ;
- dispositif d'arrêt dans le local de poulies ;
- contrôle du verrouillage des portes palières ;
- contrôle de la fermeture des portes palières ;
- contrôle de la fermeture des vantaux sans serrure ;
- contrôle de la fermeture de la porte de cabine ;
- contrôle du verrouillage de la trappe de secours et de la porte de secours en cabine ;
- dispositif d'arrêt sur le toit de cabine ;
- contrôle de l'allongement relatif anormal d'un câble ou d'une chaîne ;
- contrôle de l'enclenchement du parachute ;
- contrôle du fonctionnement du limiteur de vitesse ;
- contrôle du retour en position normale du limiteur de vitesse ;
- contrôle de la tension du câble limiteur de vitesse ;
- contrôle de la tension du câble de sécurité ;
- contrôle du retour en position détendue normale des amortisseurs ;
- contrôle de la tension de l'organe de transmission de la position de la cabine dans le cas d'ascenseur à action directe (dispositif hors course de sécurité) ;
- contrôle de la tension de l'organe de transmission de la position de la cabine dans le cas d'ascenseur à action indirecte (dispositif de contrôle du ralentissement) ;
- dispositif hors course de sécurité ;
- contrôle du verrouillage de la porte de la cabine ;
- contrôle du mou des câbles/chaînes ;
- contrôle des interrupteurs principaux ;
- contrôle du nivelage et de l'isonivelage ;
- contrôle de la tension de l'organe de transmission de la position de la cabine (nivelage et isonivelage) ;
- dispositif d'arrêt en manœuvre d'inspection ;
- dispositif d'arrêt en manœuvre de mise à quai.



ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE

Arrêt intempestif de la cabine entre deux paliers

La cabine est stoppée dans sa course et – par hypothèse – des passagers doivent être délivrés. Toujours par hypothèse, leur appel a été entendu et soit l'immeuble dispose d'une personne avertie et instruite des manœuvres à effectuer, soit la cabine est dotée d'un téléphone connecté à une société de télésurveillance, soit ni l'une ni l'autre de ces dispositions n'est prévue et la délivrance des personnes est tout à fait aléatoire.

TÉLÉSURVEILLANCE

C'est la solution recommandée dans les immeubles non gardiennés. Les sociétés de télésurveillance spécialisées dans le dépannage ascenseur peuvent répondre 24/24 heures et disposent des moyens d'entrée dans les immeubles dont elles ont la charge. Elles sont sûres et interviennent en général rapidement.

INTERVENTION D'UNE PERSONNE AVERTIE ATTACHÉE À L'IMMEUBLE

La définition de la personne « avertie » est la suivante : « *Personne ayant reçu des instructions relatives aux manœuvres de secours prescrites par le constructeur et disposant des moyens d'intervenir.* »

Cette personne doit pouvoir accéder à tous les paliers à tout moment. Elle doit donc être disponible ou remplacée le cas échéant par une personne présentant les mêmes qualités.

Elle possède une clé ou un outil spécial qui lui a été confié afin de déverrouiller les porte palières et de cabine depuis un palier.

MANŒUVRE DE SECOURS NORMALISÉE

Les normes EN 81.1 (Ascenseurs électriques) et EN 81.2 (Ascenseurs hydrauliques) prescrivent la nature des matériels nécessaires à un dépannage de secours consistant à ramener la cabine à un niveau accessible et décrivent la procédure à effectuer, soit par la personne avertie, soit par le spécialiste d'une société extérieure.

L'outillage nécessaire est prévu dans la machinerie et les consignes particulières sont affichées.

MANŒUVRE MANUELLE PARTICULIÈRE À UN ASCENSEUR ÉLECTRIQUE

La manœuvre manuelle est prévue lorsque l'effort nécessaire pour déplacer la cabine, en montée, avec sa charge nominale ne dépasse pas 400 Newtons.

Le matériel installé en machinerie permettant le dépannage est le suivant, conformément à l'article 12.5.1 de la norme EN 81.1 :

- volant amovible situé à un endroit accessible dans la machinerie et convenablement repéré s'il y a risque de confusion sur la machine à laquelle il est destiné ;
- disposition permettant de contrôler facilement depuis le local des machines si la cabine se trouve dans une zone de déverrouillage ; cette disposition est généralement réalisée à l'aide de marques sur les câbles de suspension ou sur le câble de limiteur de vitesse ;
- outil ou levier permettant de desserrer manuellement le frein par une action continue.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La procédure normalisée et prescrite par les constructeurs est la suivante :

1/ En machinerie : placer le volant de manœuvre manuelle dans l'axe prévu du bloc moteur. Le maintenir fermement d'une seule main. Ce volant est normalement situé à proximité de la machine.

2/ Débloquer doucement la mâchoire du frein électromécanique à l'aide du levier prévu à cet effet, avec la main restée libre. Les dispositions constructives permettent à une seule personne d'effectuer simultanément la manœuvre du volant et le déblocage du frein par maintien continu sur le levier.

3/ La manœuvre est plus aisée dans l'un des deux sens : montée ou descente de cabine, suivant le rapport entre charge en cabine et contrepoids.

Surveiller les marques apparentes sur le câble de suspension ou sur le câble du limiteur de vitesse (ces marques sont des repères permettant de connaître la situation de cabine par rapport aux niveaux des paliers). Amener ainsi la cabine dans la zone de déverrouillage du palier choisi. D'autres moyens de repérage sont possibles suivant la technologie adoptée par le constructeur.

4/ Relâcher le frein qui bloque à nouveau la machine.

5/ Au niveau du palier où la cabine a été amenée :

- déverrouiller la porte palière à l'aide de la clé spéciale ;
- ouvrir manuellement les portes palières et de cabine, aider les passagers à sortir ;
- verrouiller la porte palière après fermeture des portes de cabine et palière.

6/ Avertir le service spécialisé de dépannage et entretien, qui recherchera la cause de la panne et remettra l'ascenseur en état de service normal.

Remarque

La clé spéciale de déverrouillage ne doit être en possession d'un responsable que lorsque celui-ci a préalablement reçu une instruction écrite précisant les précautions indispensables et la procédure de dépannage. Ces instructions sont fournies par le constructeur de l'appareil.

MANŒUVRE ÉLECTRIQUE ASSISTÉE PARTICULIÈRE À UN ASCENSEUR ÉLECTRIQUE DE FORTE CHARGE

La norme EN 81.1 (article 14.2.1.4) prévoit que, pour les machines dont l'effort manuel pour déplacer la cabine en montée avec sa charge nominale dépasse 400 N, il doit être installé dans le local de la machine un commutateur de « manœuvre de rappel ». L'alimentation de la machine doit se faire sur le réseau normal d'alimentation force motrice ou éventuellement sur le circuit de secours, s'il en existe un.

Ce commutateur, lorsqu'il est enclenché, doit permettre depuis le local des machines la commande du mouvement de la cabine par une pression permanente sur des boutons protégés contre toute action involontaire. Le sens de marche doit être clairement indiqué.

L'action de la manœuvre de rappel par le moyen de ce commutateur interdit tous les mouvements de la cabine autres que ceux commandés par ce commutateur. Le commutateur de rappel peut rendre inopérant, par lui-même ou un autre dispositif électrique de sécurité, le dispositif électrique de sécurité prévu sur le limiteur de vitesse et les dispositifs électriques de sécurité suivants :

- ceux montés sur le parachute ;
- ceux montés sur les amortisseurs ;
- les dispositifs hors-course de sécurité.

Le commutateur de rappel et les boutons doivent être placés de sorte qu'en les manœuvrant, on puisse bien observer la machine.

Le déplacement de la cabine ne peut s'effectuer à une vitesse dépassant 0,63 m/s.

MANŒUVRE MANUELLE PARTICULIÈRE À UN ASCENSEUR HYDRAULIQUE

La technologie de l'ascenseur hydraulique est telle que la manœuvre manuelle est toujours possible. Elle s'exerce par action sur les organes hydrauliques directement, suivant la procédure décrite par la norme EN 81.2 (article 12.9). Cette procédure est la suivante :

1/ Choisir le sens (montée ou descente) dans lequel on va déplacer la cabine. En machinerie :

a) descente : agir sur la soupape de manœuvre de secours repérée, en surveillant la marche de la cabine. La pression manuelle est continue, la vitesse est généralement restée à 0,3 m/s ;

b) montée : agir sur la pompe à main en surveillant la marche de la cabine. Cette pompe est limitée en pression à 2,3 fois la pression à pleine charge. Sa situation est entre le clapet de non-retour ou la soupape de descente du circuit et le robinet d'isolement.

2/ Au niveau du palier où la cabine a été amenée : les manœuvres à effectuer sont les mêmes que pour l'ascenseur électrique au point 5/.

3/ Avertir le service spécialisé de dépannage et entretien, qui recherchera la cause de la panne et remettra l'ascenseur en état de service normal.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.

Le signal de la commande de la cabine est transmis à la commande de la cabine.



Désordre

ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE

Non-démarrage de l'appareil

L'appareil est arrêté à un palier et n'obéit pas aux commandes de mise en route depuis l'intérieur de la cabine.

Dans certains cas, la cause de non-démarrage apparaît évidente : il s'agit d'un empêchement de fermeture totale des portes de cabine ou paliers, ou d'une surcharge, ou encore de l'obturation du rayon lumineux, si l'appareil en est pourvu, qui balaye la zone comprise entre les bâtis verticaux de la baie de cabine. Il suffit de faire disparaître la cause d'empêchement de fermeture des portes pour que le fonctionnement soit rétabli.

Dans les autres cas, une investigation est nécessaire de la part d'un spécialiste.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

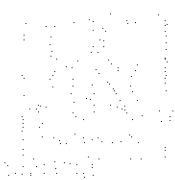
ST

UV

WX

YZ

DECLARATION DE LA LOI DE LA LOI



(

(

(

(



ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE

Non-démarrage de l'appareil

Les causes susceptibles d'interdire le départ de la cabine sont les suivantes :

- non-fermeture des portes de cabine et/ou paliers ;
- surcharge, au-delà de la limite admise, sur le plancher de la cabine ;
- action d'un dispositif de sécurité dans la chaîne de sécurité, interdisant le fonctionnement de l'appareil.

NON-FERMETURE DES PORTES

Par construction, et conformément aux normes EN 81.1 et EN 81.2, les portes et leur entourage sont conçus de façon que soient réduites au minimum les conséquences dommageables d'un coincement d'une partie du corps, d'un vêtement ou d'un objet.

En conséquence, un obstacle sur le trajet de fermeture des portes provoque l'arrêt du système commandant la fermeture et ensuite la réouverture des portes.

Les normes suscitées précisent les conditions de réalisation de cette disposition qui sont les suivantes :

1/ Portes automatiques coulissant horizontalement :

L'effort nécessaire pour empêcher la fermeture de la porte ne doit pas dépasser 150 N. Cette mesure ne doit pas se faire dans le premier tiers de la course de la porte.

L'énergie cinétique de la porte palière et des éléments mécaniques qui lui sont rigidement connectés, calculée ou mesurée à la vitesse moyenne de fermeture ne doit pas dépasser 10 J.

Un dispositif de protection doit commander automatiquement la réouverture de la porte dans le cas où une personne serait heurtée ou sur le point de l'être par la porte, en franchissant la baie pendant le mouvement de fermeture.

2/ Portes automatiques coulissant verticalement :

Ce type de porte n'est admis que pour les ascenseurs de charge. La fermeture mécanique ne doit être utilisée que si certaines conditions précisées par les normes sont remplies simultanément, en particulier : la fermeture s'effectue sous le contrôle et la surveillance continue des usagers.

3/ Corps étrangers dans les rails ou guides de fermeture des portes :

Les organes du système de commande et de guidage des portes doivent être protégés contre le risque d'une accumulation de poussières qui pourrait nuire à son bon fonctionnement.

Si les portes sont empêchées dans la totalité de leur fermeture, le verrouillage électrique « de contrôle de fermeture » ne donne pas l'autorisation de démarrage.

Les normes EN 81.1 et 81.2 précisent que chaque porte palière et chaque porte de cabine, doivent être munies d'un dispositif électrique de sécurité contrôlant la fermeture et permettant de satisfaire aux conditions imposées pour la sécurité des usagers. Dans le cas de portes palières coulissant horizontalement à entraînement simultané avec la porte de cabine, un dispositif peut être commun à condition que son action soit subordonnée à la fermeture effective de la porte palière.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

SURCHARGE EN CABINE

Les appareils construits conformément aux dernières normes en vigueur (EN 81 de 1997), sont munis d'un dispositif mesureur de charge interdisant le départ normal lorsque la charge nominale est dépassée de 10 % avec un minimum de 75 kg. La charge nominale de chaque appareil est affichée en cabine.

Le refus de démarrage est accompagné des événements suivants :

- les usagers en cabine sont informés au moyen de messages visuels et/ou vocaux ;
- les portes à manœuvre automatique sont amenées en position ouverte ;
- les portes à entraînement manuel sont maintenues déverrouillées ;
- toute opération préliminaire de commande de l'appareil est annulée.

CELLULE DE CONTRÔLE DE BAIE DE CABINE

Certains appareils sont munis d'une cellule dont le rayon balaie l'espace de la baie de cabine. Si ce rayon est interrompu, la fermeture des portes n'est pas commandée et le départ ne peut avoir lieu.

ACTION D'UN DISPOSITIF DANS LA CHAÎNE DE SÉCURITÉ

Un défaut a pu se produire au cours du dernier transport, ne nécessitant pas l'arrêt immédiat mais empêchant tout nouveau départ. L'intervention d'un spécialiste est nécessaire pour identifier la cause de défaillance.



ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE

Non-démarrage de l'appareil

Le non-démarrage est dû à deux sortes de défauts :

1/ Ceux consécutifs à l'introduction des personnes ou des charges, soit :

- un empêchement de fermeture des portes ;
- une surcharge dépassant la limite admise.

Il suffit soit de libérer l'espace de fonctionnement des portes et que leur verrouillage « portes fermées » soit effectif, soit de supprimer la surcharge éventuelle. Le départ de la cabine obéira à la commande suivante sans autre intervention.

2/ Ceux consécutifs au fonctionnement d'un dispositif de sécurité dans la chaîne des sécurités, interdisant tout nouveau départ.

Le fonctionnement de l'appareil ne peut être rétabli qu'après avoir reconnu et supprimé la cause du défaut et remis en l'état normal le dispositif de sécurité dans la chaîne. Cette intervention est du ressort du technicien spécialiste et peut nécessiter des travaux éventuels de réparation ou remplacement de matériel.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. Vérifier la tension d'alimentation et la tension de la batterie.

2.

3. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

4.

5. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

6. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

7.

8. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

9. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

10.

11. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

12. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

13. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

14.

15. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

16. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

17. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

18. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

19. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

20. Vérifier la tension de la batterie et la tension de la batterie.

ILLUSTRATIONS DE QUELQUES DÉSORDRES DE BALCON METTANT EN CAUSE LA SOLIDITÉ ET LA SÉCURITÉ (photos 1, 2 et 3)



Photo 1 : Éclatement d'un angle de balcon au droit d'un scellement de pied de garde-corps. Insuffisance d'enrobage, effet de la corrosion (expansion de la rouille). © J. Putatti



Photo 2 : Désordre au droit d'un piétement de montant de garde-corps :
– fissuration au droit de la cheville de fixation ;
– fissuration de carrelage, dépôts de calcite dans les joints de carrelage.
– altération du métal du piétement. © J. Putatti

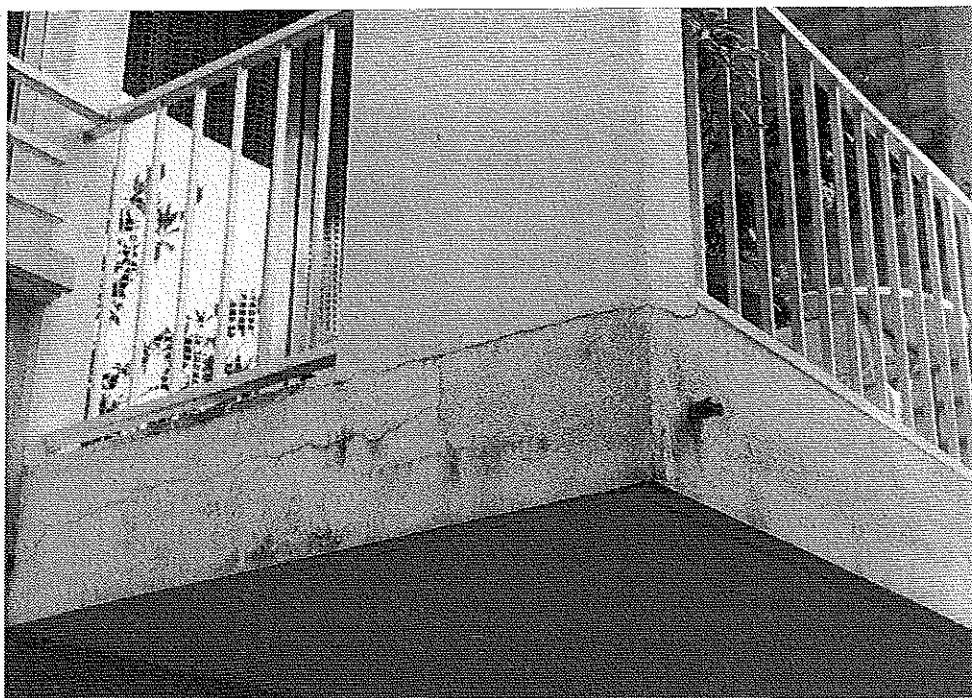


Photo 3 : Désordres rive de balcon :

- fissures dans l'épaisseur de la rive (enduit), niveau muret ;
- fissure à la liaison dalle - maçonnerie de garde-corps. © J. Putatti



Désordre

BALCON

Fissurations transversales

DÉFINITION DES DÉSORDRES

Les balcons sont des ouvrages en béton armé solidaires des structures (planchers) et subissent les effets du retrait thermohygrométrique et des chocs thermiques.

De ce fait, les fissurations de ce type d'ouvrage sont fréquentes.

Les désordres se manifestent par :

- la création de fissures transversales à tracé et répartition anarchique (fissures traversantes) ;
- la formation de stalactites de chaux (calcite) en sous-face.

RÈGLES DE L'ART (PRÉVENTION)

(Référence DTU 20.1 « Parois et murs en maçonnerie de petits éléments et DTU 23.1.)

On peut « discipliner » le phénomène de retrait en créant des joints transversaux entre les joints de structure (joints diaphragmes).

1^{re} disposition : joints rapprochés

- Espacement ≤ 6 m en régions humides ou tempérées ; ou ≤ 4 m en régions sèches ou à forte opposition de températures.
- Armatures (longitudinales) classe Fe E40 (pourcentage $\geq 0,20$ % de la section transversale du balcon).
- Béton de résistance minimale à la traction = 24 bars à 28 jours.

Si ces conditions ne sont pas remplies → le pourcentage minimal doit passer à 0,25 %.

2^e disposition : joints espacés

- Espacement ≤ 12 m, en régions humides ou tempérées, ou ≤ 8 m, en régions sèches ou à forte opposition de températures.
- Armatures (longitudinales) classe Fe E 40 (pourcentage $\geq 0,50$ % de la section du béton).

Pour des espacements importants de joints, il est souvent nécessaire d'effectuer des recouvrements d'armatures. Prévoir des valeurs suffisantes pour ces recouvrements (de l'ordre de 30 à 40 Ø).

- La disposition des joints transversaux peut correspondre à des espacements intermédiaires à ces valeurs.

Par exemple : entre 6 et 12 m ou 4 et 8 m.

Le pourcentage d'armatures longitudinales minimal sera déterminé par interpolation linéaire entre les valeurs correspondantes.

- Cas particulier : lorsque le balcon est solidaire à ses extrémités d'une structure rigide (2 murs par exemple), la section d'armatures longitudinales doit correspondre au pourcentage maximal mentionné ci-dessus (0,50 % de la section de béton).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Remarques

Ces dispositions sont d'ordre *préventif*.

Le tracé des fissures étant aléatoire ainsi que leur répartition, il n'y a généralement *pas de solution corrective*.



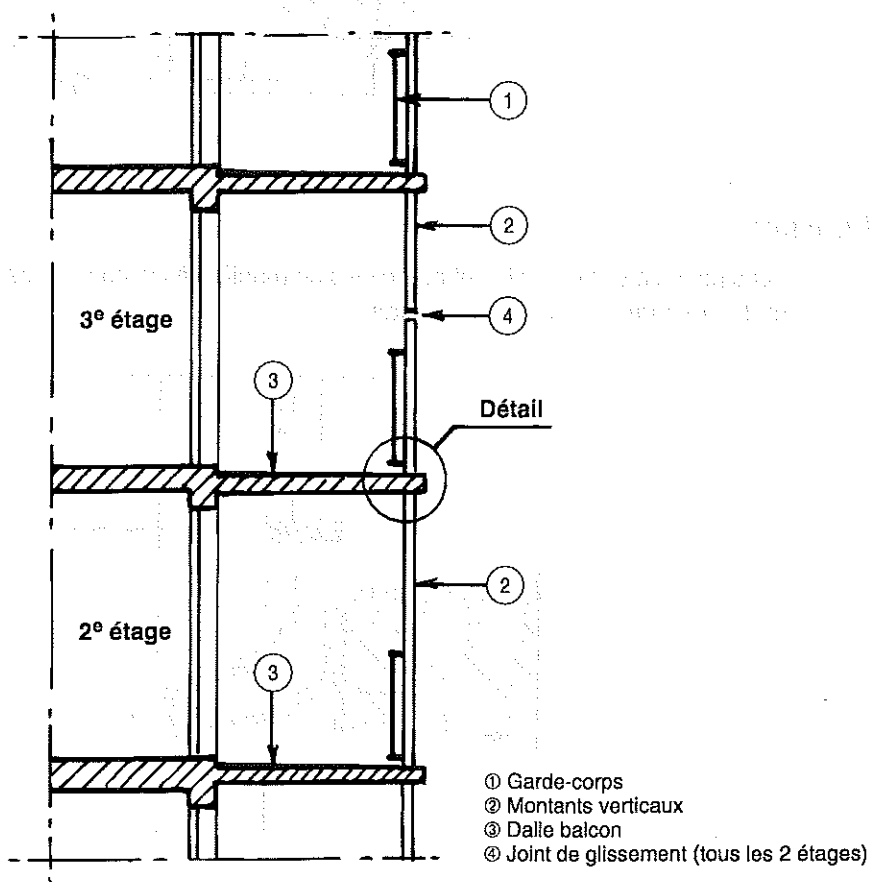
Désordre

BALCON

Garde-corps métallique

POSITION DU PROBLÈME

Bâtiment de 5 étages sur rez-de-chaussée. Balcon en consoles avec garde-corps fixés au niveau des lisses hautes et basses (environ tous les 2,50 m) à des montants verticaux en tubes métalliques à section rectangulaire. Un joint à coulisse est prévu à mi-hauteur, c'est-à-dire dans la hauteur du 3^e étage. Le scellement des montants est fait dans les dalles de balcon, par des pattes de scellement.



DÉSORDRE

Survenu à mi-période décennale. Éclatement du béton des balcons au droit des scellements.

CAUSES

La dilatation linéaire des montants a été prise en compte par le joint de glissement prévu à mi-hauteur. Les scellements dans les dalles balcon ont été largement dimensionnés pour tenir compte du poids propre des serrureries et des charges appliquées. Mais les effets des flexions différentielles des balcons sur les montants verticaux qui fonctionnent comme des poteaux reportent en fait des charges importantes au niveau du 1^{er} étage.

D'autre part, les joints à coulisse n'ont probablement pas fonctionné comme prévu (corrosion - blocage).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

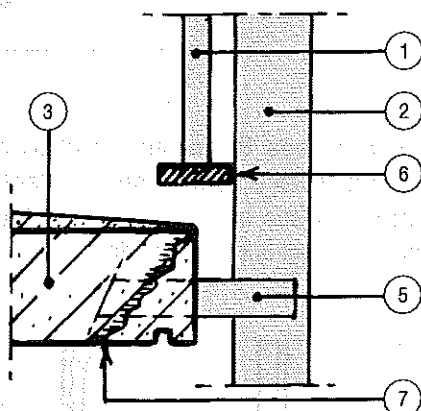
ST

UV

WX

YZ

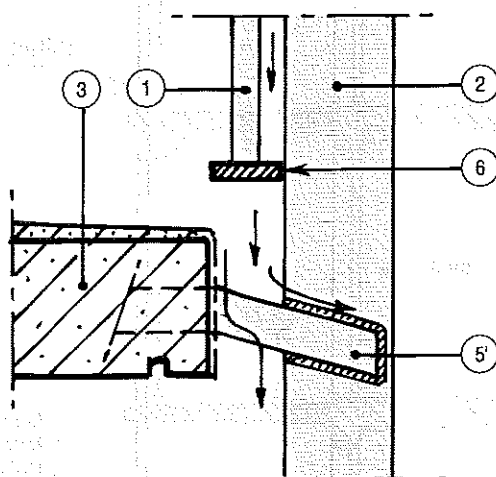
La pente des balcons vers l'extérieur a provoqué les corrosions des pattes à scellements et a contribué à l'éclatement du béton et à la destruction des scellements. L'effet du gel dans les fissures a provoqué la chute des éléments de béton.



- ⑤ Patte à scellement
- ⑥ Liaison soudure garde-corps/ montant
- ⑦ Éclatement du béton

REMÈDES

- Les pattes à scellements ont été revues de manière à évacuer les eaux de ruissellement des balcons et des montants verticaux (cf. détail).



- ⑤ Patte rectifiée

- Les scellements ont été repris avec des mortiers de résine pour les zones éclatées et fissurées.
- Les joints coulissants des montants verticaux ont été vérifiés et rectifiés.

Remarques

Dans ce type d'ouvrages et plus particulièrement dans les façades exposées, les grandes longueurs horizontales ou verticales de serrurerie sont à éviter.

Malgré les dispositions constructives (joints-coulisse), l'entretien n'est pas toujours correctement effectué et des efforts anormaux se produisent au droit des scellements dans les nez de balcons qui restent des ouvrages fragiles.



BALCON

Mauvais positionnement des armatures

PRINCIPE

Les balcons en béton armé sont, dans le cas général, des dalles en porte-à-faux, c'est-à-dire :

- prolongeant la dalle plancher ;
- ou encastrées dans l'appui constitué par le mur façade.

Dans ces ouvrages soumis à la flexion sous leur poids propre et les charges d'exploitation, la face supérieure est une zone tendue dans laquelle les armatures assurent l'équilibre des contraintes.

Le mauvais positionnement, souvent rencontré sur les chantiers, de ces armatures, résultant surtout de l'ignorance des exécutants, conduit inévitablement à l'effondrement par rotation de la dalle balcon et éventuellement à la rupture des aciers et à la chute des éléments de dalle (fig. 1).

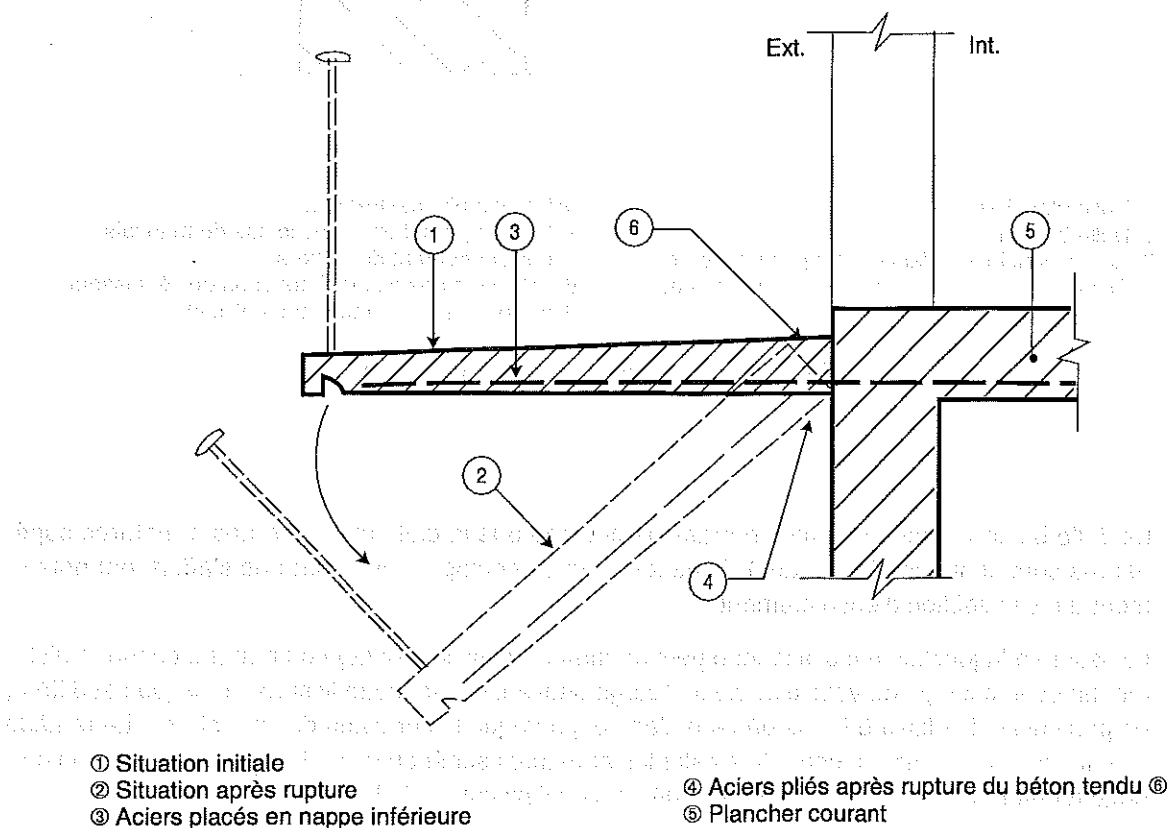


Fig. 1 : Rupture « classique » d'une dalle balcon.

Ce risque n'est pas toujours décelable du fait que la dalle balcon étant coulée, les armatures ne sont plus visibles.

D'autre part, de simples fissures peuvent apparaître au droit du seuil et être considérées comme des fissures de retrait, notamment si la dalle balcon est coulée « après coup ».

Les effondrements spectaculaires se produisent lors du décoffrage, lorsque l'erreur de positionnement des armatures est flagrante, en particulier pour des porte-à-faux importants avec des dalles épaisses.

CAS COURANT (fig. 2)

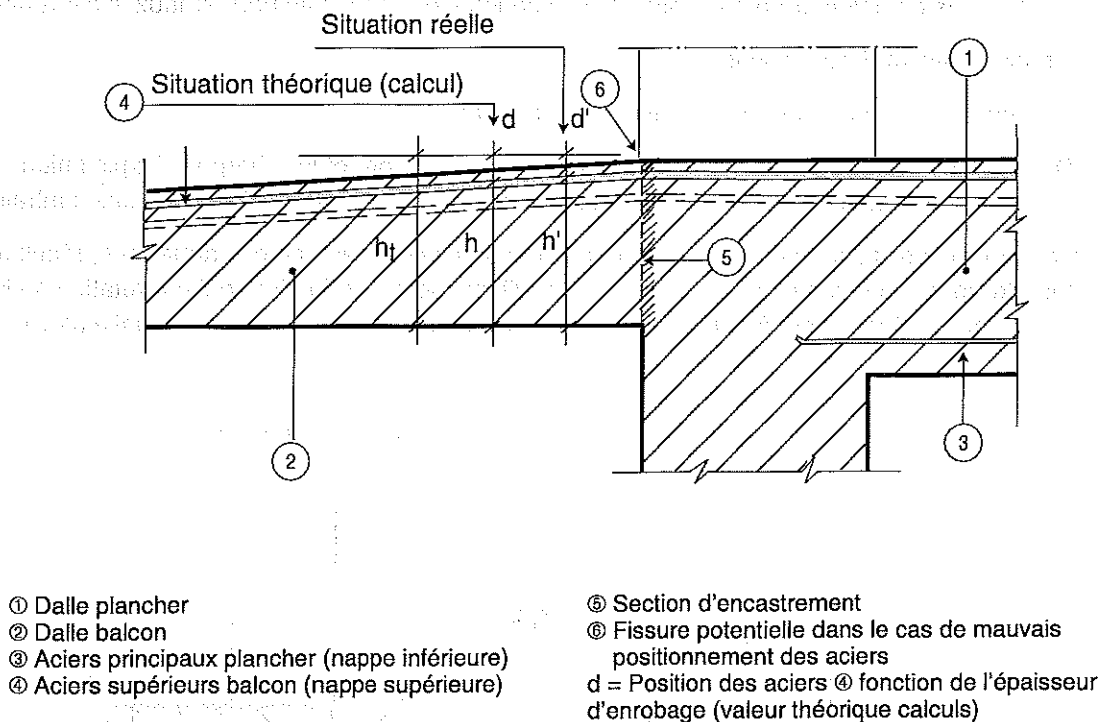


Fig. 2 : Positionnement des aciers de balcon.

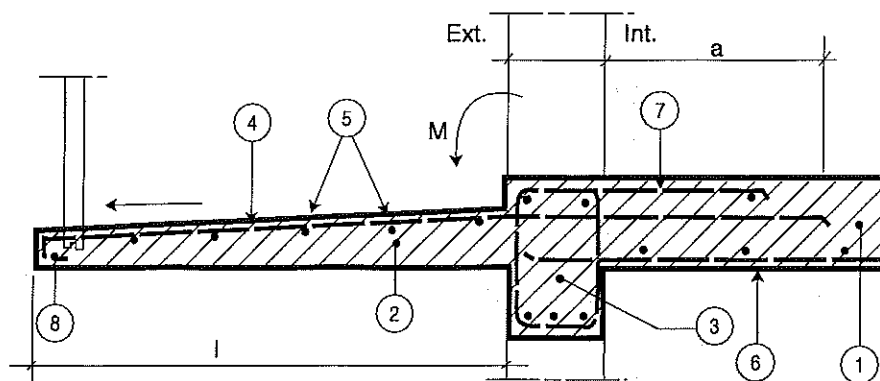
La dalle balcon présente la même arase de coulage que la dalle plancher. Les armatures supérieures sont continues (chapeaux). Toutefois, lors du coulage, ces armatures s'affaissent notamment dans la section d'encastrement.

La fissure à la jonction avec la façade peut apparaître, mais le montage du mur (maçonnerie d'éléments) ou le coulage du voile banché de l'étage peuvent cacher cette fissure. Le risque est différé, en particulier si la fissure laisse pénétrer l'eau et provoque la corrosion des armatures. Le remède à cette situation de risque consiste à caler les armatures supérieures du balcon à leur position correcte (conforme aux hypothèses de calcul), lors de l'exécution du balcon.

CAS DE BALCON DÉNIVELÉ (fig. 3)

Cette disposition entraîne la rotation de chaînage au droit de la façade et la reprise des efforts de torsion par des armatures adéquates.

La réalisation peut être faite par le coulage simultané de la dalle plancher et de la dalle balcon, ou par coulage différé de la dalle balcon, sous réserve que les armatures de cette dalle soient disposées correctement « en attente ».



- | | |
|--|---|
| ① Dalle en plancher courant intérieur | ⑦ Cadres de linteau (ou chaînage) prolongés en chapeau pour absorber le moment de torsion résultant des différences de niveau |
| ② Dalle balcon en porte-à-faux | ⑧ Dispositif « goutte d'eau » |
| ③ Appui linteau ou chaînage sur mur façade | a = Longueur d'ancrage aciers ④ |
| ④ Armatures principales 1 ^{er} lit supérieur balcon | M = Moment de flexion dalle balcon |
| ⑤ Armatures supérieures 2 ^e lit | l = Porte-à-faux |
| ⑥ Aciers principaux 1 ^{er} lit plancher | |

Fig. 3 : Disposition variante - Balcon dénivelé.

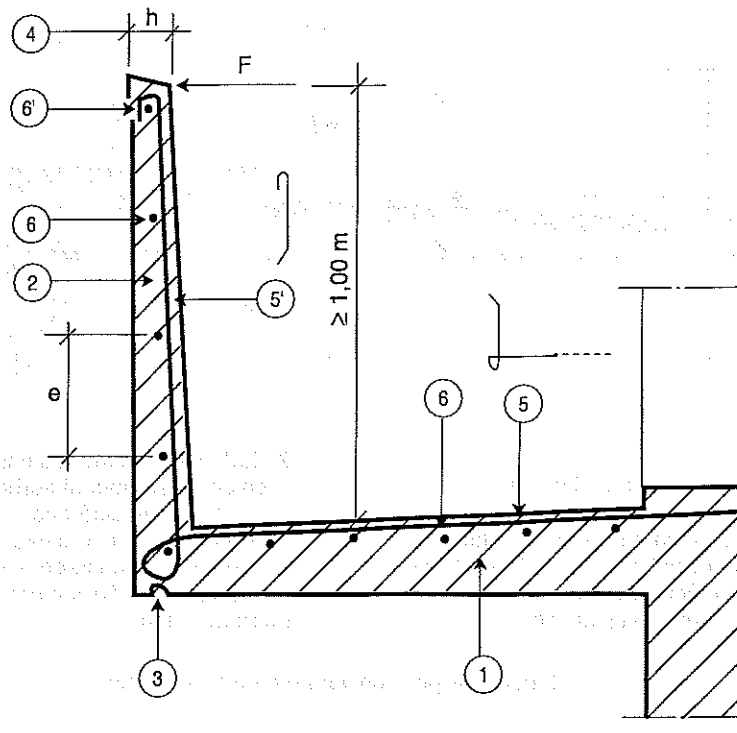
CAS D'UN BALCON AVEC GARDE-CORPS EN BÉTON (PLEIN EN VOILE BÉTON)

Un mauvais positionnement des armatures du voile peut avoir des conséquences fâcheuses pour la stabilité du garde-corps.

DISPOSITION CORRECTE (fig. 4)

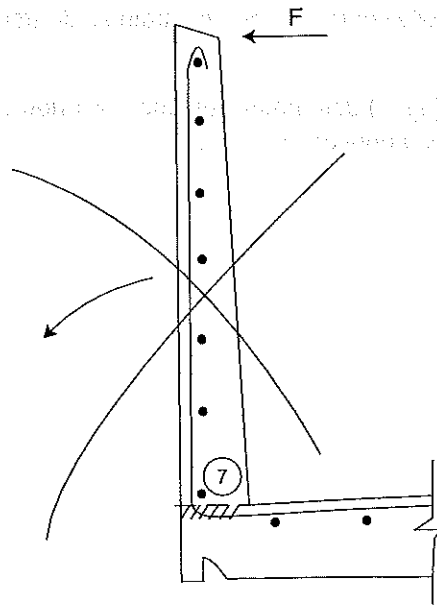
Le voile balcon doit être armé pour résister à des poussées de 60 daN/ml pour les bâtiments d'habitation courants et de 100 daN/ml pour des bâtiments publics. Ces poussées s'exercent en tête de voile (F). La face intérieure du voile soumise à des contraintes de traction par flexion doit donc être armée.

Le fait d'inverser la disposition (fig. 5) des armatures (face extérieure) pourra provoquer la rupture du voile et la chute de personnes appuyées en tête.



- ① Dalle balcon
- ② Voile garde-corps
- ③ Dispositif « goutte d'eau »
- ④ Épaisseur minimale ($h_r \geq 0,08$ m)
- ⑤ Armatures principales (1^{er} lit) balcon
- ⑥ Armatures principales (1^{er} lit) voile garde-corps
- ⑥ Armatures de répartition (2^e lit) balcon et garde-corps
- ⑥' Armature bordure de diamètre plus fort
- F = Effort de poussée

Fig. 4 : Disposition type correcte d'un balcon avec garde-corps plein.



- ⑦ Surface de rupture

Fig. 5 : Disposition incorrecte d'un balcon avec garde-corps plein.



Question/Réponse

BALCON

Revêtement d'étanchéité

QUESTION

Y a-t-il lieu de prévoir un revêtement d'étanchéité sur les balcons ?

RÉPONSE

Position du problème

La première édition du DTU 20.12 (septembre 1977) mentionnait « Les balcons recevant un revêtement d'étanchéité non bordé par un acrotère doivent comporter en bordure du vide une nervure en béton permettant de buter la protection du revêtement d'étanchéité ».

La dernière édition de ce DTU (septembre 1993) indique :

« Les balcons recevant un revêtement d'étanchéité traditionnel doivent être traités comme des terrasses accessibles (acrotère, relevé contre façades, ouvrages d'évacuation des eaux, protection dure, etc.).

En commentaire

« Des procédés non traditionnels (étanchéité liquide par exemple) relevant de la procédure d'avis technique peuvent être utilisés sur des balcons non bordés par des acrotères, sans toutefois s'affranchir des autres dispositions telles que reliefs contre façades, etc. ».

EN RÉSUMÉ

Il n'y a pas d'obligation normative de disposer un revêtement d'étanchéité sur un balcon.

Toutefois, des dispositions doivent être prévues pour évacuer l'eau pouvant tomber sur ces ouvrages, notamment lorsque au dernier niveau, la terrasse n'est pas prolongée par une dalle couvrant le balcon.

L'eau doit de préférence être évacuée vers l'extérieur. Lorsque la pente est dirigée vers la façade, un ouvrage de collecte (caniveau) doit être prévu avec relevé d'étanchéité contre la façade afin d'éviter les pénétrations d'eau par effet de rejaillissement ou par capillarité.

Dans la plupart des cas rencontrés, les balcons superposés constituent une protection satisfaisante à condition :

- d'avoir une pente vers l'extérieur ($\geq 0,01$ m PM) ;
- d'avoir un dispositif « goutte d'eau » pour éviter le contournement du bord extérieur de la dalle balcon ;
- de recouper la dalle par des joints diapason rapprochés. Ces joints doivent être :
 - marqués dans le revêtement éventuel du balcon ;
 - traités avec un mastic sur fond de joint.

Les dispositions relatives aux seuils de porte-fenêtres donnant accès aux balcons doivent respecter les règles de l'art afin d'éviter les pénétrations par fortes précipitations accompagnées de vent.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Il est rappelé qu'une dalle balcon recouvrant un local à rez-de-chaussée doit être traitée comme une toiture-terrasse. Les loggias établies sur le même principe doivent également être considérées comme des petites terrasses privatives. Les dispositions relatives à l'isolation thermique sont à prévoir.

Dispositions diverses

- Les scellements de garde-corps métalliques placés en bordure des dalles doivent être protégés contre la corrosion et doivent être surveillés et entretenus pour des raisons évidentes de sécurité.
- Les traversées de dalle par des colonnes d'évacuation EP doivent être faites sous fourreaux.
- Les bords de balcons, soumis aux effets de ruissellement et d'évacuation des eaux doivent être particulièrement soignés et entretenus.



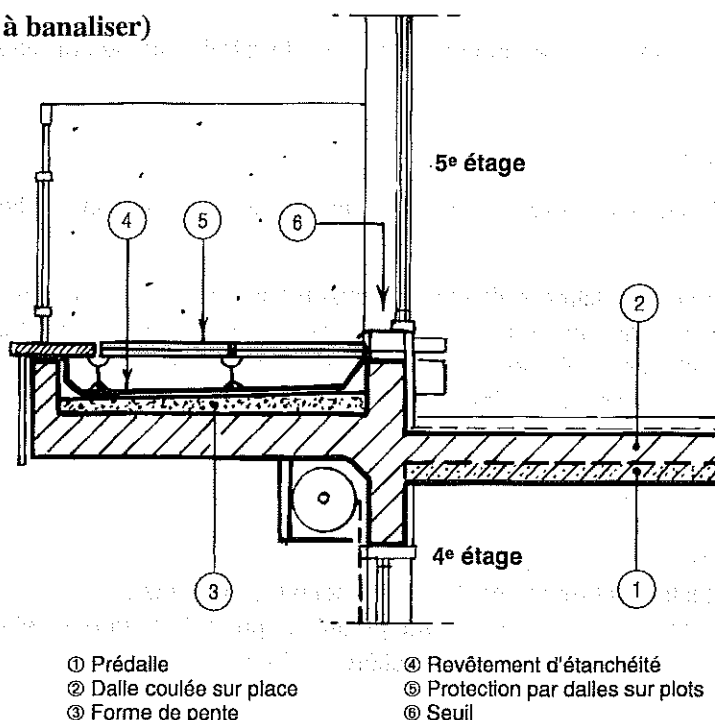
BALCON AVEC ÉTANCHÉITÉ

Infiltration

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES (PRÉVUES AU PROJET)

- Bâtiment résidentiel de standing R + 5.
- Planchers à dalles béton armé coulées sur prédalles.
- Balcons en forme de caissons à tous les niveaux d'étage, avec étanchéité, relevés et protections par dalles sur plots (cf. schéma).

À schématiser (et à banaliser)



DÉSORDRES

Dans l'appartement du 4^e étage, infiltrations avec cloquage peintures en plafond, humidité des revêtements verticaux de la pièce en façade, etc., cloques au droit des joints de prédalles.

CONSTATATIONS

Au 5^e étage, le revêtement de protection du balcon ne correspond pas aux dispositions prévues au projet.

En effet : la protection par dalles sur plots a été remplacée par un carrelage 10/20 probablement établi sur une forme (?) (cf. schéma en page 2).

(A) Le carrelage est arasé à environ 0,01 m sous le niveau d'une pierre de couronnement en bordure extérieure.

Côté façade, le bâti menuiserie (coulissant alu) est bordé par une parclose cachant le joint de carrelage avec le gros œuvre.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

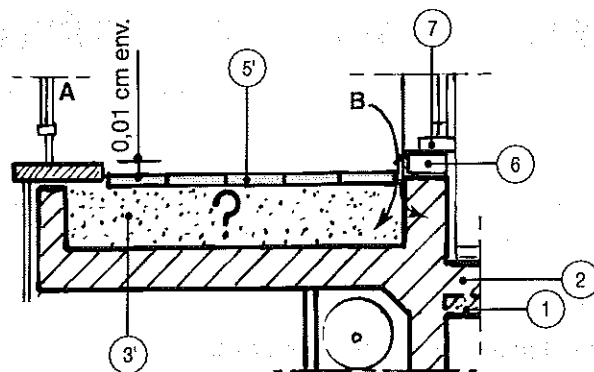
QR

ST

UV

WX

YZ



- | | |
|-------------------------------|------------------|
| ① Prédalle | ⑥ Seuil |
| ② Dalle coulée sur place | ⑦ Parclose |
| ③ Forme support (non définie) | B : infiltration |
| ⑤ Protection carrelage | |

Le dégagement de cette parclose montre une fissure de retrait entre le carrelage et le bâti.

CAUSE DES INFILTRATIONS

L'origine des entrées d'eau se situe en toute vraisemblance au droit de la jonction carrelage-bâti de menuiserie.

Le cheminement de l'eau infiltrée s'effectue probablement à partir de la cuvette de rétention constituée par le gros œuvre du balcon et par des fissures du gros œuvre (murette) et ceci jusqu'aux joints de prédalles, chemins préférentiels pour la dalle de structure, ainsi que pour la jonction appuis des dalles sur murs (façades, refends).

REMÈDES

Solution préconisée :

- déposer les protections et revêtements d'étanchéité (?) existants ;
- rétablir la situation prévue initialement avec protection par dalles sur plots et étanchéité correctement raccordée à son contour, et plus particulièrement avec le seuil-bâti.

Remarques

Le balcon du 5^e et dernier étage n'est pas protégé comme ceux des autres niveaux par un prolongement de la toiture-terrasse.

La conception particulière de ce balcon nécessitait la mise en place d'un revêtement d'étanchéité, ce qui n'est pas le cas général.



Question/Réponse

BALCON AVEC GARDE-CORPS MÉTALLIQUE

Scellement - Éclatement du béton

QUESTION

Quelles sont les éléments qui peuvent provoquer l'éclatement et la destruction du béton enrobant les scellements des montants d'un garde-corps ?

RÉPONSE

Description des désordres

Les désordres décrits ci-après affectent les dalles de balcon en béton armé recevant des garde-corps métalliques (deux cas présentés).

- **1^{er} cas** : Balcon d'hôtel (Jura). Destruction complète du « nez » de balcon, probablement par le gel. Disparition totale de la rive béton et descellement des pieds de garde-corps métalliques.



Balcon dalle BA avec garde-corps métallique. © J. Putatti

- **2^e cas** : Balcon en dalle BA (résidence multivacances, côte varoise). Éclatement du béton d'enrobage du scellement de montant de garde-corps.

Remarque

Ces types de désordres présentent un caractère de gravité car ils engagent la responsabilité des maîtres d'ouvrage au niveau de la sécurité des personnes.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

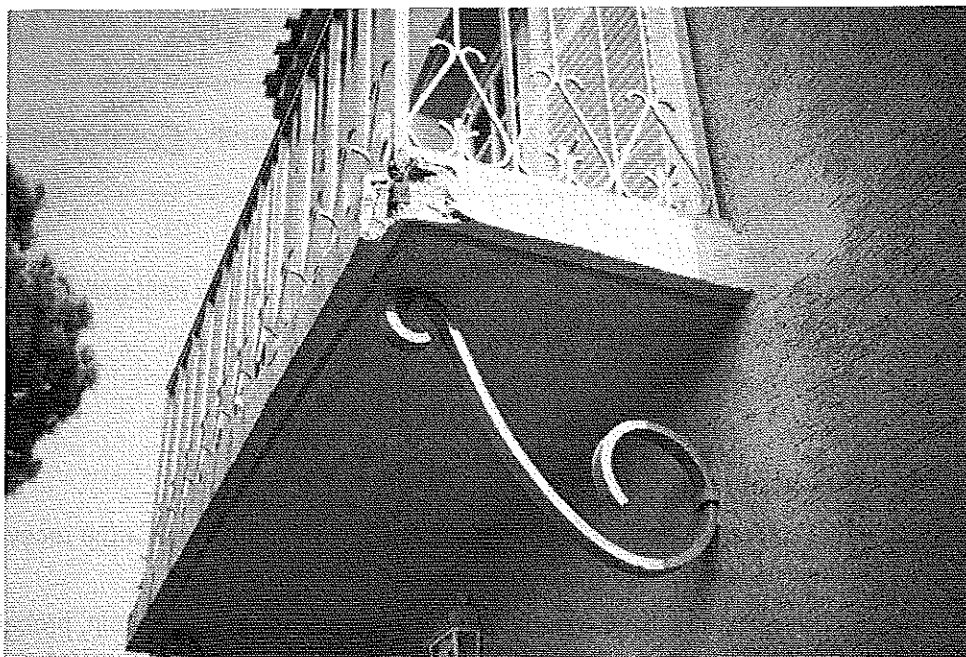
QR

ST

UV

WX

YZ



Éclatement d'un angle de balcon au droit d'un scellement de montant de garde-corps.
© J. Putatti

Causes

Dans le premier cas, qui présente des désordres importants, c'est l'absence ou l'obturation de la goutte d'eau en sous-face qui est en toute vraisemblance à l'origine de l'éclatement du béton par effet de gel. La destruction du nez ou rive de dalle affecte en effet toute la longueur et même la sous-face de la dalle balcon (région de montagne). Les scellements des montants de garde-corps se trouvant en rive ont également provoqué l'éclatement du béton par expansion de la rouille.

Cette cause se retrouve dans le second cas et correspond à une insuffisance d'enrobage du montant métallique.

Remèdes

Dans les deux cas, le béton est à reconstituer par des bétons résistants tels que des bétons de résine avec remise au profil (goutte d'eau) et reprise des scellements pour assurer des dalles porteuses correctement armées avec des armatures bien enrobées.



Désordre

BARDAGE EN BARDEAUX BITUMÉS

Bardeaux arrachés, jupes battantes

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

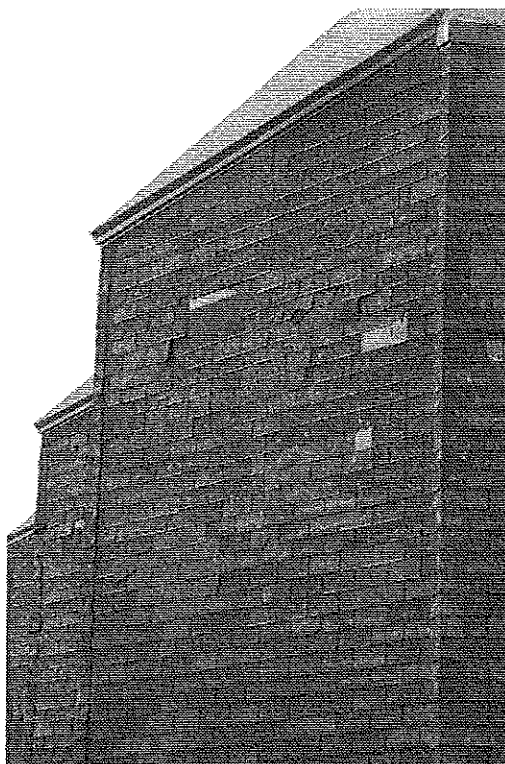
Le revêtement vertical d'un bâtiment sportif est constitué par des bardeaux bitumés posés selon une technique similaire à celle des couvertures.

Le support est constitué d'éléments bois verticaux (panneaux) assemblés par rainure et languette. Les bardeaux correspondent aux normes NF et en particulier à la NF P 39-302 « Bardeaux bitumés à armature en fibres de verre ». ¹⁾

Ils sont du type A selon la norme (12/1987), c'est-à-dire à jupes rectangulaires. Les bandes découpées sont fixées au support par clous spéciaux à tête plate. Des points de colle mis en place lors de la fabrication se situent dans la zone médiane de la bande juste au-dessus de l'axe de clouage placé à mi-hauteur de la bande.

Les désordres constatés (cf. photo) correspondent :

- à des éléments arrachés par le vent ;
- à des jupes battantes ;
- à des éléments ayant pivoté autour des clous de fixation ;
- à un festonnage généralisé des jupes.



© J. Putatti

Il semble, d'après les nuances de couleur, qu'un certain nombre d'éléments ont été remplacés.

¹⁾ La norme NF P 39-302 (mai 1979) a été remplacée par la norme EN 544 (P 39-305) de décembre 1998 concernant les « bardeaux bitumés avec armature minimale et/ou synthétique ». Il n'existe actuellement qu'une seule norme regroupant tous les types d'armature pour ce matériau de couverture.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES

La cause principale des désordres correspond à un défaut de pose.

La zone de recouvrement réduite à 50 mm pour les revêtements verticaux (bardages) permet de respecter le pureau (partie vue du bardeau), de masquer la ligne de fixation (clous) et de recouvrir la ligne de points thermocollants permettant de maintenir en place la base des jupes du rang précédent.

La difficulté est de bien fixer ces dernières afin qu'elles ne présentent pas de prise au vent. Les règles de pose établies par les professionnels (fabricants, entreprises) mentionnent de ne pas utiliser de colle en bardage mais de réchauffer la face arrière des jupes à l'aide d'une flamme (jusqu'à noircir la face interne), ainsi que les points thermocollants ; on applique par simple pression ensuite pour obtenir l'adhérence.





Bardage industriel

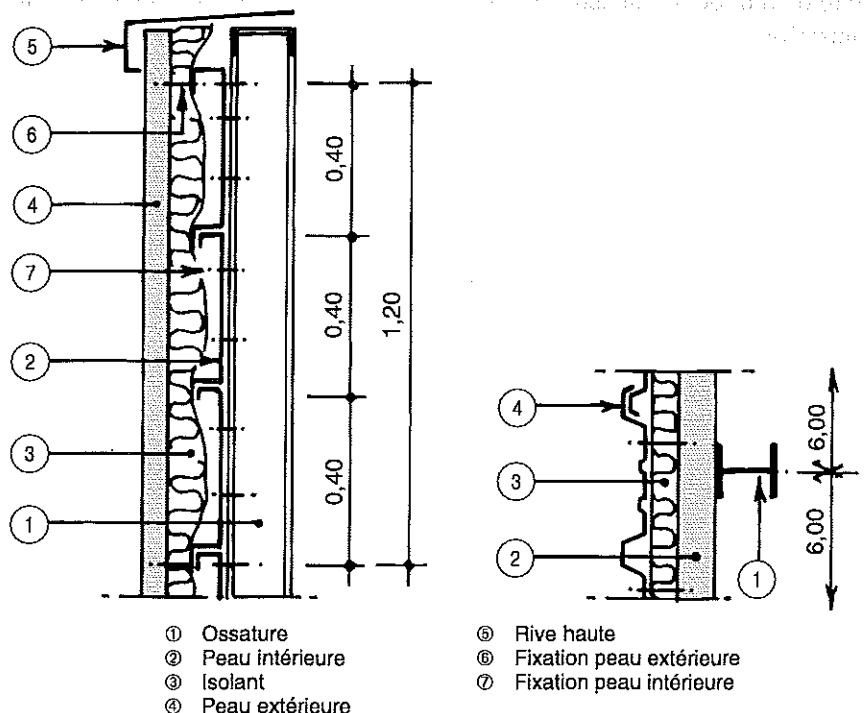
Arrachement par effet du vent

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

- Bâtiment industriel à ossature métallique (dimensions 25 × 170 m, hauteur façade : 16 m).
- Revêtement extérieur façades et pignons réalisé en bardage « double peau » (cf. schéma) :
 - peau intérieure constituée de plateaux en acier galvanisé de 0,40 m de hauteur et de 12 m de longueur (portée 6 m), posés horizontalement ;
 - isolant laine minérale interposé entre la peau intérieure et la peau extérieure ;
 - peau extérieure constituée par des bacs acier nervuré prélaqué posés verticalement.

Les plateaux intérieurs sont fixés tous les 6 m sur les ailes des poteaux métalliques par clous pistoletés.

Après déroulement de la laine minérale, les bacs extérieurs (verticaux) sont fixés sur les plateaux intérieurs à l'aide de rivets tubulaires aveugles (POP) espacés de 0,33 m sur des lignes de fixation horizontales distantes de 1,20 m.



CONSTATATIONS

Sur une façade exposée S-E près d'un angle avec pignon et sur une surface importante (100 m² environ) prenant toute la hauteur du bardage, la peau extérieure et l'isolant ont été arrachés.

Le sinistre s'est étendu à une zone voisine quelques jours plus tard.

CIRCONSTANCES DU SINISTRE

Le premier sinistre s'est produit 8 mois après la construction du bâtiment sous un vent de 130 km/h (vitesse enregistrée à la station météo la plus proche).

Les ouvrages avaient été dimensionnés pour une vitesse de vent de 135 km/h (pression dynamique sous vent extrême). Le vent soufflait de N-W, c'est-à-dire perpendiculairement à la façade sinistrée.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pendant les 8 mois précédant le sinistre, les vitesses de vent enregistrées de direction principale N-W ont varié de 50 à 100 km/h.

Au moment du sinistre, les rivets POP situés en partie supérieure du bardage étaient soumis à un effort théorique d'arrachement de 36 daN (cf. Règles NV 65).

Les observations effectuées après le sinistre ont montré que la bande de rive supérieure coiffant le bardage n'existait plus dans la zone sinistrée, ce qui laisse supposer que le sinistre s'est amorcé par l'arrachement de cette bande sous les effets des actions locales (rives) et s'est ensuite propagé de proche en proche.

OBSERVATIONS

Dans ce type de bardage on doit veiller :

- aux attaches de la peau extérieure sur la peau intérieure en partie courante (nombre, emplacement, qualité d'exécution), tenir compte du fait que les rivets ne sont visibles que de l'extérieur ;
- aux attaches en rives, qui doivent être renforcées pour tenir compte des *actions locales* (2 à 3 fois plus grandes que les actions en partie courante). Les défauts d'accrochage doivent être immédiatement renforcés dès constatation ;
- à la suite d'un début de sinistre et pour éviter son extension, renforcer les attaches au droit des zones sinistrées.



Question/Réponse

BARDAGE RAPPORTÉ EN BARDEAUX BITUMÉS

Bardeaux arrachés

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTION

Peut-on utiliser des bardeaux bitumés en bardage bâtiments situés en climat de montagne ?

RÉPONSE (D'APRÈS DÉSORDRE CONSTATÉ)

Description du désordre

Le désordre concerne un bardage rapporté en bardeaux bitumés fixés sur support dérivé du bois (panneaux de particules) en climat de montagne (définition conventionnelle : altitude > 900 m).

Du fait de l'enneigement autour des habitations et de leur importance (plusieurs mètres de neige accumulée), un certain nombre de jupes de bardeaux ont été déchirées ou arrachées lors des opérations de déneigement.

Causes

Cette disposition correspond à une faute de conception. Le matériau de bardage n'est pas adapté au climat de montagne, du fait de sa fragilité et de son manque de rigidité.

La mise en œuvre de revêtement de façade dans une zone susceptible de recevoir des accumulations de neige est incompatible avec ce type de matériau.

Remèdes

Selon l'architecture générale de la construction, le choix lors de la réfection (les réparations étant possibles mais ne supprimant pas le risque) devra se porter sur des matériaux rigides, tels que :

- bois (lames horizontales ou verticales) ;
- métal (plaques métalliques nervurées) ;
- maçonneries revêtues ou non.

Les matériaux fragiles tels que les ardoises sont à éviter.

Les exigences d'isolation thermique et en particulier le traitement des ponts thermiques et des fortes isolations pourront faire rechercher des solutions avec isolation extérieure, le bardage (rigide) constituant une protection mécanique.

QUESTION/RÉPONSE

AB - Bardage rapporté en bardeaux bitumés : Bardeaux arrachés - page 2



Désordre

BARDAGE TRANSLUCIDE EN PRV

Rupture par effet de vent

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

L'ouvrage sinistré correspond à un bardage translucide réalisé en plaques nervurées de PRV (polyester renforcé fibres de verre) constituant le pignon d'un hangar d'aviation destiné à la maintenance des avions gros porteurs.

Les plaques nervurées (faible module) étaient simplement fixées sur une ossature métallique constituée de poteaux et de lisses horizontales.



Bardage éclaté (vu de l'intérieur). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES

La situation de l'ouvrage correspond à un site normal mais avec des contraintes liées à l'exploitation (construction ouverte ou fermée par intermittence) faisant apparaître des phénomènes de pression/dépression du vent.

Manifestement, compte tenu de la portée entre lisses, le module à la flexion des plaques nervurées est nettement insuffisant.

La rupture s'est produite près d'une zone d'appui (lisse inférieure), c'est-à-dire dans une zone de moments négatifs correspondant à une plaque appuyée sur des appuis continus.

Or la plaque ne présente pas une disposition symétrique à la flexion. Les nervures ne peuvent être placées qu'à l'extérieur, la lisse horizontale n'autorisant que cette disposition. La plaque n'a en toute vraisemblance pas pu résister à des pressions et dépressions de vents forts, voire exceptionnels.

Les effets de battement et de déboîtement éventuels des plaques adjacentes ont créé des efforts dynamiques qui ont augmenté les contraintes normalement appliquées.

D'autre part, le bâtiment présente un très grand volume utile sujet à des variations par suite de l'ouverture des portes lors de la manœuvre des appareils.



Question/Réponse

BÉTON

Cure

QUESTION

Quelle est l'utilité de la cure des bétons ?

RÉPONSE

Les composants essentiels d'un béton sont les granulats (sable et gravillons), le ciment et le liant (ciment), l'ensemble étant mélangé avec de l'eau et homogénéisé par malaxage.

Le ciment réagissant avec l'eau en formant des composés hydratés constitue une pâte qui, en se solidifiant (phénomène de prise), liaisonne les éléments solides (sable et granulats). La quantité d'eau nécessaire pour provoquer la réaction chimique d'hydratation représente environ 25 % du poids du ciment. Mais si, en voulant respecter cette quantité, on essayait de malaxer l'ensemble (ciment + granulats), on n'arriverait pas à constituer cette pâte homogène nécessaire à la mise en œuvre.

La quantité d'eau réelle et nécessaire est donc bien supérieure : le volume d'eau « de gâchage » atteint couramment 40 à 70 % du poids du ciment (pour un dosage courant de 350 kg de ciment par mètre cube mis en œuvre, il faut 150 à 170 litres d'eau environ).

Le volume « excédentaire » :

- permet la mise en œuvre du béton ;
- subit en partie l'évaporation ou le reflux en surface (cas des planchers ou dallages) ou encore l'imprégnation des coffrages lorsque ceux-ci sont perméables (bois).

Le départ rapide du volume d'eau excédentaire (notamment en surface) qui se produit lorsque l'évaporation est importante est à l'origine principale des retraits des bétons et des mortiers.

Le départ de l'eau en excédent doit être progressif, l'hydratation étant un phénomène lent qui conduit le béton à une résistance mécanique minimale. Le retrait immédiat qui se produit dans les premières heures de la prise est appelé « retrait plastique » et sa valeur peut atteindre 10 fois la valeur du retrait hydraulique normal.

Il y a donc lieu de laisser ce phénomène s'accomplir si l'on veut éviter des fissurations importantes, le béton dans ses premières heures n'ayant pas atteint une résistance mécanique suffisante à la traction. Des désordres par insuffisance de résistance peuvent se produire dans cette période, tels que des décoffrages trop rapides avec suppression des étais (cas d'un plancher par exemple). Des procédés permettent de réduire les phénomènes de retrait initial.

Le cas le plus couramment utilisé est celui de la *cure du béton*. Lorsqu'elle est pratiquée nécessairement en zone tropicale sèche ou humide ou en période très chaude, elle consiste à appliquer sur les parements de béton des produits spécialement élaborés (en général des résines solubles dans l'eau) qui bloquent l'évaporation de l'eau de constitution, ce qui permet à l'hydratation de se poursuivre normalement.

On peut également mettre en place des bâches maintenues en permanence ou des toiles de jute arrosées par aspersion en quasi-permanence (cas des climats très chauds). L'humidification continue des surfaces exposées (dallages, planchers) peut également se faire directement par aspersion.

Le fascicule 65.A (ministère de l'Équipement) « Exécution des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint par post-tension » précise que la cure commence dès le décoffrage pour les surfaces coffrées et dès la fin du surfacage pour les surfaces libres.

La durée de la cure est fonction de la classe de ciment utilisé, des conditions ambiantes (humidité relative de l'air, exposition...) et de la température. Elle peut atteindre jusqu'à 10 jours dans les cas extrêmes.

Un autre procédé peut être utilisé pour l'obtention de bétons très compacts, décoffrés pratiquement sous quelques heures après bétonnage.

Ce procédé, qui utilise la technique du vide, s'appelle le « Vacuum.concrete ».

Il nécessite des coffrages spéciaux et une installation de vide reliée à ces coffrages. Le vide permet de soutirer l'eau en excès et de réduire les vides interstitiels en serrant les granulats entre eux. De ce fait, la compacité du béton augmente, et donc sa résistance aussi. Ce procédé est peu utilisé en France.



Question/Réponse

BÉTON

Essai brésilien

QUESTION

Qu'appelle-t-on « essai brésilien » du béton ?

RÉPONSE

L'essai brésilien fait partie des essais de résistance pratiqués sur les bétons. Il correspond aux essais de résistance à la traction. C'est un essai indirect par fendage.

1. Rappel des essais pratiqués sur éprouvettes

a) Résistance à la compression (fig. 1)

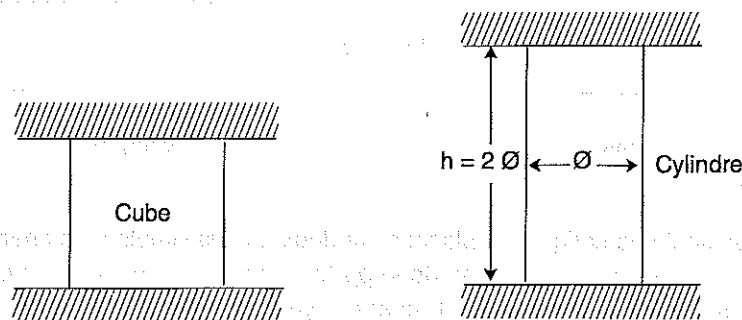


Fig. 1

L'essai ancien s'effectuait sur des cubes.

L'essai moderne courant s'effectue sur des cylindres dont la hauteur est égale à deux fois le diamètre.

L'essai est poussé jusqu'à rupture comme pour tous les essais de béton. L'éprouvette est placée entre les plateaux d'une presse.

La résistance à la traction σ peut être déterminée à partir de la résistance à la compression σ' par la relation :

$$\sigma = K \sqrt{\sigma'}$$

Le rapport $\frac{\sigma'}{\sigma}$ croît lorsque :

- la résistance à la compression augmente ;
- l'âge du béton augmente.

Le rapport varie de 8 à 20 (moyenne 13 environ).

Différentes formules empiriques ont été proposées :

- D'après M. Dreux (CEBTP) : $\sigma = 9 + 1,3 \frac{\sigma'}{100}$

- Règles CCBA 68 : $\sigma = 7 + 0,06 \sigma'$ (cf. tableau).

Dosage ciment (kg/m ³)	Résistances σ' (k/cm ²)	Fraction σ' (k/cm ²)
250	180	17,8
300	230	20,8
350	270	23,2
400	300	25,0

- Règles BAEL 92 : $f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$

avec : f_{tj} = Résistance à la traction à j jours (en MPa)

f_{cj} = Résistance à la compression à j jours (en MPa)

Relation valable pour $f_{cj} \leq 60$ MPa

b) Essai de traction par flexion (fig. 2)

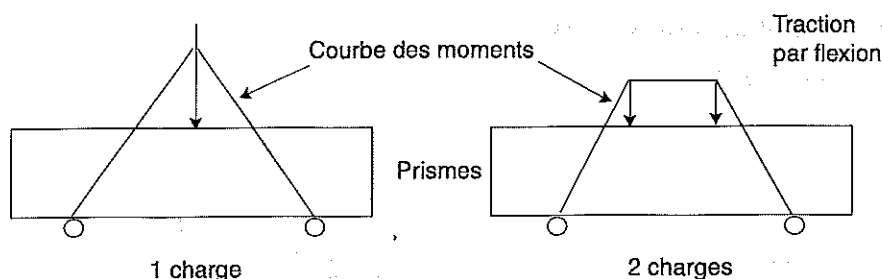


Fig. 2

Les éprouvettes sont prismatiques et placées sur deux appuis simples. Le chargement peut se faire soit par une charge disposée au milieu de la portée (moment maximum au milieu-diagramme triangulaire) ou par deux charges égales disposées symétriquement dans le tiers central de la portée (diagramme trapézoïdal avec zone à moment constant).

L'éprouvette étant hétérogène, les résultats sont moins dispersés avec le second mode de chargement.

c) Essai de traction direct (fig. 3)

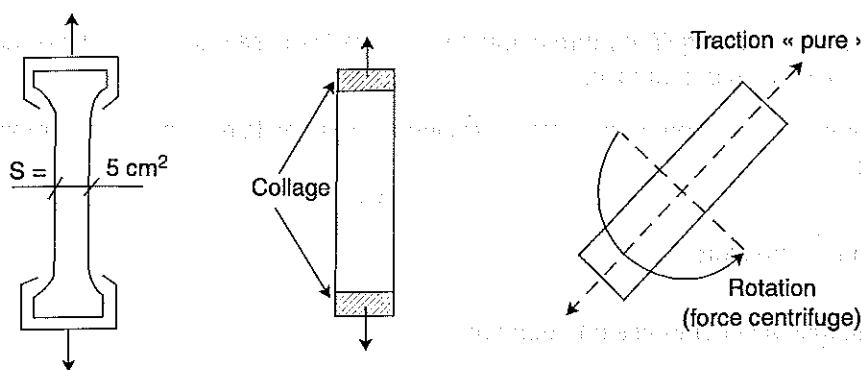


Fig. 3

- Éprouvette utilisée avec la balance Michaelis. Cette éprouvette présente deux extrémités élargies pour permettre le serrage dans les mâchoires de la machine de traction. La section médiane de l'éprouvette est de 5 cm². Cette disposition d'essai conduit à des dispersions de résultats importants.

- Éprouvette de forme cylindrique ou prismatique avec plaques d'acier collées aux extrémités.
- Traction centrifuge : un rotor métallique comprenant une alvéole centrale reçoit avec un léger jeu l'éprouvette prismatique à essayer. Sous l'effet de la vitesse croissante, les deux moitiés du prisme se trouvent sollicitées par deux forces égales et de sens contraire. À partir de la vitesse (en tours) ayant provoqué la rupture et du poids de l'éprouvette, on en déduit la résistance à la traction.

2. L'essai brésilien

L'essai brésilien est un essai de traction indirect par fendage (fig. 4).

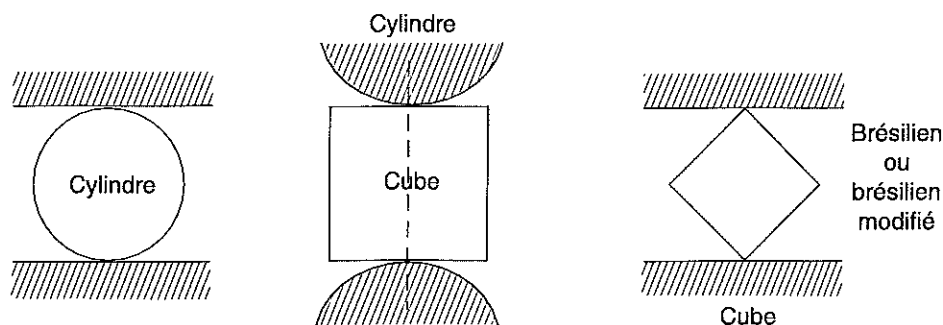


Fig. 4

Historique

L'essai brésilien est dû aux études du brésilien Lobo Carneiro de l'Institut national de technologie de Rio de Janeiro (communication en 1943 au 5^e Congrès de l'association brésilienne de normalisation).

Deux variantes de cet essai ont été mises au point :

- l'essai « casse-noisettes » : rupture de cubes ou prismes entre deux cylindres de diamètre égal au côté de l'éprouvette ;
- essai soviétique sur cubes disposés en diagonale.

Pratique de l'essai brésilien

La résistance à la traction σ est donnée par la formule :

$$\sigma = \frac{2P}{\pi d \cdot l} = 0,637 \frac{P}{d \cdot l}$$

avec : P = charge de rupture
d = diamètre du cylindre
l = longueur du cylindre

En général, l'éprouvette étant la même que celle de l'essai en compression simple, $l = 2d$

D'où résistance au fendage :

$$\sigma = \frac{P}{\pi d^2} = 0,32 \frac{P}{d^2}$$

L'essai brésilien est normalisé dans certains pays (USA - ASTM n° C 496.71, France NF P 18-408).

1. On considère un béton de résistance caractéristique à la compression f_{ck} et de résistance caractéristique à la traction f_{ctk} .

On suppose que le béton est soumis à une traction uniaxiale. On note σ la contrainte de traction et ϵ la déformation correspondante. On suppose que la relation contrainte-déformation est bilinéaire élastique jusqu'à la limite d'élasticité σ_{el} , puis que le béton se comporte de manière élasto-plastique jusqu'à la rupture. On note σ_{max} la contrainte maximale atteinte avant la rupture.

Donner l'expression de :

a) la déformation à la rupture ϵ_{max} en fonction de f_{ck} et f_{ctk} .



b) la déformation à la rupture ϵ_{max} en fonction de f_{ck} et f_{ctk} .

On suppose que :

1. la déformation à la rupture ϵ_{max} est proportionnelle à la déformation à la limite d'élasticité ϵ_{el} ;

2. la déformation à la rupture ϵ_{max} est proportionnelle à la déformation à la limite d'élasticité ϵ_{el} ;

3. la déformation à la rupture ϵ_{max} est proportionnelle à la déformation à la limite d'élasticité ϵ_{el} ;

4. la déformation à la rupture ϵ_{max} est proportionnelle à la déformation à la limite d'élasticité ϵ_{el} ;

Donner l'expression de :

a) la déformation à la rupture ϵ_{max} en fonction de f_{ck} et f_{ctk} ;

$$\epsilon_{max} = \frac{f_{ctk}}{E} \cdot \frac{f_{ck}}{f_{ctk}} = \frac{f_{ck}}{E}$$

On suppose que la déformation à la rupture ϵ_{max} est proportionnelle à la déformation à la limite d'élasticité ϵ_{el} ;

On suppose que la déformation à la rupture ϵ_{max} est proportionnelle à la déformation à la limite d'élasticité ϵ_{el} ;

$$\epsilon_{max} = \frac{f_{ctk}}{E} \cdot \frac{f_{ck}}{f_{ctk}} = \frac{f_{ck}}{E}$$

On suppose que la déformation à la rupture ϵ_{max} est proportionnelle à la déformation à la limite d'élasticité ϵ_{el} ;



Désordre

BÉTON

Fissuration superficielle des bétons frais

POSITION DU PROBLÈME

Le béton est un mélange de constituants très différents. La composition volumique moyenne correspond à :

- 11 % en ciment (masse volumique 3,1)
- 72 % de granulats (masse volumique 2,6)
- 17 % d'eau (masse volumique 1)

Le béton « idéal » correspond au remplissage des vides entre granulats par la pâte du ciment. En réalité, il existe des vides de toutes dimensions et une fois coulé, le béton reste hétérogène du fait de sa mise en œuvre : chute des granulats plus lourds, remontée d'eau en surface (ressuage)...

Pour le béton armé, les armatures constituent un autre élément d'hétérogénéité. L'homogénéité d'un béton à l'état frais dépend de sa composition et de sa mise en place dans le coffrage.

La quantité d'eau de gâchage est supérieure à celle nécessaire à l'hydratation complète des grains de ciment. L'eau liée au ciment et servant à sa prise ne représente que 25 % environ du poids du ciment. L'excès d'eau est nécessaire pour assurer la maniabilité du mélange et sa mise en place correcte dans les coffrages.

L'excès comme l'insuffisance d'eau sont néfastes à la qualité du béton :

• L'excès d'eau entraîne :

- le retard de la prise du ciment ;
- l'hétérogénéité, la ségrégation ;
- la baisse des résistances mécaniques ;
- la porosité.

• Le manque d'eau entraîne :

- la formation de vides (notamment si le béton comprend des zones fortement armées) ;
- l'augmentation du pourcentage des vides.

L'eau est nécessaire à l'hydratation correcte du béton dans la période initiale, c'est-à-dire les premiers jours après coulage.

Les pertes d'eau peuvent provenir :

- de granulats trop secs ;
- de supports ou coffrages absorbants ;
- de l'évaporation trop rapide.

Ce dernier paramètre peut être maîtrisé en fonction de la capacité d'absorption d'eau par l'air (degré hygrométrique).

À 20°C, l'air peut contenir à saturation (100 % d'humidité) 18 gr/m³ et à 40 % d'humidité 7 gr/m³, ce qui donne pour cette ambiance 11 gr de capacité d'absorption.

La consultation du diagramme de Mollier permet de déterminer en fonction de la température et de l'hygrométrie cette capacité d'absorption. On peut craindre une évaporation trop rapide par temps très chaud et par périodes de vent.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Dans les premières heures, la quantité d'eau évaporée est proportionnelle au temps écoulé. Ensuite, dès que les liaisons commencent à se former, la vitesse d'évaporation diminue progressivement. Le temps de prise intervient également même par temps froid : l'air étant sec (très peu d'eau sous forme vapeur), le béton étant plus chaud, la perte d'eau peut être plus importante.

CONSÉQUENCES

Si l'eau en excès s'évapore trop rapidement, le risque de fissuration est important (dès que la quantité d'eau évaporable risque de dépasser 0,5 à 1 kg/m² et par heure) :

- mauvaise hydratation du ciment-diminution de la dureté superficielle ;
- résistances mécaniques diminuées à tous les âges du béton ;
- poudroïement en surface (la peau du béton est « brûlée » ou « grillée ») ;
- tassement et fissures de retrait plastique caractéristiques ;
- augmentation de la porosité du béton surtout en surface protection des armatures (cadres des poutres) moins bien assurée.

Le retrait plastique avant la prise est particulièrement à craindre car il se produit en quelques heures en atteignant plusieurs mm/mètre. Il est 2 à 3 fois plus important sur mortier que sur béton (par exemple : chape du fait du dosage plus élevé en ciment et de l'épaisseur plus faible).

Après gâchage, si une faible épaisseur d'eau de ressuage recouvre le béton, elle constituera une protection contre le retrait tant qu'elle ne sera pas évaporée.

Les fissurations se produisent lorsque la courbe des contraintes devient supérieure à celle de l'évolution des résistances en traction. La période la plus critique pour un béton conservé à 20 °C est celle comprise entre 3 et 12 heures du fait de la faible résistance du béton à la traction (coefficient de dilatation élevé → 20 à 60 µm/m par °C) et une faible capacité de déformation.

Le retrait après prise est beaucoup plus lent du fait que l'eau libre restante a plus de difficulté à s'évacuer. Ce retrait ne peut être négligeable et les fissures se produiront néanmoins si certaines précautions ne sont pas prises (joints de retrait, prolongation de la cure, armatures de faible diamètre placées près des surfaces exposées...).

REMÈDES

La cure du béton est la seule façon de maintenir le béton humide pendant la période critique (3 à 7 jours) (cf. fiche Béton - « Cure »).

Éléments d'appréciation

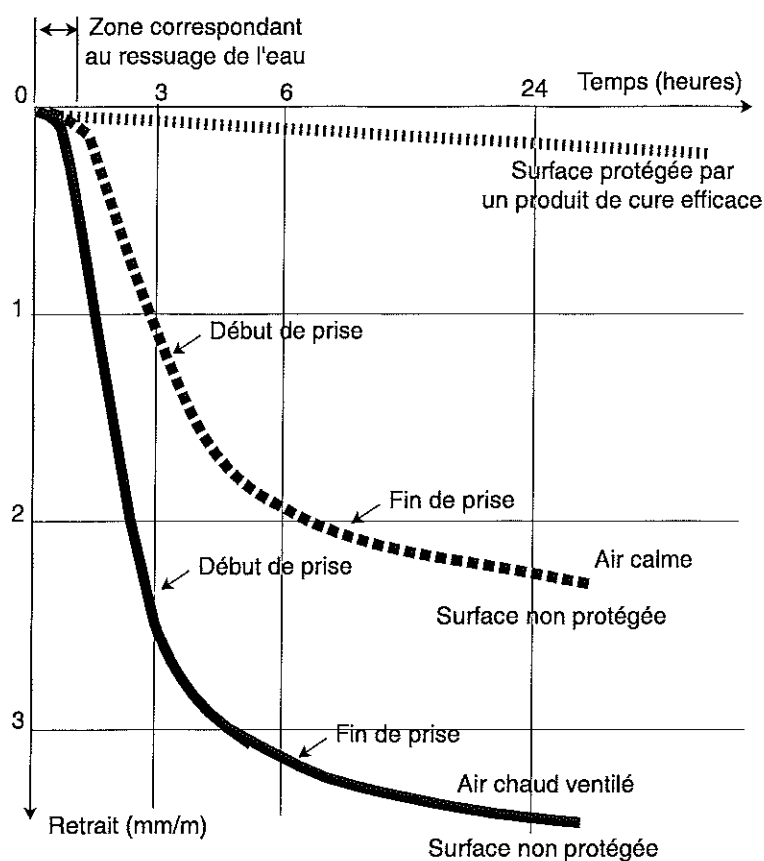


Fig. 1 : Valeurs des retraits obtenus à la surface du béton en fonction de l'air et de la protection.

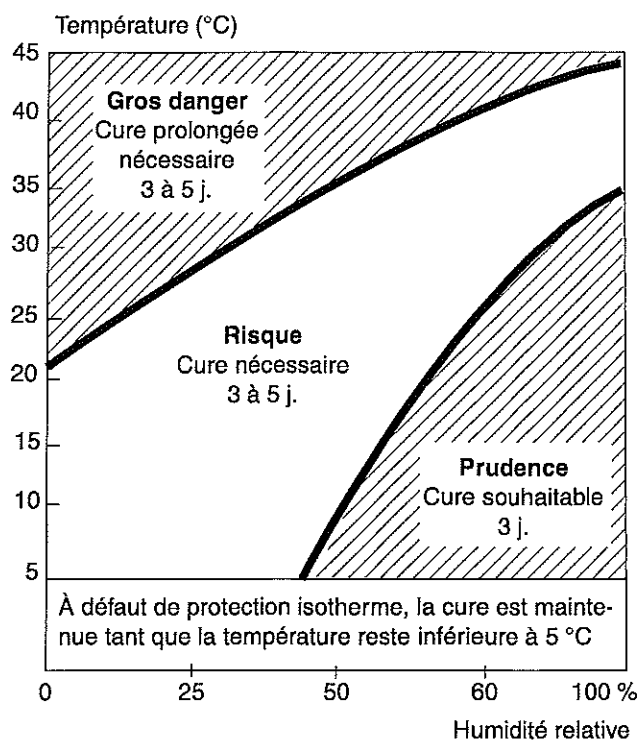


Fig. 2 : Durée minimale de la cure (en jours) en fonction des conditions climatiques (béton dosé à 350 kg/m³, ciment classe 45 R).

Le 15 mars 2011, l'inspecteur a constaté que les fissures sont apparues sur la surface de la dalle de béton. Les fissures sont orientées dans la direction de la longueur de la dalle. Les fissures ont une largeur maximale de 0,5 mm. Les fissures sont réparties sur toute la surface de la dalle.

Les fissures sont apparues sur la surface de la dalle de béton.

Les fissures sont apparues sur la surface de la dalle de béton. Les fissures sont orientées dans la direction de la longueur de la dalle. Les fissures ont une largeur maximale de 0,5 mm. Les fissures sont réparties sur toute la surface de la dalle.

Les fissures sont apparues sur la surface de la dalle de béton. Les fissures sont orientées dans la direction de la longueur de la dalle. Les fissures ont une largeur maximale de 0,5 mm. Les fissures sont réparties sur toute la surface de la dalle.

Les fissures sont apparues sur la surface de la dalle de béton. Les fissures sont orientées dans la direction de la longueur de la dalle. Les fissures ont une largeur maximale de 0,5 mm. Les fissures sont réparties sur toute la surface de la dalle.

Les fissures sont apparues sur la surface de la dalle de béton. Les fissures sont orientées dans la direction de la longueur de la dalle. Les fissures ont une largeur maximale de 0,5 mm. Les fissures sont réparties sur toute la surface de la dalle.

Les fissures sont apparues sur la surface de la dalle de béton. Les fissures sont orientées dans la direction de la longueur de la dalle. Les fissures ont une largeur maximale de 0,5 mm. Les fissures sont réparties sur toute la surface de la dalle.



PRINCIPE

Les fautes de ferrailage conduisant à des désordres fréquents qui se manifestent principalement par des fissures sont :

- des défauts d'ancrages des armatures ;
- des défauts de liaisons ;
- des poussées « au vide » d'armatures.

Les cas suivants illustrent ce type de fautes (photos 1 à 4). À remarquer que les désordres consécutifs ne peuvent être vérifiés que par démolition (ou radiographie) des éléments incriminés, ce qui est rarement fait, sauf en cas de sinistre par effondrement suivi d'expertise.

LIAISON D'ANGLE INSUFFISANTE

Les aciers d'angle sont arrêtés droits et simplement croisés (absence d'ancrage). D'autre part, les chapeaux de rive de dalle ne comportent pas de retours d'équerre. Leur positionnement n'est pas assuré.

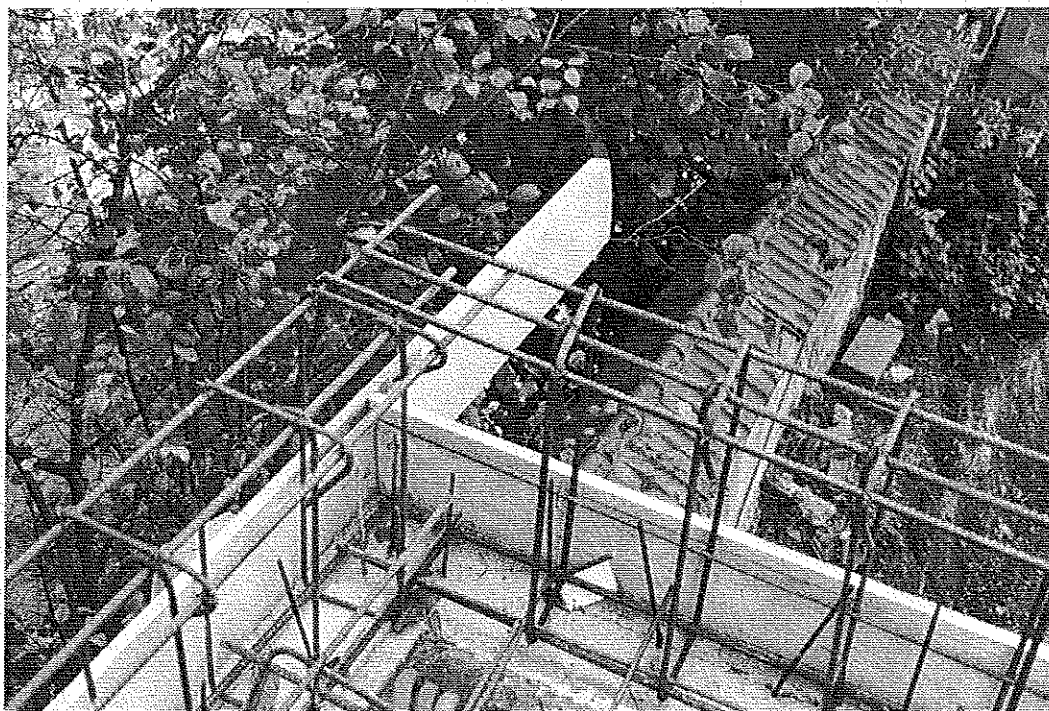


Photo 1 : Angle d'acrotère (acrotère avec becquet). © J. Putatti

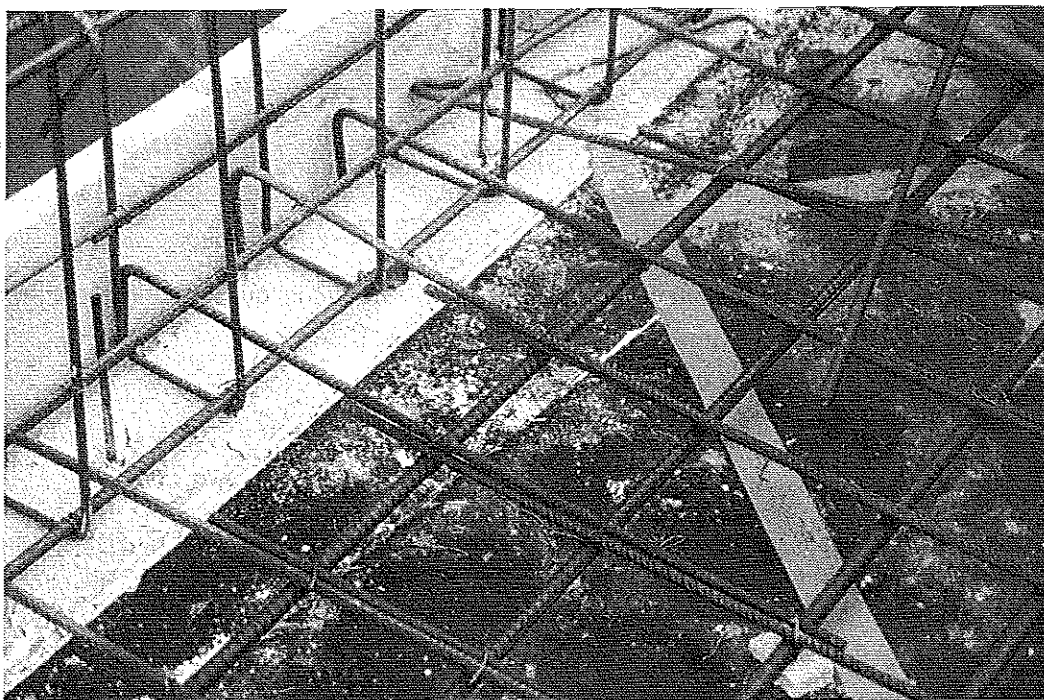


Photo 2 : Rive de dalle contre acrotère. © J. Putatti

Les aciers de 2^e lit de la dalle ne sont pas prolongés jusqu'à l'acrotère.

Les aciers chapeaux de rive sont attachés aux aciers de 2^e lit, ce qui remonte l'ensemble 1^{er}-2^e lit inférieur vers le haut ou rend inefficace le chapeau.

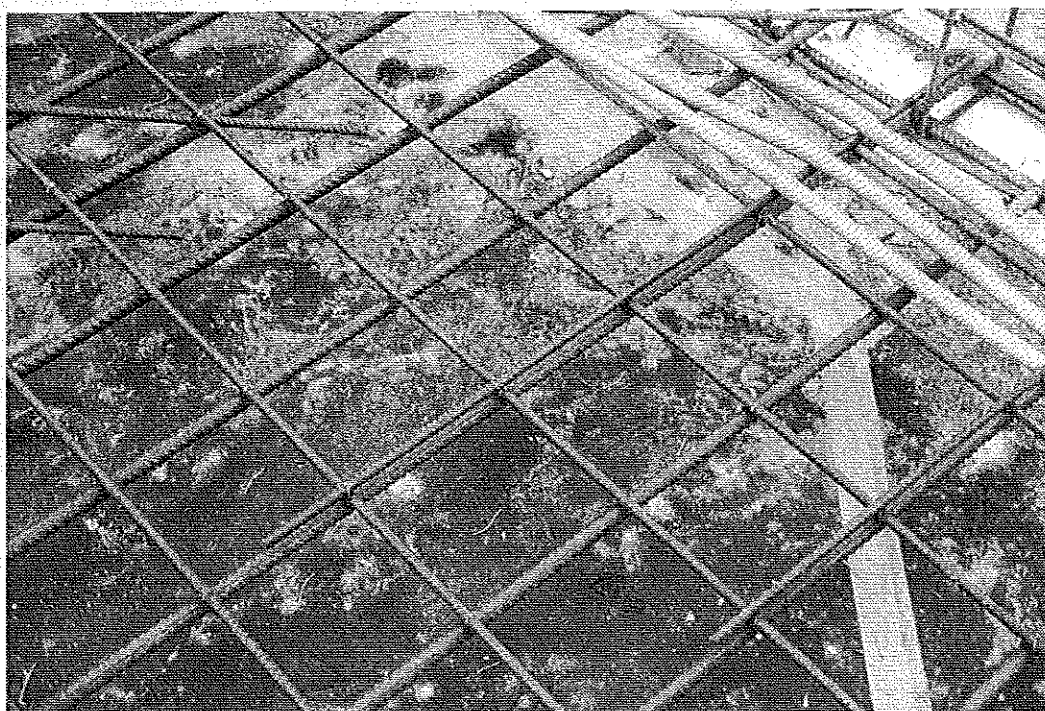


Photo 3 : Les aciers principaux (1^{er} lit inférieur) ne comportent pas d'ancrages sur appui par retour d'équerre. Les chapeaux de rive avec retour d'équerre sont attachés aux deux lits inférieurs.

© J. Putatti

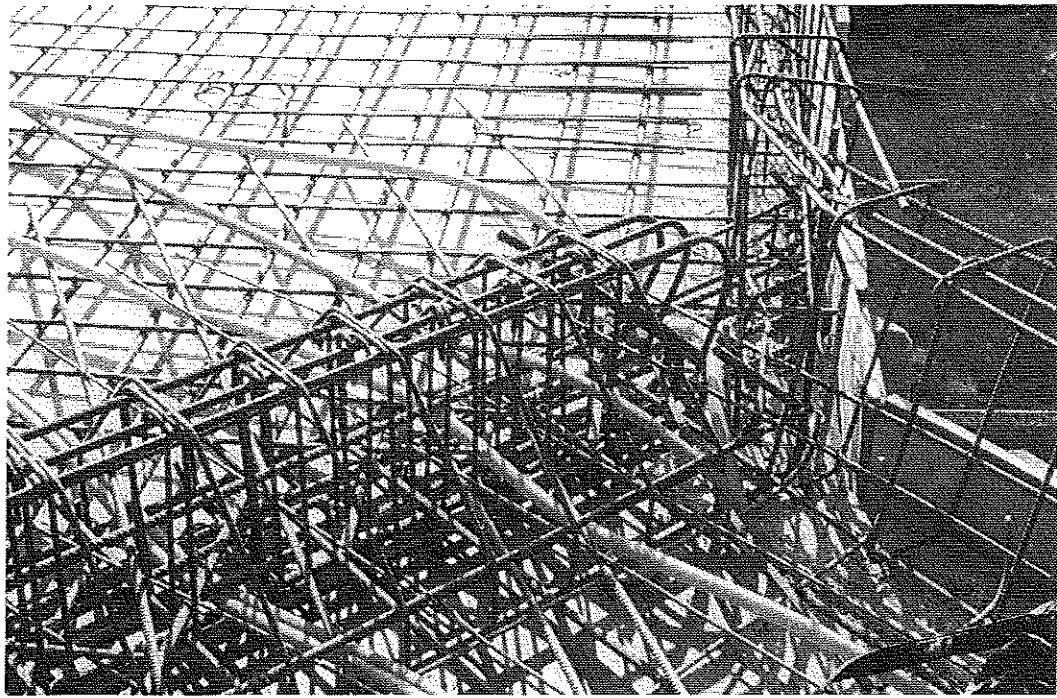


Photo 4 : Dispositions d'appui d'une poutre en allège. © J. Putatti

Cette poutre s'appuie sur le mur correspondant à l'acrotère (côté droit) :

- les aciers inférieurs sont prolongés jusqu'à l'appui mais sans ancrages (retour d'équerre) ;
- les aciers supérieurs avec retour d'équerre ne sont pas prolongés jusque sur l'acrotère ;
- les aciers des lits inférieurs sont hors de la zone tendue, donc inefficaces ;
- pour l'acrotère qui fait un angle rentrant, les aciers comportent une disposition favorisant une poussée « au vide ».

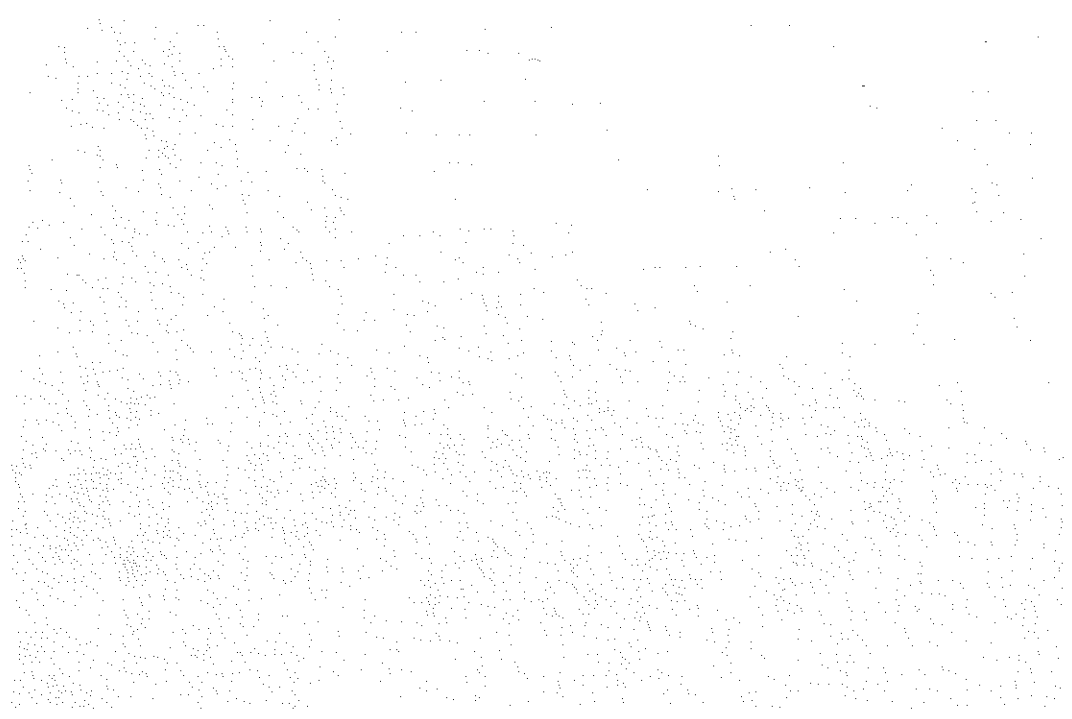


Figure 1. Example of a heavily degraded document page.

The first step in the process of document restoration is the identification of the type of degradation. This can be done by analyzing the image for specific features such as noise, blurring, and distortion. Once the type of degradation is identified, the next step is to apply the appropriate restoration technique. For example, if the image is noisy, a denoising algorithm can be used. If the image is blurred, a deblurring algorithm can be used. If the image is distorted, a warping algorithm can be used. The final step in the process is to evaluate the restored image to ensure that it is of acceptable quality.



BÉTON ARMÉ

Structures préfabriquées - Déficience des appuis

DÉFINITION DE L'OUVRAGE

Construction correspondant à une très grande surface commerciale.

Structure en béton armé constituant toiture parc-autos, comprenant :

- des poteaux préfabriqués ① encastrés dans des massifs reposant sur des pieux forés ;
- des poutres longitudinales ② constituées de poutres préfabriquées en béton précontraint à fils adhérents, à travées égales, mais de hauteurs différentes ¹⁾ ;
- des éléments de plancher en dalles alvéolées précontraintes, reposant sur les poutres précédentes, sans dalle de complément ④.

Des joints de dilatation retrait recoupaient l'ensemble en plusieurs zones (distance entre joints limite ou légèrement supérieure aux règles admises).

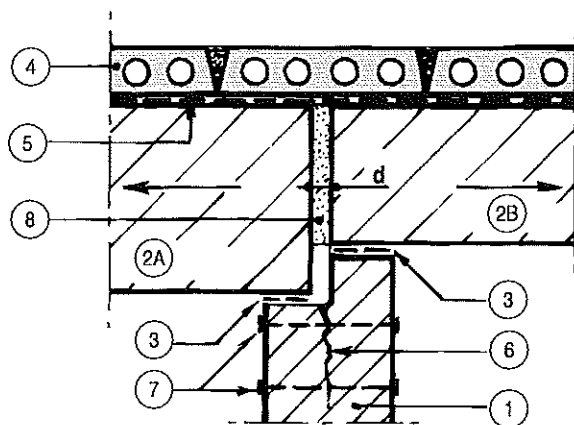
DÉSORDRES

- Fissuration de la tête des poteaux.
- Éclatement du béton et chutes d'éléments.
- Affaiblissement des poteaux correspondants.

Note

L'appui des poutres s'effectue par l'intermédiaire d'appuis à glissement (un cachetage mortier est prévu entre abouts de poutres).

Les dalles alvéolées du plancher sont appuyées de la même manière sur les poutres principales.



- | | |
|--|------------------------|
| ① Poteau BA préfabriqué | ⑤ Appuis à glissement |
| ② Poutre préfabriquée précontrainte par fils adhérents | ⑥ Fissures |
| ③ Appuis à glissement | ⑦ Ceintures de renfort |
| ④ Dalles alvéolées | ⑧ Cachetage mortier |
| | d : Joint de pose |

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES

- Les appuis à glissement sont inadaptés à ce type de structure du fait :
 - qu'ils ne fonctionnent pas en glissement mais en déformation, rotation d'appui ;
 - que le retrait du béton et la relaxation des aciers de précontrainte (fils adhérents) et les phénomènes de contraction d'ensemble de la dalle (pas d'isolation thermique) sont à prendre en compte.
- La préfabrication n'a pas prévu de renforcement de la tête de poteau pour tenir compte de ces sollicitations.

RÉPARATIONS

Tous les poteaux ont été renforcés en tête par des ceintures métalliques.

La solution de démontage et interposition de plaques néoprène qui aurait dû être prévue au départ n'était pas utilisable en réparation.

1) Raison non élucidée au niveau de la conception.



BÉTON ARMÉ (STRUCTURES)

Pathologie générale

PRÉSENTATION

Le béton armé est sans aucun doute le matériau de structure le plus utilisé depuis un siècle et, pourrait-on dire, le plus « banalisé ». Les règles de construction ont évolué dans le sens de l'optimisation et de l'économie avec les règles de calcul « aux états-limites ».

Les matériaux ont relativement peu évolué. La qualité des ciments utilisés pour les bétons n'a pas fait de progrès considérables et les phénomènes de retrait ne sont pas maîtrisés. Les aciers utilisés sont plus performants et leur mise en œuvre est facilitée avec les panneaux de treillis soudé et les cages d'armatures préfabriquées.

L'outillage de mise en œuvre permet des rotations de coffrage et des réutilisations plus rapides.

Toutefois, la pathologie de ce type de structure est toujours soumise aux mêmes causes qui sont des causes de comportement des intervenants :

- compétence insuffisante ou inexistante ;
- économies abusives ;
- absence de contrôle systématique, banalisation de l'exécution ;
- délais d'exécution (décoffrage) trop rapides...

Les sinistres graves par effondrement sont rares. Les structures en béton armé sont généralement surabondantes en liaisons hyperstatiques. Toutefois, des désordres localisés (fissures, déformations excessives...) restent trop nombreux.

ORIGINE DES DÉSORDRES

Le classement des désordres et de leurs causes peut être fait, comme pour les structures métalliques à partir de la chronologie de la réalisation.

1. Erreurs de conception

- Certains sinistres concernent la conception d'ensemble :
 - par absence ou insuffisance d'éléments de contreventement ;
 - par instabilité sous l'action des charges verticales (flambement) ;
 - dans le cas de voûtes ou formes développant des poussées non équilibrées ou d'efforts résultant de la transmission d'efforts horizontaux ou obliques (poussée des terres, par exemple).
- D'autres sinistres ne mettent pas en cause la stabilité générale.

Cette erreur concerne souvent les concepteurs qui n'ont pas le souci de la vérification particulière de la stabilité d'ouvrages partiels dans le cas d'ouvrages mixtes (maçonnerie - béton armé).

2. Études (calculs + dessins d'exécution)

Les études comprennent :

- les calculs établis à partir d'hypothèses et en conformité à des règlements ;
- les dessins d'exécution (plans de coffrage et plans de ferrailage, généralement distincts).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Les erreurs ou déficiences se situent à différents stades :

- étude inexistante ou insuffisante ;
- erreurs graves dans les calculs de stabilité, résistance ;
- erreurs dans les hypothèses concernant les charges et sollicitations (sous-estimation) ;
- erreurs dans les hypothèses des liaisons de pièces (isostatiques ou hyperstatiques) ;
- erreurs d'appréciation et de calcul des déformations ;
- erreurs sur la conception et le calcul d'ouvrages particuliers (planchers préfabriqués, planchers dalles, cuves, réservoirs, silos, escaliers...) ;
- absence d'armatures courantes, d'attentes... ;
- défaut de dessin d'armatures (poussées au vide) ;
- ancrages insuffisants, recouvrements mal assurés, densité trop forte d'armatures... ;
- absence ou insuffisance d'armatures de répartition ;
- répartition inadaptée des armatures transversales ;
- façonnage défectueux des armatures.

3. Déformations excessives (absence de calcul)

Répercussion sur des éléments fragiles.

4. Effet des variations dimensionnelles

- Conception des joints (dilatation - fractionnement).
- Répercussion sur les toitures-terrasses et l'étanchéité de celles-ci.
- Désordres sur éléments extérieurs aux bâtiments (balcons - loggias...).
- Désordres dans les poutres de grande hauteur.
- Effet du retrait différentiel.
- Désordres des planchers.

5. Fautes d'exécution

- Dans les opérations de coffrage et d'étalement.
- Défauts de bétonnage - défauts d'enrobage.
- Fautes de ferrailage, mauvais positionnement des armatures.
- Fautes lors des opérations de décoffrage.
- Fautes diverses, fausses manœuvres.

6. Phénomènes chimiques (action du gel)

- Phénomènes chimiques - corrosion.
- Effet du gel.

7. Défauts d'entretien

Absence de réparation :

- passivation d'aciers apparents ;
- traitement de fissures ou bétons éclatés/gel, etc.

8. Défauts d'usage

Charges d'exploitation excessives, mal réparties, de trop longue durée, etc.



BÉTON ARMÉ (STRUCTURES)

Déficience des appuis

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Structure portante d'un important centre commercial (plus de 20 000 m²) à 1 seul niveau, constituée d'éléments préfabriqués en béton armé et béton précontraint.

- Fondation des poteaux en béton armé, par pieux (poteaux préfabriqués, scellés avec un mortier spécial).
- Dallage en béton sur terre-plein.
- Poutres principales et pannes supports de couverture en béton précontraint.
- Couverture en bacs acier galvanisé supports d'une isolation thermique et d'une étanchéité auto-protégée.

Dispositions principales

- Poteaux, section 0,40 x 0,40 m.
- Poutres alignées sur files espacées de 8,00 m. Section 0,30 x 0,75 m. Portées 12 à 16 m ou 8 m pour des files sans joints de dilatation. Les poteaux d'extrémités reçoivent les poutres par l'intermédiaire de corbeaux. Appuis de 0,08 m à chaque extrémité.
- La conception d'ensemble choisie par le maître d'œuvre correspond à une structure rigide des liaisons poutres-poteaux.

Toutefois, le fabricant avait proposé aussi une solution sur appuis néoprène, préconisée par le Bureau de contrôle.

Les poutres sont donc conçues pour reposer sur des appuis clavés.

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

- Les travaux ont été réalisés en 8 mois, y compris le temps de préfabrication en usine.
- Les désordres sont survenus 3 ans après la fin des travaux.
- Les désordres correspondent à des fissures d'importance variable, apparues sur le clavage des poutres sur leurs appuis (poteaux ou corbeaux).

Du fait du risque de rupture de certaines têtes de poteaux, un étalement provisoire a dû être mis en place.

Des sondages pratiqués sur le béton de clavage ont révélé une qualité douteuse. Ceci peut s'expliquer par la difficulté d'exécuter la liaison entre poutres (peu d'espace).

- Phénomène de fissuration généralisé dans le béton de clavage coulé en about des poutres après la pose de ces dernières sur les poteaux ou sur les corbeaux.

Les fissures varient de 0,2 à 13 mm d'ouverture avec des cas nombreux de l'ordre de 3 à 5 mm.

- Quelques épaufrures sont à signaler sur certains corbeaux.

ORIGINES – CAUSES DES DÉSORDRES

Ce sont les efforts horizontaux dans les poutres préfabriquées qui transmettent aux appuis des efforts de traction que ces derniers ne peuvent encaisser.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Trois phénomènes de retrait provoquent ces efforts horizontaux :

- mise en œuvre des poutres dans un délai trop court après leur préfabrication : 1 semaine pour fabrication, pose, clavage ;
- fluage consécutif à la précontrainte ;
- température au cours de la période de pose trop basse.

Le béton de clavage n'est pas de qualité suffisante et n'est pas armé.

La solution initiale par appuis déformables (plaques néoprène) aurait permis d'éviter ce type de désordres.

RÉPARATIONS

La solution qui s'est avérée la mieux adaptée a consisté à dégarnir le clavage, à exercer par vérinage un léger décollement des poutres puis à reconstruire le clavage après avoir redressé les armatures inférieures et armé de façon satisfaisante le volume à bétonner. Certains appuis reçoivent des plaques néoprène avant bétonnage des clavages correspondants.

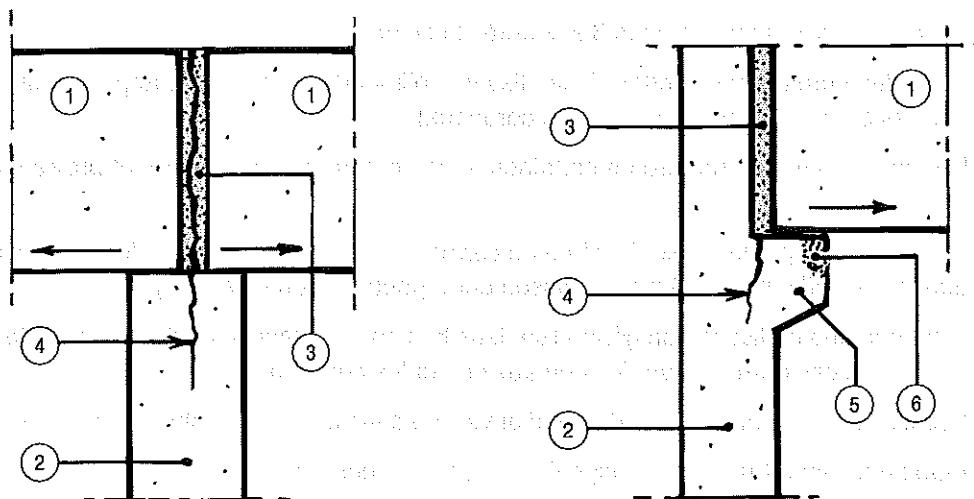
Des flasques en acier fixées par chevilles dans le béton relient les poutres aux poteaux lorsque les contraintes ne sont pas libérées.

Les ouvrages fissurés sont confortés par des pièces métalliques liaisonnées par des barres précontraintes.

Quelques têtes de poteaux sont renforcées par frettage lorsque la fissure amorcée dépasse 0,3 mm et à condition que le béton de clavage ne soit pas désorganisé dans son épaisseur.

Remarque

La préconisation initiale du fabricant confirmée par le Bureau de contrôle (utilisation de plaques néoprène ou appuis déformables) aurait d'une part évité ce type de sinistre, et d'autre part permis d'éviter les troubles d'exploitation et d'économiser le coût d'une expertise et de réparations importantes.



- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| ① Poutres préfabriquées | ④ Fissures |
| ② Poteau (préfabriqué) | ⑤ Corbeau (appui de rive) |
| ③ Béton de clavage | ⑥ Épaufrure |



BÉTON ARMÉ (STRUCTURES)

Poteaux extérieurs

DÉFINITION DE L'OUVRAGE

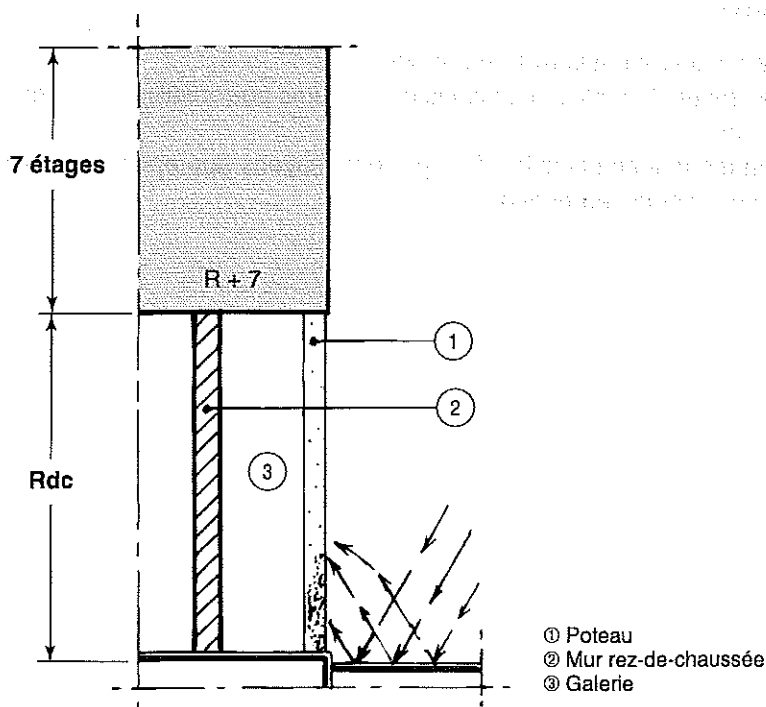
- Immeubles R + 7 sur poteaux isolés à rez-de-chaussée (galerie).
- Poteaux apparents dans la hauteur du rez-de-chaussée et soumis aux intempéries.
- Section des poteaux : 0,20 x 0,50 m.
- Hauteur 3 m.

DÉSORDRES

Des éclatements de béton avec corrosion des armatures se sont manifestés à la base de la plupart des poteaux en béton armé sur les façades exposées.

Les étages ne sont pas affectés par ce type de désordres.

C'est la zone soumise au rejaillissement et aux remontées capillaires dans le béton d'enrobage qui a subi les désordres.



CAUSES

Les désordres sont dus à deux causes principales.

1/ Mauvaise qualité du béton à la base des poteaux (contrainte maximale), ségrégation des granulats sur une hauteur de 3 m dans un coffrage encombré par les armatures, perte de laitance par défaut d'étanchéité des coffrages en pied.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

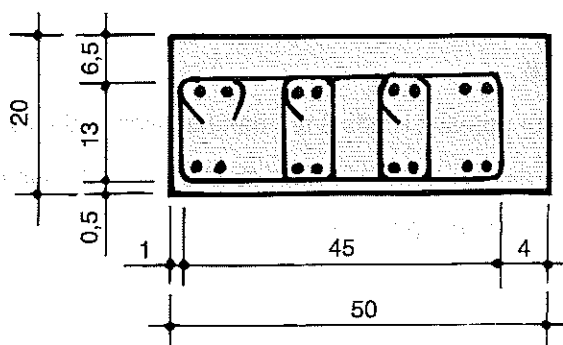
ST

UV

WX

YZ

2/ Absence de calage des armatures du poteau et déplacement de celles-ci vers le parement le plus exposé. Les sondages pratiqués ont montré que l'enrobage sur les faces exposées était de l'ordre de 5 à 10 mm.



RÉPARATIONS

Les bétons dégradés ont été repiqués, les aciers brossés et passivés.

Le ragréage a été réalisé avec un micro-béton amélioré aux résines époxy.

CONCLUSION

Il faut intervenir à la mise en œuvre :

- en mettant en place des cales d'armatures pour réaliser les enrobages minimaux corrects et uniformes ;
- en mettant en place le béton par des moyens appropriés (goulotte, bétonnage à la pompe, etc.) afin d'éviter la ségrégation.



Question/Réponse

BÉTON ARMÉ (STRUCTURES) - EXÉCUTION DES OUVRAGES

Cales d'armatures

QUESTION

Peut-on utiliser des cales d'armatures en matière plastique sans risques pour les ouvrages ?

RÉPONSE

- L'emploi des cales d'armatures n'est soumis à aucune règle codifiée.

Ces dispositifs sont néanmoins nécessaires pour assurer un enrobage minimum correct des armatures.

- Toutefois, les cales en matière plastique présentent un double risque :

1/ si l'atmosphère du local est trop humide ou si des condensations peuvent se produire en sous-face, les cales peuvent induire des fissures de retrait, la matière plastique ayant un coefficient de dilatation 10 fois supérieur à celui du béton.

La chaleur d'hydratation lors de la prise de ce dernier dilate les cales, et d'autant plus que le béton mis en œuvre est chaud.

Lors du refroidissement, un vide se crée entre le béton et la cale par suite du retrait thermique différentiel.

En atmosphère humide, la capillarité conduit l'eau ou la vapeur d'eau jusqu'aux armatures, d'où un risque de corrosion ;

2/ si des risques d'incendie sont à craindre et que l'épaisseur du plancher et le recouvrement des armatures soient tels que le plancher résiste au feu dans les limites imposées par la réglementation, il subsistera un risque correspondant à la création de points faibles dans le plancher au droit des cales. En effet, la matière plastique fond à haute température et dégage des gaz volatiles en laissant à nu l'armature alors exposée au feu.

Ces raisons conduisent à éviter ce type de cales et à utiliser de préférence des cales en mortier, matériau voisin du béton.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

(Béton armé, Armé - Béton)

Préparation des Cales d'armatures



Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail

Document de travail



Question/Réponse

BÉTON ARMÉ (STRUCTURES EN ZONE SISMIQUE)

Joint de dilatation

QUESTION

Quelles sont les exigences spécifiques des joints de structure des bâtiments édifiés en zone sismique ?

RÉPONSE

Les règles parasismiques applicables en France sont :

- les règles PS 92 (norme P 06-013) ;
- les règles PS.MI 89 révisées 92 (norme P 06-014) ;

applicables aux maisons individuelles.

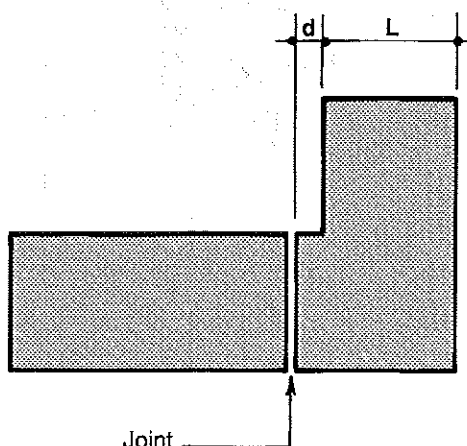
Les Règles PS 92 (norme P 06-013 - Règles de construction parasismique - Règles PS applicables aux bâtiments, dites règles PS 92 - Février 2001) mentionnent les points suivants.

1. Joints

« À défaut de justifications spéciales, les constructions qui affectent en plan la forme d'un T, d'un L ou d'un U ou une forme analogue doivent être découpées en blocs de formes rectangulaires ou sensiblement rectangulaires par des joints de rupture ou de dilatation.

Toutefois, une tolérance égale à 1/4 de la largeur du bloc considéré est accordée en ce qui concerne la position du joint par rapport à la ligne théorique de division en blocs élémentaires ($0 \leq d \leq \frac{L}{4}$) ».

- Les joints doivent être *pleins*, ce qui exclut les décrochements en plan et en élévation.
- Il est interdit d'appuyer des éléments faisant partie d'un bloc sur un bloc voisin (sauf pour les fondations).
- Les couvre-joints ne doivent pas permettre à un bloc de transmettre un effort notable au bloc voisin. Les matériaux d'obturation ou d'étanchéité ne devront pas présenter de résistance notable à l'écrasement.



(d'après Règles PS 69)

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2. Liaisons entre les divers éléments des constructions

« Il est indispensable de réaliser des liaisons efficaces entre les divers éléments des constructions en vue non seulement d'assurer la transmission correcte des efforts dus aux sollicitations envisagées par les Règles, mais encore de réduire les risques de désolidarisation des divers éléments d'ouvrage. »

3. Largeur des joints de dilatation (PS 92)

La largeur des joints ne doit en aucun cas être inférieure à 4 cm en zone Ia et Ib et 6 cm en zone II et III.

Elle doit être telle que 2 constructions ou 2 blocs voisins ne puissent se heurter au cours de leur mouvement.

Le calcul doit tenir compte de la détérioration éventuelle de la rigidité de la structure consécutive à l'application de charges répétées ou alternées.

À défaut de justifications spéciales, on peut prendre pour valeurs des déplacements, celles des *déplacements élastiques* :

- $\times 1,15$ s'il s'agit de structures contreventées par des murs, voiles, palées de contreventement triangulées ;
- $\times 1,30$ s'il s'agit de structures contreventées par une ossature.

C'est-à-dire respectivement :

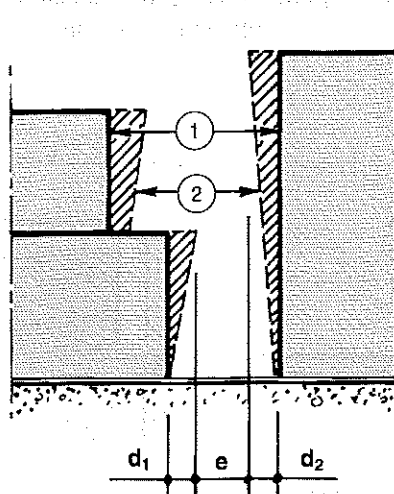
$$e = 1,15 (d_1 + d_2),$$

ou

$$e = 1,30 (d_1 + d_2),$$

d_1 et d_2 étant les déplacements obtenus par le calcul dans l'hypothèse d'un comportement élastique.

Les coefficients ci-dessus peuvent être portés respectivement à 1,45 et 1,60 lorsque les périodes d'oscillation sont déterminées forfaitairement par le calcul.



Dans le cas de figure ci-dessus, la largeur minimale du joint doit être $e \geq d_1 + d_2$.



Question/Réponse

BÉTONS STRUCTURES

Béton gâché à l'eau de mer

QUESTION

Peut-on utiliser de l'eau de mer comme eau de gâchage d'un béton ?

RÉPONSE

Il est possible d'utiliser l'eau de mer pour gâcher la majorité des bétons *sauf* s'il s'agit de bétons qui doivent résister à l'eau de mer.

En d'autres termes : *il ne faut jamais* gâcher à l'eau de mer un béton de ciment Portland spécial pour travaux à la mer (chutes de résistances de 5 à 8 % par rapport à un gâchage à l'eau douce).

Il est possible de gâcher un béton de ciment Portland (CPA) avec de l'eau de mer même s'il s'agit d'un Portland riche en aluminat tricalcique (qui n'a aucune propriété « prise mer »).

Ce ciment gâché dans un béton avec de l'eau de mer est souvent accéléré à la prise du fait de la présence de chlorure de sodium jouant le même rôle que le chlorure de calcium accélérateur de prise, mais avec un retrait moindre.

Les autres ciments actuellement désignés par CPJ (ciment avec ajouts) peuvent également être utilisés sans inconvénients pour le gâchage à l'eau de mer (ciments pouzzolaniques, pouzzoland-métallurgiques mixtes, ciments de hauts fourneaux). La composition des CPJ n'étant pas définie par les fabricants, il convient néanmoins de *s'informer auprès de ces derniers* pour l'utilisation de l'eau de mer comme eau de gâchage.

En effet, pour les bétons non armés, l'eau de mer retarde la prise des ciments de laitier à la chaux ainsi que les ciments sur-sulfatés à la chaux. Au contraire, elle accélère la prise des ciments de laitier et des ciments pouzzolaniques.

Remarques

L'eau de mer en tant qu'eau de gâchage ne convient pas :

- pour les mortiers d'enduit (qui deviennent hygroscopiques) avec risque de migrations de sels et d'efflorescences ;
- pour les bétons et mortiers en zone tropicale humide (même risque).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



BOIS

Réduire les variations dimensionnelles

OUVRAGES CONCERNÉS

- Charpente traditionnelle en bois - Fentes de séchage.
- Lambris - Soulèvement d'un lambris.
- Parquet en bois - Grincement sous les pas.
- Parquet massif en bois - Soulèvement d'un parquet massif posé cloué.
- Plancher en bois - Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher.
- Volet en bois - Fermeture difficile ou impossible.

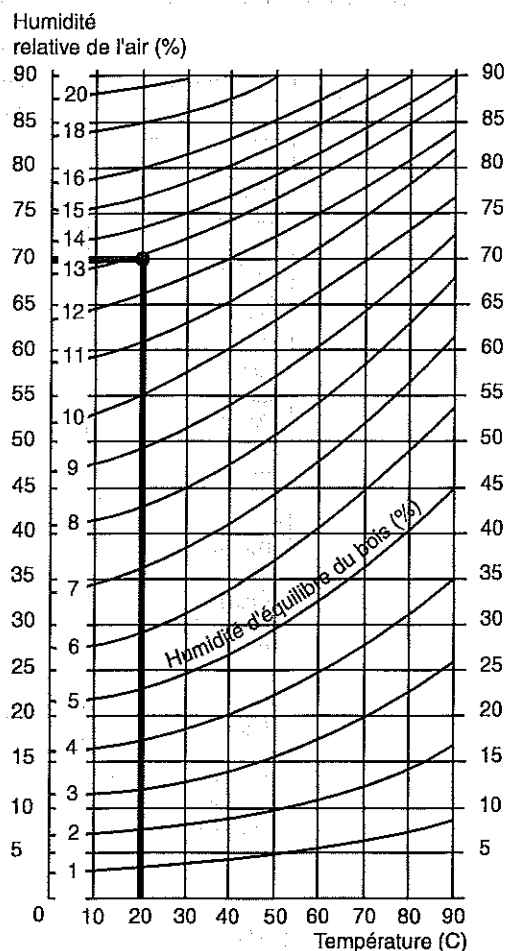
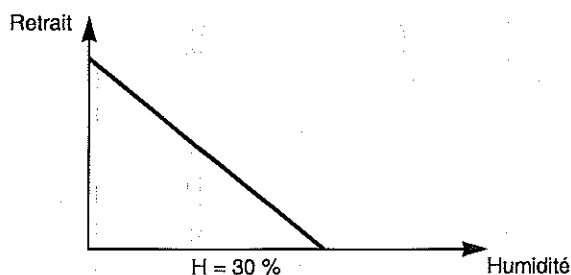
ORIGINE DES VARIATIONS DIMENSIONNELLES

Contrairement aux aciers, les variations dimensionnelles du bois proviennent des variations d'humidité du matériau. Lorsque l'arbre est sur pied, le bois contient 80 à 200% d'humidité par rapport à sa masse anhydre. Lorsque le bois est placé dans un local chauffé, son équilibre sera de 8 % à 13 %. Par ailleurs, le bois est un matériau hygroscopique. Si l'humidité de l'air varie, l'humidité du bois varie également. La courbe ci-dessous précise l'humidité du bois en fonction des conditions climatiques de l'air.

Les variations dimensionnelles sont directement proportionnelles à la diminution de l'humidité du bois, c'est-à-dire :

variation dimensionnelle = coefficient de rétractibilité
× variations d'humidité × dimension

Cette loi n'est valable que pour une humidité inférieure à 30 % (point de saturation des fibres). Au-delà de cette valeur il n'y a pas de retrait. Le coefficient de rétractibilité sera égal au retrait total divisé par 30.



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

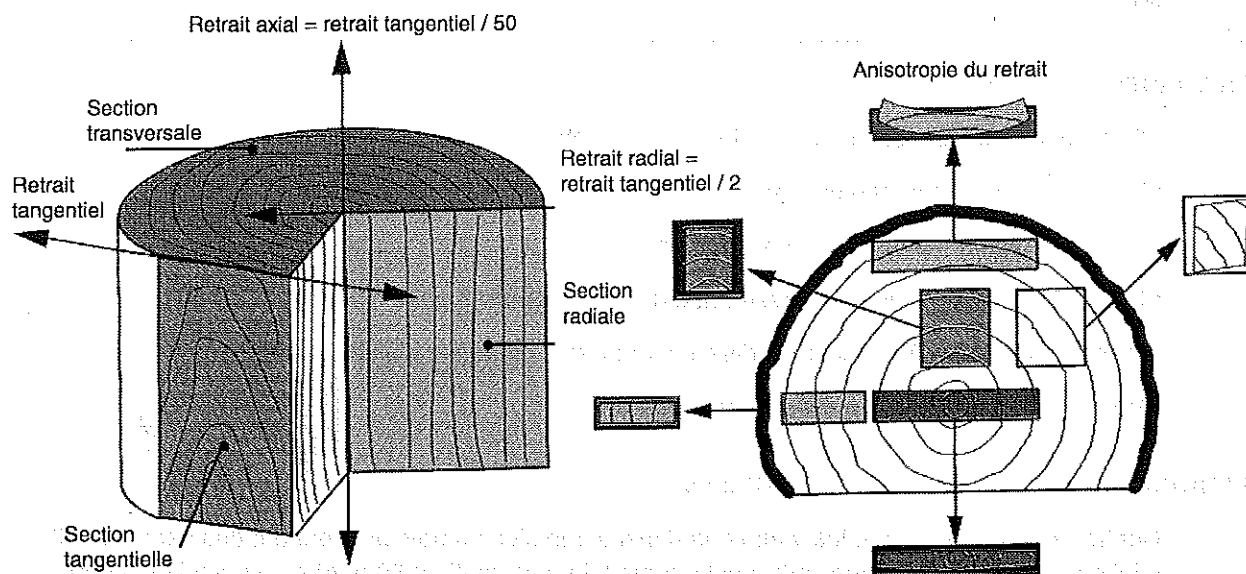
ST

UV

WX

YZ

Le retrait est fortement anisotrope. Il est le plus important dans le sens tangentiel (2 fois plus fort que dans le sens radial et 50 fois plus important que dans le sens axial). Cette anisotropie engendre des déformations pouvant produire des sinistres dans des cas extrêmes.



Le tableau ci-dessous mentionne des ordres de grandeur des retraits totaux de quelques essences.

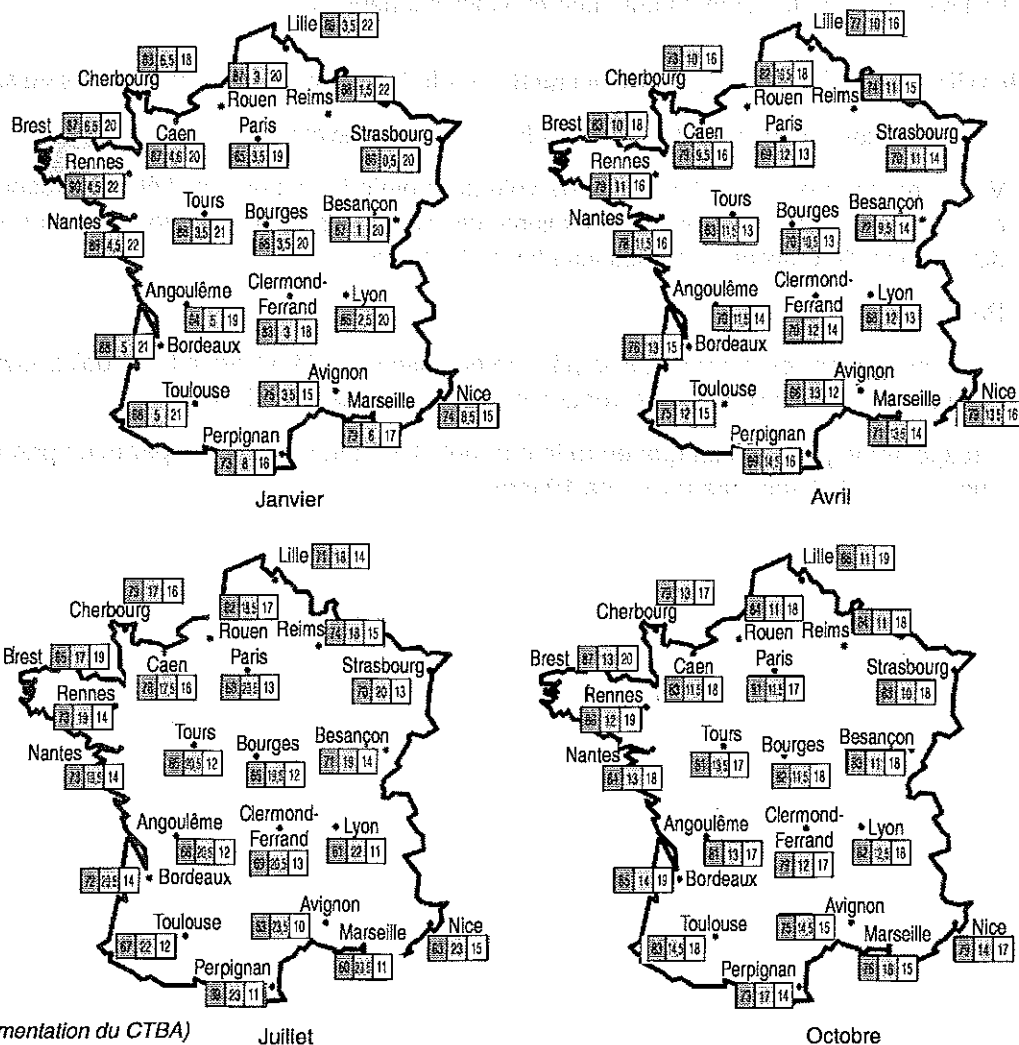
Essences	Retrait tangentiel total (%)	Retrait radial total (%)	Retrait volumique total (%)
Feuillus européens			
Hêtre	12	6	18
Chêne	10	5	15
Orme	9	5	14
Frêne	8	6	14
Châtaignier	8	4	12
Charme	11,5	7	18,5
Bouleau	9	6	15
Noyer	7,5	5,5	13
Merisier	10	5	15
Peuplier	9	5	14
Aulne	7	5	12
Érable	8	4	12
Tilleul	9	5,5	14,5
Résineux			
Sapin	8	4	12
Épicéa	9	4	13
Pin maritime	8	5	13
Pin sylvestre	8	5	13
Douglas	7	4	11
Mélèze	9	5	14
Pitchpin	8	5	13
Feuillus tropicaux			
Okoumé	6,5	4	10,5
Niangon	8	4	12
Sipo	6	5	11
Iroko	6	4	10
Doussié	6	4	10
Teck	6	3	9
Azobé	11	8	19

HUMIDITÉ DES BOIS EN FONCTION DE LEUR DESTINATION ET DES SAISONS

Le tableau suivant définit l'humidité du bois pour les utilisations courantes.

Humidité (%)	Construction				Ameublement
	Charpente	Menuiserie	Parquet		
22	Fermette	Extérieure	Contrecollé suivant les cas	Marque de Qualité NF - Meuble et NF-Siège	
20					
18					
16					
14	Lamellé collé	Intérieures	Traditionnel Mosaïque		
12	Traditionnelle combles habitables				
10					
8					
6					

Les cartes de France des mois de janvier, avril, juillet et octobre permettent de connaître l'humidité d'équilibre du bois. Par exemple l'humidité du bois va s'équilibrer à 19 % à Paris au mois de janvier, elle ne sera plus que de 13 % au mois de juillet.



(d'après la documentation du CTBA)

Lorsqu'un bois stocké à l'air libre a atteint son équilibre hygroscopique, il est inutile de le laisser plus longtemps dehors. Chaque hiver son humidité remontera pour tendre vers 19 % et chaque été elle redescendra pour tendre vers 13 %. Lorsque le bois est employé à l'intérieur, son humidité d'équilibre est plus basse. Il est nécessaire de sélectionner du bois ayant été séché artificiellement.

RÉDUIRE LES VARIATIONS DIMENSIONNELLES

1. La première règle à respecter est d'employer un bois dont l'humidité est proche de l'humidité qu'il aura lorsqu'il sera mis en service

- Cas des charpentes traditionnelles avec des combles habitables

Le séchage de pièces ayant une section importante nécessite l'immobilisation d'un séchoir artificiel pendant plusieurs mois. Le coût d'une telle opération étant important, il est difficile de trouver ce type de pièce sur le marché. Cependant certaines scieries possèdent un stock de bois important, et peuvent proposer des sciages ayant plusieurs années de séchage naturel, c'est-à-dire à l'air libre.

- Cas des menuiseries extérieures (fenêtre, volet, etc.)

Il est possible d'employer du bois séché naturellement à l'air libre ou artificiellement car l'ouvrage est à l'extérieur.

- Cas des menuiseries intérieures (lambris, parquet, etc.)

Le bois séché artificiellement aura une humidité inférieure à 13 %.

2. La deuxième règle à respecter est de permettre au bois de jouer lorsqu'il sera mis en service

Des exemples ont été abordés dans les fiches citées ci-avant.

Volet : ne pas trop serrer les lames de volet si la période de pose est l'été. Disposer des petites cales entre les lames, telles que des allumettes. Chaque lame doit pouvoir absorber une variation dimensionnelle provoquée par les variations climatiques.

Parquet :

- ne pas trop serrer le parquet si la période de pose est l'été. Chaque lame doit pouvoir absorber une variation dimensionnelle provoquée par les variations climatiques ;
- respecter le jeu périphérique entre le parquet et le mur, soit 2,5 mm par m de parquet. Un parquet de 4 m de large aura un jeu de 10 mm.



Synthèse

BOIS (EMPLOI DU...)

Classes de risque biologique

DÉFINITION ET NORME NF EN 335

À chaque situation d'emploi du bois (à l'abri, aux intempéries, au contact du sol) correspondent des risques de développement d'organismes biologiques ; insectes xylophages, champignons lignivores, térébrants marins.

La norme NF EN 335, établie par le Comité européen de normalisation 38 en 1992, définit 5 classes de risque biologique, chacune d'elles correspondant à des emplois du bois identiques ou comparables pour lesquels les risques biologiques sont les mêmes et peuvent être couverts par les mêmes solutions.

Les classes de risque sont décrites dans la norme NF EN 335 par la situation générale en service (classes d'exposition) en tenant compte de l'intensité du facteur de sévérité le plus important qui est l'humidité. À chaque situation d'emploi sont décrits les agents biologiques susceptibles de se développer dans les conditions de la classe.

Les grands principes de la préservation du bois sont essentiellement fondés sur les classes de risque biologique définies dans la norme de base NF EN 335 dont découlent les différents types de traitement.

LES 5 CLASSES DE RISQUE BIOLOGIQUE

Classe de risque 1

- Situation : bois sous abri, entièrement protégé des intempéries et non exposé à l'humidification (taux d'humidité inférieur à 20 %).
- Risques biologiques : insectes à larves xylophages (et termites en zone infestée).
- Exemples : aménagements intérieurs, meubles, lambris, parquets, menuiseries intérieures.

Classe de risque 2

- Situation : bois sous abri et entièrement protégé des intempéries, mais où une humidité ambiante élevée temporaire peut conduire à une humidification occasionnelle mais non persistante supérieure à 20 %.
- Risques biologiques : insectes à larves xylophages, champignons : moisissures, discolorations et plus rarement champignons lignivores (et termites en zone infestée).
- Exemples : charpentes (période de chantier), ossatures, planchers.

Classe de risque 3

- Situation : bois non abrité, hors contact du sol, exposé continuellement aux intempéries ou à l'abri mais soumis à une humidification fréquente supérieure à 20 %.
- Risques biologiques : insectes à larves xylophages, champignons de discoloration mais aussi lignivores, pourriture cubique et fibreuse (et termites en zone infestée).
- Exemples : menuiseries extérieures, charpentes en lamellé-collé soumises aux intempéries, bois sous vapeurs condensantes.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Classe de risque 4

- Situation : bois en contact avec le sol ou avec l'eau douce, exposé en permanence à une humidification supérieure à 20 %.
- Risques biologiques : tous ceux de la classe 3 et en plus les champignons de pourriture molle.
- Exemple : tous bois en contact avec le sol, poteaux, pieux, piquets de clôture, platelage, caillebotis, pieds de poteaux lamellé-collé, assemblages de menuiseries extérieures faisant « piège à eau ».

Classe de risque 5

- Situation : bois en permanence exposé à l'eau salée.
- Risques biologiques : tous ceux de la classe 4 mais en plus et surtout les térébrants marins.
- Exemples : tous bois mis en œuvre dans l'eau salée, installations portuaires, appontements, brise-lames.

LES ZONES DU BOIS DÉGRADABLES À PROTÉGER EN FONCTION DES CLASSES DE RISQUE

La zone de bois vulnérable représente la portion de bois dans laquelle peuvent apparaître et se développer l' (ou les) agent(s) biologique(s) dans une situation donnée. La détermination de la zone de vulnérabilité est à la base soit du choix d'une essence durable dans la classe soit du type de traitement de préservation à effectuer.

Le risque majeur des classes 1 et 2 est celui du développement d'attaques d'insectes à larves xylophages. L'insecte adulte pond ses œufs dans les interstices du bois, ils éclosent et donnent les larves qui vont se développer dans le bois en y creusant des galeries pour s'en nourrir. La zone de bois attaquant peut donc être très profonde mais, compte tenu du mode d'infestation, la partie dégradable ne concerne que la surface de la pièce de bois ; il suffit donc d'une barrière continue de quelques millimètres correspondant à cette zone vulnérable pour protéger la pièce de bois (effet répulsif pour la femelle).

Pour les classes 3 et 4, le danger principal est le développement de champignons lignivores. Ces organismes se développent dans le bois anormalement humide (humidité supérieure à 25 %) pour une température optimale comprise entre 20 et 25 °C. Par des filaments microscopiques répartis à l'intérieur des cellules du bois humide, ils dégradent la matière ligneuse en profondeur ; l'action destructrice finale aboutit à la pourriture du matériau. C'est donc un volume entier humidifiable qui risque d'être complètement dégradé et qui doit être protégé.

Les termites, dans les régions infestées apparaissent dans les conditions de toutes les classes de risque ; la zone vulnérable est sans limite car ces insectes attaquent la totalité des éléments de bois.

Pour la classe 5, aux dangers de la classe 4, s'ajoute celui très important des térébrants marins ; les tarets creusant des galeries en profondeur du bois, dans ce cas également la zone dégradable est un volume.

La norme NF EN 335 donne l'évaluation suivante des zones dégradables par classe de risque :

- classes de risque 1 et 2 : 0 à 3 mm ;
- classe de risque 3 : 2 niveaux d'exposition possibles pris en compte dans la norme française NF B 50-105.3 (adaptation française de NF EN 351) dont on déduit 2 niveaux de vulnérabilité :

- 0 à 3 mm pour une exposition jugée faible où une pénétration d'eau par les bois de bout ne peut avoir lieu,
- 5 à 10 mm et plus en latéral avec 30 à 50 mm en axial (bois de bout et assemblages) pour une exposition jugée forte ;
- classes de risque 4 et 5 : tout le volume du bois.

Remarque

Certains emplois du bois peuvent être jugés intermédiaires entre 2 classes de risque ; dans ce cas, c'est la plus élevée qui doit être adoptée. De même, en zones tropicales, il conviendra d'orienter son choix le plus souvent possible vers la classe supérieure.

DURABILITÉ NATURELLE DES ESSENCES PAR CLASSE DE RISQUE - DURÉE DE SERVICE

De par sa durabilité naturelle, une essence pourra être utilisée dans une classe de risque donnée, mais les documents normatifs ne font pas la relation entre les classes de risque et la durée de service d'une essence ; beaucoup de facteurs liés à la mise en œuvre, la conception de l'ouvrage, la ventilation, l'orientation de la pièce de bois, le climat sont en effet à prendre en compte. Dans les classes 1 et 2 où le risque majeur est celui des insectes xylophages, sachant que tous les aubiers et les bois parfaits non duraminisés sont périssables, il convient d'utiliser des essences à duramen distinct purgé d'aubier (NF EN 350.2). Pour la classe 3, le choix est plus difficile car la conception du bâtiment et l'intensité de l'humidification sont des facteurs importants ; en classe 3 faible, on est proche d'une situation de classe 2 mais en classe 3 forte, la possible imbibition du bois faisant « pièges à eau » peut entraîner des désordres fongiques considérables ; il est donc difficile d'évaluer une durée de service. La sévérité de la situation est maximale pour la classe 4 mais la durée possible dépend aussi des conditions environnantes et de la nature du sol.

Dans les conditions permettant l'attaque fongique, la résistance d'une essence est plus ou moins importante en fonction des conditions d'exposition. Le parallèle entre les classes de risque et la durabilité naturelle a pu être effectué partiellement par la norme NF EN 460 seulement pour des situations extrêmes (classes 1 et 4) ; de plus, aucune indication de durée de service n'est donnée.

La norme NF EN 350.2 est cependant riche en renseignements pour l'utilisateur car, outre la densité et l'imprégnabilité, elle donne la durabilité naturelle du bois parfait de 130 essences les plus commercialisées en Europe vis-à-vis des différents insectes à larve xylophage, des termites et des champignons en situation de classe 4 au contact du sol.

Pour les termites, quelle que soit la classe, peu d'essences résistent naturellement à l'exception des duramens de quelques essences tropicales.

La durée de service des essences par classe de risque grâce à leur durabilité intrinsèque est une donnée indispensable pour le concepteur. Pour cette raison, les éléments fournis par la norme NF EN 350.2 et ceux de l'expérience ont permis d'établir une estimation des durées de service en fonction de la durabilité intrinsèque du bois parfait selon les classes de risque. Le tableau suivant (extrait du *Guide de la préservation du bois* de Michel Rayzal, Éditions du CTBA, 1998) donne ces correspondances pour quelques essences courantes ; ces estimations n'ont évidemment qu'une valeur indicative ne tenant pas compte des variations en fonction des conditions particulières d'exposition, en particulier en région termitée.

Durée de service des essences par classes de risque

Essence	Classe 1 Durée illimitée	Classe 2 Durée illimitée	Classe 3 Durée de 20 à 25 ans	Classe 4 Durée > 10 ans
<i>Résineux</i>				
Douglas	Oui	Oui	Oui	Non
Épicéa	Non	Non	Non	Non
Hemlock	Non	Non	Non	Non
Mélèze	Oui	Oui	Oui	Non
Pin maritime et sylvestre	Oui	Oui	Oui	Non
Western Red cedar	Oui	Oui	Oui	Non
Sapin	Non	Non	Non	Non
<i>Feuillus tempérés</i>				
Châtaignier	Oui	Oui	Oui	(Oui)
Chêne blanc européen	Oui	Oui	Oui	(Oui)
Chêne rouge d'Amérique	Oui	Oui	Non	Non
Érable	Non	Non	Non	Non
Frêne	Non	Non	Non	Non
Hêtre	Non	Non	Non	Non
Noyer	Oui	Oui	Oui	Non
Orme	Oui	Oui	Non	Non
Peuplier	Non	Non	Non	Non
Robinier (faux acacia)	Oui	Oui	Oui	Oui
Tilleul	Non	Non	Non	Non
<i>Feuillus tropicaux</i>				
Acajou d'Afrique	Oui	Oui	Oui	Non
Azobé	Oui	Oui	Oui	Non
Doussié	Oui	Oui	Oui	Oui
Framiré	Oui	Oui	Non	Non
Ilomba	Non	Non	Non	Non
Iroko	Oui	Oui	Oui	Oui
Limba	Non	Non	Non	Non
Makoré	Oui	Oui	Oui	Oui
Méranti dark red	Oui	Oui	(Oui)	Non
Okoumé	Oui	Oui	Non	Non
Padouk	Oui	Oui	Oui	Oui
Samba	Non	Non	Non	Non
Sipo	Oui	Oui	Oui	Non
Teck	Oui	Oui	Oui	(Oui)
<p>OUI : utilisation possible sans traitement de préservation. (OUI) : variabilité selon la provenance. NON : pas d'utilisation sans traitement de préservation.</p>				

SPÉCIFICATIONS PAR CLASSE DE RISQUE - DIFFÉRENTS TYPES DE TRAITEMENT

Avant la mise en œuvre d'une pièce de bois, le prescripteur devra déterminer la classe de risque dans laquelle le bois sera exposé. Le choix de l'essence tiendra compte soit de sa durabilité naturelle dans la classe ou bien de la nécessité d'un traitement de préservation de la zone vulnérable conférant au bois une durabilité équivalente à celle d'une essence durable dans la classe.

Si un traitement de préservation de l'essence choisie est décidé, ses caractéristiques devront être définies en fonction de la classe de risque.

Un traitement de préservation met en œuvre 3 éléments indissociables : l'essence de bois, le produit de préservation et le procédé de traitement.

L'essence de bois : son imprégnabilité

Si elle n'est pas durable dans la classe, un traitement est envisagé. Si la zone de vulnérabilité concerne tout le volume de la pièce de bois, le traitement de tout ce volume est obligatoire et ne peut être performant que sur une essence capable d'absorber le produit. Dans ce cas, le facteur imprégnabilité de l'essence est capital. Mais si l'on envisage de protéger uniquement la surface du bois, car on se trouve en classe 1 ou 2, on peut employer une essence peu ou pas imprégnable ; la protection de 3 mm pourra toujours être atteinte. La norme NF EN 350.2 donne l'imprégnabilité de 130 essences les plus commercialisées en Europe.

Le produit de préservation

Norme NF EN 599, valeur critique

Cette norme détermine l'efficacité des produits de préservation vis-à-vis des différents agents biologiques pouvant survenir dans chacune des 5 classes de risque par l'application de normes d'essais de laboratoire ou de terrain. Un certain nombre d'essais normalisés doivent être effectués par classe et il en résulte pour un produit testé dans une classe donnée, une valeur dite « valeur critique » qui est la valeur finale unique efficace déduite de tous les essais. Elle s'exprime par la quantité de produit ou concentration efficace qu'il faut appliquer pour que le bois soit correctement protégé contre les agents biologiques de cette classe de risque. La valeur critique s'exprime en g/m² pour les applications de surface (classes 1 et 2) et en kg/m³ (classes 3 et 4) pour une imprégnation profonde du volume.

Composition

Un produit de préservation est constitué de différents éléments : les matières actives confèrent l'efficacité au produit ; elles sont insecticides et/ou fongicides. Elles sont véhiculées par le solvant qui peut être l'eau ou des solvants pétroliers. La fixation des matières actives dans le bois est assurée par des adjuvants.

Différents types de produits

- Produits hydrosolubles non fixés ; sels en solution dans l'eau : utilisables en classe 1 uniquement car délavables.
- Produits organiques : à base de solvants pétroliers ; pénètrent bien dans le bois et sont stables : utilisables en classes 1, 2, 3.
- Produits hydrodispersables : huiles en émulsion dans l'eau : utilisables en classes 1, 2, éventuellement 3.
- Produits hydrosolubles fixés : sels métalliques qui comportent du chrome comme élément de fixation (exemple du CCA : Cuivre, Chrome, Arsenic) : utilisables dans toutes les classes, mais sont plutôt réservés pour les traitements en profondeur des classes 4 et 5.
- Produits mixtes : association de sels métalliques et de molécules de synthèse : utilisables à ce jour pour les classes 2 et 3.

Procédé de traitement

Le produit de préservation reconnu efficace doit être introduit dans le bois à la quantité requise et à une profondeur devant protéger la zone vulnérable selon la classe de risque. La norme NF EN 351 décrit 9 niveaux de rétention et de pénétration du produit ; en complément, la norme française

NF B 50-103.3 indique les niveaux par classe de risque en tenant compte de l'imprégnabilité des essences. Pour parvenir aux différents niveaux de pénétration de la norme, différents procédés sont possibles.

Traitements de surface

Le trempage court, le badigeonnage et la pulvérisation permettent l'imprégnation dite périphérique, le produit migrant par capillarité. Les niveaux de pénétration obtenus sont ceux des classes 1 et 2 et également 3 faible.

Traitements en profondeur

Une imprégnation de tout le volume d'une pièce de bois ne peut être obtenue que par autoclave.

- L'autoclave double-vide permet le traitement d'une charge de bois introduite dans une enceinte sous vide accompagné d'une légère pression ; les conditions du cycle peuvent varier. Les niveaux de pénétration obtenus sont ceux de la classe 3 forte exposition.
- L'autoclave vide pression permet par un vide poussé et une pression importante l'introduction du produit « à refus ». Ce procédé permet une imprégnation totale dans tout le volume des essences imprégnables (les aubiers en particulier) leur conférant un traitement de classes 4 et 5 ; il reste limité à la classe 3 pour les essences réfractaires à l'imprégnation comme l'épicéa.

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Le principe est d'attester que le produit certifié ou le service est conforme à des spécifications techniques précises et qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir sa performance (NF EN 351).

- Certification de services : marque CTB A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation (4 agréments).

LES NORMES DE CRITÈRES EUROPÉENNES

• NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.

• NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.
- NF EN 460 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif - Guide d'exigences de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque, 1994.
- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.
- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation . Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.

Le 12/01/2012, l'inspecteur a été reçu par le directeur de l'école.

Le directeur de l'école a expliqué que l'école était une école mixte, c'est-à-dire qu'elle accueillait des élèves de la maternelle à la 6^{ème} primaire.

(12/01/2012)

Le directeur de l'école a également expliqué que l'école était une école à horaires décalés, c'est-à-dire que les élèves commencent leurs cours à 8h30 et finissent à 12h30.

Le directeur de l'école a également expliqué que l'école était une école à horaires décalés, c'est-à-dire que les élèves commencent leurs cours à 8h30 et finissent à 12h30.

Le directeur de l'école a également expliqué que l'école était une école à horaires décalés, c'est-à-dire que les élèves commencent leurs cours à 8h30 et finissent à 12h30.

Le 12/01/2012, l'inspecteur a été reçu par le directeur de l'école.

Le 12/01/2012, l'inspecteur a été reçu par le directeur de l'école.

Le 12/01/2012, l'inspecteur a été reçu par le directeur de l'école.

Le 12/01/2012, l'inspecteur a été reçu par le directeur de l'école.

Le 12/01/2012, l'inspecteur a été reçu par le directeur de l'école.

Le 12/01/2012, l'inspecteur a été reçu par le directeur de l'école.



BOIS (EMPLOI DU...)

Diagnostic des agents biologiques

Les agents biologiques, insectes et champignons, qui entraînent des pathologies dans les ouvrages en bois diffèrent par leur nature, leur biologie, leur mode de vie et les dégâts qu'ils occasionnent dans la construction. D'une manière générale, ils entraînent un affaiblissement, voire la perte complète des propriétés mécaniques du matériau mettant en péril l'intégrité de la structure de l'ouvrage. Certains ne produisent qu'une détérioration de l'aspect esthétique du bois à conséquence moins importante mais pouvant rendre le bois dégradé impropre à certains usages.

Alors que les médias et l'administration, par la loi antitermite n° 99-471 du 8 juin 1999, sensibilisent de plus en plus la population, il est utile que les nombreux professionnels du bâtiment ainsi que le simple particulier puissent reconnaître l'agent biologique incriminé dans un sinistre, évitant ainsi des erreurs de diagnostic entraînant l'application d'un traitement inadapté (ou parfois inutile) ; une lutte efficace contre l'organisme impliqué pourra alors être menée. Les agents biologiques qui sévissent dans les structures en bois sont nombreux ; seuls les plus virulents et les plus fréquemment rencontrés en France sont décrits.

ORGANISMES METTANT EN DANGER LA STRUCTURE MÉCANIQUE DU MATÉRIAU

Pour mener à bien le diagnostic d'une dégradation biologique, il est indispensable de connaître l'organisation de la structure anatomique du matériau bois et de pouvoir identifier les essences les plus courantes. En effet, certains agents biologiques attaquent préférentiellement ou sont inféodés à un type d'essence (feuillus ou résineux), d'autres n'attaquent que l'aubier (des essences à duramen différencié) ou la totalité si le bois parfait n'est pas différencié. Connaître ces détails anatomiques aide beaucoup au diagnostic.

1. Les insectes Coléoptères xylophages

a) Éléments du diagnostic

Si la nature (essence) et l'aspect du bois attaqué (galeries, trous de sortie) sont des facteurs importants, l'observation des différents stades de développement du cycle évolutif des insectes à larves xylophages, s'ils sont présents, sont très utiles. On peut être amené à observer les insectes adultes qui vivent entre 2 et 3 semaines pour s'accoupler et pondre, la larve qui a une durée de vie variable en fonction des conditions ambiantes et qui occasionne les dégâts, ainsi que la nymphe ; cette dernière n'est pas toujours visible car elle ne dure que quelques semaines. La vermoulure constituée des déjections de la larve est constituée de grains dont la consistance varie avec l'insecte. Enfin, les conditions ambiantes et le taux d'humidité du bois qui ont une influence sur la biologie sont des éléments à prendre en considération lors d'un diagnostic.

b) Capricorne des maisons (*Hyloterpes bajulus* L).

• Bois attaqués :

- bois stockés ou en œuvre dont l'humidité est < 30 % ;
- essences résineuses exclusivement attaquées dans leurs parties aubieuses quand le bois est duraminisé ; si l'essence possède un bois parfait non différencié, l'attaque est généralisée.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

• Aspect des dégâts (cf. Fig. 1) :

- trous de sortie ovales de 8 à 10 mm et galeries à section ovale, parallèles au fil du bois et à parois striées ;
- vermourure constituée de petits tonnelets de $0,8 \times 0,5$ mm de couleur jaune clair

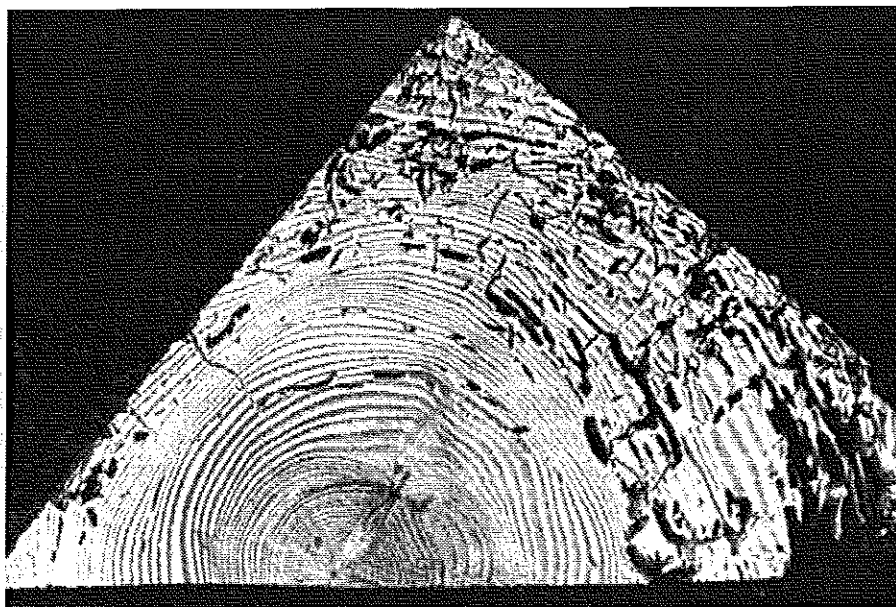


Fig. 1 : Section de poutre dégradée par le Capricorne dans sa partie aubeuse (CTBA).

• Morphologie de l'adulte :

- longueur de 10 à 20 mm ;
- couleur noire ;
- antennes longues mais plus courtes que le corps ;
- élytres rugueux possédant des taches claires ;
- prothorax présentant 2 tubercules dorsaux.

• Morphologie de la larve (cf. Fig. 2) :

- longueur de 20 à 25 mm ;
- couleur blanche ;
- forme cylindrique, allongée ;
- présence de 3 ocelles pigmentés.

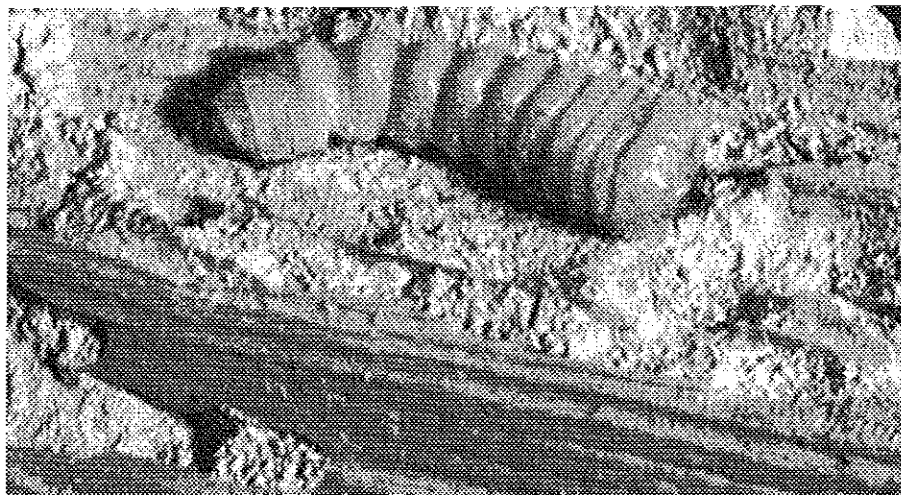


Fig. 2 : Larve de Capricorne dans sa galerie à parois striées et vermoulure (CTBA).

- Cycle évolutif : dure de 3 à 5 ans, les adultes apparaissant de juin à août ; la femelle pond entre 40 et 100 œufs dans les fentes ou fissures du bois.

c) *Hespérophanes* (*Hesperophanes cinereus* Vill.)

- Bois attaqués :
 - bois stockés ou en œuvre dont l'humidité est < 30 % ;
 - essences feuillues exclusivement attaquées dans la partie aubieuse si le bois est duraminé ; si l'essence possède un bois parfait non différencié, l'attaque est généralisée.
- Aspect des dégâts (cf. Fig. 3) :
 - trous de sortie ovales de 12 mm et galeries à section ovale, parallèles au fil du bois et à parois striées ;
 - vermoulure constituée de petits tonnelets de 0,8 x 0,5 mm de couleur jaune clair.



Fig. 3 : Aspect des dégâts d'*Hespérophanes* dans de l'aubier de chêne (CTBA).

- Morphologie de l'adulte :
 - longueur de 13 à 24 mm ;

- couleur brun rouge, aspect marbré dû à un duvet gris ;
- antennes longues, de la longueur du corps chez le mâle, un peu plus courtes chez la femelle.
- Morphologie de la larve :
 - longueur de 25 à 30 mm ;
 - couleur blanche ;
 - forme cylindrique, allongée ;
 - présence de 3 ocelles pigmentés.
- Cycle évolutif : dure 2 ans ou plus, les adultes apparaissent de mai à août.

d) Grosse Vrille ; *Xestobium rufovillosum* de Gerr

- Bois attaqués :
 - bois en œuvre ayant auparavant fait l'objet d'une attaque de champignon lignivore ;
 - essences résineuses et feuillues.
- Aspect des dégâts (cf. Fig. 4) :
 - trous de sortie circulaires de 2 à 4 mm et galeries circulaires, parallèles au fil du bois ;
 - vermoulure granuleuse, forme de lentille caractéristique.

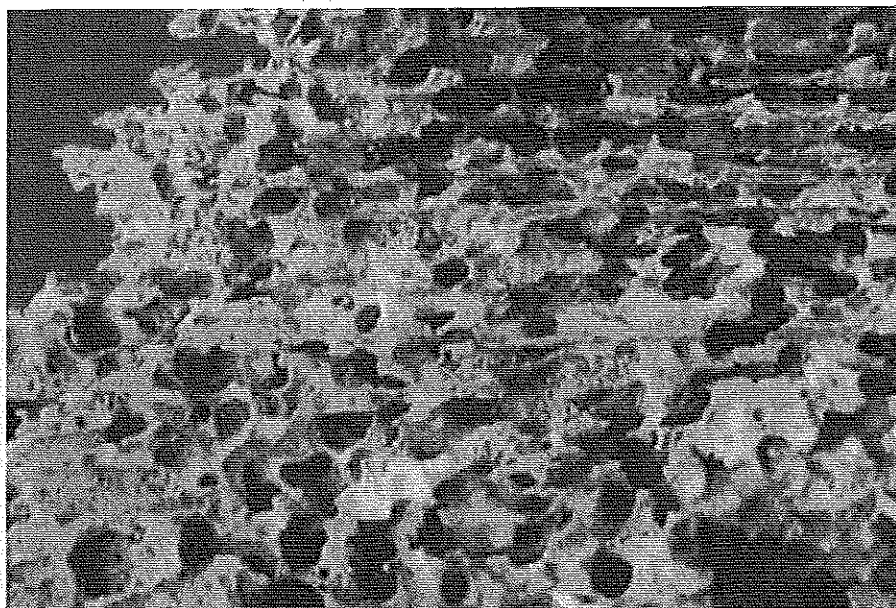


Fig. 4 : Aspect du bois dégradé par la Grosse Vrille (CTBA).

- Morphologie de l'adulte :
 - longueur de 5 à 7 mm ;
 - couleur brun foncé, aspect marbré dû à un duvet jaune ;
 - antennes courtes possédant une massue de 3 articles ;

- capuchon ou corselet qui recouvre la tête, à forme triangulaire ;
- élytres non striés.

- Morphologie de la larve :

- longueur de 6 à 11 mm ;
- couleur blanche ;
- forme arquée, pilosité abondante ;
- présence de spinules dorsales sur les segments abdominaux.

- Cycle évolutif : dure 1 à 10 ans en fonction du degré de l'attaque fongique. Les adultes apparaissent entre avril et mai, la femelle pond en moyenne 100 œufs dans les fentes ou les rugosités de la surface du bois.

e) *Petite vrillette* (*Anobium punctatum* de Gerr)

- Bois attaqués :

- bois en œuvre, meubles ou objets d'art, vieux livres ;
- essences résineuses et feuillues, seulement l'aubier si l'essence est duraminisée, en totalité si le bois parfait n'est pas duraminisé ou si le bois a au préalable fait l'objet d'une attaque d'un champignon lignivore. Les essences tropicales semblent résistantes.

- Aspect des dégâts (cf. Fig. 5) :

- trous de sortie circulaires de 1 à 3 mm et galeries circulaires, parallèles au fil du bois ;
- vermoulure finement granuleuse.

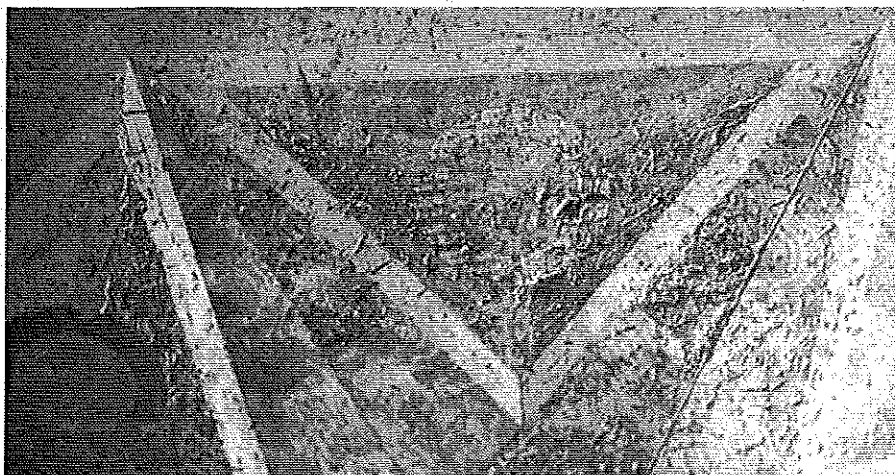


Fig. 5 : Parquet dégradé par la Petite Vrille (J.P. Dirol).

- Morphologie de l'adulte :

- longueur de 2,5 à 5 mm ;
- couleur : brun plus ou moins foncé ;
- antennes courtes possédant une massue de 3 articles ;
- capuchon ou corselet qui recouvre la tête ;
- élytres régulièrement striés.

- Morphologie de la larve :

- longueur de 5 à 7 mm ;
- couleur blanchâtre ;
- forme arquée.

- Cycle évolutif : dure de 1 à 4 ans selon les conditions climatiques, raccourci par une attaque fongique préalable. Les adultes apparaissent de mai à septembre, la femelle pond de 20 à 30 œufs dans les fentes ou les rugosités de la surface du bois.

f) *Lyctus* (*Lyctus brunneus* Steph.)

- Bois attaqués :

- bois mis en œuvre et meubles ;
- attaque les essences feuillues métropolitaines et tropicales riches en amidon, le bois est dégradé s'il n'est pas duraminisé.

- Aspect des dégâts (cf. Fig. 6) :

- trous de sortie circulaires de 1 à 2 mm et galeries de sections circulaires, parallèles au fil du bois ;
- vermoulure très fine, aspect de « fleur de farine ».

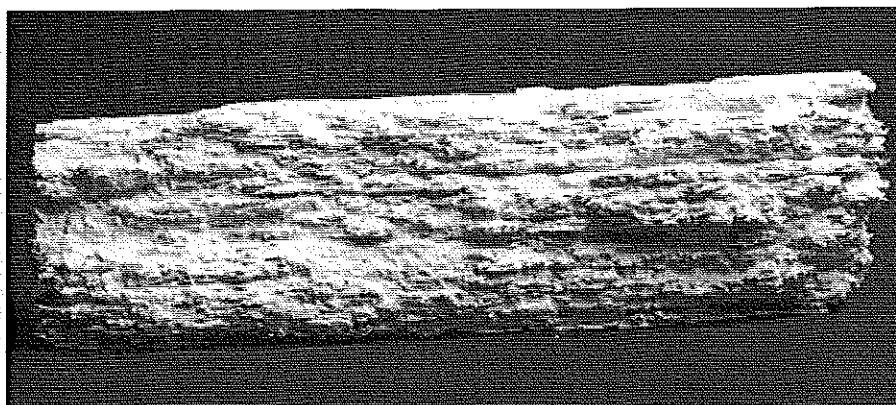


Fig. 6 : Aspect du bois dégradé par le *Lyctus* (CTBA).

- Morphologie de l'adulte :

- longueur de 2,5 à 6 mm ;
- couleur brun-roux ;
- antennes courtes ;
- élytres recouverts de poils irrégulièrement répartis

- Morphologie de la larve :

- longueur de 5 à 7 mm ;
- couleur blanchâtre, glabre ;
- forme arquée.

- Cycle évolutif : dure de 8 à 12 mois, les adultes apparaissent d'avril à septembre, la femelle pond ses œufs dans les vaisseaux du bois de l'aubier dont le diamètre est supérieur à 50 µm.

2. Les insectes Isoptères ou termites

Leur cycle évolutif est dit incomplet. Les larves ne se transforment pas en une nymphe immobile, la croissance est progressive à chaque stade. Les termites souterrains sont de très grands destructeurs du bois en œuvre, les termites de bois sec plus secondairement.

a) Les termites souterrains

Ils fondent leur colonie dans le sol et les ouvriers qui créent les dégâts se déplacent à l'abri de la lumière (ils sont lucifuges) en construisant des galeries-tunnels pour trouver leur nourriture constituée de cellulose issue de différents matériaux : bois, papiers, cartons et textiles.

Ce sont des insectes sociaux dont la colonie qui comporte des milliers d'individus est organisée en castes ; chaque caste a une morphologie particulière en rapport avec la fonction qu'elle assume.

La présence des insectes est en général décelable dans les niveaux inférieurs des constructions, l'opération est difficile car ils sont lucifuges. Venant du sol, ils sont repérés à la base des murs.

On distingue :

- les termites de Saintonge (*Reticulitermes santonensis* de Feytaud) ;
- les termites lucifuges (*Reticulitermes lucifugus* Rossi).

• Description des différentes castes (cf. Fig. 7) :

- ouvriers : individus les plus nombreux, de 4 à 6 mm de long, nourrissent les individus des autres castes, construisent et nettoient la colonie. Ils sont blancs, sans ailes, aveugles, stériles. Ils sont les seuls responsables des dégâts ;
- soldats : blancs à grosse tête marron, celle-ci porte de très fortes mandibules, longs d'environ 8 mm, sans ailes, aveugles et stériles ;
- reproducteurs primaires (roi et reine) : de couleur noire, longs de 8 à 10 mm possèdent 4 ailes identiques très longues. Ils sont sexués et ont des yeux ;
- reproducteurs secondaires : de couleur marron, sans ailes (ou de simples ébauches), sont sexués et possèdent des yeux non fonctionnels. Ils ont la même morphologie que les nymphes ou les ouvriers et sont capables de fonder une nouvelle colonie ;
- nymphes : individus destinés à devenir des reproducteurs primaires, de couleur blanche, elles possèdent des ébauches d'ailes, leur croissance est progressive ;
- confusion possible : avec les fourmis, chez lesquelles l'ouvrière présente un rétrécissement de la partie médiane du corps que ne possède pas le termite ouvrier.

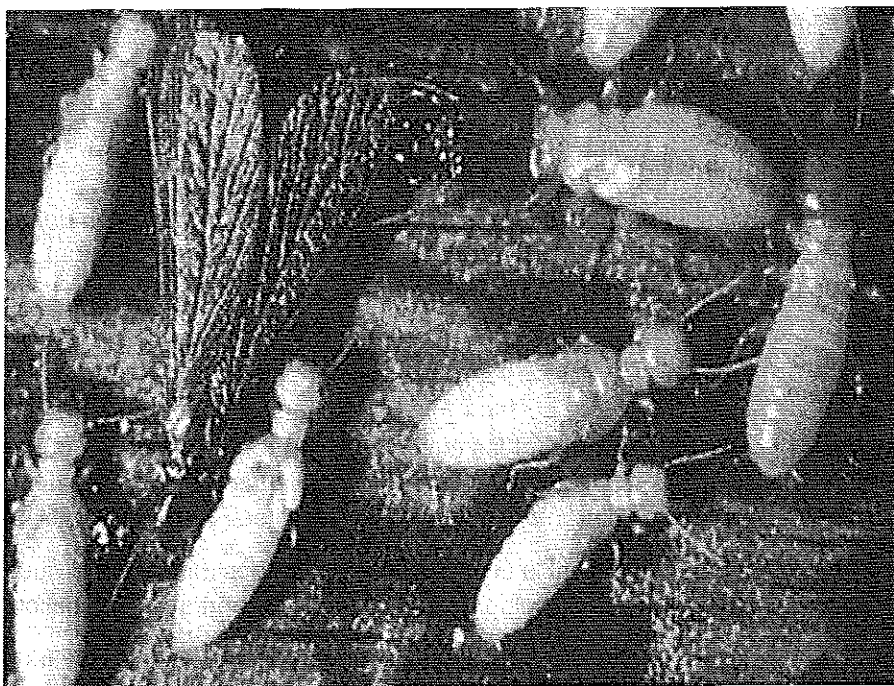


Fig. 7 : Les castes de termites souterrains : reproducteurs primaires, soldats, ouvriers (CTBA).

- Bois attaqués : toutes les essences forestières européennes sont susceptibles d'être attaquées ; les essences tropicales sont dégradées à des degrés divers ; seuls certains duramens très denses sont capables de résister : azobé, douka, doussié... (voir le classement de la durabilité naturelle des essences vis-à-vis des termites dans NF EN 350.2).

- Aspect des dégâts sur le bois (*cf.* Fig. 8) : bois creusé de galeries orientées dans le sens du fil du bois tout en respectant la surface. Les parois des galeries sont tapissées d'éléments terreux, sans aucune vermoulure. Elles donnent au bois un aspect feuilleté du fait que les ouvriers consomment en premier le bois initial, partie la plus tendre d'un cerne annuel. Pas de trous d'entrée ou de sortie.

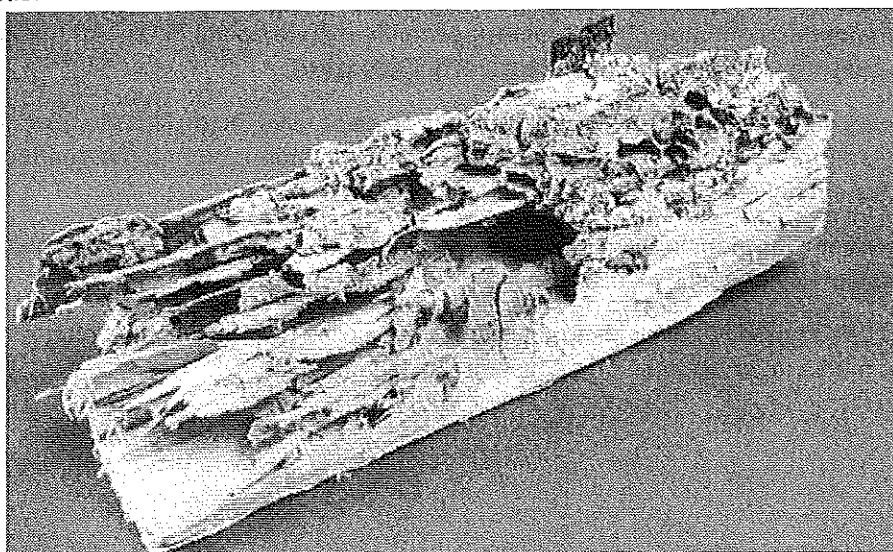


Fig. 8 : Aspect feuilleté du bois dégradé par les termites souterrains (CTBA).

- Manifestations sur les autres matériaux : peuvent dégrader tous matériaux à base de cellulose se trouvant sur leur trajet (meubles, livres, tissus) ainsi que les matériaux pas trop durs se trouvant sur le chemin de la source de nourriture convoitée : sur des plâtres, des isolants, peuvent apparaître des cavités tapissées de morceaux de matériaux divers. Ces cavités communiquent parfois avec l'extérieur par de petits trous noirs qui sont des orifices d'aération (2 mm de diamètre). La présence des ouvriers se manifeste par l'apparition des galeries-tunnels à la surface des murs : elles sont composées d'un mélange de salive, déjections, particules terreuses ou morceaux de matériaux divers trouvés sur place. Les insectes circulent dans les galeries à l'abri de l'air et de la lumière.

b) Les termites de bois sec

L'espèce la plus représentative est la termite à cou jaune : *Kaloterms flavicollis*

Ils installent leur colonie dans le bois et se nourrissent de la cellulose sur place. Trouvés dans le sud de la France mais surtout en zone tropicale et sud tropicale, ils se développent sur les végétaux, quelques cas ont été constatés sur des éléments de construction.

- Description des différentes castes :

- ouvriers : n'existent pas, ce sont les nymphes qui les remplacent ;

- nymphes : de couleur blanche ou crème, leur longueur varie de 4 à 6 mm ;

- larves : de même aspect que les nymphes, elles sont plus petites et translucides ;

- soldats : de couleur blanchâtre, d'une longueur de 8 mm, ils possèdent une tête proéminente marron armée de fortes mandibules ;

- reproducteurs ailés : se reconnaissent à leur thorax jaune (cou jaune), le reste du corps est jaune pâle à brun foncé. Longs de 8 à 10 mm, ils ont des ailes membraneuses identiques. Pas de confusion possible avec les fourmis.

- Bois attaqués : toutes essences, arbres et végétaux morts, quelques cas dans la construction.

- Aspect des dégâts : bois d'apparence feuilleté mais avec présence de vermoulure qui ressemble à des graines de 0,5 à 1 mm, avec des faces concaves. Pas de galeries-tunnels.

3. Les champignons lignivores agents de pourriture

Ils se développent toujours à la suite d'une humidification excessive du bois en général accidentelle (fuites d'eau, infiltrations...), en moyenne proche du point de saturation des fibres (30 % d'humidité), sous forme « d'eau liquide ». Ils assurent leur nutrition aux dépens des constituants de la matière ligneuse (cellulose, hémicellulose, lignine). Leur action destructrice entraîne une perte des caractéristiques mécaniques du bois voire leur annulation, la phase ultime étant la pourriture dont l'aspect varie avec le constituant du bois consommé par le champignon.

Ils se caractérisent par deux types de formations issues du cycle de développement :

- fructifications : organe de la reproduction qui émet des milliards de spores qui vont germer dans le bois humide et donner les filaments mycéliens végétatifs. Elles prennent différentes formes selon l'espèce ;

- éléments végétatifs : les filaments mycéliens s'agglomèrent et s'enchevêtrent à la surface des bois infestés pour former des éléments d'aspects différents selon les espèces et selon les conditions ambiantes (amas mycéliens, masse floconneuse blanche, cordonnets...).

Remarque :

Il est absolument nécessaire de connaître le taux d'humidité du bois attaqué, la mesure sera une aide lors du diagnostic ; pour ce faire, se munir d'un humidimètre.

a) Les agents de pourriture cubique

Dans tous les cas : bois cassant, de teinte anormalement brune, décomposé en cubes selon les 3 sens du bois, perte des propriétés mécaniques, la pointe d'un canif pénètre facilement. Attaque préférentielle des essences résineuses, secondairement les feuillus.

1/ Mérule : *Serpula lacrymans* (Schum ex. Fr.) SF Gray

Champignon inféodé aux boiseries des habitations, ne se développe jamais en plein air (« champignon des maisons »). Il nécessite des taux d'humidité peu élevés pour se développer (à partir de 22 % et optimum supérieur à 30 %) et ne résiste pas aux températures élevées supérieures à 26°C (optimum à 22°C). Son développement est favorisé par une atmosphère confinée et par l'obscurité.

• **Éléments végétatifs :** apparition à l'obscurité, sont de différents types :

- coussinets ou feutrages blancs cotonneux, plus ou moins épais, de dimensions variées qui apparaissent quand les conditions sont optimales ;
- palmettes ou formations grisâtres à jaunâtres, aplaties qui apparaissent en surface quand le bois est plus sec ;
- voiles mycéliens, grisâtres de surface ayant l'aspect d'une toile d'araignée : apparaissent quand les conditions sont défavorables ;
- cordonnets (rhizomorphes), spécifiques à la mérule. Véritable « tuyauterie » permettant le transport de l'eau à mesure où on s'éloigne du point d'infestation initial. De 5 à 8 mm de diamètre et longs de 6 à 10 mm, ils sont gris et souples à l'état jeune et deviennent cassants en vieillissant. Ils s'insinuent dans les murs, maçonneries, briques en les disjoignant.

• **Fructifications :** nécessité d'un minimum de lumière pour leur apparition. Sont produites quand le bois a atteint un stade de pourriture avancé. Plaques de dimensions variées, creusées d'alvéoles, de consistance charnue, remplies de milliards de spores brun-rouille ; la partie périphérique est blanchâtre, elles peuvent laisser exsuder des gouttelettes d'eau en surface (Mérule pleureuse). Elles épousent la forme du substrat sur lequel elles se développent (cf. Fig. 9).

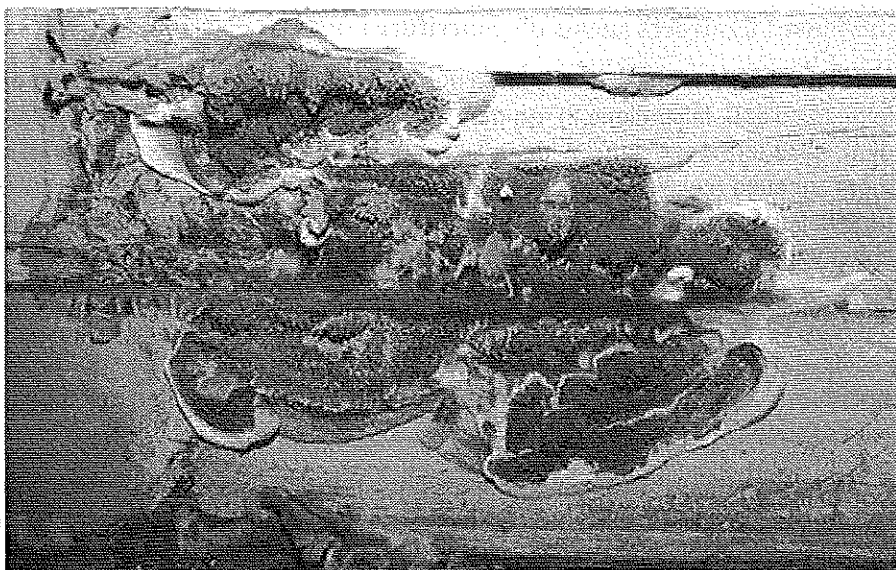


Fig. 9 : Fructification de Mérule (CTBA).

•Aspect du bois dégradé :

- bois découpé en cubes, de consistance pulvérulente quand il est sec, couleur brun sombre (cf. Fig. 10) ;
- déformation des pièces de bois atteintes : bombement, renflement, fissuration longitudinale.



Fig. 10 : Aspect du bois dégradé par la mérule : pourriture cubique (CTBA).

2/ Coniophore : *Coniophora puteana* (Schum ex Fr.) Karst

Champignon se développant à l'obscurité, en général dans les caves, nécessite des taux d'humidité élevés persistants pour se développer (entre 40 et 60 %). Sa température optimale de croissance est environ 24°C. Attaque plus localisée que celle due à la Mérule.

• Éléments végétatifs :

- réduits à un mycélium blanc cotonneux lorsque l'humidité est élevée, devenant moins dense et plus clairsemé sur du bois plus sec, se résorbe à un stade ultime de l'attaque ;
- cordonnets très fins, bruns puis noirâtres ; ils ne sont pas fonctionnels comme chez la Mérule.

• Fructifications :

- rarement observées dans les bâtiments ;
- plaques jaunes à l'état jeune devenant brun-tabac en vieillissant, de 1 à 2 mm d'épaisseur, membraneuses, bosselées, creusées d'alvéoles remplies de spores brunes. La marge de 5 à 15 mm est de couleur blanchâtre.

• Aspect du bois dégradé : bois découpé en cubes ; les fentes longitudinales sont plus profondes que les fentes transversales. Le bois infesté est clair au début de l'attaque et devient noir ensuite.

3/ Lenzite des poutres *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.) Karst

Dégrade tous les résineux mis en œuvre à l'extérieur (aubier et duramen inclus), résiste bien aux alternances de sécheresse (bois à 15 %) et d'humidité (bois à 50 %), résiste à la chaleur (température optimale de 32°C à 34°C).

Dégrade particulièrement le lamellé-collé extérieur n'ayant pas subi de traitement de préservation préventif.

• Éléments végétatifs : réduits à un mycélium peu abondant superficiel, jaune ou brunâtre, parfois réparti en petites masses floconneuses.

- Fructifications : de couleur jaune-orange à l'état frais, ont la forme de petites consoles à face supérieure rousse duveteuse et dont la face inférieure présente des lames jaunes soit jointives ou en forme de tubes réguliers (cf. Fig. 11). Spores blanches.

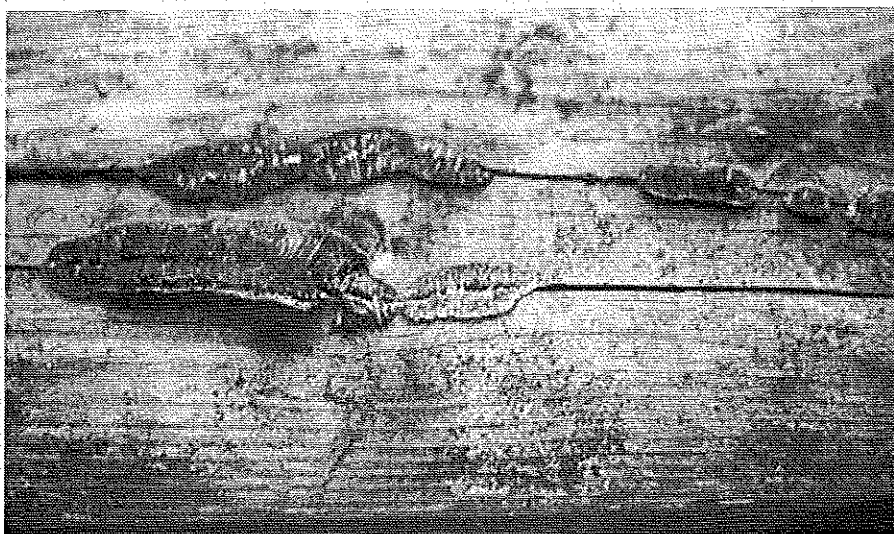


Fig. 11 : Fructifications du Lenzite des poutres (CTBA).

- Aspect du bois dégradé : bois découpé en cubes et clivage selon les cernes annuels. Dégradation en profondeur alors que les couches externes sont encore intactes.

b) Les agents de pourriture fibreuse

Dans tous les cas, bois de teinte blanche, ramolli et de consistance fibreuse, la pointe d'un canif pénètre facilement.

Attaque préférentielle des essences feuillues, très rarement les résineux.

D'une manière générale, nécessitent des taux d'humidité bien plus élevés que ceux contribuant à l'apparition des agents de pourriture cubique ; en général > 40 %. La température moyenne optimale se situe vers 28°C.

1/ Polypore des caves : *Donkioporia expansa* Desm.

Se développe à l'intérieur des bâtiments, dans les pans de bois en chêne, par exemple, où il est souvent associé à des attaques de grosses vrillettes ; la présence de cet insecte indique toujours une attaque fongique préalable. Son développement est assez lent et la décomposition du bois intervient longtemps après le début de l'attaque.

Nécessite des taux d'humidité élevés (35 à 50 %), la température optimale se situe vers 28°C.

- Éléments végétatifs : mycélium compact, blanchâtre, sous forme de coussinets épais qui devient rapidement jaunâtre puis brun foncé à rouille. En vieillissant, ces formations deviennent coriaces et dures et laissent exsuder des gouttelettes brunâtres.
- Fructifications : de petite taille, apparaissent sur les formations végétatives en formant des mamelons irréguliers de couleur brun-ocre, constitués de longs tubes fins en couches stratifiées.
- Aspect du bois dégradé : bois de couleur blanche, décomposé en fibrilles (fig. 12) se détachant facilement à l'ongle, il est ramolli et très léger.



Fig. 12 : Aspect du bois décomposé par un champignon de pourriture fibreuse (D. Dirol).

c) Les agents de pourriture molle

Apparaissent dans des cas d'humidifications importantes du bois, exposé en permanence aux intempéries ou en contact avec le sol.

Attaque préférentielle des essences feuillues mais atteint également les résineux.

1/ *Chaetomium globosum* Kunz.

Bois très ramolli de couleur gris foncé à noir quand il est humide, se développe dans les couches superficielles du bois très humide (humidité > 60 %).

Pas de formations visibles particulières à l'exception d'un mycélium ras, velouté grisâtre de surface.

Découpage du bois en petits cubes réguliers, peu profonds après dessiccation (cf. Fig. 13).

Perte des propriétés mécaniques et pénétration facile d'une lame de canif.

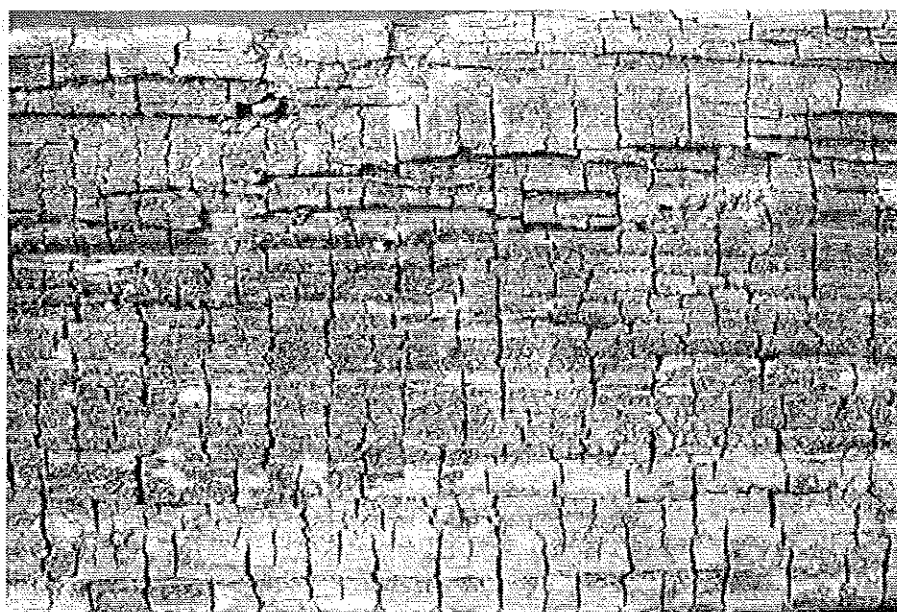


Fig. 13 : Découpage régulier du bois attaqué par un agent de pourriture molle (CTBA).

ORGANISMES CRÉANT DES DÉSORDRES ESTHÉTIQUES : DISCOLORATION

Désordres uniquement esthétiques (pas de perte des caractéristiques mécaniques) car ces champignons ne dégradent pas les constituants de la matière ligneuse mais seulement les substances de réserve contenues en particulier dans les cellules de l'aubier (amidon par exemple).

1. Discolorations de surface : moisissures

Formations duveteuses superficielles pouvant prendre différentes teintes : blanches, vertes, roses, noires. Ne sont pas uniquement inféodées au bois mais se développent en même temps sur d'autres matériaux (plâtre, papiers peints) en atmosphère humide.

2. Discolorations en profondeur : bleuissement

Apparaissent sur le bois fraîchement abattu (grumes ou sciages) ou bien mis en œuvre insuffisamment secs ou réhumidifiés.

La discoloration ou teinte anormale donnée au bois est due à la présence des filaments de champignon dans les cellules du bois ; elle est donc définitive.

a) Aspect du bois dégradé

Coloration du bois bleuâtre à grisâtre plus ou moins foncée, se développant en surface et en profondeur, à partir des sections transversales sous forme de flammes suivant les rayons du bois.

b) Éléments du champignon

Le mycélium (filaments) se développe à l'intérieur des cellules du bois humide, il est rarement visible en surface. Des petites fructifications noires sous forme de têtes d'épingles peuvent apparaître en surface et même faire cloquer le revêtement du bois en œuvre.

c) Bois attaqués

Tous les aubiers des essences résineuses à bois parfait différencié comme le pin (cf. Fig.14) ainsi que la totalité des essences à bois parfait non différencié (sapin). Certains feuillus clairs sont attaquables ; hêtre et peuplier parmi les essences tempérées, et limba et samba parmi les essences tropicales.

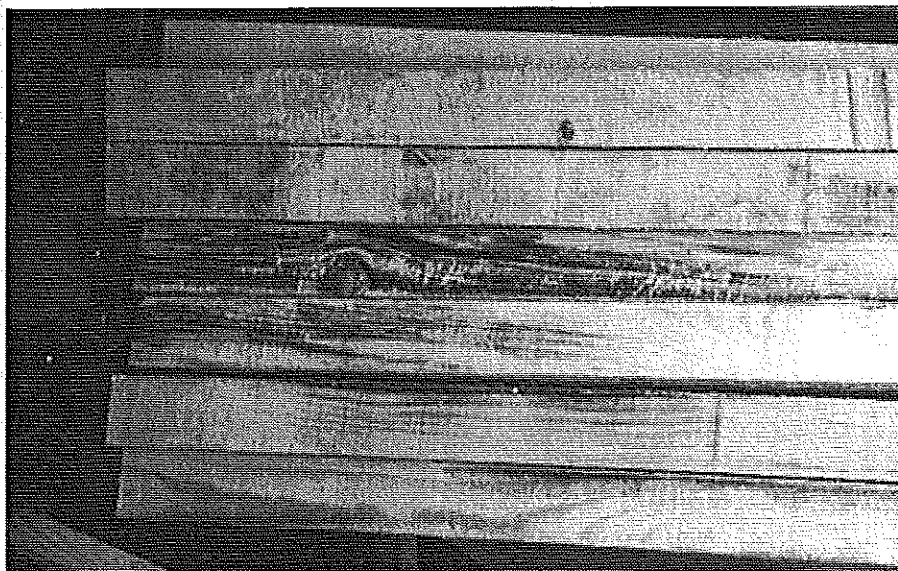


Fig. 14 : Bleuissement sur des sciages d'aubier de pin sylvestre (D. Dirol).

Bibliographie

Benoit Y., Dirol D., « Guide et coffret de reconnaissance des bois de France, 16 essences, les observer, les identifier, les utiliser », Éditions Eyrolles et Centre technique du bois et de l'ameublement, 1999

CTBA : Département Biotec. « Insectes et champignons du bois », Éditions du Centre Technique du bois et de l'ameublement, 1996.

Dirol D., « Dégradation du bois par les champignons. Traitements préventifs et curatifs », dans *Durabilité des bois* par Dirol D. et Déglise X., Éditions Hermes, Paris, janvier 2001.

NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Durabilité naturelle du bois massif
Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois – Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

Pruvost A.M., « Dégradation du bois par les insectes xylophages. Traitements préventifs et curatifs », dans *Durabilité du bois* par Dirol D. et Déglise X., Editions Hermes, Paris, janvier 2001.

Pruvost A.M., « Dégradation du bois par les termites. Moyens de lutte », dans *Durabilité du bois* par Dirol D. et Déglise X., Éditions Hermes, Paris, janvier 2001.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Le 15 mars 2011, le ministre de la Santé a annoncé que le gouvernement du Canada avait financé la recherche sur la maladie à virus Ebola (MVE) à l'Université de Moncton.

Le 15 mars 2011, le ministre de la Santé a annoncé que le gouvernement du Canada avait financé la recherche sur la maladie à virus Ebola (MVE) à l'Université de Moncton.

Le 15 mars 2011, le ministre de la Santé a annoncé que le gouvernement du Canada avait financé la recherche sur la maladie à virus Ebola (MVE) à l'Université de Moncton.

Le 15 mars 2011, le ministre de la Santé a annoncé que le gouvernement du Canada avait financé la recherche sur la maladie à virus Ebola (MVE) à l'Université de Moncton.

Le 15 mars 2011, le ministre de la Santé a annoncé que le gouvernement du Canada avait financé la recherche sur la maladie à virus Ebola (MVE) à l'Université de Moncton.

Le 15 mars 2011, le ministre de la Santé a annoncé que le gouvernement du Canada avait financé la recherche sur la maladie à virus Ebola (MVE) à l'Université de Moncton.



BOIS (EMPLOI DU)

Durabilité naturelle des essences de bois

DÉFINITION ET NORMALISATION

Selon la norme française NF X 40-002 (1983) : « C'est la durabilité que présente un bois dans des conditions données, en absence de tout traitement de préservation. Cette propriété rend compte de la résistance naturelle du bois aux attaques biologiques ».

Selon la norme européenne NF EN 350.1 (1994) : « Résistance intrinsèque du bois aux attaques d'organismes destructeurs ».

D'une manière générale, le concept de durabilité naturelle est une propriété spécifique qui varie largement selon les espèces de bois. Chaque essence a sa propre durabilité naturelle. Ainsi, elle peut être faible mais suffire dans des conditions d'exposition peu sévères (voir fiche de synthèse Emploi du bois, Classes de risque biologique). Ce n'est pas une qualification intrinsèque absolue valable dans toutes les conditions d'emploi du bois et pour un temps illimité. La notion de durabilité naturelle ne doit jamais être dissociée de l'emploi du bois, donc des classes de risque biologique (NF EN 335).

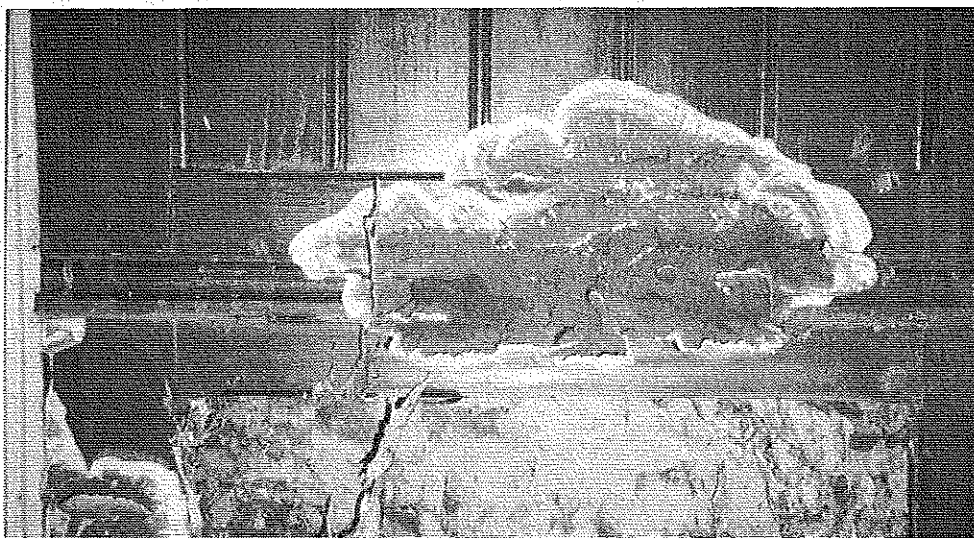
ORGANISMES DESTRUCTEURS AFFECTANT LA DURABILITÉ NATURELLE DU BOIS

À chaque situation d'emploi des bois ou classe de risque, des agents biologiques sont susceptibles de se développer, et si le bois n'est pas naturellement résistant, il peut être détruit.

Les agents biologiques pouvant causer des désordres structurels dans la construction appartiennent à des groupes divers du monde vivant.

Champignons lignivores

Ces organismes dépourvus de chlorophylle assurent leur nutrition par digestion enzymatique des constituants du bois (lignine, cellulose, hémicellulose). Leur action destructrice aboutit à un affaiblissement important des propriétés mécaniques du matériau et même à leur annulation ; la phase ultime de destruction étant « la pourriture » du bois. Leur développement est tributaire d'un taux d'humidité du bois en général supérieur à 30 %. Selon le constituant du bois mis à profit, la forme de la pourriture est différente.



Champignon lignivore. La méréule. © D. Dirol

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Agents de pourriture cubique

Le bois attaqué est anormalement foncé et découpé en cubes selon les trois sens d'orientation du bois. Ces champignons dégradent en priorité les essences résineuses. La mûre, ou champignon des maisons, est le plus répandu en Europe, et sa biologie le rend particulièrement dangereux.

Agents de pourriture fibreuse

Ils provoquent un ramollissement considérable du bois qui devient blanchâtre et se décompose en fibrilles. Les essences feuillues sont principalement dégradées.

Agents de pourriture molle

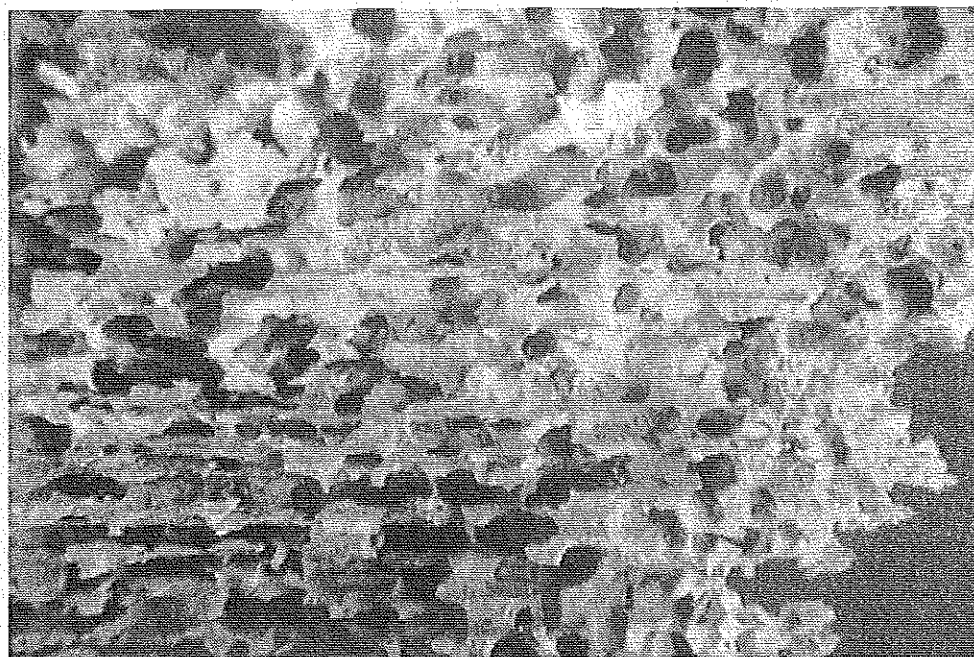
Le bois attaqué est noir, très ramolli et décomposé en petits cubes réguliers visibles en surface du bois après son séchage. Ils nécessitent une humidification du bois très élevée pour se développer et sévissent tout particulièrement sur les bois feuillus au contact du sol.

Les champignons lignivores sont présents en permanence dans l'atmosphère sous la forme de leurs éléments reproducteurs : les spores. Quand les conditions favorables sont réunies (humidité, température, oxygène), les spores germent et les filaments qui en sont issus pénètrent dans le bois où la dégradation enzymatique a lieu.

Insectes Coléoptères à larves xylophages

Ce sont les larves de ces insectes qui ingèrent le bois pour s'en nourrir. Elles creusent des galeries et à la fin du cycle larvaire, elles en sortent pour donner l'insecte adulte qui vit quelques semaines sans se nourrir pour se reproduire. Les larves se développent de préférence dans l'aubier mais aussi dans le bois parfait non duraminisé dont le taux d'humidité est inférieur à 20 %. Citons le Capricorne des maisons qui dégrade exclusivement les résineux ; l'Hespérophanes qui attaque les feuillus ; les petites et les grosses Vrilles qui sévissent à la fois chez les résineux et les feuillus et les Lyctus qui dégradent les bois feuillus riches en amidon.

S'ils dégradent le bois en profondeur, l'infestation se fait par la surface du bois (pontes des adultes).



Insectes Coléoptères. Dégradations du bois par la grosse Vrille. © CTBA

Autres insectes moins destructeurs

Il peut s'agir des insectes de bois frais, piqûres noires ou Sirex qui terminent leur développement larvaire dans le bois en œuvre. Les adultes formés sont incapables d'y pondre.

Citons également les insectes nidificateurs comme l'abeille charpentière. Ils creusent des galeries pour y déposer leur ponte dans du bois tendre, en général dégradé au préalable par un champignon lignivore.

Termites

Appartenant à l'ordre des Isoptères, ces insectes sociaux vivent en colonie organisée en castes dont les individus sont bien différenciés : les ouvriers qui construisent l'habitat et nourrissent tous les membres de la colonie, les soldats qui la défendent et les individus sexués qui assurent la reproduction. Seuls les ouvriers sont responsables des dégâts.

Les termites souterrains sont les plus fréquents en Europe méridionale et en particulier en France, dans le Sud-Ouest, et le pourtour méditerranéen où ils créent des désordres importants. Les termites de bois sec sont moins rencontrés en France. Ils sont surtout présents dans les régions tropicales.

Peu d'essences de bois sont capables de résister aux termites à l'exception de quelques essences tropicales. Le bois est dégradé dans tout son volume. L'attaque est difficile à déceler car ces insectes sont lucifuges et n'apparaissent pas à l'extérieur.

Térébrants marins

Ce sont des Mollusques (tarets) et des Crustacés (limnoria) qui dégradent les bois immergés dans l'eau salée, créant des ravages considérables sur les bateaux en bois et les installations portuaires. Ils attaquent tout le volume du bois en y créant de grosses galeries. Peu d'essences sont capables de résister, à l'exception de quelques essences tropicales riches en silice.

VARIABILITÉ DE LA DURABILITÉ NATURELLE DUE À L'ÉTAT BIOLOGIQUE DU BOIS

Dans les régions à climat tempéré, la zone génératrice de bois située sous l'écorce et appelée « cambium » fabrique la matière ligneuse de manière cyclique. Chaque année, entre le début du printemps et l'automne, un cerne annuel est constitué, formé de cellules de bois initial ou bois de printemps et de cellules de bois final ou bois d'été. Les cernes les plus récents entraînent les plus anciens vers le centre de l'arbre ; la différenciation est centripète.

Les cernes les plus récents situés immédiatement sous le cambium forment un tissu appelé « aubier ». Dans le temps, les cernes annuels plus anciens subissent une transformation physique et chimique. Les anciens cernes de l'aubier deviennent ainsi le « bois parfait ». Chez certaines essences, le bois parfait ne se distingue pas de l'aubier, les caractéristiques sont les mêmes et les deux tissus sont indifférenciés. En revanche, certaines essences présentent un bois parfait bien distinct de couleur bien plus foncée. Le bois parfait est dit duraminisé, c'est le « duramen ».

Caractéristiques des aubiers

L'aubier a une épaisseur variable en fonction de l'essence. C'est un tissu peu dense, de couleur pâle, perméable et physiologiquement actif car il contient des substances de réserve comme l'amidon qui le rend sensible aux attaques biologiques.

D'une manière générale, tous les aubiers, même ceux des essences qui possèdent un duramen très durable, sont périssables. En revanche, leur perméabilité est un facteur positif lors de l'application d'un traitement de préservation. L'imprégnabilité compense la faible durabilité.



Essence à aubier et bois parfait duraminisé (mélèze). © CTBA

Partant du principe que tous les aubiers sont périssables, la notion de durabilité naturelle s'applique aux bois parfaits duraminisés ou non.

Caractéristiques des bois parfaits non différenciés (non duraminisés)

Le bois parfait non différencié possède en général les mêmes caractéristiques que l'aubier ; sa durabilité, bien que variable est assez faible. Ainsi, le Capricorne des maisons dégrade l'épicéa dans sa totalité alors qu'il limite son action destructrice à l'aubier chez le pin, laissant intact le duramen différencié de cette essence.

Essences à bois parfait non différencié

- Résineux : sapin, épicéa, hemlock.
- Feuillus tempérés : hêtre, peuplier, bouleau, tilleul, érable, aulne, charme.
- Feuillus tropicaux : ilomba, samba, ako, fromager, pau amarello, ramin, koto, avodiré.

Caractéristiques des bois parfaits différenciés (duramen)

Le bois parfait duraminisé est un bois transformé physiquement : obturation de certains éléments cellulaires comme les vaisseaux chez les feuillus, incrustation des parois des cellules, fermeture des ponctuations qui avaient un rôle de filtre dans l'aubier.

Le duramen acquiert aussi des substances chimiques toxiques pour les agents biologiques. Les bois parfaits non différenciés n'en contiennent d'ailleurs pas. Leur extraction de duramens d'essences réputées durables entraîne une diminution considérable de la résistance de ces essences aux agents biologiques. La présence de ces substances est le facteur principal conférant au duramen sa durabilité. Celle-ci est variable en fonction de la quantité de matières toxiques et de leur nature. Pour cette raison, même si la durabilité des duramens est largement supérieure à celle des bois parfaits non différenciés, il existe des variations importantes entre essences à duramen vrai. Ainsi, par exemple, le duramen de red cedar est beaucoup plus résistant que celui de mélèze.

Ces biocides naturels sont de différentes natures :

- polyphénols : pinosylvine du pin, quercétine du chêne, taxifoline du Douglas ;
- terpénoïdes : pinène du pin, quinone du teck ;
- tropolones : thuyaplicine du red cedar ;
- tannins :
 - hydrolysables (gallotannins et ellagitannins) trouvés chez les feuillus : chêne, châtaignier, eucalyptus ;
 - condensés : chez feuillus (merisier) et résineux (séquoia).

D'autres facteurs comme la densité, la capacité d'absorption de l'eau, l'âge de l'arbre, les conditions et les sites de croissance peuvent intervenir dans la durabilité du duramen mais ils sont très secondaires par rapport aux contenus toxiques.

Essences à duramen différencié

- Résineux : pin(s), Douglas, red cedar, mélèze.
- Feuillus tempérés : chêne, châtaignier, robinier, orme, noyer.
- Feuillus tropicaux : padouk, okoumé, sapelli, niangon, moabi, aiélé, sipo, bossé, azobé, iroko, méranti(s).

VARIATIONS DE LA DURABILITÉ NATURELLE SELON LES AGENTS BIOLOGIQUES

Il est impossible de définir une durabilité globale d'une essence vis-à-vis de tous les organismes destructeurs du bois ; c'est une notion purement relative. Rares sont les essences résistantes à tous les agents biologiques. D'une manière générale, il y a beaucoup plus d'essences résistantes aux coléoptères et aux champignons lignivores qu'aux termites et aux tarets.

Exemples

- L'épicéa : est dégradé dans tout son volume par le Capricorne, les Termites souterrains, les Vrillettes, les champignons lignivores, en particulier les agents de pourriture cubique. Il résiste aux Lyctus.
- Le pin sylvestre : son aubier est dégradé par le Capricorne et par la petite Vrilette mais pas par le duramen. Il est totalement dégradé par les Termites. Les champignons dégradent le duramen moins intensément que l'aubier. Il résiste aux Lyctus.
- Le hêtre n'est pas dégradé par le Capricorne et le Lyctus. Il est attaqué par les Vrillettes, les Termites et les champignons lignivores, principalement les agents de pourriture fibreuse.
- Le limba présente les mêmes caractéristiques de durabilité face aux agents biologiques que le hêtre mais il est attaqué aussi par les Lyctus.

VARIATIONS DE LA DURABILITÉ NATURELLE AVEC L'EMPLOI DU BOIS

La durabilité naturelle est une notion que l'on ne peut séparer de l'emploi du bois. Elle est liée aux risques d'exposition du bois dans une situation donnée. Ces risques sont définis par la norme NF EN 335 : Définition des classes de risque biologique.

Risque Insectes à larves xylophages

Il est assez facile à appréhender car l'on sait que tous les aubiers et tous les bois parfaits non différenciés sont attaquables. Tous les duramens sont résistants, à moins qu'ils n'aient fait l'objet au

préalable d'une attaque par un champignon lignivore (petite et grosse Vrille). La notion de résistance est facile à utiliser car l'attaque est indépendante de la mise en œuvre du bois. L'essence est attaquable ou ne l'est pas.

Risque d'attaque fongique

Il existe une gradation dans la résistance aux champignons lignivores. La sévérité de la situation est fonction de l'importance de l'humidification. Un bois exposé au contact du sol ou un assemblage faisant « piège à eau » (situation de classe 4) est bien plus susceptible d'attaque qu'une menuiserie sous abri (situation de classe 3, voire 2). L'emploi de duramen très résistant est alors impératif. En revanche, dans une situation où le bois est sec et ventilé (classe 1 ou 2), une essence peu durable en classe 4 peut alors être utilisée.

La mise en œuvre du matériau a aussi une influence sur la durabilité propre de l'essence : pièce de bois abritée ou partiellement abritée, exposée aux intempéries, ventilée ou en atmosphère confinée. L'orientation dans l'ouvrage est également importante : la stagnation de l'eau importante sur une pièce horizontale est quasiment nulle verticalement.

Les conditions climatiques d'exposition sont à prendre en compte. Elles nécessitent parfois d'envisager des risques supérieurs et donc des essences plus durables (climats tropicaux).

ÉVALUATION DE LA DURABILITÉ NATURELLE

Résultats de l'expérience et NF EN 350.1 (1994)

Une connaissance empirique de la durabilité naturelle de certaines essences résultant de l'expérience a permis à travers les siècles d'utiliser sans problème le bois en construction. La préférence allait aux bois feuillus toujours purgés d'aubier. Bien avant 1970, on savait évaluer la durée de vie du duramen de certaines essences dans des situations plus ou moins sévères. Ainsi, l'on sait depuis toujours que le bois de robinier (faux acacia) est le plus durable des feuillus tempérés et qu'il peut rester intact plus de 20 ans au contact du sol. Pour le chêne et le châtaignier, on estimait à 12 ans la résistance au contact du sol et à plus de 20 ans hors contact du sol exposé aux intempéries.

En 1986, la normalisation européenne du Comité technique 38 ayant mis au programme l'élaboration d'une norme sur la durabilité naturelle, le problème de l'évaluation de ce concept a été mis au point et figure actuellement dans la première partie de la norme NF EN 350 parue en 1994 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois.

Les essais qui permettent d'évaluer la durabilité naturelle consistent soit à exposer le bois selon la technique « d'essais de champ » au contact du sol ou aux intempéries hors contact du sol, soit à le mettre directement en présence des organismes biologiques en laboratoire. La première technique a l'avantage de mettre le bois dans des situations réelles d'utilisation. Toutefois, les résultats nécessitent un temps d'exposition d'au minimum 5 ans ; la réponse n'est donc pas immédiate. En revanche, les essais de laboratoire permettent une évaluation correcte après 6 mois seulement.

Classes de durabilité et NF EN 350. 2 (1994)

À partir des résultats des différents essais normalisés prescrits dans la norme NF EN 350.1, un principe de classification des essences vis-à-vis de chacun des organismes biologiques a pu être établi par la norme NF EN 350.2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe.

Il a ainsi été établi 2 classes de durabilité naturelle vis-à-vis des insectes à larves xylophages : capricorne des maisons, vrillette, Lyctus et hespérophanes. La durabilité vis-à-vis du capricorne concerne l'aubier et le bois parfait non duraminisé des résineux.

D : durable.

S : sensible.

Cette durabilité est absolue : « tout ou rien ».

Pour les termites souterrains et les térébrants marins, la classification est à 3 niveaux et ne concerne que le bois parfait :

D : durable.

M : moyennement durable.

S : sensible.

En ce qui concerne la classification de la durabilité naturelle vis-à-vis des champignons lignivores, elle se fait à 5 niveaux et ne concerne que le bois parfait. Elle est le résultat d'essais effectués au contact du sol (risque maximum de la classe 4) :

1 : Très durable

2 : Durable

3 : Moyennement durable

4 : Faiblement durable

5 : Non durable

Partant de ce principe de classification, la norme NF EN 350.2 donne le classement de la durabilité naturelle de 130 essences de bois résineux et feuillus tempérés et tropicaux vis-à-vis des différents agents biologiques cités précédemment. Elle indique également :

– le nom scientifique de l'essence ;

– le nom courant en français, anglais, allemand ;

– l'origine ;

– une fourchette de densités et la densité moyenne ;

– l'imprégnabilité de l'aubier et du bois parfait ;

– la proportion d'aubier.

Exemple extrait du tableau des résineux de NF EN 350.2

Pinus maritima Lam. : Pin maritime, Maritime pine, Seestrand - Kiefer.

Origine : Europe du Sud et du Sud-Ouest.

Fourchette de masse volumique à 12 % (m/m) d'humidité en kg/m³ : 530 - 540 - 550.

Durabilité naturelle :

– **Champignon : 3 à 4 ;**

– **Capricorne : S (aubier) ;**

– **Vrillette : S ;**

– **Termites : S.**

Imprégnabilité : aubier imprégnable ; duramen non imprégnable.

Aubier large.

Exemple extrait du tableau des feuillus de NF EN 350.2

Castanea sativa Mill : Châtaignier, Sweet Chestnut, Edelkastanie.

Origine : Europe.

Fourchette de masse volumique à 12 % (m/m) d'humidité en kg/m³ : 540 - 590 - 650.

Durabilité naturelle :

– Champignon : 2 ;

– Vrille : S ;

– Termites : M.

Pas d'attaque de capricorne (ne dégrade que les résineux), possible attaque de l'aubier par hétérophages.

Imprégnabilité : duramen non imprégnable, aubier moyennement imprégnable.

Faible largeur de l'aubier.

Peu d'essences étant résistantes aux térébrants marins, la norme donne une liste non exhaustive d'essences jugées durables ou moyennement durables.

DURABILITÉ NATURELLE ET CLASSES DE RISQUE BIOLOGIQUE

La mise en œuvre d'une essence de bois dans un ouvrage nécessite de connaître sa durabilité naturelle en relation avec l'exposition, c'est-à-dire faire le parallèle entre la classe de risque et les classes de durabilité vis-à-vis des différents organismes biologiques. Dans le domaine des attaques fongiques, ce parallèle entre les classes de risque et les classes de durabilité a été effectué de manière partielle dans la norme NF EN 460. La relation a pu être facilement établie pour des situations extrêmes de classe 1 ou 4 mais est très imprécise pour les classes 2 et surtout 3. Par ailleurs, aucune norme ne donne de durées de service.

La situation est simple pour des expositions de classe de risque 1 et même 2, où le risque majeur est celui d'apparition d'insectes à larves xylophages. Il convient de choisir alors une essence à duramen distinct purgée d'aubier.

Les difficultés sont surtout rencontrées dans des expositions de classe 3 où interviennent de nombreux facteurs liés à la mise en œuvre pouvant entraîner une humidification plus ou moins importante du bois. Selon la conception du bâtiment et la mise en œuvre dans l'ouvrage, on se trouvera dans une situation de classe 3 faible proche de la classe 2. À l'opposé, si le bois est exposé en permanence aux intempéries, c'est une classe 3 forte proche des conditions de la classe 4.

Le bois étant un matériau naturel dégradé par différents agents biologiques et selon les conditions d'exposition, il est impossible d'établir une sorte de « mode d'emploi » précis qui serait évidemment l'idéal pour l'utilisateur. Cependant, les données de l'expérience et les éléments apportés par les normes NF EN 350.1 et 2 ainsi que NF EN 460 permettent d'envisager des durées de service d'essences par classe de risque en fonction de leur durabilité naturelle. Elles sont données pour 32 essences dans le tableau « Durée de service des essences par classe de risque » de la fiche de synthèse « Emploi du bois - Classes de risque biologique ». À titre d'exemple, il est indiqué que le sapin, l'épicéa, le hêtre, le sambouk ou l'ilomba ne peuvent être utilisés dans aucune classe

de risque sans traitement de préservation. Le mélèze peut durer un temps illimité en classe 1 ou 2, de 20 à 25 ans en classe 3, mais un traitement est obligatoire pour une exposition en classe 4. L'okoumé peut être exposé pendant un temps illimité en classe 1 ou 2 sans qu'il soit dégradé. En revanche, il devra subir un traitement pour résister dans des situations de classe 3 ou 4.

NORMES EUROPÉENNES

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992. Partie 2 : Application au bois massif, 1992. Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.
 - NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994. Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.
 - NF EN 460 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Guide d'exigences de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque, 1994.
- Ces normes sont disponibles à l'AFNOR, (Tour Europe, Cedex 7, 92049 Paris-La Défense).

Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données relatives à la durée de vie des essences de bois sont présentées dans le tableau ci-dessous.



BOIS (EMPLOI DU)

Traitements de préservation du bois, durabilité conférée

Actuellement en Europe, la préservation du bois est régie par des normes de critères élaborées entre 1992 et 1996 par le Comité européen de normalisation 38 (CEN/TC/38). La plus importante est la norme NF EN 335 qui définit les classes de risque biologique (voir fiche de synthèse Emploi du bois, Classes de risque) d'où sont issues les notions de durabilité naturelle (voir fiche de synthèse Emploi du bois, Durabilité naturelle) des essences dans une situation donnée et de durabilité conférée par un traitement approprié à l'essence de bois et au risque encouru.

CHOIX D'UNE ESSENCE DE BOIS ET PERFORMANCE DU MATÉRIAU

Les 5 classes de risque décrites dans la norme NF EN 335 correspondent pour chacune d'elles à des emplois du bois identiques ou comparables pour lesquels les risques biologiques sont les mêmes et peuvent être couverts par les mêmes solutions.

Les solutions qui sont donc préventives nécessitent, lors de la conception, un choix raisonné du bois à mettre en œuvre dans la classe de risque que l'on aura déterminée en tout premier lieu. Une méthodologie de décision (arbre de décision de la norme NF EN 335-2) menée correctement permettra de sélectionner la performance souhaitée pour l'utilisation finale prévue.

Lors de la conception, la classe de risque ayant été déterminée, deux alternatives se présentent dans le choix de l'essence : soit elle est jugée durable pour la performance requise dans la classe définie (pas de traitement de préservation à envisager), soit elle est jugée insuffisamment durable dans la classe, et un traitement est nécessaire. Dans cette seconde alternative, le traitement de préservation va mettre en jeu un produit et un procédé de traitement. Il doit apporter à l'essence de bois une durabilité conférée équivalente à la durabilité d'une essence naturellement durable. Le rôle de l'essence reste encore primordial car il arrive que la performance du traitement escomptée ne soit pas atteinte à cause des difficultés d'imprégnation de l'essence (ainsi l'épicéa est totalement réfractaire.) Il faut alors choisir une autre essence dont l'imprégnabilité est suffisante pour le traitement nécessaire dans la classe de risque.

DURABILITÉ CONFÉRÉE PAR LES TRAITEMENTS DE PRÉSERVATION PRÉVENTIFS

Quand la durabilité naturelle est insuffisante, le prescripteur a recours à la préservation chimique du bois. Un traitement peut d'ailleurs être une alternative plus économique que le choix d'une essence durable naturellement.

L'application d'un traitement de préservation n'est pas une simple protection physique superficielle pouvant être obtenue par certains produits de protection de la surface du bois comme les lasures. C'est une transformation du matériau visant à le rendre définitivement inattaquable par les agents biologiques dans la zone de vulnérabilité où ils sont susceptibles de se développer. Cette zone vulnérable du bois varie avec la classe de risque, se limitant à la surface ou s'étendant à tout le volume de la pièce de bois.

Un traitement de préservation est l'association de 3 paramètres :

- le produit de préservation avec ses caractéristiques (efficacité et sûreté) ;
- le procédé de traitement approprié ;
- l'essence de bois avec ses capacités d'imprégnation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Zone de vulnérabilité par classe de risque

La zone de vulnérabilité est la portion de bois dans laquelle sont susceptibles de se développer un ou plusieurs agents biologiques dans une situation donnée.

Dans une exposition de classe 1 ou 2, le risque majeur est celui de développement d'insectes à larves xylophages. Si les larves creusent des galeries et parviennent à détruire une pièce de bois dans sa totalité, le mode d'infestation est superficiel car la femelle pond ses œufs dans les interstices de la surface du bois. Le but d'un traitement est donc de créer une barrière toxique continue en surface ayant un effet répulsif sur la femelle. La zone de vulnérabilité se limite donc à cette barrière évaluée entre 0 et 3 mm.

Dans un cas de classe 3, il y a risque d'attaque fongique dont la sévérité dépend du niveau d'exposition possible pris en compte dans la norme française NF B 50-105.3 (application nationale de la norme NF EN 351.1). On en déduit 2 niveaux de vulnérabilité. Si l'exposition est jugée faible, sans pénétration d'eau par les bois de bout, la zone de vulnérabilité est identique à celle définie pour les classes 1 et 2. Une exposition du bois jugée forte permet des pénétrations d'eau importantes (bois de bout, assemblages) ; la zone de vulnérabilité est alors estimée entre 5 et 10 mm en latéral avec 30 à 50 mm en axial.

Pour des situations de classe 3 forte et 4, l'humidité anormale, excessive permet le développement des champignons lignivores. Leurs filaments microscopiques issus des spores pénètrent dans le bois en se répartissant dans tous les éléments du plan ligneux grâce aux ponctuations. Puis, ces filaments digèrent les constituants cellulaires par action enzymatique. La destruction finale aboutit à la pourriture du bois. La dégradation fongique s'exerce donc au niveau cellulaire, c'est-à-dire microscopique, dans tout le volume humidifiable de la pièce de bois. La zone de vulnérabilité est donc un volume.

La zone de vulnérabilité pour la classe 5 est également tout le volume de bois.

Les termites, dans les régions infestées, apparaissent dans les conditions de toutes les classes de risque. La zone vulnérable est sans limite, c'est tout le volume qui est atteint.

Imprégnabilité des essences

Les différences dans la capacité d'imprégnation des essences sont en relation avec leur structure anatomique spécifique. Il n'y a aucun rapport avec la dureté ou la densité.

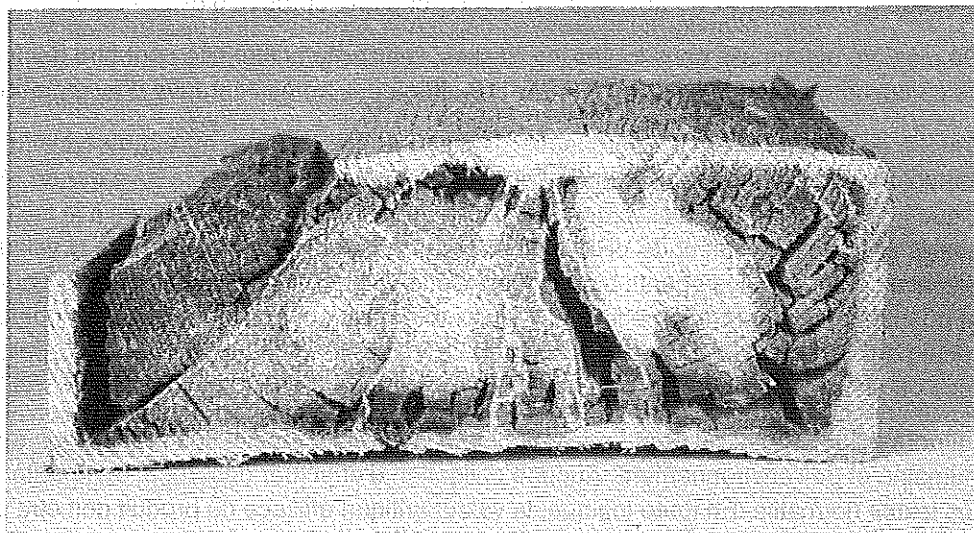
La norme NF EN 350.2 a défini 4 classes d'imprégnabilité d'après les résultats d'imprégnation des essences en autoclave par vide pression :

- classe 1 : essences imprégnables, pénétration complète du traitement dans tout le volume. Sont concernés tous les aubiers des essences à bois parfait duraminisé (pins), certaines essences à aubier et bois parfait non différencié comme le hêtre ou l'érable ;
- classe 2 : essences moyennement imprégnables, pénétration complète impossible, mais après 2 à 3 heures de traitement, une pénétration latérale (perpendiculaire au fil du bois) de plus de 6 mm est obtenue chez les résineux. Pour les feuillus (par exemple, le frêne), une large proportion de vaisseaux est pénétrée ;
- classe 3 : essences peu imprégnables. Au mieux 3 à 6 mm en latéral sont obtenus après 4 heures de traitement sous pression. On peut y classer le sapin et l'aubier de Douglas ;
- classe 4 : essences non imprégnables ; pénétrations latérales et axiales minimales. L'épicéa et la plupart des duramens différenciés appartiennent à cette classe.

D'une manière générale, les essences classées en 1 sont dites « imprégnables » et toutes les autres essences sont dites « réfractaires ».

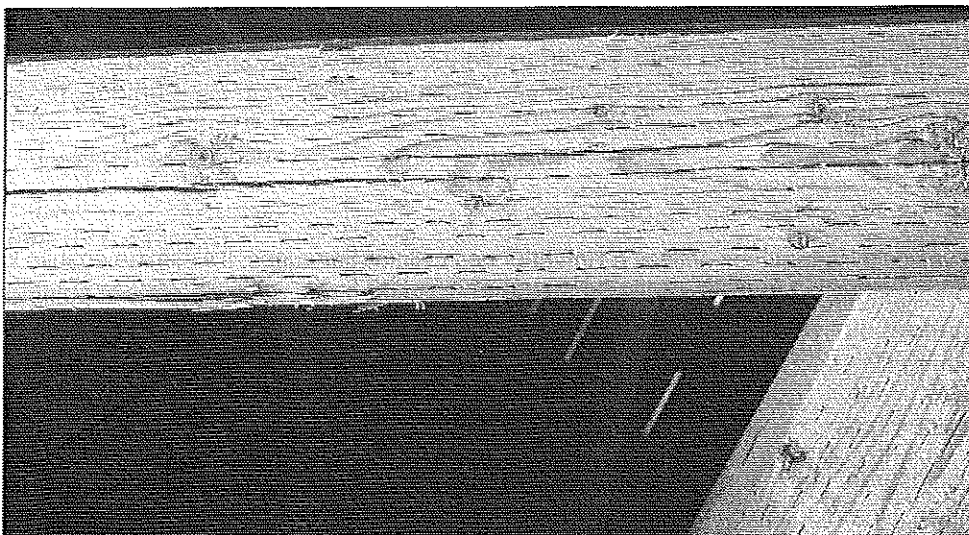
La norme NF EN 350-2 donne à la fois pour l'aubier et le bois parfait les classes d'imprégnabilité de 130 essences couramment commercialisées en Europe.

Il est absolument nécessaire de connaître la capacité d'imprégnation d'une essence non durable pour laquelle un traitement en profondeur du volume est indispensable pour la situation prévue (3 forte, 4 ou 5). Cette caractéristique est primordiale car ni le produit, ni le procédé ne pourront compenser ce défaut d'imprégnabilité.



Protection insuffisante d'une essence réfractaire à l'imprégnation. © CTBA

Il existe des techniques qui permettent d'améliorer l'imprégnabilité d'essences réfractaires. Le bois subit une préparation mécanique qui consiste à le perforer ou à l'inciser régulièrement. Cette opération est particulièrement pratiquée sur des bois ronds où les trous ou les incisions sont appliqués perpendiculairement à la surface du bois selon une ellipse.



Amélioration de l'imprégnabilité de l'épicéa par incision. © J.-P. Dirol

Spécifications du produit de préservation : NF EN 599

L'efficacité intrinsèque d'un produit de préservation du bois par classe de risque est déterminée par la norme NF EN 599 parue en 1996 : Performances des produits préventifs de préservation du bois établies par des essais biologiques - Spécifications par classe de risque.

L'accession aux différents niveaux de pénétration est fonction de l'imprégnabilité des essences. Pour les essences imprégnables comme l'aubier de pin, tous les niveaux peuvent être atteints. Pour les essences réfractaires, seuls P1 à P5 sont possibles. En conséquence, les situations sévères d'exposition sont interdites à ces essences.

Dans la norme NF EN 351-1, les 9 niveaux de pénétration ne sont pas donnés par classe de risque, ce qui rend difficiles les décisions du prescripteur. Dans le futur, il est prévu que des normes d'ouvrages spécifiques ou des DTU fixeront les spécifications de traitement par classe. Dans l'immédiat, pour combler le vide normatif européen, la norme française NF B 50-105.3 : « Bois massif traité avec produits de préservation - Performances pour préservation des bois adaptées à la France métropolitaine et attestation de traitement », a établi des spécifications de pénétration et de rétention par type d'exposition (classe de risque) pour les essences imprégnables et pour les essences réfractaires. Cette norme ne tient pas compte des niveaux P2, P3 et P6 figurant dans la norme européenne. Le tableau suivant donne les correspondances établies d'après la norme NF B 50-105.3.

Classe de risque	Exposition	Exigences de pénétration et de rétention (valeur critique) ¹⁾		Zone d'analyse	
		Imprégnable	Réfractaire	Imp.	Réf.
1	À l'intérieur humidité du bois < 20 %	P1 = pas d'exigence ²⁾ R1 = 50 % V.C classe 1 ³⁾	P1 = pas d'exigence ²⁾ R1 = 50 % V.C classe 1 ³⁾	3 mm	3 mm
2	À l'abri faible humidification	P1 = pas d'exigence ²⁾ R2 = 50 % V.C classe 2 ³⁾	P1 = pas d'exigence ²⁾ R2 = 50 % V.C classe 2 ³⁾	3 mm	3 mm
3	À l'extérieur hors contact du sol, humidité du bois souvent > 20 %	Exposition faible : P4 = 6 mm latéral ²⁾ R3 = 50 % V.C classe 3 ³⁾ exposition forte : P8 totalité de l'aubier R3 = 100 % V.C classe 3 ³⁾	Exposition faible : P1 = pas d'exigence ²⁾ R3 = 50 % V.C classe 3 ³⁾ exposition forte : P5 = 6 mm latéral et 50 mm axial R3 = 100 % V.C classe 3 ³⁾	6 mm Tout aubier	3 mm 6 mm
4	Extérieur, contact sol humidité du bois > 20 % en permanence	P8 totalité de l'aubier R4 = 100 % V.C classe 4 ³⁾	P7 = 20 mm latéral ⁴⁾ et 50 mm axial R4 = 100 % V.C classe 4 ³⁾	Tout aubier	20 mm
5	Milieu marin	P9 totalité de l'aubier et 6 mm dans le duramen R5 = 100 % V.C classe 5 ³⁾	Essences non compatibles	tout aubier + duramen apparent	—

1) Pour des essences à aubier et duramen distinct, les exigences ne portent que sur l'aubier.
2) Toutes faces traitées.
3) 50 % quand la V.C est en g/m² et 100 % quand elle est en l ou kg/m³.
4) Sur bois ronds uniquement avec préparation mécanique spéciale.

Procédés de traitement

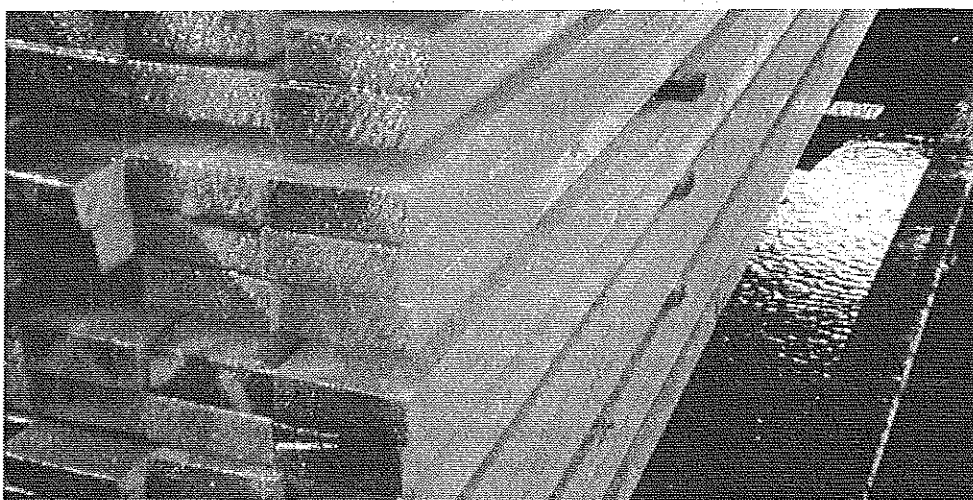
C'est le procédé de traitement qui permet de faire pénétrer dans le bois la quantité nécessaire de produit pour obtenir la protection de la zone vulnérable dans les conditions de la classe de risque donnée. Dans le domaine des traitements préventifs, on considère 2 types de procédés.

Traitements de surface

L'imprégnation est dite périphérique, et le produit migre par capillarité. L'absorption peut être irrégulière et dépend de l'humidité du bois et des irrégularités de surface.

• Le trempage court

Les piles de pièces de bois sont immergées complètement dans le produit de préservation contenu dans un bac métallique. En général, l'absorption est importante dans les 10 à 20 premières secondes puis ralentit ensuite. Toutefois, la durée du trempage ne doit pas être inférieure à 3 min, et il faut compter un temps d'égouttage de 15 min suivi d'une période de fixation sous abri de 4 h minimum. L'absorption est tributaire de l'état de surface du bois. Un bois raboté absorbe moins qu'un bois brut de scie. Les produits utilisés sont des produits en solvant organique (humidité du bois < 25 %) ou des hydrodispersibles (humidité du bois < 50 %). Ce type de traitement permet d'atteindre les niveaux P1 à P4 pour les essences imprégnables mais P1 seulement pour les essences réfractaires : ils concernent les classes de risque 1, 2 et 3 faible. Les valeurs critiques ne dépassent pas 100 g/m². Les installations de bacs de trempage relèvent de la réglementation des installations classées (conformité à un certain nombre d'exigences pour éviter tous risques vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement).



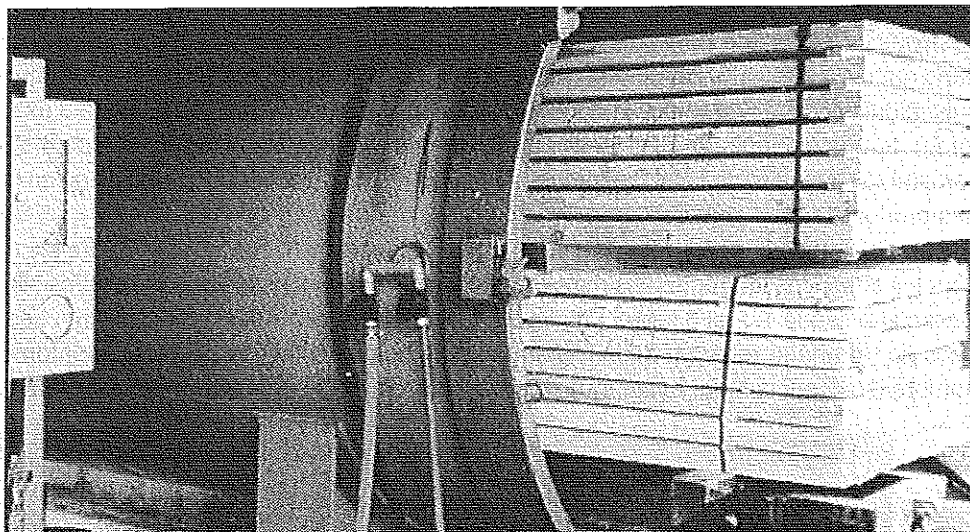
Bac de trempage. © CTBA

• Badigeonnage et pulvérisation

Cette technique est fondée sur le même principe que le précédent. Les produits utilisés sont les mêmes ainsi que la destination du bois traité. Le badigeonnage s'effectue au pinceau, au pistolet, au rouleau sur toutes les surfaces. La pulvérisation ou aspersion est un arrosage abondant de produit dans des tunnels comportant des jets. Les conditions d'application sont plus difficiles à contrôler.

Traitements en profondeur par autoclave

Le principe est de forcer la pénétration du produit dans un volume de bois pour aboutir à une rétention maximale remplissant tous les vides cellulaires. On a alors recours au vide et à la pression dans une enceinte fermée.



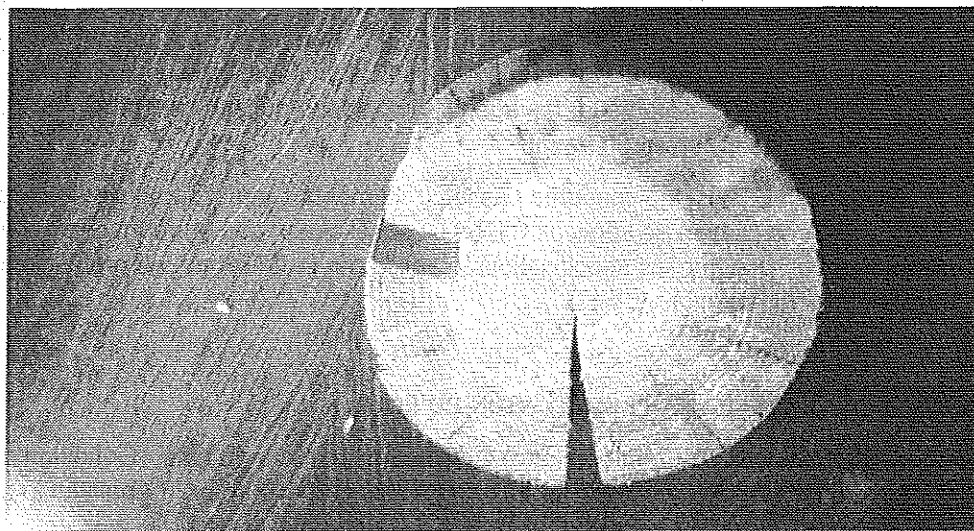
Autoclave. © CTBA

• Autoclave double vide

Ce procédé d'imprégnation fait intervenir le vide et, éventuellement, une pression limitée dans une enceinte close qui est un autoclave équipé d'un système permettant le réglage en temps et en intensité du vide et de la pression. Les pièces de bois doivent avoir subi tous leurs usinages préalables et se trouver à un taux d'humidité inférieur à 25 %. Les produits utilisés sont en solvant pétrolier prêts à l'emploi ou en concentré à diluer. La charge de bois est introduite dans l'autoclave où un vide initial est maintenu pendant l'introduction du produit. Une légère surpression peut être appliquée sur le liquide pendant un temps déterminé avant le retour à la pression atmosphérique normale. La vidange de l'enceinte a lieu ensuite, et un nouveau vide dit final de ressuyage est appliqué. L'intensité et la durée des phases de vide et de pression sont adaptées à la nature de la charge de bois à traiter (section, imprégnabilité de l'essence). Ce procédé permet d'atteindre des niveaux de pénétration entre P1 et P5 et convient pour la classe 3 avec des essences imprégnables. Il se limite aux classes 1 et 2 avec des essences réfractaires.

• Autoclave vide pression

Ce procédé d'imprégnation a lieu également dans un autoclave où sont effectuées des opérations de vide et de pression. La technique la plus courante est le procédé Béthell, dit à « cellules pleines » d'injection à refus. Le produit doit remplir les vides cellulaires jusqu'à saturation complète. L'autoclave est équipé d'un système de réglage du vide et de la pression. Une surpression de 10 à 15 bars doit pouvoir être obtenue. Après introduction de la charge de bois à un taux d'humidité inférieur à 25 %, un vide initial léger est appliqué pendant 30 à 60 min. Le produit est alors introduit. Le vide étant stoppé, une pression de 10 à 12 bars est appliquée sur le liquide, le bois qui ne contient plus d'air absorbe le produit. La pression est maintenue jusqu'à saturation complète. En fonction de l'imprégnabilité des essences et de leur section, l'opération peut durer jusqu'à 3 h. Après retour à une pression normale, le produit est vidangé. Un vide final est alors appliqué pendant 10 min pour rééquilibrer les pressions internes du bois. Les produits utilisés sont principalement des sels hydrosolubles et les créosotes. Avec une essence imprégnable, on peut atteindre un niveau de pénétration P9, assurant la performance du traitement pour les classes 4 et 5. Avec des essences réfractaires, le niveau maximal est P5 et est limité à la classe 3. Par incision de bois ronds, la classe 4 peut être obtenue avec le niveau P7.



Aubier de pin totalement imprégné par un sel CCA. © D. Dirol

ATTESTATION DE TRAITEMENT PRÉVENTIF

L'attestation de traitement est un engagement de la part de celui qui l'a effectué (station de traitement) et une garantie pour le client qui a ainsi l'assurance que le bois a été traité selon les caractéristiques du produit (NF EN 599), avec la rétention et la profondeur pour la classe de risque envisagée (NF B 50-105.3), confirmant l'aptitude à l'emploi dans cette situation. Une vérification peut toujours être effectuée dans le cadre d'un contrôle.

La norme NF EN 351.1 prévoit que l'attestation mentionne les niveaux de pénétration et de rétention du produit et la correspondance avec l'emploi du bois (NF EN 335). Tous ces éléments sont pris en compte dans la norme d'application nationale NF B 50-105.3.

L'attestation de traitement doit être accompagnée d'un marquage du bois traité qui se fait habituellement sur chaque pièce de bois. Il arrive que ce soit un lot ou une charge qui soit repérée globalement. Ce procédé n'offre pas les mêmes garanties que le marquage individuel.

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Le principe est d'attester que le produit certifié ou le service est conforme à des spécifications techniques précises et qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur. En France, le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

Dans le cadre de la préservation des bois, le CTBA gère deux certifications de qualité :

Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB P+

Elle s'appuie essentiellement sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste l'efficacité des produits et également leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

Certification du bois traité : marque de qualité CTB B+

Elle définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des spécifications de traitement définies au plan national par la norme française NF B 50-105.3 en application de la norme européenne NF EN 351.

Ces marques de qualité ont été instaurées par décision du ministère de l'Industrie le 3 octobre 1988 en ce qui concerne l'aspect efficacité. Leur confirmation pour les aspects de sûreté a eu lieu le 31 juillet 1991. Ce modèle de double certification est spécifique à la France et permet une toxicité suffisante pour éradiquer les agents biologiques qui soit acceptable en ce qui concerne la santé humaine et l'environnement.

La certification CTB B+ ne concerne pas les traitements curatifs du bois en œuvre qui sont couverts par la certification de services CTB A+ : qualification des entreprises de traitements curatifs mettant en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation (4 agréments).

NORMES DE CRITÈRES SUR LA PRÉSERVATION DU BOIS

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992. Partie 2 : Application au bois massif, 1992. Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.
- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994. Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.
- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995. Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.
- NF EN 460 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif - Guide d'exigences de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque, 1994.
- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996. Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.
- NF B 50.105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation. Partie 3 : Performances pour préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.

BIBLIOGRAPHIE

Guide de la préservation du bois, M. Rayzal, éditions du CTBA, Paris, mars 1998.



BOIS (STRUCTURES)

Charpente en lamellé collé

DESSCRIPTIF DE L'OUVRAGE

- Hall de stockage dont la structure est constituée d'arc en charpente de bois lamellé-collé (portée centrale 73 m environ + 2 travées latérales de 11 m) de 95 m de largeur totale.
- Situation : région II, site exposé (zone littorale).

DÉSORDRE

- Sinistre par effondrement de 10 travées, soit 11 arcs y compris la couverture partiellement posée, intervenu en cours de montage.
- À signaler des accidents corporels.

CAUSES – CIRCONSTANCES DU SINISTRE

À partir d'un pignon, 11 arcs étaient levés et réglés.

Le contreventement longitudinal (longs pans) était posé dans le plan de l'empennage sur 1 versant en totalité mais seulement en partie sur l'autre. L'entreprise de charpente avait réclamé en vain les scellements en pied de contreventement.

L'autre pignon était ouvert et ne comportait aucune ossature ni bardage.

La couverture était en cours de pose (1/4 de la surface environ).

Trois mâts de stabilité avaient été préalablement montés, maintenant en place la ferme du pignon ouvert par solidarisation (au faîtage et sur les 2 versants).

Les haubans d'ancrage opposés (autre pignon) gênant l'avancement des travaux de couverture furent démontés avec l'autorisation du conducteur des travaux 4 jours avant le sinistre.

Un vent fort, mais non exceptionnel (60 km/h environ) soufflant en rafale s'est levé rapidement au milieu d'une journée de travail, provoquant très rapidement l'effondrement de l'ensemble monté, avec rupture des pièces de bois et arrachement des dés de fondation des arcs.

Causes retenues

- Défaut d'achèvement et de scellement du contreventement des longs pans.
- Dépose intempestive des mâts de stabilité des pignons.
- Insuffisance des câbles provisoires de montage.
- Absence d'armatures et ancrage insuffisant des dés de fondation.

Par ailleurs :

- aucune étude de montage et de stabilité en cours de montage ;
- pas de contrôle sur les massifs de fondation et le haubannage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMÈDES

1. Préventifs (non exécutés)

- Étude détaillée et programme impératif des opérations de montage-lestage.
- Justification de la stabilité des divers états transitoires en phase travaux.
- Coordination entre charpentier et maçon au niveau des études et des travaux.

2. Correctifs

Reconstruction totale.

RESPONSABILITÉS

Bureau des méthodes et responsables travaux de l'entreprise de charpente.



Synthèse

BOIS (STRUCTURES)

Pathologie générale

PRÉSENTATION

Le bois constitue l'un des matériaux les plus anciens utilisés dans l'art de construire. Malgré l'évolution des techniques, il reste actuellement un excellent matériau qu'il faut savoir utiliser en fonction de ses caractéristiques propres de structure.

Le bois est issu d'un matériau vivant à structure anisotrope. C'est une matière organique constituée d'eau et d'autres éléments et qui, de ce fait, subira les effets de l'eau (gonflement, retrait) et ses attaques (pourriture) ainsi que celles d'autres organismes vivants (insectes, champignons).

PATHOLOGIE GÉNÉRALE

Les structures en bois sont sujettes aux mêmes causes de désordres que les structures dites réticulées (planes ou spatiales), c'est-à-dire :

- des études, calculs inexistantes ou insuffisants, en particulier :
 - dans l'évaluation des efforts et sollicitations,
 - dans l'étude de la transmission des forces,
 - dans l'absence d'éléments de stabilité (contreventement),
 - les instabilités de forme (flambement),
 - l'absence d'étude de montage, etc. ;
- des liaisons insuffisantes :
 - entre couverture et charpente,
 - entre pièces de charpente,
 - entre charpente et gros œuvre,
 - au moment de la mise en œuvre ;
- des déformations excessives ou incompatibles avec d'autres éléments de structure :
 - résultant de la nature du matériau (hygroscopie, retrait, ductilité...),
 - résultant des charges appliquées (fluage).

PATHOLOGIE PARTICULIÈRE

- Comportement vis-à-vis de l'eau extérieure atmosphérique ou tellurique.
- Comportement vis-à-vis :
 - des insectes xylophages ;
 - des champignons lignivores.

PATHOLOGIE DES STRUCTURES PARTICULIÈRES

Certaines structures à base de bois présentent une pathologie spécifique :

- structures, charpentes en bois lamellé collé ;
- charpentes industrialisées (fermettes) assemblées par connecteurs ;
- maisons à ossature bois (MOB), technique de conception ancienne ayant bénéficié d'un renouveau récent et d'un nouveau développement (limité).

Toutes ces pathologies sont détaillées en fonction de leur fréquence et des désordres qui en résultent.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMÈDES

1. Préventifs

Les remèdes préventifs, comme dans d'autres domaines, consistent :

- à préserver le matériau contre les attaques (biologiques et autres) par des traitements spécifiques ;
- à respecter les Règles de l'art de la construction de ce type de structure, notamment au niveau des assemblages.

2. Curatifs

Les remèdes curatifs sont limités à la reconstitution de parties d'éléments détruits à l'aide de techniques nouvelles.



Question/Réponse

CANALISATIONS

Dispositif de protection des canalisations d'amenée d'eau enterrées

QUESTIONS

À quelle profondeur doit-on disposer une canalisation d'eau sous pression (amenée d'eau) dans le sol ?

Quelles dispositions doit-on prévoir pour le dispositif amortisseur ?

RÉPONSES

Les éléments à considérer sont les suivants :

- situation de la canalisation (domaine public ou semi-public, domaine privé) ;
- type de remblai ou d'ouvrages disposés au-dessus ou à proximité immédiate ;
- profondeur hors gel ;
- présence d'autres canalisations de nature différente.

1. Profondeur d'enfouissement

• Le document de base est le fascicule 71 du CCTG des marchés de travaux publics relatif à la fourniture et pose de conduite d'adduction d'eau (1997).

Ce document ne fixe pas la profondeur d'enfouissement des canalisations dans le sol. L'annexe 3 (bordereau de prix) du même document mentionne néanmoins :

« Les prix de terrassement en tranchée sont dans le présent bordereau type établi au mètre linéaire pour une hauteur de couverture de 1 mètre au-dessus de la génératrice du tuyau. »

Le guide de pose des canalisations en polyéthylène (HD) établi par le syndicat des fabricants de tubes en polyéthylène précise :

« D'une manière générale, la profondeur minimale recommandée est de 0,80 m par rapport à la génératrice supérieure pour les canalisations d'adduction d'eau. »

• Cette valeur de 0,80 m peut être insuffisante pour une mise « hors gel » dans les zones à climat hivernal très rude (cf. fiche « Fondations superficielles » Mise hors gel).

2. Protections, dispositions de signalisation

Le CCTP - art. 32 précise :

« Si le CCTP prescrit une signalisation du tracé des conduites, celle-ci est constituée par un grillage enterré en matière plastique conforme à la norme. Si les conduites ne sont pas métalliques, le CCTP peut prescrire en outre une signalisation par un fil métallique détectable. »

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le guide de pose des canalisations en polyéthylène indique :

« Pour le repérage de la canalisation, il est recommandé de placer un grillage avertisseur de couleur bleue ou un fil détectable installé à 0,60 m sous le sol fini. »

Remarque

Ces dispositifs correspondent à la signalisation de la canalisation et ne constituent pas des protections.

Au niveau pratique, en réseau sous domaine public ou privé, on a intérêt à protéger la canalisation d'eau sous pression par un fourreau continu dans toutes les zones enterrées, $\varnothing \geq 2$ fois le diamètre de la canalisation d'amenée).

Le repérage sur plan paraît être une précaution utile pour une installation privée, notamment dans le cas de travaux profonds ou d'installations de plantations à développement important.



Question/Réponse

CANALISATIONS

Distribution d'eau sanitaire

QUESTION

Quelles sont les règles d'association des canalisations et appareils (robinets, vannes...) en cuivre (laiton) et acier galvanisé ?

RÉPONSE

Les règles sont données par les DTU 65.10 et 60.1.

DTU 65.10 « Canalisations d'eau chaude ou froide sous pression » (Réf. Art. 3.11)

Ce texte mentionne : « *il est interdit de mettre en place une canalisation en acier galvanisé à l'aval d'une canalisation (ou d'un appareil) en cuivre* ».

En effet, lorsque de l'eau a circulé dans un tube en cuivre (ou dans un appareil tel qu'un robinet-vanne en laiton), elle ne doit plus passer dans un tube d'acier galvanisé par risque de corrosion rapide de la galvanisation en zinc (formation d'un couple galvanique).

DTU 60.1 « Plomberie sanitaire » (Réf. Art. 3.621)

Ce texte mentionne « *Aucun des éléments en cuivre ne doit être placé en amont des tubes galvanisés* ».

Par contre, « *des éléments en cuivre ou métal cuivreux peuvent être placés en aval des tubes en acier galvanisé sous réserve de certaines précautions des piquages* ».

L'article 5.224 autorise le tube cuivre en aval d'un circuit bouclé en acier galvanisé moyennant l'interposition d'une tubulure de 0,05 m ou d'un té en acier galvanisé évitant le retour d'eau du cuivre vers le zinc du tube galvanisé.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ANNEXE 1

1. Description du projet

Page 1 de 1

Le projet consiste à construire une nouvelle station de traitement des eaux usées (STEP) de capacité 100 000 équivalents-habitants (EH) à la ville de Québec.

Page 2 de 2

Le projet est financé par le gouvernement du Québec.

Le projet est soumis à l'avis en consultation publique.

Le projet est soumis à l'avis en consultation publique.

Le projet est soumis à l'avis en consultation publique.

Le projet est soumis à l'avis en consultation publique.

Le projet est soumis à l'avis en consultation publique.

Le projet est soumis à l'avis en consultation publique.

Le projet est soumis à l'avis en consultation publique.



Question/Réponse

CANALISATIONS

Étanchéité

AB

CD

QUESTION

Peut-on assurer à l'aide de mortier l'étanchéité d'une culotte en fonte qui reçoit les évacuations d'appareils sanitaires ?

EF

RÉPONSE

Position du problème

Les installations d'évacuations des eaux usées (évier, lavabo, etc.) correspondent pour les habitations collectives à des colonnes verticales comportant à chaque niveau des pièces spéciales en forme d'Y dont la partie branchement est de même diamètre que la canalisation d'évacuation verticale.

GH

Le piquage d'une évacuation particulière s'effectue généralement avec une canalisation de plus faible diamètre (cas des évacuations d'évier ou de lavabo).

IJ

Le problème se situe au niveau du raccordement pour réaliser une étanchéité correcte.

KL

RÈGLES DE L'ART

Cf. DTU 60.2 (NF P 41-220 - Canalisations en fonte - Évacuations d'eaux usées, d'eaux pluviales et d'eaux vannes - Cahier des clauses techniques - Octobre 2000) pour les canalisations en fonte.

MN

Ce texte admet les assemblages réalisés « au moyen de mastic de plomb fondu ou de *mortier de ciment* après matage de corde goudronnée, laine de plomb ou tresse d'amiante ». Les dernières dispositions réglementaires concernant l'usage de l'amiante ont pour effet de supprimer cette solution (art. 3.22).

OP

L'amiante étant désormais un matériau interdit, les assemblages sont réalisés :

QR

- par joints en élastomère ;
- par joint « bourré » ou « coulé » ;
- ou par des pièces de raccords intermédiaires dans le cas de canalisations d'autre nature.

ST

DISPOSITIONS PRATIQUES

Cette disposition n'est valable que si une faible différence entre les diamètres « mâles » et « femelles » existe. Dans les autres cas, le recours à des *pièces intermédiaires* ou à des *joints en élastomère* est nécessaire.

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES DES CANDIDATS



Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

Il est composé de :

- 10 questions à choix multiples (QCM) portant sur les connaissances générales en matière de gestion des déchets.

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire d'évaluation des connaissances des candidats est un outil de mesure de la connaissance des candidats.



Question/Réponse

CANALISATIONS D'AMENÉE

Eau sous pression

QUESTION

Y a-t-il un risque de gel si une tuyauterie d'eau sous pression passe devant un orifice d'entrée d'air ?

RÉPONSE

Position du problème

Les canalisations de distribution d'eau froide sous pression peuvent, notamment dans les cuisines (distribution sous évier) se trouver à proximité d'un orifice de ventilation débouchant en façade (allège de fenêtre).

Le gel peut, en périodes froides prolongées, contribuer :

- dans un *premier temps* à la formation d'un bouchon de glace dans la zone exposée (par exemple au cours d'une nuit très froide).

L'alimentation en eau de l'appareil (robinet sur évier) sera stoppée malgré la pression de l'eau en amont du bouchon ;

- dans un *second temps*, à la rupture de la canalisation et à déclencher un sinistre par inondation.

SOLUTIONS

1. Provisoire et immédiate

Si la constatation de l'arrêt de fonctionnement du robinet d'alimentation est faite immédiatement, procéder à la fonte du bouchon de glace par l'action d'un flux d'air chaud (sèche-cheveux par exemple).

2. Définitive

Procéder avant la période hivernale à la mise en place d'un enrobage de la canalisation dans la zone concernée par un fourreau en mousse plastique alvéolaire (polyéthylène).

3. À titre préventif (période d'installation)

Calorifier la canalisation d'eau froide (comme ci-dessus).

Cette disposition prévue dans le DTU 65.10 met à la charge de l'installateur de plomberie l'isolation thermique de la canalisation que si cette disposition est prévue par les DPM (cf. art. 2.2 du CCS - Cahier des clauses spéciales).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

CANALISATIONS D'ÉVACUATION

Chute unique

QUESTION

Peut-on évacuer dans la même descente d'eaux usées les W.-C. et les autres appareils sanitaires ?

RÉPONSE

La norme NF P 41-201 admet le principe de la chute unique sous la condition suivante : « La mise à l'air libre des évacuations des autres appareils ou ventilation secondaire doit être assurée » (cf. art. 2.20 et 2.201).

Il faut prévoir une culotte spécifique pour les W.-C. et une autre recevant les autres appareils (qui devront être limités aux combinaisons décrites dans le DTU 60.11).

Une autre possibilité consiste à mettre en place un dispositif (chute ou culotte) ayant fait l'objet d'un Avis technique favorable pour cet usage.

Pour les combinaisons éventuelles d'appareils, il faudra alors se référer aux conditions de raccordement prévues à l'Avis technique (ou appliquer le DTU 60.11).

Toute autre configuration que les cas ci-dessus est à exclure car les risques de refoulements et de désamorçages de siphons sont à craindre.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est à remplir par le candidat à l'examen. Il doit être rempli avant l'examen.

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est à remplir par le candidat à l'examen. Il doit être rempli avant l'examen.

Le questionnaire est à remplir par le candidat à l'examen. Il doit être rempli avant l'examen.

Le questionnaire est à remplir par le candidat à l'examen. Il doit être rempli avant l'examen.

Le questionnaire est à remplir par le candidat à l'examen. Il doit être rempli avant l'examen.

Le questionnaire est à remplir par le candidat à l'examen. Il doit être rempli avant l'examen.



CANALISATIONS D'ÉVACUATION D'EAUX VANNES

Corrosion

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Une canalisation d'évacuation des eaux vannes réalisée en fonte salubre dans les années 1965-1970 présente dans certaines sections des phénomènes de corrosion, sous forme :

- d'une fissure longitudinale (photo 1) située sur le demi-diamètre supérieur ;

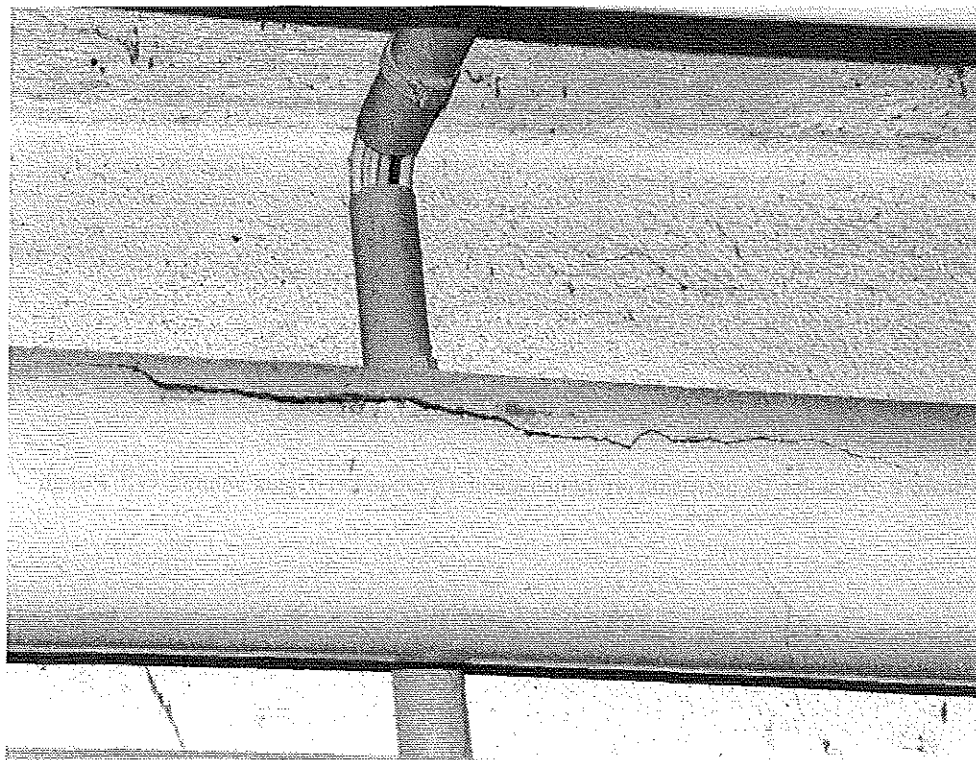


Photo 1 : Fissuration longitudinale sur zone supérieure de la canalisation d'eaux vannes.

© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

– de points de corrosion (pustules) situés sur le demi-diamètre inférieur près de la génératrice inférieure (zone mouillée intérieure) (photo 2).

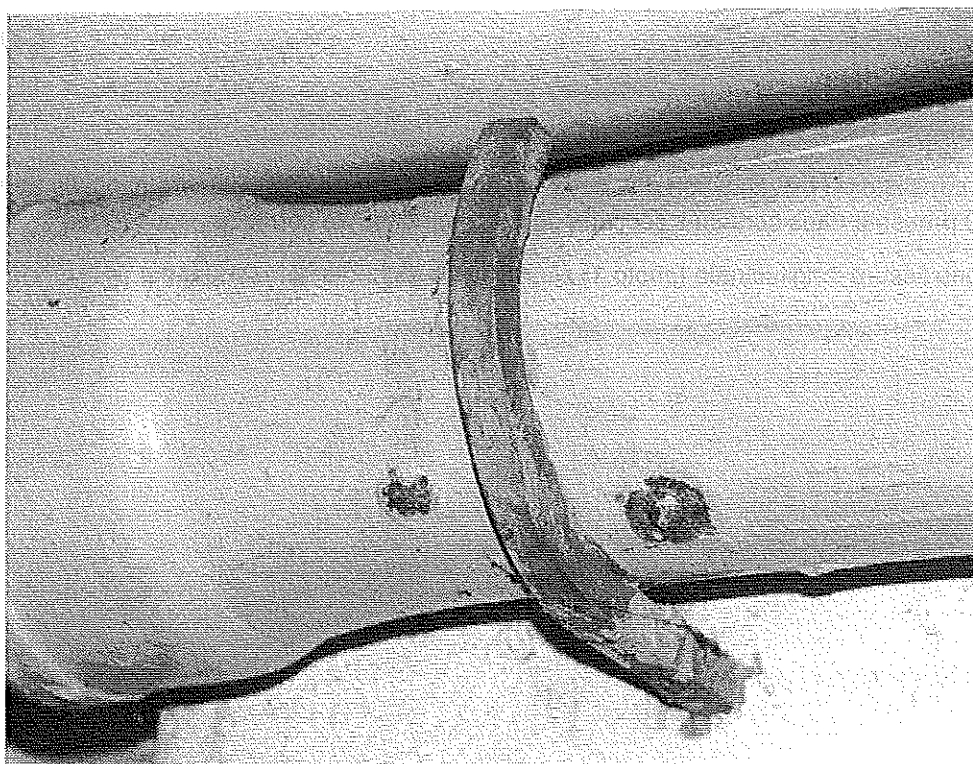


Photo 2 : Pustules de corrosion sur canalisation d'évacuation d'eaux vannes. © J. Putatti

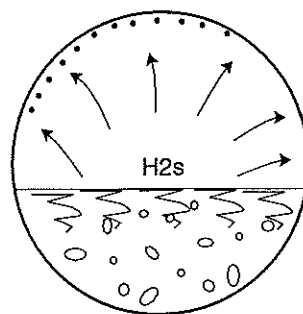
Le phénomène est survenu environ 25 ans après l'installation initiale.

CAUSES

L'origine de la corrosion est intérieure à la canalisation. Les canalisations d'évacuation d'eaux usées et d'eaux vannes s'effectuent à écoulement libre, c'est-à-dire sans pression avec la partie inférieure remplie partiellement selon l'importance du débit par les effluents des appareils sanitaires WC (eaux chargées).

La partie supérieure lors de l'écoulement correspond à de l'air et à des gaz, et principalement pour ce type d'effluent à de l'hydrogène sulfuré (H_2S).

Coupe transversale (voir figure) :



Dans le cas présenté, le réseau intérieur d'évacuation était séparatif :

- une canalisation fonte salubre pour les eaux vannes WC ;
- une canalisation fonte salubre pour les eaux sanitaires (lavage corporel).

L'écoulement dans ces conduites n'est pas continu. Il correspond à des chasses provoquées par la vidange de réservoir d'appareil. Le remplissage de la canalisation est donc partiel et correspond à un régime pseudo-laminaire.

Selon la pente, des dépôts peuvent se produire à une certaine distance des dispositifs de vidange, ou au droit de coudes constituant des pertes de charge des écoulements.

Le dégagement de H_2S en présence de l'oxygène de l'air résultant la ventilation de chute et de l'eau véhiculant les effluents provoque la formation de $SO_4 H_2$ (acide sulfurique) qui attaque la canalisation par l'intérieur. C'est donc la voûte intérieure qui se fragilise, d'où la formation d'une fissure.

Pour les pustules, la corrosion a commencé par l'intérieur, probablement par suite du remous créé par l'emboîtement de deux éléments de conduite. La corrosion ponctuelle s'est poursuivie jusqu'à l'extérieur de la paroi par le même processus d'attaque.

Dans la même installation se sont produites des attaques par corrosion :

- une autre fissure située sur la génératrice supérieure, toujours sur la face extérieure, mais traversant la paroi comme dans le cas précédent (photo 1) ;
- une attaque complète de la zone supérieure dans une zone basse de l'installation avant déversement dans la fosse septique. Cette attaque correspondait à une destruction de la fonte par « feuilletage ».

REMÈDES

Les fontes actuelles ont une protection intérieure effectuée en usine par un enduit à base époxy. Le retour à de tels phénomènes est peu probable.

Pour l'installation citée, les désordres étant limités à certaines zones, la canalisation fonte d'origine a été déposée puis remplacée par une canalisation PVC de même diamètre.



CANALISATIONS D'ÉVACUATION DES EAUX PLUVIALES

Colmatage des canalisations d'un réseau enterré

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les canalisations d'évacuation des eaux pluviales d'une terrasse accessible aux piétons présentent, dans une partie enterrée sous dallage en sous-sol, des difficultés d'écoulement du fait de dépôts difficiles à éliminer.

CAUSES

Le phénomène décrit semble se produire fréquemment et souvent au début de la période de garantie décennale, un ou deux ans après la mise en service.

Il se manifeste sous forme de concrétions calcaires de couleur beige ou grise sur tous les types de canalisations (fonte ou PVC).

Les dépôts semblent se former par couches successives fortement adhérentes aux parois des canalisations.

La composition de ces dépôts correspond à une teneur en carbonate de calcium $\geq 90\%$. Les ouvrages en plomb (platine de raccordement à l'étanchéité et les moignons) sont dégradés et à la limite percés.

Ce type de désordre correspond à des ouvrages de *toitures-terrasses accessibles* dont l'étanchéité est protégée par des *ouvrages en béton* :

- chape ou dallage coulé sur place, support (ou non) du revêtement de sol scellé ;
- éléments préfabriqués posés (dalles préfabriquées en béton de ciment) ;
- dalles sur plots en éléments préfabriqués en béton.

Les désordres précités sont moins fréquents avec les deux derniers types de protection, probablement parce que la qualité du béton est meilleure au niveau de l'hydratation du ciment.

L'origine de ces phénomènes se situe au niveau de l'acidité des eaux de pluie, notamment en atmosphère urbaine (pH légèrement < 7).

L'eau de pluie dissout la portlandite du ciment par la traversée du béton (présence de pores, microfissures, etc.). Elle se charge en carbonate de calcium et, en cheminant en surface jusqu'aux points d'évacuation, continue à se charger en carbonate de calcium ; à saturation, celui-ci se dépose dans les zones à circulation lente tels que les points singuliers (faible pente, entrées EP, coudes, etc.).

La circulation des eaux chargées peut s'effectuer à travers la couche de sable si le revêtement de sol est posé sur une couche de désolidarisation (cf. DTU 43.1).

La protection comprend successivement :

- une couche de désolidarisation (forme en sable de 0,02 m d'épaisseur minimale séparée de la protection dure par un papier kraft ou similaire) ;
- une chape de mortier ou un dallage en béton armé ou non d'épaisseur :
 - chape mortier $\geq 0,03$ m ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

– dalle béton non armé $\geq 0,04$ m ;

– dalle béton armé $\geq 0,05$ m ;

• un revêtement de circulation par éléments scellés ou collés ou par dallage sur plots.

Les protections chape ou dallage sont fractionnées (tous les 6 m par joints de 0,02 m et tous les 3 m par des joints secs).

Ces dispositions prévues au DTU 43.1 (édition d'octobre 1981 + modificatif de juillet 1990) renvoient au DTU 52.1 (revêtements de sols scellés) qui comporte des dispositions particulières pour les poses en extérieur.

Les eaux saturées de chaux ont un pH de 10 à 12, c'est-à-dire largement basique. Le plomb normalement protégé par la couche de carbonate ou sulfate de plomb est attaqué (cas des platines). Le seul remède consiste à déposer et à changer ces dispositifs.

La cause des concrétions correspond aux types de ciment utilisés.

REMÈDES

L'emploi de CLK ou de ciment fondu ne contenant que peu ou pas de chaux pour la réalisation des protections lourdes et les mortiers de pose des revêtements de protection constitue une solution préventive, sous réserve de bien respecter les règles de mise en œuvre.

En fait, il faut éviter les protections par chape ou dallages réalisés *in situ*. Les protections doivent être réalisées de préférence à l'aide de dalles préfabriquées plus compactes (dalles gravillonnées) :

– posées sur lit de sable, à joints secs ou remplis ;

– ou posées sur plots.

Ce système permet sous certaines conditions (*cf.* Avis technique) de poser directement sur les revêtements d'étanchéité.

D'autre part, pour les revêtements courants (autres que dalles sur plots) il y a lieu d'éviter les zones de stagnations d'eaux en donnant des pentes d'écoulement ≥ 2 % pour évacuer les eaux le plus rapidement possible vers les points EP.

Les canalisations horizontales, notamment celles inaccessibles sous dallage doivent avoir des pentes relativement importantes et des regards de visite pour contrôler les écoulements et effectuer les opérations de maintenance.



CANALISATIONS D'ÉVACUATION DES EAUX PLUVIALES

Évacuation des eaux pluviales

QUESTION

Peut-on disposer une descente EP (en PVC ou en fonte) dans un poteau en béton armé de structure ?

RÉPONSE

Cette disposition n'est pas visée dans les DTU 60.32 et 60.33 ainsi que dans le DTU 60.2.

Bien que non interdite en pose courante (sauf dans les poutrelles précontraintes), cette disposition n'est pas une solution correcte pour plusieurs raisons :

- risque de rupture de la canalisation sous l'effet des sollicitations transmises par la structure d'enrobage (béton). Par exemple pour un poteau très chargé par effet de raccourcissement ;
- risque de fendage ou d'éclatement par effet de gel dans les régions (montagne notamment) où ce risque est persistant pendant la période hivernale ;
- par ailleurs, ces canalisations verticales comportent en tête une entrée directe (toiture, auvent) et à la base un coude pour raccordement à un collecteur. Les risques d'engorgement de celui-ci sont réels et se traduisent généralement par une rétention d'eau dans les descentes, parfois sur une hauteur importante.

Si à ce moment, le gel intervient sur une période durable, l'expansion due à la formation de la glace entraînera la rupture de la canalisation et la fissuration du poteau dans la zone la plus sollicitée (section de l'évacuation EP + celle du coude de raccordement au collecteur).

Le sinistre est certain et peut être très grave s'il entraîne la rupture du poteau.

Cette disposition devrait être **interdite** par les textes codifiés.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE - RÉSULTATS



(

(

(

(



CANALISATIONS EN ACIER

Désordres

POSITION DU PROBLÈME

Les réseaux de distribution intérieure d'eau froide et d'eau chaude sont souvent réalisés en tubes d'acier galvanisé. Ces matériaux subissent les phénomènes de corrosion dont les causes sont variées et multiples.

CAUSES PRINCIPALES (SOUVENT CUMULATIVES)

Les causes principales sont :

- défauts d'exécution des assemblages ou insuffisance de purge de gaz dissous ; cette cause intervient dans 60 à 80 % des cas ;
- qualité physico-chimique d'eau : 30 à 40 % des cas ;
- traitement d'eau défectueux ou mal réglé : 10 à 15 % des cas ;
- contact cuivre/acier galvanisé notamment avec les appareillages (robinets) : 10 à 15 % des cas ;
- insuffisances de la galvanisation : 20 à 25 % des cas (qualité des matériaux) ;
- défaut de suivi d'exploitation : cause systématique cumulée avec les défauts d'exécution... ;
- absence de mesures préventives augmentant le coût des réparations du fait de l'importance des dégâts en cas de sinistre, notamment :
 - difficulté d'accessibilité des ouvrages, encastrement inaccessibles ;
 - absence de gaines techniques linéaires avec accès suffisants ;
 - impossibilité d'effectuer les travaux ;
 - connaissance des installations (absence de tracé ou plans de recollement) ;
 - traçabilité des approvisionnements et d'identification des lots (travaux neufs) ; impossibilité d'imputation de défauts des matériaux.

CONSÉQUENCES DES DÉSORDRES

Les conséquences des désordres sont :

- essentiellement des fuites en phase ultime par percement des canalisations, avec dégâts consécutifs ;
- en phase préalable, un transfert dans l'eau de produits de corrosion constitués de sels de zinc et de fer rendant l'eau impropre à la boisson ou à l'utilisation par l'homme.

Défauts liés à la qualité de l'eau

Le phénomène de corrosion est de type électrochimique. Il dépend de la composition ionique et des paramètres physico-chimiques de l'eau.

La connaissance précise de la qualité de l'eau distribuée et des variations de cette qualité en fonction des périodes de l'année, notamment la minéralisation plus ou moins importante selon les régions, faible en montagne, forte en région parisienne, dans le Nord, le Centre-Est et l'Ouest (Bretagne, Vendée). Certains traitements filmogènes sont possibles pour combattre ces risques (Agrément du Conseil supérieur d'hygiène publique, Avis Technique CSTB et dosage soigneusement suivi).

Défauts liés à des défauts d'installation

Ces défauts concernent :

- la conception des installations (éviter les grandes longueurs de canalisations à faible puisage correspondant à des zones de stagnations) ; cas des installations hospitalières, internats, etc. ;
- l'exécution des travaux, notamment les assemblages (contacts cuivre ou laiton et acier galvanisé), les encastrement et accessibilités (gainés, calorifugeage, etc.), ainsi que les accessoires de coupure (robinets à levier préférables aux robinets classiques...) ;
- les travaux de rénovation qui ne concernent souvent que des parties d'installations, les autres étant inaccessibles donc susceptibles de désordres ultérieurs.

Défauts liés aux qualités des matériaux

L'insuffisance de galvanisation des tubes est difficile à déceler. Les exigences de la norme NF A 35-503 ont été modifiées en novembre 1994. Les fabrications antérieures sont donc susceptibles de problèmes de qualité.

Ce problème est difficile à régler car la normalisation a évolué également au niveau des méthodes de galvanisation (norme NF A 49-700 remplacée par l'Euro norme EN 10-240).

Désordres liés à l'exploitation

C'est surtout l'insuffisance du suivi des installations d'eau chaude sanitaire qui est à l'origine de désordres graves.

Le suivi doit porter :

- sur la qualité de l'eau ;
- sur le contrôle des températures ;
- sur le contrôle d'injection des produits éventuels anticorrosion ;
- éventuellement sur le contrôle de l'installation d'adoucissement de l'eau.

ANNEXE : COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES EAUX VÉHICULABLES (SANS TRAITEMENT)

Caractéristiques	Eau froide	Eau chaude
Résistivité	< 1500 Ω cm > 4500 Ω cm	< 2200 Ω cm > 4500 Ω cm
Titre alcalimétrique complet ou TAC au méthylorange	< 1,6 meq/l (8°f)	< 1,6 meq/l (8°f)
CO ₂ libre	> 30 mg/l	> 15 mg/l
Oxygène dissous	< 4 mg/l	—
CO ₂ agressif	> 5 mg/l	—
Calcium en CA	< 1,6 meq/l (8°f)	< 1,6 meq/l (8°f)
Sulfates en SO ₄	> 3,12 meq/l (150 mg/l)	> 2 meq/l (96 mg/l)
Chlorures en CL	> 2,82 meq/l (100 mg/l)	> 2 meq/l (71 mg/l)
Sulfates et chlorures	—	> 3 meq/l

1. Nom de la personne	2. Adresse	3. Téléphone
4. Date de naissance	5. Sexe	6. État civil
7. Niveau d'études	8. Profession	9. Ancienneté
10. Niveau de revenu	11. Niveau de consommation	12. Niveau de satisfaction
13. Niveau de santé	14. Niveau de bien-être	15. Niveau de qualité de vie
16. Niveau de participation	17. Niveau de responsabilité	18. Niveau de confiance
19. Niveau de respect	20. Niveau de tolérance	21. Niveau de compréhension
22. Niveau de coopération	23. Niveau de collaboration	24. Niveau de solidarité
25. Niveau de respect	26. Niveau de tolérance	27. Niveau de compréhension
28. Niveau de coopération	29. Niveau de collaboration	30. Niveau de solidarité
31. Niveau de respect	32. Niveau de tolérance	33. Niveau de compréhension
34. Niveau de coopération	35. Niveau de collaboration	36. Niveau de solidarité
37. Niveau de respect	38. Niveau de tolérance	39. Niveau de compréhension
40. Niveau de coopération	41. Niveau de collaboration	42. Niveau de solidarité
43. Niveau de respect	44. Niveau de tolérance	45. Niveau de compréhension
46. Niveau de coopération	47. Niveau de collaboration	48. Niveau de solidarité
49. Niveau de respect	50. Niveau de tolérance	51. Niveau de compréhension
52. Niveau de coopération	53. Niveau de collaboration	54. Niveau de solidarité
55. Niveau de respect	56. Niveau de tolérance	57. Niveau de compréhension
58. Niveau de coopération	59. Niveau de collaboration	60. Niveau de solidarité
61. Niveau de respect	62. Niveau de tolérance	63. Niveau de compréhension
64. Niveau de coopération	65. Niveau de collaboration	66. Niveau de solidarité
67. Niveau de respect	68. Niveau de tolérance	69. Niveau de compréhension
70. Niveau de coopération	71. Niveau de collaboration	72. Niveau de solidarité
73. Niveau de respect	74. Niveau de tolérance	75. Niveau de compréhension
76. Niveau de coopération	77. Niveau de collaboration	78. Niveau de solidarité
79. Niveau de respect	80. Niveau de tolérance	81. Niveau de compréhension
82. Niveau de coopération	83. Niveau de collaboration	84. Niveau de solidarité
85. Niveau de respect	86. Niveau de tolérance	87. Niveau de compréhension
88. Niveau de coopération	89. Niveau de collaboration	90. Niveau de solidarité
91. Niveau de respect	92. Niveau de tolérance	93. Niveau de compréhension
94. Niveau de coopération	95. Niveau de collaboration	96. Niveau de solidarité
97. Niveau de respect	98. Niveau de tolérance	99. Niveau de compréhension
100. Niveau de coopération	101. Niveau de collaboration	102. Niveau de solidarité



Question/Réponse

CANALISATIONS EN FONTE

Gel de l'eau pluviale

QUESTION

Quels sont les facteurs qui favorisent le risque de gel des canalisations d'évacuation des eaux pluviales ?

RÉPONSE

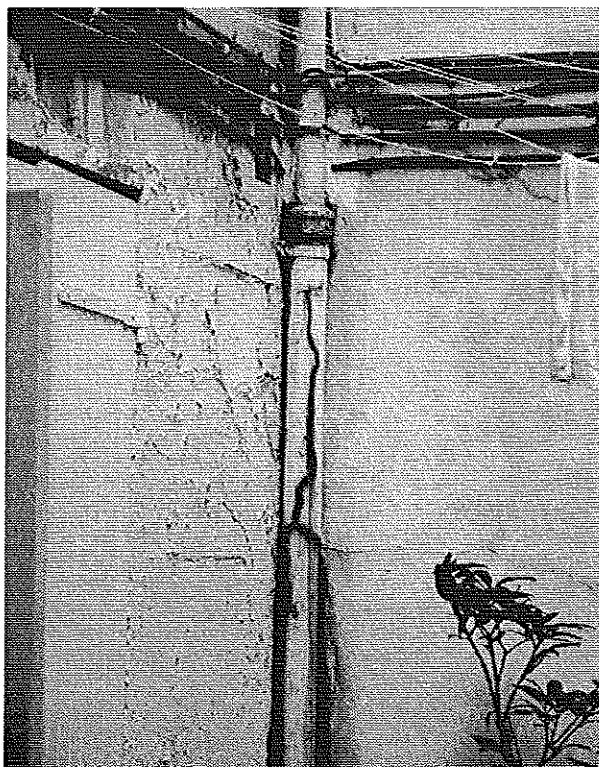
Présentation

Ce type de désordre concerne presque exclusivement les immeubles anciens, plus particulièrement dans la hauteur du rez-de-chaussée, qui comportent des éléments de canalisation en fonte extérieurs raccordés avec des canalisations en zinc. Ces dernières sont en effet plus vulnérables que la fonte vis-à-vis des chocs.

Désordre

La canalisation d'évacuation des eaux pluviales souvent encombrée par des débris de toute nature ¹⁾ se trouve obturée jusqu'à mi-hauteur. L'eau s'écoule avec difficulté en stagnant partiellement dans la moitié supérieure. En période très froide, le gel fait éclater la canalisation (fissure verticale). Elle peut présenter :

- une fissure visible (cf. photo) ;
- une fissure non visible (située à l'opposé dans l'angle des deux murs).



Fissures verticale visible sur une canalisation exposée.

1) Voir 2^e paragraphe de la page 2.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Il peut y avoir des pénétrations capillaires dans les murs adjacents du fait que les eaux de pluie s'évacuent non seulement par la canalisation mais aussi par l'extérieur.

D'autre part, dans les anciens immeubles, les canalisations d'évacuation des eaux usées étaient souvent raccordées en façade avec les eaux pluviales, ce qui peut conduire à des engorgements et même à des phénomènes de gel.

Actuellement, dans les immeubles récents, les évacuations principales des eaux pluviales s'effectuent par des descentes verticales implantées hors des façades et disposées dans des gaines regroupant d'autres évacuations (EU, EV).

Remède

Lorsque le désordre est apparent, la réparation consiste à remplacer l'élément de fonte défaillant et à vérifier les raccordements tant à l'amont qu'à l'aval (regard).

L'utilisation de canalisation en PVC rigide est possible dans le cadre du DTU 60-32, pour l'évacuation des eaux pluviales. Toutefois, ces canalisations restent fragiles vis-à-vis des effets de choc.

REMARQUES

Souvent, dans les immeubles anciens, les gouttières, ou les chéneaux, collectant les eaux de pluie, se situent à la base d'étage pour lesquels, les occupants évacuent leurs eaux usées (changées) par les ouvrages de collecte. Ceux-ci, rarement nettoyés, sauf lors d'orages violents, accumulent des débris de toute nature plus ou moins entraînés dans les évacuations verticales qui finissent par s'engorger.

Les remèdes consistent à interdire (théoriquement) ces déversements et surtout à contraindre la copropriété à un entretien périodique.



Question/Réponse

CANALISATIONS EN GRÈS

Joint^s utilisables

QUESTION

Quels sont les types de joints utilisables pour les raccordements des canalisations d'assainissement enterrées en grès ?

RÉPONSE

Les canalisations d'assainissement en grès comportent un très grand nombre de joints du fait de leur faible longueur. La tenue de ces canalisations dont la situation est enterrée est donc essentiellement liée à la manière dont les joints sont réalisés.

QUALITÉS ET EXIGENCES DES JOINTS

Les qualités et exigences des joints sont :

- étanchéité (écoulement sans pression, sauf mise en charge accidentelle) ;
- souplesse ;
- inertie ;
- vieillissement indéfini.

1^{er} type : joints au mortier de ciment (à proscrire)

Ces types de joints sont à proscrire du fait :

- de leur étanchéité imparfaite ;
- d'une trop grande rigidité, d'une insuffisance de souplesse sous l'effet de tassements accidentels du sol, et d'un risque de rupture.

La solution intermédiaire consiste à :

- placer en fond de joint un mastic assurant l'étanchéité ;
- recouvrir d'un mortier maigre.

Celui-ci s'accroche aux parois du tuyau et bloque le mastic. L'ensemble peut supporter de légères variations dimensionnelles. Quelques fissures peuvent apparaître avec un mortier maigre sans risque de craquellements comme avec un mortier de joint fortement dosé.

2^e type : joint traditionnel

Le vide de l'emboîtement est rempli par une corde goudronnée matée à refus et noyée dans un produit bitumineux préalablement ramolli. Le coulage du bitume dans l'espace annulaire s'effectue grâce à un anneau de coulée façonné à l'aide d'argile plastique.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Ce type de joint présente :

- une bonne élasticité qui permet d'encaisser les mouvements du sol ;
- mais la mise en œuvre est longue, difficile et nécessite une main-d'œuvre qualifiée.

3^e type : joints préfabriqués en usine

- Joint surmoulé en usine sur la canalisation par le fabricant

Il est constitué de deux éléments :

- l'un fixé sur l'embout mâle ;
- l'autre à l'intérieur de la tulipe, avec un bourrelet destiné à assurer l'étanchéité par compression (profilé PVC ou polyuréthane).

Ce système permet :

- une pose rapide ;
- une étanchéité parfaite.

Mais il présente un coût élevé.

- Joint préfabriqué en mousse de caoutchouc en forme de boudin

Ce système n'est efficace que si ses dimensions correspondent parfaitement à celles du tuyau sur lequel il s'adapte.

4^e type : joints à base de mastics spéciaux

Ces mastics sont généralement à base :

- de silicone ;
- de thiokol ;
- ou d'oléorésineux ;
- ou encore de bitume.

Le choix du mastic dépend :

- des sollicitations auxquelles sont soumis les tuyaux ;
- de leurs dimensions ;
- et de leur emplacement.

Certains mastics durs exigent un réchauffage avant pose, ainsi qu'un primaire d'acrotère, et n'adhèrent que sur des tuyaux parfaitement secs (et propres). Cette condition, compte tenu des ouvrages (enterrés) et des conditions climatiques des chantiers, est souvent difficile à réaliser. Ces mastics sont d'un coût élevé. Leur mise en œuvre est complexe. Leur utilisation courante correspond à des réparations aux endroits des joints de canalisation.



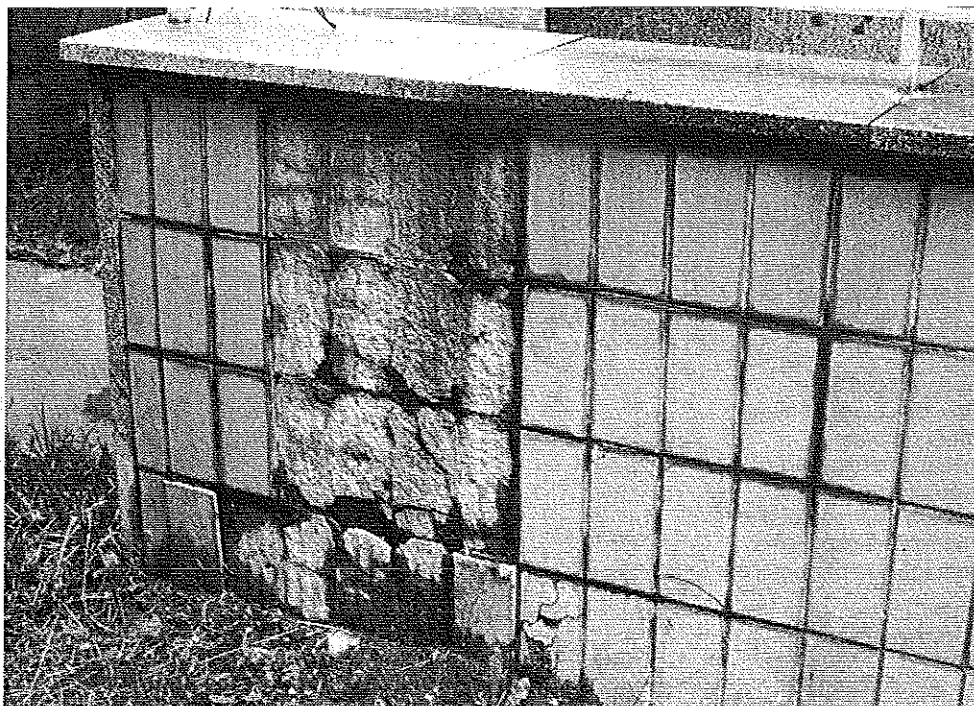
CARRELAGE (REVÊTEMENT DE MUR EXTÉRIEUR)

Décollement, destruction

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Un muret en maçonnerie limite une rampe d'accès piétons à un niveau de sous-sol et un terre-plein adjacent.

Le muret est revêtu par des carreaux 10 × 20 posés au mortier de ciment. Il est couvert par le dessus par une pierre de couronnement comportant des éléments jointifs (voir photo).



Vue d'ensemble du muret ; carrelage décollé. © J. Putatti

Dans une zone correspondant à un joint entre deux dalles de couronnement, le revêtement vertical côté terre-plein s'est complètement décollé sur près d'1/2 m². Quelques carreaux décollés restent au niveau de la première assise.

Une dalle de pierre dure de même nature que celle du couronnement ferme l'about de mur sur son épaisseur.

Causes (voir figure)

D'une part, des cheminements d'eau de pluie se produisent à partir de la dalle de couronnement qui ne présente pas de dispositifs « goutte d'eau ». D'autre part, des remontées capillaires s'effectuent dans le mur à partir du terre-plein. Ces éléments se produisent principalement (ainsi que les remontées capillaires) côté terre-plein. Les désordres n'ont pas été constatés sur la face côté rampe.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

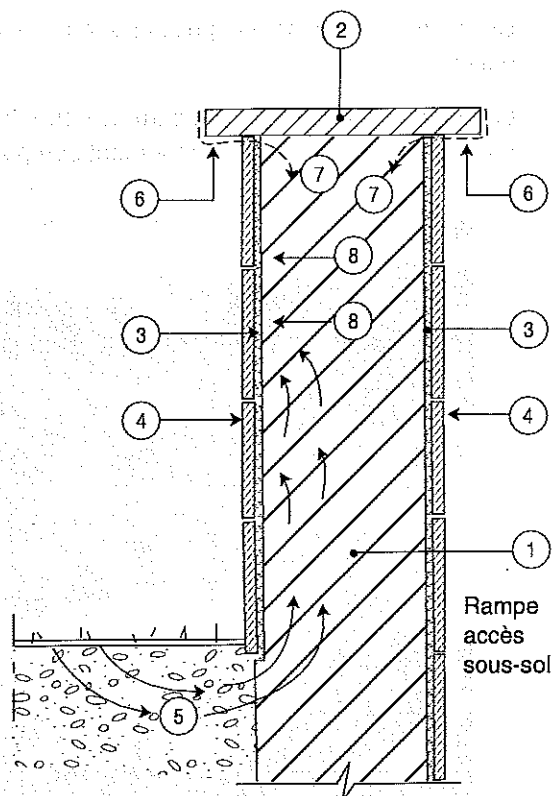
WX

YZ

Cet ouvrage situé dans une région froide soumise à des hivers très rudes a subi les effets du gel au niveau du revêtement vertical. L'expansion du mortier de pose a provoqué le décollement des carreaux puis leur chute.

L'enduit est fissuré mais encore adhérent à la maçonnerie du mur dans la zone affectée par le désordre. À la base du mur, au niveau de la première assise, on peut remarquer des carreaux décollés mais en cours de basculement et quelques carreaux fissurés par effet de gel.

- ① Mur de maçonnerie
- ② Pierre de couronnement
- ③ Mortier de pose
- ④ Carreaux vernissés
- ⑤ Remontées capillaires
- ⑥ Absence de « goutte d'eau »
- ⑦ Pénétrations capillaires
- ⑧ Soufflage des carreaux par le gel



Coupe sur le muret.



CARRELAGE DE TERRASSE PRIVATIVE

Gel d'un revêtement de sol

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Une terrasse privative située au dernier étage d'un immeuble en copropriété sur une zone en retrait d'étage comportait un revêtement de sol, constituant protection de l'étanchéité de la dalle toiture, réalisé en carreaux 10 x 20.

Différents désordres sont intervenus sur ce revêtement :

- éclatement par effet de gel d'un nombre important de carreaux (cf. photo 1) ;
- décollement de carreaux posés en plinthe (cf. photo 2) ;
- concrétions de calcite dans une zone de retombée ;
- éclatement de carreaux au droit d'un joint de dilatation de structure (cf. photo 3), avec rupture de carreau au droit d'un piétement de garde-corps ;
- désordres en bordure d'acrotère (fissures, décollement de carreaux et d'enduit).



Photo 1 : Éclatement des carreaux en écailles. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

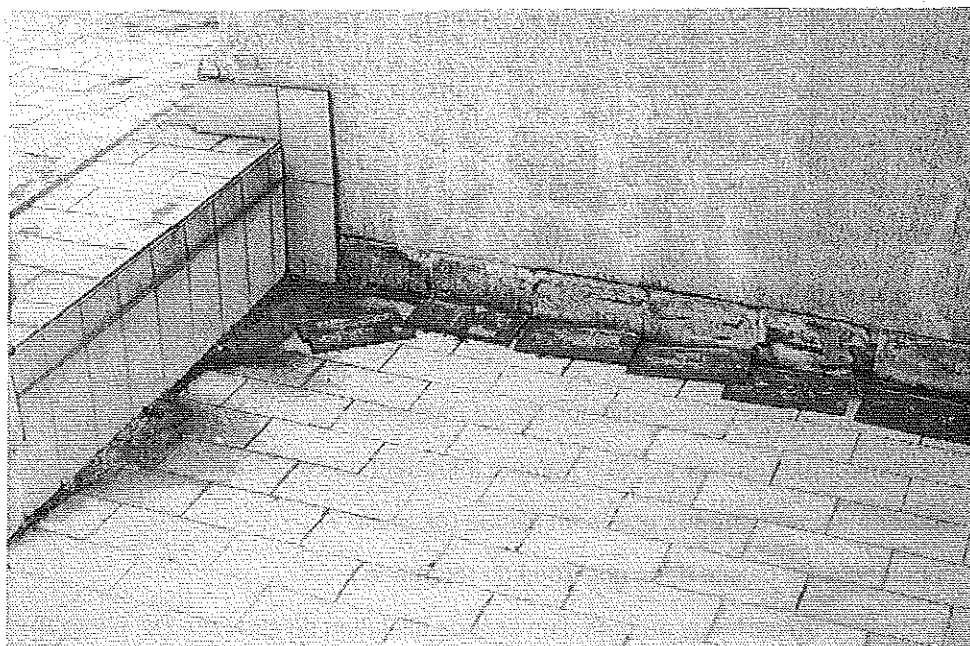


Photo 2 : Décollement de plinthe. © J. Putatti



Photo 3 : Éclatement au droit d'un joint de dilatation (détail). © J. Putatti

CAUSES

La construction établie dans les années 70 ne pouvait respecter des règles de l'art inexistantes à l'époque.

Le DTU 43.1 (édition 12/1973 puis 10/1975) renvoyait, pour les protections dures type carrelage scellé, au DTU 52.1 (revêtements de sols scellés), édition octobre 1973, qui ne définissait pas les conditions de pose à l'extérieur.

Les anciennes règles (1973) renvoyaient le problème de la pose à l'extérieur au maître d'œuvre :

« Il appartient au maître d'œuvre de préciser dans un DPM (Document particulier du marché) les prescriptions spéciales à observer dans ce cas de pose. »

Néanmoins le commentaire de l'article 1.2 (domaine d'application) indiquait :

« Les produits de carrelage à exécuter en pose extérieure doivent présenter des qualités de pose particulières de résistance au gel en raison des conditions défavorables d'emploi, stagnation des eaux, remontées capillaires, etc. »

Pour le cas présenté, il s'agit donc :

- d'un mauvais choix de matériau inadapté à une pose en revêtement extérieur ;
- de défauts de pose.

Le présent document est la propriété de la Direction de l'Énergie et des Ressources.
Il est communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
This document is the property of the Direction de l'Énergie et des Ressources.
It is communicated pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.
Document released pursuant to the Access to Information Act.



CARRELAGE DE TERRASSE PRIVATIVE

Réfection d'un revêtement de sol

POSITION DU PROBLÈME

Suite un à désordre de carrelage posé en revêtement extérieur de protection d'un complexe d'étanchéité sur une terrasse privative attenante à un appartement dans une copropriété, la réfection de ce revêtement est envisagée.

Le désordre constaté correspond à un phénomène de gel des carreaux et est intervenu après la période décennale.

Les règles de l'art applicables à l'époque de la construction (DTU 52.1) ne prévoyaient pas la pose de ces revêtements à l'extérieur, sauf conditions particulières définies dans les DPM (annexe en préparation).

Néanmoins, ces règles attiraient l'attention sur les conditions de pose à l'extérieur nécessitant de tenir compte des phénomènes de gel, et des conditions générales des sols extérieurs pouvant présenter des défauts de planéité avec des risques de stagnation.

Les matériaux utilisés doivent satisfaire aux exigences de la norme NF P 61-513 (ou EN 202) pour les carreaux céramiques. La pose est désormais définie dans les DTU 52.1, édition août 1994 (NF P 61-202).

Au niveau de la copropriété, deux cas peuvent se présenter :

- malgré les désordres affectant les ouvrages de protection de l'étanchéité, il n'y a pas de fuites dans le revêtement. Toutefois la situation peut se dégrader et il faudra alors refaire la protection et l'étanchéité à plus ou moins bref délai ;
- les désordres dans la protection ont entraîné des pénétrations d'eau dans l'étage sous terrasse, notamment par suite des décollements de plinthe et fissurations des relevés.

Dans ce cas, la réfection totale s'impose. Elle doit être prévue :

- à l'identique ou, si le copropriétaire de la terrasse privative le demande, avec un autre type de revêtement, le supplément de coût du matériau choisi étant à sa charge ;
- avec des matériaux conformes aux exigences et posés selon les règles de l'art actuelles.

C'est la copropriété qui prend en charge les travaux de réfection :

- du carrelage seul, s'il est reconnu après dépose de l'ancien que les ouvrages d'étanchéité sont en bon état (accord de la copropriété) ;
- de l'ensemble si l'étanchéité n'est pas réparable du fait de l'âge différent des matériaux d'étanchéité.

En effet, le plancher-terrasse d'une zone privative constitue le clos et le couvert et la structure porteuse de l'immeuble. À ce titre, il constitue « partie commune ». Les dépenses correspondantes sont réparties en fonction des parts ou millièmes de copropriété. Le caractère privatif de la terrasse ne tient compte que de l'usage.

Toutefois, l'entretien de cette zone privative est à la charge du copropriétaire correspondant notamment en ce qui concerne le bon fonctionnement des ouvrages de collecte et d'évacuation des EP.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CD - Carrelage de terrasse privative : Réfection d'un revêtement de sol



(

(

(

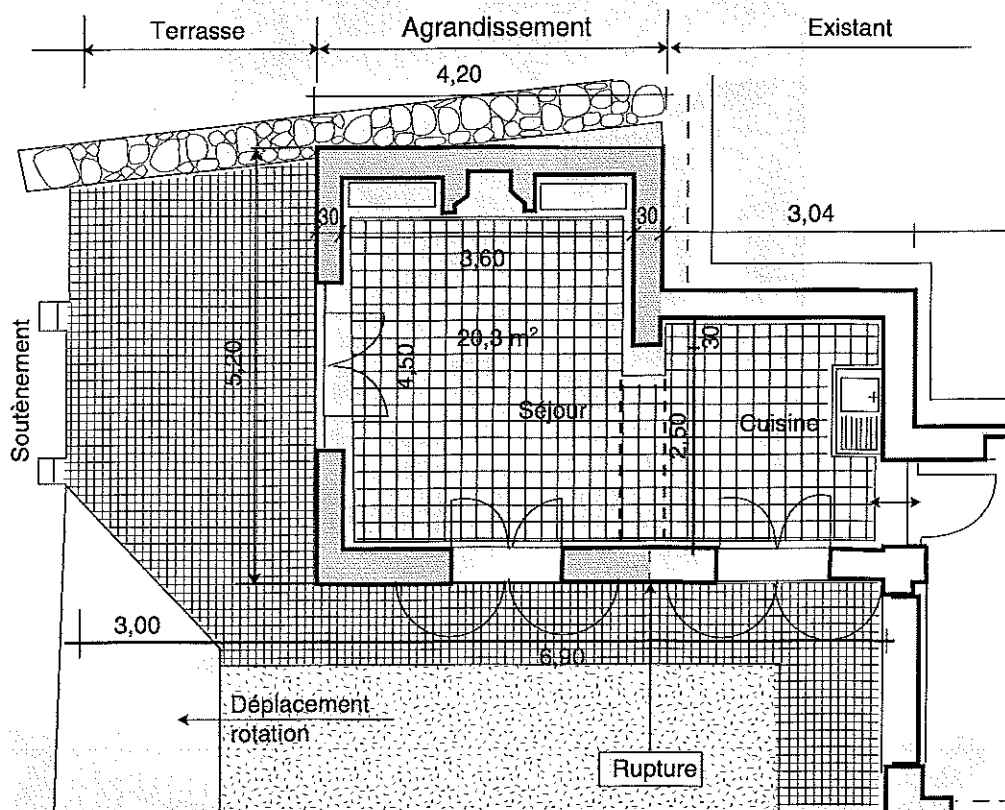
(



CHAÎNAGE DÉFECTUEUX ¹⁾

Agrandissement d'une construction

POSITION DU PROBLÈME (cf. plan)



Une ancienne construction, comportant un rez-de-chaussée et un comble aménagé disposé en angle d'un autre bâtiment, est agrandi par un bâtiment rectangulaire (pièce de séjour) d'une surface habitable de 20 m² environ. Cette pièce donne sur une terrasse en surplomb d'une dénivelée importante, bordée par un ancien mur de soutènement.

Une fissure très importante apparaît à la jonction du mur façade nouveau avec l'ancien (cf. photos).

1) Absence de chaînage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 1 : Jonction des deux parties, fissure près de la descente EP. © J. Putatti

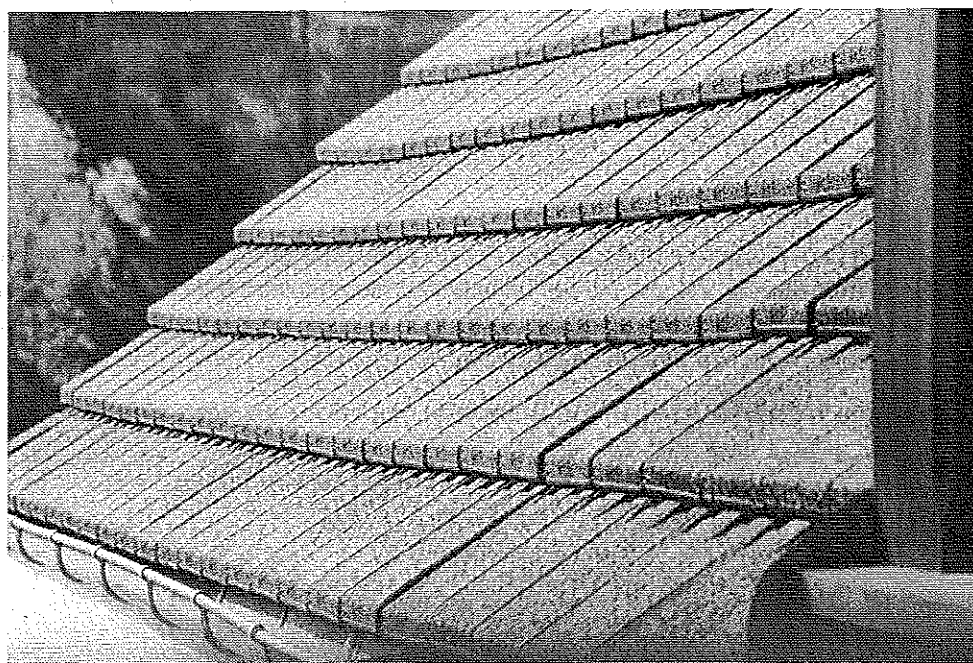


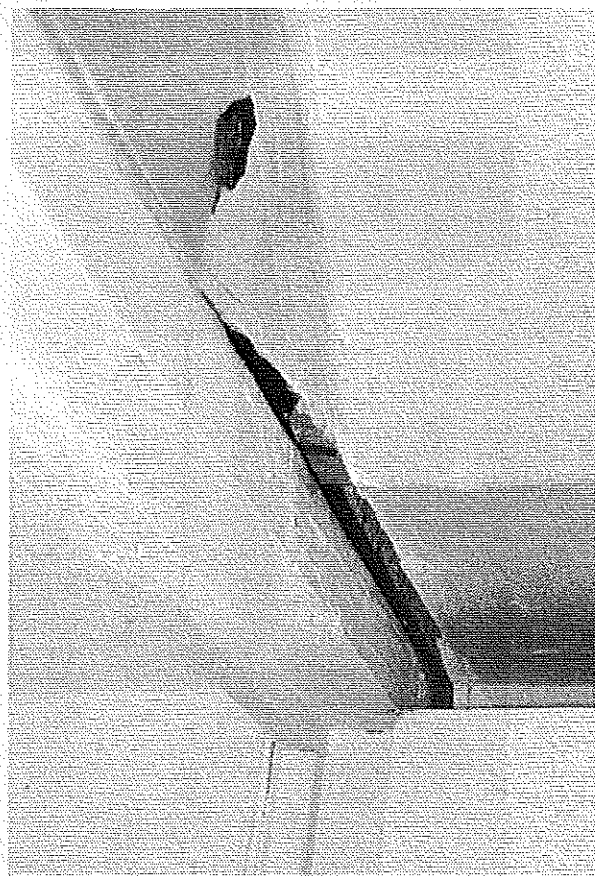
Photo 2 : Le joint apparaît dans la couverture en tuiles au droit de la jonction des deux gouttières. © J. Putatti

Des fissures importantes se forment à l'intérieur à la jonction des deux parties (photos 3 et 4).

Photo 3 : Fissure de décollement à l'intérieur à l'étage
(comble aménagé). © J. Putatti



Photo 4 : Importante fissure de décollement entre les
deux parties au niveau du comble aménagé. © J. Putatti





La fissure s'élargit vers le haut.

Photo 5 : Ensemble fissure de jonction.
© J. Putatti



Photo 6 : Détail de la partie haute (comble). La fissure s'élargit vers le haut.
© J. Putatti



Photo 7 : Détail de l'ouverture du joint fissuré dans la zone sous auvent. © J. Putatti

CAUSE DU DÉSORDRE

- Le bâtiment nouveau construit en adossement avec un joint sec par rapport au bâtiment existant n'est pas relié par un chaînage à ce dernier. Il se comporte donc indépendamment de celui-ci.
- Le terre-plein sur lequel ce bâtiment a été édifié est bordé par un soutènement contenant le massif sur lequel il a été construit. Les charges ramenées par la nouvelle construction ont modifié l'équilibre du massif et provoqué un mouvement de rotation de l'ensemble du nouveau bâtiment qui s'est détaché de l'ancien. L'ouverture du joint plus forte en partie haute confirme cette rotation (cf. fiche Solutions).



CHAÎNAGE DÉFECTUEUX

Agrandissement d'une construction

Le désordre est décrit et illustré dans la fiche Désordre.

La construction nouvelle non rattachée à l'existante s'est déplacée par rotation vers l'aval probablement par suite d'un tassement du massif contenu par un ancien mur de soutènement massif en maçonnerie. Le phénomène de tassement et de rotation d'ensemble est irréversible.

Les manifestations des désordres correspondent :

- à l'ouverture du joint sec entre les deux constructions ;
- à la formation des fissures dans les aménagements intérieurs.

La solution a consisté à bloquer le processus de mouvement du nouveau bâtiment en rétablissant le chaînage en partie supérieure du mur de façade (fig. 1).

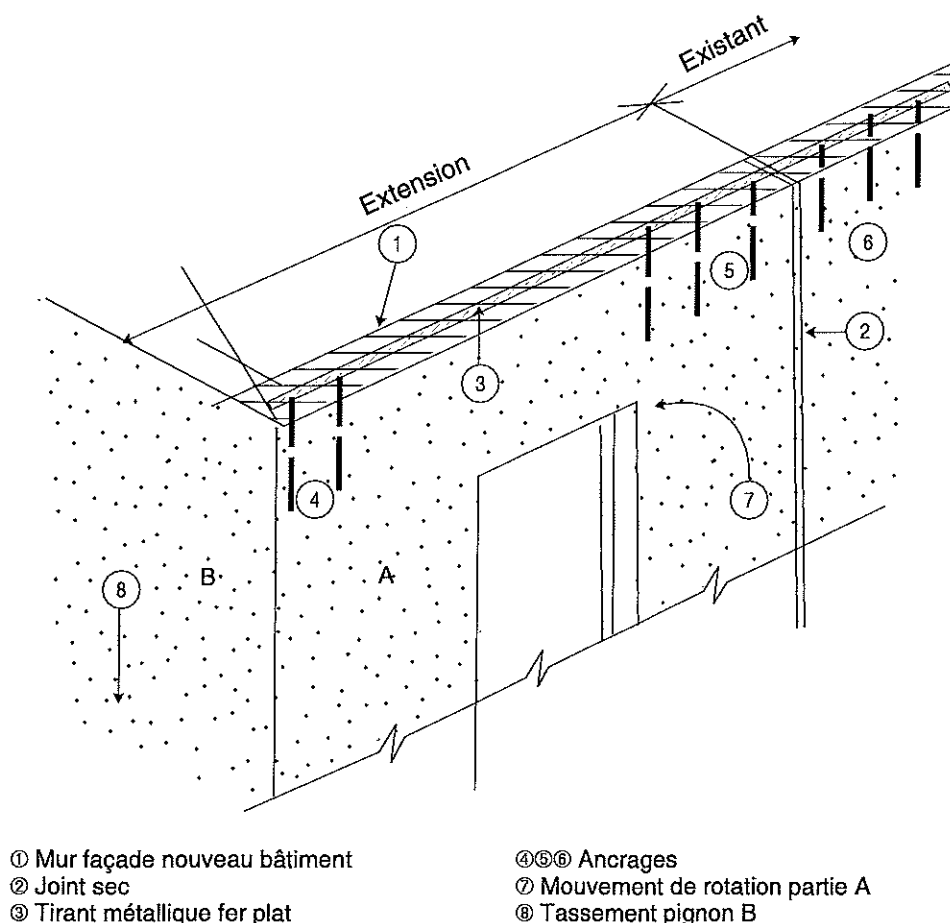


Fig. 1

Cette opération de sauvetage a nécessité :

- la découverte de la toiture dans la zone de la partie nouvelle et dans la zone adjacente de la partie ancienne, afin de dégrader les maçonneries jusqu'au-dessus du mur ;

- la mise en place d'un chaînage constitué d'un fer plat (section 50×6 mm) ;
- et d'ancrages verticaux répartis :
 - à partir de l'angle pignon façade du nouveau bâtiment, de façon à chaîner toute la partie de l'extension ;
 - sur la zone du joint sec de part et d'autre ;
- le traitement du joint de façade par dégagement du mastic d'origine et reconstitution d'un joint maçonné tant par l'intérieur que par l'extérieur avec calfeutrement extérieur ;
- le rétablissement de la couverture ;
- la vérification de l'étanchéité des regards d'évacuation des eaux pluviales.





CHARPENTES EN BOIS

Pathologie générale

Les charpentes en bois peuvent être classées en :

- charpentes traditionnelles ;
- charpentes industrialisées ;
- charpentes en bois lamellé-collé.

Chaque catégorie a sa pathologie particulière résumée ci-après, d'après une enquête SYCODES (novembre-décembre 1998).

CHARPENTES TRADITIONNELLES

Cette catégorie représente 66 % des désordres des charpentes en bois, avec un coût moyen de réparation de 33 000 F (HT).

Les causes principales sont résumées dans le tableau suivant.

Cause des désordres - charpentes traditionnelles	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Utilisation de bois trop humide	16,4	12,6	25 300
Défaut de traitement du bois	31,9	18,5	19 200
Erreur de dimensionnement	17,4	27	51 300
Défaut de liaison charpente - gros œuvre	11,7	13,1	36 900
Défaut d'assemblage	10,4	11,8	37 500
Autres causes	12,4	17,1	45 600

- La cause principale provient du bois utilisé trop humide ou mal traité en préservation.
- Les erreurs de dimensionnement dont le pourcentage est moindre entraînent des coûts de réparation élevés.

La manifestation des désordres de ce type de charpente correspond aux défauts mentionnés dans le tableau suivant.

Manifestation des désordres des charpentes traditionnelles	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Défaut de stabilité	85	88,3	34 600
Défaut d'étanchéité à l'eau de la couverture	5,3	3,4	21 000
Sécurité	3,7	1,8	16 400
Autre manifestation	6	6,5	35 800

- Les sinistres les plus fréquents correspondent à des défauts de stabilité dont des effondrements partiels de formations pouvant mettre en cause la sécurité.
- La répartition par type de bâtiment est de :
 - 67 % pour les maisons individuelles ;
 - 17 % pour les bâtiments collectifs ;
 - 16 % pour les autres bâtiments.

CHARPENTES INDUSTRIALISÉES

Cette catégorie représente **29 %** de l'ensemble des désordres de charpentes en bois, avec un coût moyen de réparation moyen de 58 200 F (HT).

La maison individuelle est concernée avec **83 %** des sinistres, 9 % pour les bâtiments collectifs et 8 % pour les autres (tertiaire).

Cause des désordres des charpentes industrialisées	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Absence ou insuffisance du dispositif de contreventement ou antifiambement	37,2	46,1	72 000
Défaut de traitement du bois	1,5	0,4	13 900
Entraxe excessif	13,9	19,2	80 200
Défaut de liaison charpente gros œuvre	7,5	5,7	43 900
Défaut d'assemblage	8,6	7,4	49 600
Autres causes	31,2	21,4	39 800

- Les causes de désordres sont assez différentes de celles de la charpente traditionnelle. Viennent en tête les défauts de pose (méconnaissance du rôle et positionnement des dispositifs de contreventement).
- Les manifestations des sinistres sont sensiblement les mêmes que pour la charpente traditionnelle.

CHARPENTES EN BOIS LAMELLÉ-COLLÉ

Ce type de charpentes représente un peu moins de 5 % de l'échantillon étudié dont 80 % concernent les bâtiments hors habitation.

Les causes sont résumées dans le tableau suivant.

Causes des désordres des charpentes en lamellé-collé	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Vice du matériau ou de sa protection	23	26	119 000
Erreur de dimensionnement	7	20	312 000
Défaut d'assemblage	25	20	87 000
Autres causes	45	34	79 000

- La réparation des désordres de ce type de structure peut dépasser 300 000 F.
- Les bâtiments concernés sont souvent de grands ouvrages (gymnases, grandes surfaces de vente, hangars d'aviation, etc.).

RÉSUMÉ

Les désordres des charpentes en bois sont d'autant plus graves et coûteux que leur technologie est avancée.

Les charpentes industrialisées qui se développent de plus en plus (47 % en habitat collectif et 59 % en habitat individuel) ne représentent, au niveau des sinistres, que respectivement 19 % et 35 %. Toutefois, la mise en œuvre de ces charpentes n'est pas encore correctement maîtrisée.



Désordre

CHARPENTES EN BOIS

Pathologie générale

Les charpentes en bois peuvent être classées en :

- charpentes traditionnelles ;
- charpentes industrialisées ;
- charpentes en bois lamellé-collé.

Chaque catégorie a sa pathologie particulière résumée ci-après, d'après une enquête SYCODES (novembre-décembre 1998).

CHARPENTES TRADITIONNELLES

Cette catégorie représente 66 % des désordres des charpentes en bois, avec un coût moyen de réparation de 33 000 F (HT).

Les causes principales sont résumées dans le tableau suivant.

Cause des désordres - charpentes traditionnelles	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Utilisation de bois trop humide	16,4	12,6	25 300
Défaut de traitement du bois	31,9	18,5	19 200
Erreur de dimensionnement	17,4	27	51 300
Défaut de liaison charpente - gros œuvre	11,7	13,1	36 900
Défaut d'assemblage	10,4	11,8	37 500
Autres causes	12,4	17,1	45 600

- La cause principale provient du bois utilisé trop humide ou mal traité en préservation.
- Les erreurs de dimensionnement dont le pourcentage est moindre entraînent des coûts de réparation élevés.

La manifestation des désordres de ce type de charpente correspond aux défauts mentionnés dans le tableau suivant.

Manifestation des désordres des charpentes traditionnelles	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Défaut de stabilité	85	88,3	34 600
Défaut d'étanchéité à l'eau de la couverture	5,3	3,4	21 000
Sécurité	3,7	1,8	16 400
Autre manifestation	6	6,5	35 800

- Les sinistres les plus fréquents correspondent à des défauts de stabilité dont des effondrements partiels de formations pouvant mettre en cause la sécurité.
- La répartition par type de bâtiment est de :
 - 67 % pour les maisons individuelles ;
 - 17 % pour les bâtiments collectifs ;
 - 16 % pour les autres bâtiments.

CHARPENTES INDUSTRIALISÉES

Cette catégorie représente **29 %** de l'ensemble des désordres de charpentes en bois, avec un coût moyen de réparation moyen de 58 200 F (HT).

La maison individuelle est concernée avec **83 %** des sinistres, 9 % pour les bâtiments collectifs et 8 % pour les autres (tertiaire).

Cause des désordres des charpentes industrialisées	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Absence ou insuffisance du dispositif de contreventement ou antifiambement	37,2	46,1	72 000
Défaut de traitement du bois	1,5	0,4	13 900
Entraxe excessif	13,9	19,2	80 200
Défaut de liaison charpente gros œuvre	7,5	5,7	43 900
Défaut d'assemblage	8,6	7,4	49 600
Autres causes	31,2	21,4	39 800

- Les causes de désordres sont assez différentes de celles de la charpente traditionnelle. Viennent en tête les défauts de pose (méconnaissance du rôle et positionnement des dispositifs de contreventement).
- Les manifestations des sinistres sont sensiblement les mêmes que pour la charpente traditionnelle.

CHARPENTES EN BOIS LAMELLÉ-COLLÉ

Ce type de charpentes représente un peu moins de 5 % de l'échantillon étudié dont 80 % concernent les bâtiments hors habitation.

Les causes sont résumées dans le tableau suivant.

Causes des désordres des charpentes en lamellé-collé	% du nombre de sinistres	% du coût des réparations	Coût moyen des réparations (F)
Vice du matériau ou de sa protection	23	26	119 000
Erreur de dimensionnement	7	20	312 000
Défaut d'assemblage	25	20	87 000
Autres causes	45	34	79 000

- La réparation des désordres de ce type de structure peut dépasser 300 000 F.
- Les bâtiments concernés sont souvent de grands ouvrages (gymnases, grandes surfaces de vente, hangars d'aviation, etc.).

RÉSUMÉ

Les désordres des charpentes en bois sont d'autant plus graves et coûteux que leur technologie est avancée.

Les charpentes industrialisées qui se développent de plus en plus (47 % en habitat collectif et 59 % en habitat individuel) ne représentent, au niveau des sinistres, que respectivement 19 % et 35 %. Toutefois, la mise en œuvre de ces charpentes n'est pas encore correctement maîtrisée.



CHARPENTES EN BOIS

Charpentes industrialisées

RAPPEL

Les charpentes industrialisées apparues en France dans les années 60 se sont fortement développées avec la construction des maisons individuelles (en 1986, 60 % de ce type de constructions utilisaient cette technique).

Ces charpentes légères traditionnelles aux États-Unis, Canada et dans les pays scandinaves, où le bois est abondant, portent des couvertures légères :

- bardeaux bitumés (États-Unis, Canada) ;
- tôles métalliques en Scandinavie.

En France, les couvertures sont plus lourdes (tuiles), les bois de moins bonne qualité et utilisés trop jeunes ou pas assez secs et les conceptions plus « économiques » suivies de mises en œuvre moins soignées.

La pathologie est abondante (nombre de sinistres, coût par sinistre).

Manifestation des désordres :

- déformation et déversement de l'ensemble de la charpente et de la couverture ;
- pénétrations d'eau avec destruction de plafonds et faux plafonds ;
- effondrements partiels ou d'ensemble ;
- désordres en plafonds.

CAUSES

1. Défauts de conception

- Éléments sous-dimensionnés.
- Insuffisance de contreventement.

2. Défauts de fabrication des fermettes

- Qualité défectueuse des bois.
- Défaut de traitement.
- Assemblages défectueux (aboutements).

3. Défauts de montage sur chantier

Écroulement.

4. Défauts divers de mise en œuvre

- Mauvais étrésolement des entrails.
- Défaut de nivellement des appuis sur maçonnerie (calages).
- Fermette avec entrail retroussé sans tirant - déformation, poussée sur les murs.
- Mauvaise disposition de l'isolation en comble entraînant une déformation des entrails.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMÈDES

1. Préventif

- Application du DTU 31.3 (récemment paru) et des Règles CB 71.
- Règles de conception et de calcul.

2. Correctif

Pour les anciens ouvrages, seule une réfection complète conforme aux dispositions du DTU 31.3 doit être envisagée.

La cause originale est généralement la recherche de l'économie maximale (« optimisation » abusive).

Note

Les défauts d'isolation thermique disposée en comble perdu sont dans la plupart des cas des causes secondaires de sinistres, les causes principales étant à rechercher au niveau des charpentes industrialisées (fissuration des plafonds notamment).



CHARPENTES EN BOIS

Réalisation de colombage

RAPPEL

Ce type de structure est régional (Alsace, Normandie et autres lieux).

Les désordres concernent :

- la charpente bois proprement dite (pan de bois) par destruction progressive ou altération des éléments structurels ;
- les remplissages (colombages)¹⁾.

DÉSORDRES « DANS LE BOIS »

- L'exigence fonctionnelle principale est la stabilité aux efforts verticaux et horizontaux, d'où la présence de nombreux éléments de contreventement.
- Le colombage ou *remplissage* doit assurer l'étanchéité à l'air et à l'eau et doit isoler du froid et du bruit.

Les désordres concernant :

- le matériau bois (altération - destruction),
- le matériau de remplissage,
- la jonction des deux matériaux,

résultent du ruissellement de l'eau sur les façades et de leur pénétration à travers les matériaux constitutifs ou les défauts de parois (joints).

Le problème de l'étanchéité à l'eau est difficile à résoudre à cause :

- des déformations du bois (variations dimensionnelles d'origine hygrométrique) ;
- de la présence des joints en retrait (ou en saillie par rapport à l'ossature bois et qu'il faut calfeutrer correctement.

PRÉVENTION

- La réalisation constitue un cas d'espèce et nécessite un diagnostic de l'état des pièces de bois.
- la reconstruction « à neuf » doit prévoir les dispositions suivantes :
 - choisir des bois à moindre teneur en eau (chêne, bois tropicaux) ;
 - protéger le bois contre les reprises d'humidité ;
 - calfeutrer par mastic d'étanchéité à plasticité durable dans une conception (profil) adéquate avant exécution ;
 - traitement du remplissage maçonnerie par épiderme armé (I_4) raccordé au calfeutrement précédent.

1) Ne sont pas considérés ici les « faux colombages » décoratifs en panneaux rapportés que l'on rencontre sur des réalisations récentes de la côte normande.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE LOI

100
100
100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100



CHARPENTE TRADITIONNELLE EN BOIS

Fentes de séchage

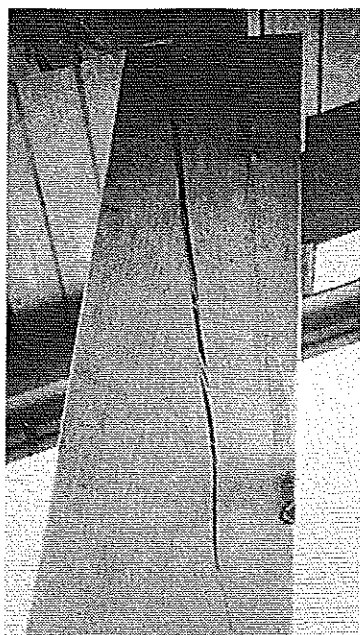
Des fentes pouvant dépasser 2 cm de large et 1 m de longueur apparaissent dans la plupart des pièces de bois d'une charpente en chêne. Cette charpente est située dans des combles habitables d'un pavillon haut de gamme.



© CTBA



© Yves Benoît



© CTBA



© Bulldog

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



CHARPENTE TRADITIONNELLE EN BOIS

Fentes de séchage

- Le bois est mis en œuvre avec une humidité très importante ($h > 30\%$).
- L'humidité du bois est plus importante que son humidité d'équilibre lorsqu'il sera mis en œuvre (13 à 18 % pour les bois abrités, 8 à 12 % pour les bois situés dans un local chauffé).
- Une diminution de l'humidité du bois (pour $h < 30\%$) provoque un retrait du bois et dans certaines conditions, des fentes importantes.
- Il est difficile de trouver sur le marché des poutres de section importante avec un faible taux d'humidité.
- Le séchage du bois est trop brutal, notamment s'il est mis en œuvre en période de forte chaleur ou dans un local chauffé.
- Le bois sélectionné est nerveux. Le coefficient de rétractibilité est important.
- Les pièces de bois ne sont pas positionnées correctement. Les fentes sont les plus apparentes sur la face visible.
- À inertie identique, une poutre dont la section est carrée aura plus de fentes qu'une poutre dont la section est rectangulaire et reposant sur le chant.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

DIAGNOSTIC

1. Contexte

Le diagnostic a été réalisé sur la charpente traditionnelle en bois de la toiture de la maison n° 1234567890, située au 123 rue de la République, 75001 Paris. L'objectif de ce diagnostic est d'évaluer l'état de conservation de la charpente et de proposer des mesures de maintenance et de réparation nécessaires.

La charpente est constituée de poutres en chêne massif, de chevrons en sapin de France et de solives en chêne massif. Les poutres sont posées sur des murs en maçonnerie et les chevrons sont posés sur les poutres. Les solives sont posées sur les chevrons.

Le diagnostic a été réalisé par un expert en charpente traditionnelle en bois, titulaire d'un diplôme d'ingénieur en génie civil et d'un diplôme de charpente traditionnelle en bois.

Le diagnostic a été réalisé en présence de l'architecte et du propriétaire de la maison. Les constatations ont été consignées dans un rapport de diagnostic.

Le diagnostic a permis de constater que la charpente est en bon état de conservation. Les poutres, chevrons et solives sont en bon état et ne présentent aucune trace de pourriture ou de déformation. Les joints sont bien réalisés et les poutres sont bien posées sur les murs.

Le diagnostic a également permis de constater que la charpente est bien ventilée et que l'humidité relative est comprise entre 60% et 70%. Les mesures de maintenance et de réparation recommandées sont donc limitées à des travaux de peinture et de vernis.



CHARPENTE TRADITIONNELLE EN BOIS

Fentes de séchage

TEXTES RÉGLEMENTAIRES

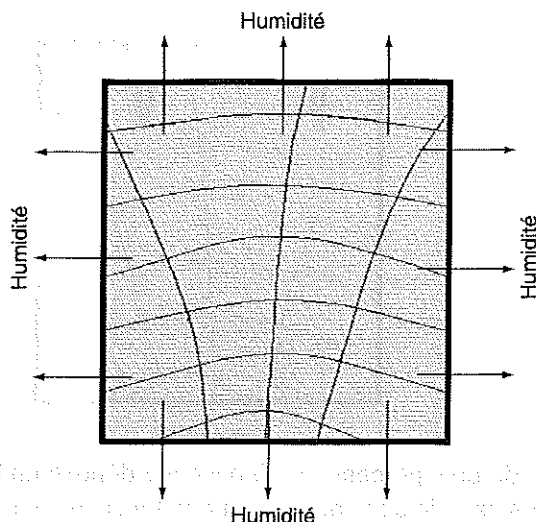
DTU 31.1 : Charpente et escalier en bois.

ORIGINE DES FENTES

Les fentes sont provoquées par le retrait du bois. Celui-ci est directement proportionnel à la diminution de l'humidité du bois, c'est-à-dire :

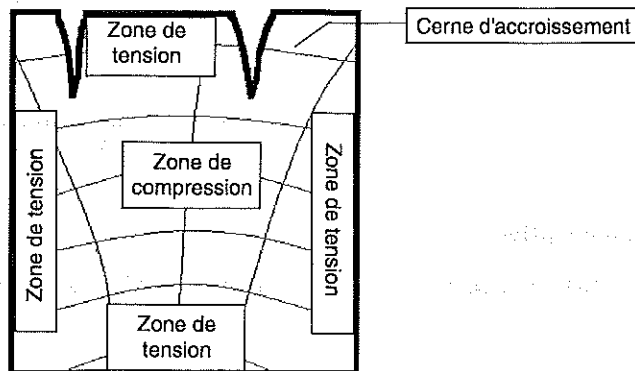
$$\text{retrait} = \text{coefficient de rétractibilité} \times \text{variation d'humidité} \times \text{dimension}$$

Le séchage s'effectue par les côtés de la pièce de bois.



L'humidité est donc plus importante au cœur que sur les faces. Il en est de même pour le retrait. Ce déséquilibre provoque des tensions internes. Lorsqu'elles dépassent la résistance mécanique du bois, ces tensions provoquent les fentes. Celles-ci seront plus importantes pour les grosses sections et pour les essences avec un fort retrait (comme le chêne).

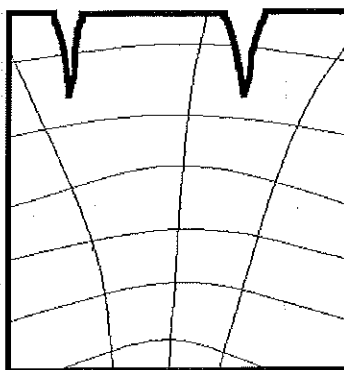
Par ailleurs, le retrait total (lorsque l'humidité du bois varie de 30 à 0 %) est fortement anisotrope. Par exemple, pour le chêne, le retrait axial est de l'ordre de 2 %, le retrait radial (perpendiculaire aux cernes d'accroissement) est de 5 %, et le retrait tangentiel (parallèle aux cernes d'accroissement) est de 10 %. Ce phénomène permet d'appréhender la situation des fentes les plus importantes.



En outre, le séchage de pièces de chêne ayant une section importante nécessite l'immobilisation d'un séchoir artificiel pendant plusieurs mois. Le coût d'une telle opération étant prohibitif, il est impossible de trouver ce type de pièce sur le marché.

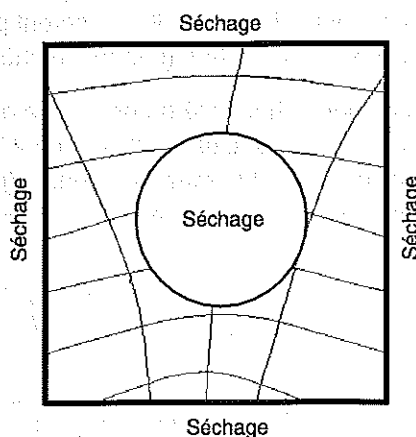
1. Solution préventive

- Employer du bois lamellé collé : l'épaisseur de chaque lamelle étant de l'ordre de 40 mm, leur séchage ne pose aucun problème économique.
- Employer des pièces de récupération : les anciennes maisons étaient moins chauffées. Le séchage du bois était moins rapide et les fentes moins importantes.
- Laisser un délai le plus important possible entre la pose de la charpente et la période de chauffage afin d'obtenir un séchage plus lent et des fentes moins importantes.
- Orienter les pièces de bois pour que les fentes soient majoritairement sur des faces non ou moins visibles : en fonction de la disposition des cernes d'accroissement, l'apparition des cernes est prévisible.



Face visible

- Utiliser des pièces de bois percées : un fabricant a déposé un brevet et propose des pièces de forte section, percées dans le sens de la longueur. Le séchage se réalise par les faces et le cœur de la pièce. Les tensions sont nettement diminuées ainsi que le risque de fente. Par ailleurs, il est possible de passer les gaines électriques dans cet évidement.



2. Solution curative

- Habiller les faces avec des planches de chêne rabotées, dont l'humidité est comprise entre 12 et 15 %.



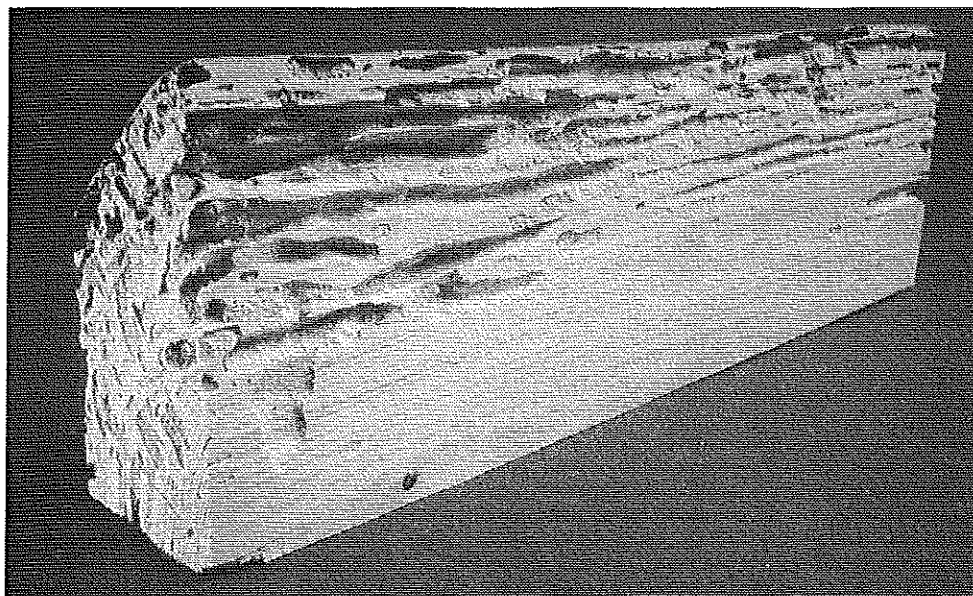
CHARPENTE TRADITIONNELLE EN RÉSINEUX

Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Capricorne des maisons

ASPECT DU BOIS DÉGRADÉ

L'aubier des essences résineuses est attaqué ; les dégâts peuvent s'étendre au bois parfait lorsqu'il n'est pas duraminisé :

- infestation décelable seulement après la sortie de la première génération ;
- trous de sortie ovales des insectes adultes en surface des pièces de bois (grand diamètre de 8 à 10 mm), bords irréguliers ;
- galeries creusées par les larves dans les couches externes des pièces de bois ; mince pellicule périphérique parfois bombée par le tassement de la vermoulure (déjections). Les galeries sont parallèles au fil du bois, ovalaires, et comportent des stries sur les parois (coups de mandibules de la larve) ;
- vermoulure de couleur jaune clair quand elle est récente, composée de petits tonnelets de 0,8 mm de long et de 0,5 mm de large environ.



Élément de charpente dégradé. © CTBA

MORPHOLOGIE DE L'INSECTE

- Adulte :
 - longueur : 10 à 20 mm ;
 - couleur : brun à noir ;
 - antennes : longues mais plus courtes que le corps ;
 - élytres (ailes antérieures coriaces) : rugueux, avec 2 bandes pubescentes transversales plus ou moins continues.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

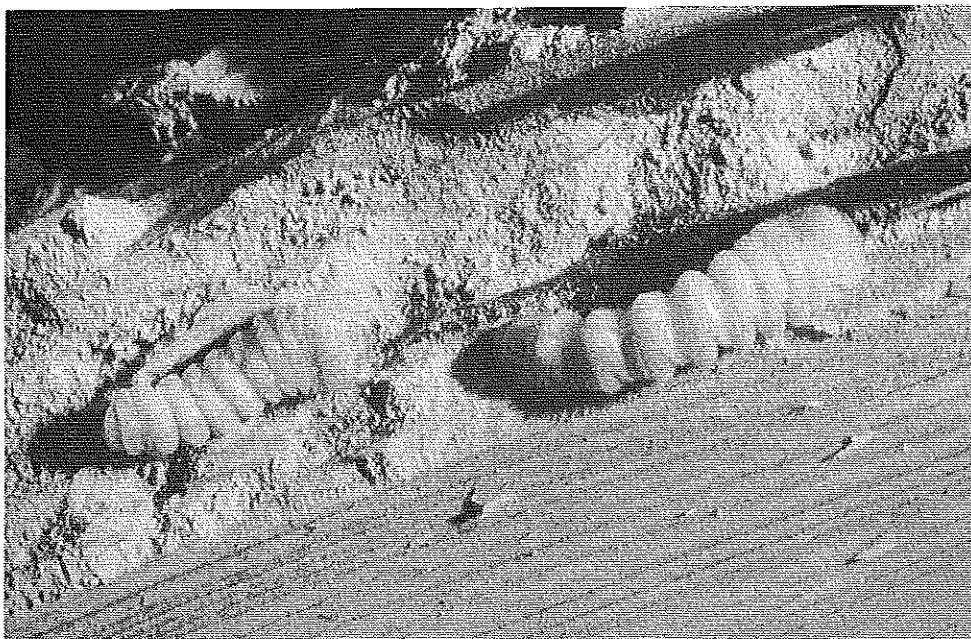
UV

WX

YZ

• Larve :

- longueur : 20 à 25 mm ;
- couleur : blanc ivoire ;
- forme : cylindrique, allongée ;
- 2 très fortes mandibules ;
- 3 paires d'ocelles pigmentées.



Larves de Capricorne dans les galeries ; stries sur les parois. © CTBA



CHARPENTE TRADITIONNELLE EN RÉSINEUX

Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Capricorne des maisons

AGENT BIOLOGIQUE

Capricorne des maisons : *Hylotrupes bajulus* L.

Ordre : Coléoptères.

Famille : *Cerambycidae*.

BOIS DÉGRADÉS

Les dégradations dues au Capricorne des maisons concernent les bois mis en œuvre (charpente) ou stockés à un taux d'humidité < 30 %, avec dégradation de l'aubier des essences résineuses qui s'étend au bois parfait non duraminisé. Les plus fortes attaques sont en général constatées durant les 20 à 40 premières années après l'abattage de l'arbre.

CYCLE ÉVOLUTIF ET CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Apparition des adultes

Celle-ci a lieu de juin à août ; la femelle vit 2 semaines, le mâle 3 semaines. Ne font aucun dégât, ne se nourrissent pas, se reproduisent seulement.

Ponte

Les femelles déposent 40 à 100 œufs dans les fentes et fissures du bois ; éclosion des larves après 2 semaines.

Développement larvaire dans le bois

La durée du stade larvaire est variable avec une activité maximale à 28 °C mais nulle pour des températures < 10 °C et > 38 °C. Températures > 60 °C létales.

La durée est raccourcie par une forte humidité ambiante, et dépend de la valeur nutritive du bois attaqué.

Durée de la nymphose (stade de repos avant l'état adulte)

Deux semaines dans une loge près de la surface du bois.

Durée totale du cycle de développement

De 3 à 5 ans selon les conditions.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Développement important en France après 1950 suite à :

- l'emploi généralisé des résineux en charpente ;
- l'utilisation de l'aubier autrefois éliminé ;
- la concentration urbaine ; zones pavillonnaires : multiplication des sites d'infestation ;
- la généralisation du chauffage central (températures favorables).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



CHARPENTE TRADITIONNELLE EN RÉSINEUX

Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Capricorne des maisons

MESURES PRÉVENTIVES AVANT MISE EN ŒUVRE

Traitement préventif chimique de classe 2

- Traitement de surface (CTB B+) avec un produit de préservation en solvant organique ou en émulsion adapté à l'agent biologique et présentant une efficacité prouvée par des tests normalisés appropriés (CTB P+).

Durabilité naturelle

Utilisation d'essences résineuses à bois parfait duraminisé purgées d'aubier ou d'essences feuillues naturellement durables en classe 2.

TRAITEMENT PRÉVENTIF CHIMIQUE APRÈS MISE EN ŒUVRE

- Vérification par un sondage qu'il n'y a aucune trace d'attaque, même localisée.
- Traitement en profondeur dans les encastrement et les pièces au contact de la maçonnerie (voir traitement curatif chimique).
- Après dépoussiérage et décapage des finitions, pratiquer une double application de surface du produit à raison de 200 à 250 g/m².

TRAITEMENT CURATIF PHYSIQUE

- Utilise des procédés qui n'ont qu'une efficacité curative parfois limitée n'empêchant pas le retour de l'insecte. Ils nécessitent souvent un équipement spécialisé et peuvent présenter des risques. Les deux principaux sont les suivants.

Traitement par la chaleur

Application de vapeur d'eau à 100 °C à partir de chaudières mobiles dans des greniers rendus étanches ; maintien d'une température de 80 °C au cœur du bois pendant le temps nécessaire en fonction de l'épaisseur de la pièce de bois.

Traitement aux micro-ondes

- Procédé également fondé sur l'action de la chaleur, la montée thermique rapide détruit les larves sans provoquer un échauffement du bois dommageable.
- Procédé nocif pour l'homme car les protections sont difficiles à mettre en place.

TRAITEMENT CURATIF CHIMIQUE

Brouillards insecticides

Consiste en une vaporisation de particules insecticides à l'intérieur d'un lieu clos.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

L'action au niveau des adultes au moment de leur envol est efficace quand l'essaimage se produit dans un laps de temps réduit, mais les insectes à l'intérieur des pièces de bois ne sont pas atteints ; l'éradication est par conséquent souvent incomplète.

Fumigation

Action de gaz toxiques (acide cyanhydrique, phosphine, bromure de méthyle, etc.) en atmosphère saturée sur les bois infestés dans des enceintes hermétiquement closes.

Les insectes à tous les stades de développement, même en profondeur dans le bois sont atteints par inhalation du gaz toxique.

Procédé très efficace mais limité, car interdit dans les locaux d'habitation. La mise en œuvre est dangereuse. Ce procédé n'a pas d'efficacité préventive.

Application d'un produit de préservation

Technique à la fois curative et préventive : elle élimine en surface et en profondeur la totalité des larves et crée une barrière protectrice évitant toute nouvelle infestation. Le traitement confère au bois une durabilité de classes 1 et 2. Le déroulement du processus s'effectue en 5 phases :

1/ Sondage systématique : détermination des zones contaminées au moyen d'un instrument approprié (poinçon, hachette) et évaluation des éléments à remplacer.

2/ Bûchage : élimination des zones vermoulues au moyen d'une hachette pour mettre à nu les bois encore résistants ; ceci permet de déterminer les éléments à renforcer et de faciliter la pénétration du produit.

3/ Brossage et dépoussiérage : élimine la vermoulure dans les galeries mises à nu par le bûchage pour éviter une absorption inutile de produit.

4/ Traitement en profondeur : injection de produit dans des trous percés dans le bois par remplissages répétés avec un entonnoir, ou par application en une seule fois à basse pression avec un injecteur en plastique spécifique.

Application sur tous les éléments attaqués ou non, de section d'épaisseur > 50 mm et un demi-périmètre > 170 mm. Pour des bois ronds, injection nécessaire pour des diamètres > 100 mm. Les puits doivent être forés aux 2/3 de l'épaisseur du bois et disposés en quinconce sur le parement ou en ligne sur le chant ; pratiquer 3 injections par mètre. Pour les pièces de forte section, les bois doivent être percés en quinconce sur les 2 parements.

Les bois fissurés doivent être injectés en ligne de part et d'autre des fentes.

Introduction en moyenne de 60 g de produit par mètre linéaire.

5/ Application de surface : obligatoire dans tous les cas ; elle s'effectue en 2 applications sur des surfaces propres, décapées de leur finition, à raison de 250 à 300 g/m². Pour des faibles épaisseurs (voliges), application sur une seule face.

Produits de préservation utilisés : En solvant organique ou en émulsion, ils doivent être adaptés à l'agent biologique et présenter une efficacité curative prouvée par un essai de laboratoire normalisé approprié (CTB P+).

Ils sont rémanents pendant de nombreuses années et prémunissent le bois contre une infestation ultérieure.

Remarque

Il est vivement conseillé de faire appel à une entreprise spécialisée travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB A+).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France, le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité.

Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir la performance.

- Certification de services : marque CTB A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation ; agrément « traitements Capricornes »

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.

- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.

- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.

- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation - Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.

- DTU 31-1 : Charpentes et escaliers en bois - 1983

Ce document est antérieur à la parution des normes européennes et ne fait pas état de la classification des emplois du bois par classe de risque biologique. Il recommande le traitement des essences à bois parfait duraminisé si le taux d'aubier est > 10 %.

Remarque

Cette tolérance est dangereuse car l'aubier, même en faible proportion, peut être à l'origine d'une attaque de champignon ou d'insecte pouvant s'étendre.



CHARPENTES EN BOIS

Auvent extérieur

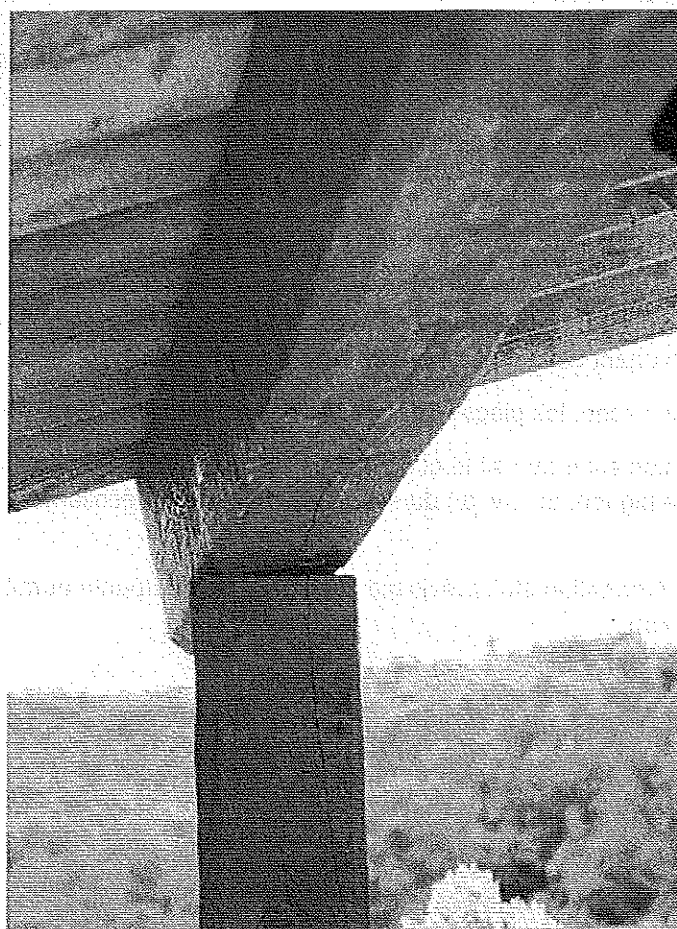
DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Un auvent extérieur de maison individuelle est constitué d'un versant comprenant :

- une poutre de rive reposant sur deux poteaux et recevant une série de chevrons de section trapézoïdale supportant des tuiles canal ;
- une poutre faîtière adossée à un pignon en maçonnerie, supportée par des corbeaux et néanmoins fixée au mur. La section de cette poutre est celle d'un madrier.

Ces deux poutres ont subi après pose des déformations par torsion ou vrillage. Il semble que la poutre de rive, par sa déformation de torsion sur un appui (rotation vers l'égout du toit), ait entraîné l'ensemble du versant. La déformation de la poutre faîtière est en effet plus importante (décollement du mur pignon) du côté de la torsion maximale de la poutre que de l'autre côté.

Le raccordement de la toiture en tuiles canal avec le mur est réalisé par un solin avec bande d'étanchéité. Sous l'effet du déplacement d'ensemble, il y a un risque de décollement ou de rupture du solin.



Poutre de rive. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

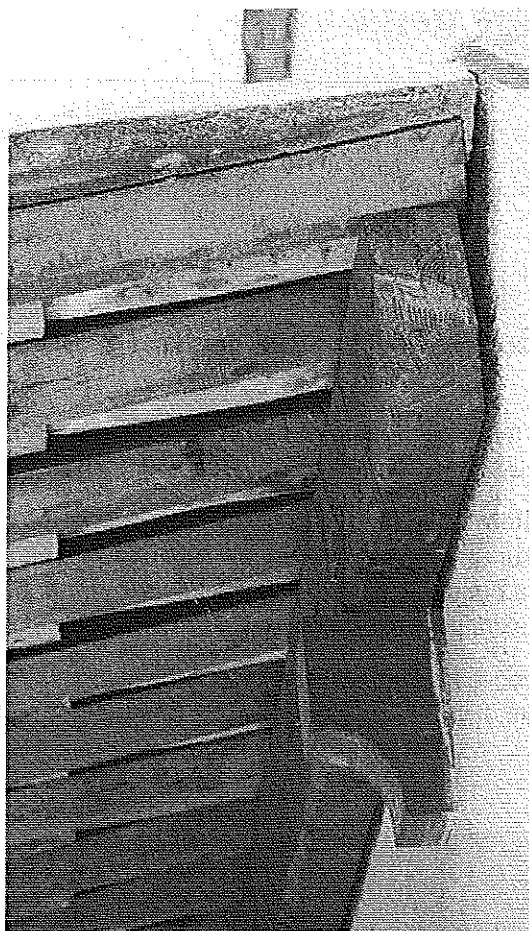
QR

ST

UV

WX

YZ



Poutre faîtière contre mur pignon. Rotation et décollement du mur pignon. © J. Putatti



Poutre faîtière. Décollement plus important sur cette rive latérale. © J. Putatti

CAUSES

La torsion (ou vrillage) concerne la poutre de forte section située en rive basse. Elle est due à une singularité provenant de la croissance de l'arbre : le fil tors.

Lorsque le bois sèche, les pièces de forte section contenant le cœur de l'arbre vrillent.

Cette déformation est irréversible et devrait se stabiliser. Il y a lieu de surveiller la liaison de la couverture avec le pignon, au niveau du solin, afin d'éviter un décollement complet ou une rupture de ce dernier.

En fait, cette déformation était prévisible et la pièce de charpente aurait dû être éliminée au départ de la construction.



Question/Réponse

CLOISONS DE DISTRIBUTION

Carreaux de plâtre

QUESTION

Peut-on réaliser des cloisons de cuisines collectives en carreaux de plâtre hydrofugé ?

RÉPONSE

Position du problème

- Les carreaux de plâtre ordinaires relèvent du DTU 25.31.
- Les carreaux de plâtre hydrofugés relèvent de la procédure des avis techniques (groupe spécialisé n° 9).

SOLUTION

Il n'y a pas d'avis technique pour ce type de produit et pour l'utilisation envisagée.

« Les locaux dont les parois peuvent être le siège de ruissellements fréquents ou de longue durée (laveries, buanderies, douches ou cuisines collectives) sont *exclus* du domaine d'emploi.

Toutefois le DTU 25.31 permet l'utilisation de ces carreaux (*cf.* art. 4.322) est possible pour le *montage du premier rang* des cloisons (1^{re} assise) dans les locaux individuels soumis au contact momentané de l'eau (cuisine, salle d'eau, etc.).

Cette première assise est :

- soit désolidarisée du sol par un socle en béton ou un profilé plastique en forme de U ;
- soit réalisée à l'aide de carreaux traités pour résister à l'humidité et dont l'aptitude à cet usage a été confirmée par un avis technique.

Ils peuvent être aussi utilisés pour la réalisation complète de cloisons dans les ouvrages particuliers où les risques ponctuels de projection d'eau sont à craindre.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE DE SONDAGE



(

(

(

(



CLOISONS DE DISTRIBUTION

Déformations de cloisons en briques plâtrières enduites

DÉFINITION

Les cloisons réalisées en briques plâtrières concernent des cloisons de distribution ou de doublage enduites sur 1 ou 2 faces.

DÉSORDRES

Les éléments de terre cuite sont des briques creuses comportant une seule rangée d'alvéoles ou d'épaisseur ≤ 7 cm.

• Certaines dispositions donnent lieu à désordres : fissuration par effet bilame, bombement, déformation (défaut de planéité). Cas de dissymétrie des enduits :

– cloison comportant sur une face un enduit plâtre et sur l'autre un enduit en mortier de ciment (cloison de distribution - cf. Fig. 1) ;

– cloison comportant un enduit en mortier de ciment sur une seule face (cloison de doublage - cf. Fig. 2).

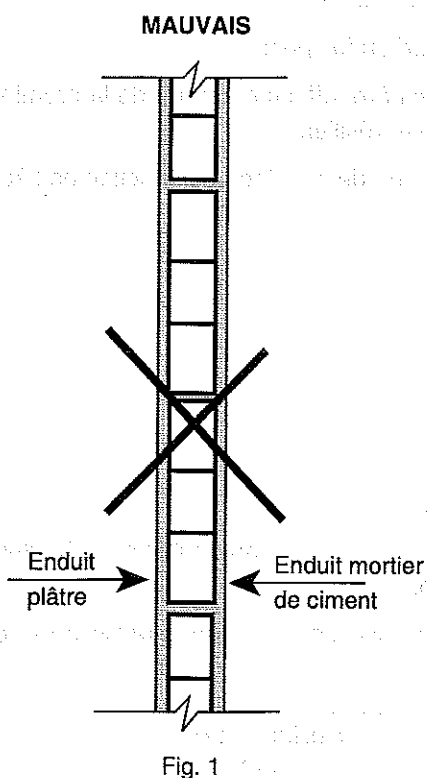


Fig. 1

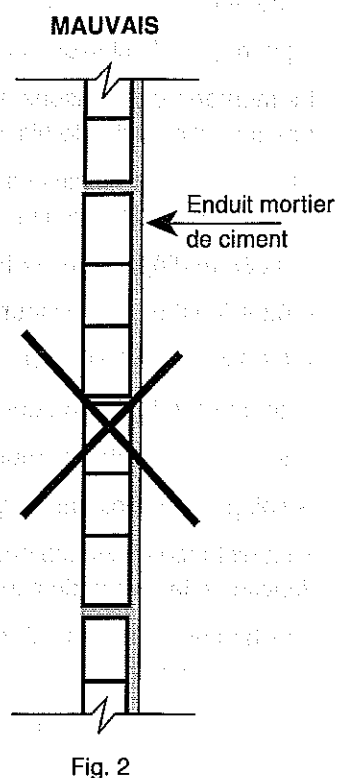


Fig. 2

• La disposition correcte consiste à choisir un enduit de même nature sur chaque face pour une cloison de distribution (cf. Fig. 3) ou, pour une cloison de doublage à prévoir, un enduit plâtre sur la face vue (cf. Fig. 4).

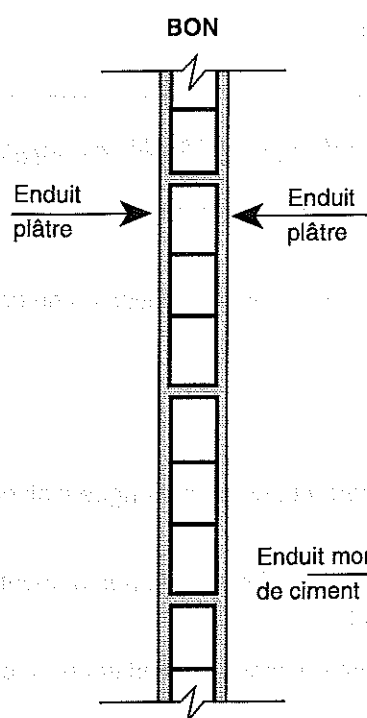
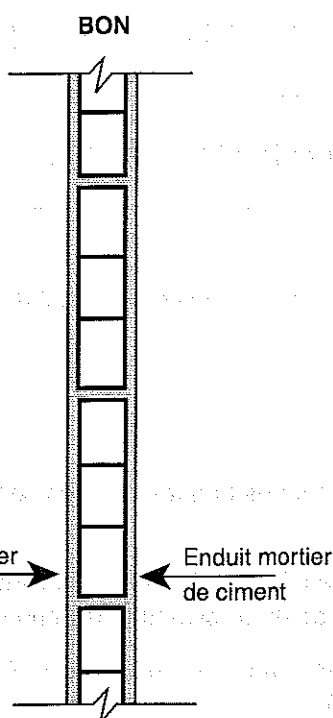


Fig. 3



BON

Fig. 4

D'autre part, le hourdage des briques doit être réalisé avec un liant ou un mortier de même nature que l'enduit :

- mortier de ciment pour 2 faces enduites par un mortier de ciment ;
- plâtre pour la cloison enduite 1 ou 2 faces par un enduit plâtre.

Le montage des cloisons en briques plâtrières doit être effectué à partir de la première assise sur une semelle résiliente (lisse en bois ou en matériau résilient).

• La hauteur maximale des cloisons de distribution ou de doublage est fonction de l'épaisseur brute des éléments de terre cuite :

- 0,035 m d'épaisseur → $H \leq 2,60$ m ;
- 0,04 à 0,055 d'épaisseur → $H \leq 3,00$ m ;
- 0,06 à 0,07 d'épaisseur → $H \leq 3,50$ m.

D'autre part, la cloison doit être raidie :

- soit par des poteaux (huisseries) ;
- soit par des cloisons perpendiculaires (retour).

• La distance maximale entre éléments raidisseurs correspond au double de la hauteur admissible, fonction elle-même de l'épaisseur brute de la cloison.

Les hauteurs peuvent néanmoins être augmentées si les surfaces entre raidisseurs sont inférieures aux valeurs suivantes :

Épaisseur brute (m)	Surface maxi (m ²)
0,035	10
0,04 à 0,055	14
0,06 à 0,075	20

Remarque

On peut également utiliser des briques creuses à 2 alvéoles (épaisseur 11 cm) pour des cas particuliers : par exemple hall ou cage d'escalier sur 2 niveaux. Dans ce cas, pour des épaisseurs de 0,08 à 0,11 m la hauteur maximale de la cloison passe à 4,00 m, la distance entre raidisseurs passe à 8,00 m et la surface entre raidisseurs à 25 m².



CLOISONS DE DISTRIBUTION

Fissuration

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Cloisons en briques plâtrières servant de séparation de pièces (chambres) à l'étage d'un pavillon de 20 m x 7,60 m, posées sur un plancher en bois constitué de poutres de 0,15 x 0,15 m espacées tous les 0,60 m d'axe en axe et supportant un panneau de particules.

CONSTATATIONS

Ouverture de fissures ≥ 10 mm inclinées à 45° près des appuis (formation d'arc de décharge).

CAUSE

Il s'agit d'une déformation excessive du plancher-support non prévu pour supporter des charges localisées importantes.

Une vérification faite uniquement sous poids propre pour une portée de 7,20 m donnait, pour les conditions initiales, une flèche (déformation) de l'ordre de 0,02 m au milieu de la portée.

La prise en compte de charges d'exploitation, soit 150 kg/m² minimum, portait cette valeur à 0,07 m environ, soit 1/100 de la portée, ce qui était déjà excessif, la résistance correspondant étant de l'ordre de 145 kg/cm².

La mise en place d'une cloison légère en briques plâtrières, soit 200 kg/ml répartis sur 4 poutrelles, porte la déformation maximale à 0,10 m au milieu de la portée et la contrainte de flexion à 200 kg/cm².

L'ouverture de fissures de rupture sous de telles charges est donc justifiée.

RÉPARATIONS

Le plancher tel que construit initialement était d'utilisation dangereuse, notamment dans les zones de cloisons.

La dépose complète s'imposait.

- Les solives ont été remplacées par des madriers 8 x 23 (cf. schéma) raidis par des voûtains en briques plâtrières lourdées au plâtre fort.
- Les cloisons ont été portées par des madriers doublés.

Dans ces conditions, une vérification permet de calculer :

- les contraintes maximales :
 - sous poutrelle courante,
 - sous poutrelle doublée ;
- les déformations maximales :
 - sous poutrelle courante,
 - sous poutrelle double.

On peut ramener les valeurs initiales à des taux admissibles en tenant compte de la résistance du platelage associé aux poutrelles (section en T).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

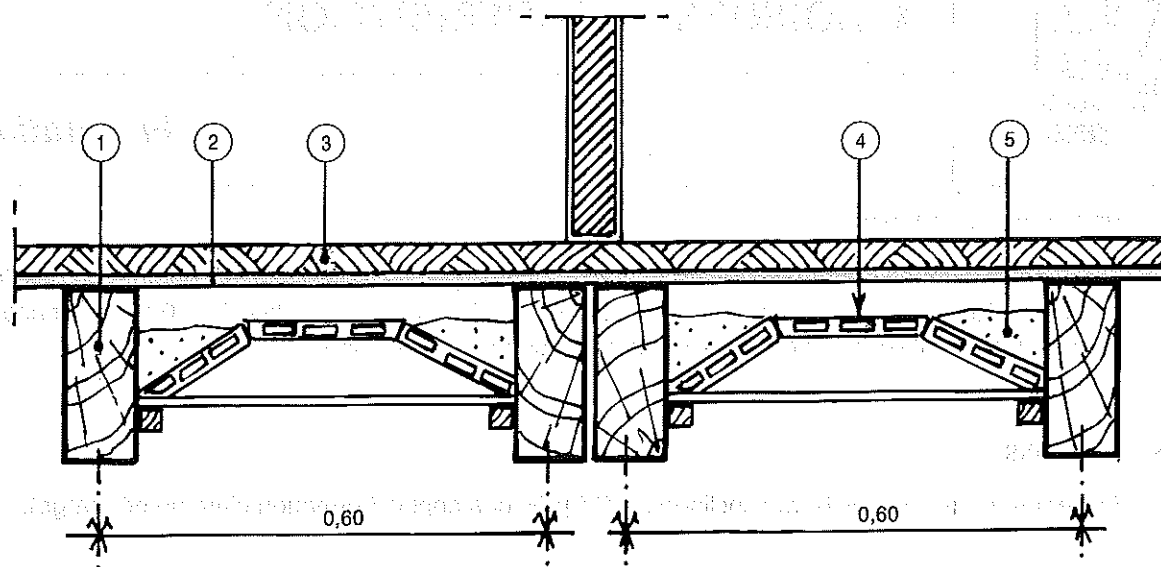
QR

ST

UV

WX

YZ



- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| ① Solive madrier | ④ Briques plâtrières 0,03 |
| ② Isorel mou | ⑤ Plâtre |
| ③ Panneau de particules | |



Désordre

CLOISONS DE DOUBLAGE

Mise en compression

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Bâtiment à éléments porteurs en béton armé :

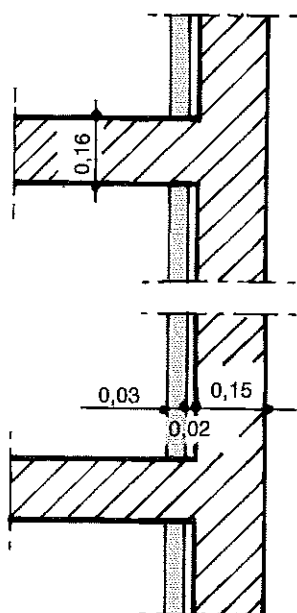
- refends porteurs ;
- planchers ;
- parties pleines de façade.

Planchers : dalles pleines d'une épaisseur de 0,16 m avec une portée maximale de 4,00 m.

Les cloisons de distribution intérieures sont constituées par de la brique plâtrière de 0,03 m d'épaisseur montée au plâtre et enduite au plâtre sur les 2 faces (épaisseur 0,05 m finie).

En façade, les parties pleines sont constituées comme suit (en partant de l'extérieur) :

- béton de 0,15 m d'épaisseur (revêtement extérieur enduit de parement plastique) ;
- lame d'air de 0,02 m ;
- brique plâtrière de 0,03 m d'épaisseur enduite en plâtre sur la face intérieure.



CONSTATATIONS

- Aucune précaution n'a pu être prise pour éviter la mise en charge des cloisons (absence de semelle résiliante).
- Pas de liaisons avec les cloisons perpendiculaires et refends.
- Rupture des cloisons par effet de flambage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES PROBABLES

- Mise en compression excessive des cloisons résultant d'une (ou de plusieurs) cause(s).
- Déformations différées du béton de gros œuvre.
- Retrait/dilatation des parties pleines en béton des façades soumises aux chocs thermiques.
- Briques gonflant à l'humidité : cette cause ne peut intervenir qu'avec des fabrications anciennes, la norme prévoyant des essais caractéristiques de dilatation à l'autoclave et à l'eau bouillante, et en concomitance avec d'autres causes.

REMÈDES 1)

Remplacement par des cloisons plâtre préenduites posées sur socles-bois (épaisseur 0,035 m) et phaltext (0,015 m) après démolition des cloisons en briques.



1) Solution préconisée par l'expert.



CLOISONS DE DOUBLAGE

Utilisation de briques plâtrières

DÉFINITION DU DÉSORDRE

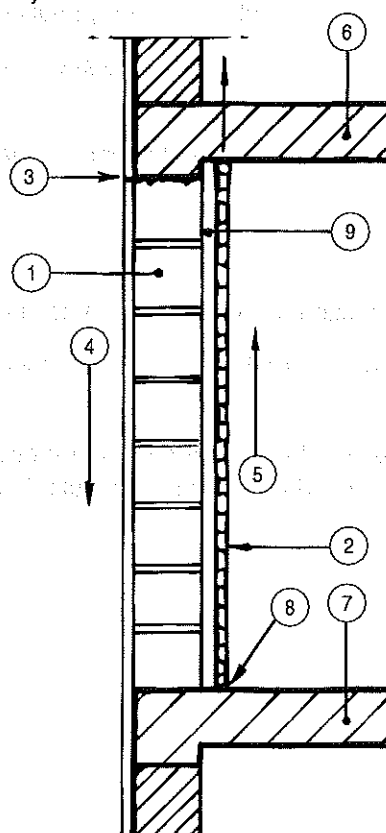
1^{er} type

Fissures horizontales dans la hauteur de la cloison (zone centrale principalement).

2^e type

Éclatement de la cloison vers sa base.

DESCRIPTION SOMMAIRE (cf. dessin)



- | | |
|--|---------------------------------|
| ① Paroi porteuse en blocs béton | ⑥ Dernier plancher |
| ② Cloison de doublage en briques creuses | ⑦ Avant-dernier plancher |
| ③ Fissure horizontale (décollement) | ⑧ Absence de semelle résiliente |
| ④ Retrait des blocs | ⑨ Lamé d'air |
| ⑤ Dilatation de la terre cuite poussée sur le plancher ⑥ | |

- La paroi extérieure est constituée de blocs creux en béton de granulats courants hourdés au mortier.
- Elle est porteuse et forme appui pour des planchers en béton armé.
- La cloison de doublage est en briques plâtrières. Elle est enduite sur une face.
- Une lame d'air est ménagée entre la paroi extérieure et la cloison de doublage.

CAUSES DES DÉSORDRES

Les désordres peuvent résulter d'une déformation différentielle entre la paroi porteuse et la cloison de doublage.

1/ Retrait des *blocs béton* : utilisation de blocs trop « frais » n'ayant pas effectué leur retrait de fabrication.

2/ Mise en charge de la paroi, fluage, déformation élastique. Raccourcissement de la hauteur d'étage.

3/ Gonflement de la cloison de doublage avec mise en charge :

- briques creuses de terre cuite à dilatation à l'humidité excessive ;
- enduit sur une face en mortier de ciment.

4/ Combinaison des causes précédentes.

5/ Absence de semelle résiliente sous cloison de doublage.

6/ Hauteur excessive de la cloison de doublage (> 3 m) réalisée avec des briques trop minces.

7/ Mauvaise mise en œuvre : briques non imbibées d'eau avant montage (absence de trempage préalable).

8/ Utilisation de briques de provenances différentes dans la même cloison.

Remèdes

Les remèdes utilisables sont fonction de l'importance et de la nature des désordres.

- Un éclatement de cloison ou des fissurations avec bombement nécessitent la reprise complète de la cloison.
- La présence de fissures fines peut être traitée par la reprise de ces fissures en un revêtement adéquat, à la condition que le désordre ne soit pas évolutif (briques « gonflantes » par exemple).



Désordre

CLOISONS DE DOUBLAGE ISOLANT

Décollement des plaques

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Les désordres affectent des plaques « hauteur d'étage » de doublage isolant.

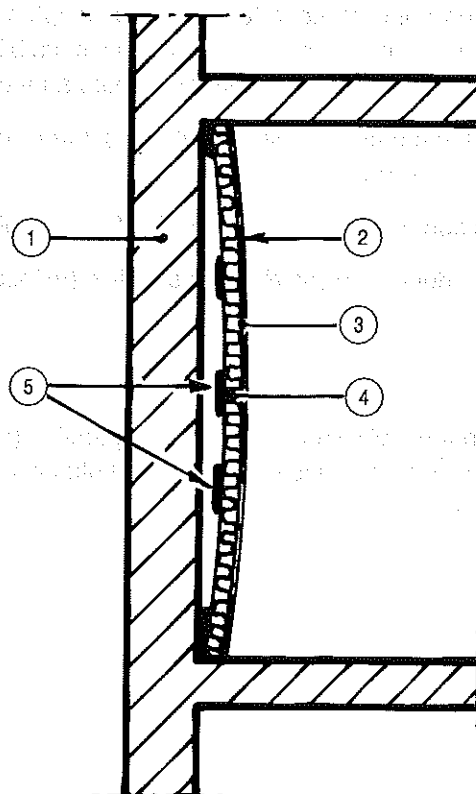
Ils correspondent à des bombements de plaques et à leur décollement du support maçonnerie.

La plaque isolante est constituée d'un plâtre cartonné, d'un pare-vapeur (feuille d'aluminium) et d'un panneau de polystyrène expansé (épaisseur minimale 20 mm - fonction de l'isolation exigée).

Le collage au support est effectué par des plots de plâtre espacés tous les 0,4 m en quinconce (ou encore par mortier/colle adéquat).

Le *désordre* consiste en un bombement du panneau pouvant atteindre plusieurs centimètres.

La rupture de la liaison a eu lieu entre les plots de collage et le support en maçonnerie.



- ① Voile porteur béton
- ② Plaque de plâtre cartonné (10 mm)
- ③ Pare-vapeur (feuille aluminium)
- ④ Isolant polystyrène
- ⑤ Plots de mortier colle ou plâtre

CAUSES DU DÉSORDRE

Les causes possibles correspondent aux facteurs suivants.

- *Adhérence des plots de collage aux matériaux :*
 - polystyrène expansé,
 - maçonnerie, l'examen des plaques décollées doit déterminer cette cause.
- *Mise en œuvre des plaques :* celles-ci peuvent avoir été mises en place par force, c'est-à-dire, coupées juste à la longueur (hauteur d'étage) et forcées à la pose (précontrainte initiale).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- **Qualité du polystyrène** : tendance au gonflement (matériau non stabilisé - stockage à une température inadéquate) ;

- **Mouvements de la structure** : raccourcissement (élastique) du support par mise en compression du support. Cette cause paraît la plus vraisemblable si le décollement s'est effectué dans le plan de contact de plus faible résistance, c'est-à-dire celui des plots de collage. *Ce phénomène est plus sensible avec les bâtiments de grande hauteur construits avec des voiles porteurs en béton banché, par effet de fluage (déformation sous contrainte) ou de retrait.*

- **Effet « bilame »** : la température étant différente sur chaque face de la plaque isolante, un effet de courbure par « bilame » peut arriver à vaincre la résistance des plots de collage. L'effet de fatigue par l'alternance des cycles de déformations résultant de la température peut provoquer le cisaillement de la liaison dans le plan de collage.

REMÈDES

1. Préventifs

- Si le fluage est la cause prépondérante, attendre le plus longtemps possible entre la réalisation du béton de structure (voile) et la pose des plaques. À 6 mois, un béton n'a atteint que 80 % de son retrait, mais le fluage peut encore évoluer pendant plusieurs années.
- Prévoir un joint de 5 à 10 mm entre les plaques et les éléments de gros œuvre. Éviter surtout le blocage ou la mise en place « à force ».
- Assurer une meilleure liaison par effet de rugosité des faces à coller (support).
- N'utiliser que des plaques dont le polystyrène est stabilisé (mûrissement).

2. Curatif

Par fixations mécaniques par chevilles et rondelles de répartition (minimum 6 fixations par plaque). Néanmoins, cette solution présente un inconvénient « esthétique » : la plaque étant fixée par points n'a plus une planéité parfaite.



Question/Réponse

CLOISONS POUR PAROIS DE DOUCHES

Conditions d'emploi du plâtre

QUESTION

Dans quelles conditions peut-on utiliser des cloisons en plâtre en périphérie de douche ?

RÉPONSE

Les ouvrages en cloisons de plâtre font l'objet d'une pathologie abondante. Les carrelages mis en œuvre sur ces cloisons correspondent actuellement à des poses collées qui font l'objet :

- de directives générales ;
- d'une procédure d'ATec pour l'utilisation :
 - côté douche, de plaques spéciales en plâtre hydrofugé ;
 - de colles spéciales sur ce type de support.

Les directives générales ou particulières à ces ouvrages proposent en outre un système d'étanchéité partielle sur une largeur horizontale de 0,30 m avec une remontée verticale contre la cloison de 0,10 m au-dessus du receveur de douches.

Pour les locaux de douches collectives (catégorie EB + collectifs), les dispositions précédentes sont renforcées en ce qui concerne :

- la tenue à l'humidité des matériaux constitutifs des cloisons ;
- la nécessité d'une étanchéité continue sur le plancher.

Les DPM doivent définir les solutions techniques conformes aux exigences et les limites d'ouvrage propres à chaque entreprise.

La règle générale résultant du cahier des prescriptions techniques d'exécution des revêtements intérieurs en carrelage collé (classement EB + privés) pour locaux de douches privés (logements, hôtels ou hôpitaux) est la suivante : *le collage n'est possible que sur des cloisons de plâtre hydrofugées* (matériaux relevant de la procédure des avis techniques, groupe spécialisé n° 9).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



COMBLE (TRANSFORMATION)

Désordres provoqués par l'aménagement d'un comble

POSITION DU PROBLÈME

La transformation d'un comble perdu non utilisable du fait de l'encombrement des bois de charpente (fermettes industrialisées) en comble habitable constitue une intervention à haut risque trop souvent mal appréhendée au niveau technique.

CAS DE FIGURES

- 1^{er} cas : transformation du comble perdu en comble habitable sans modification de pente (fig. 1)

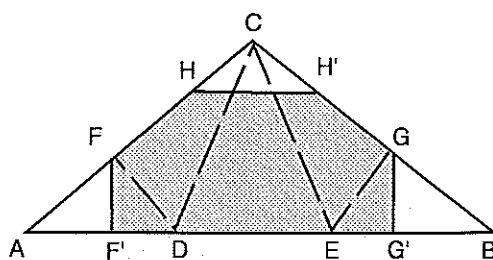


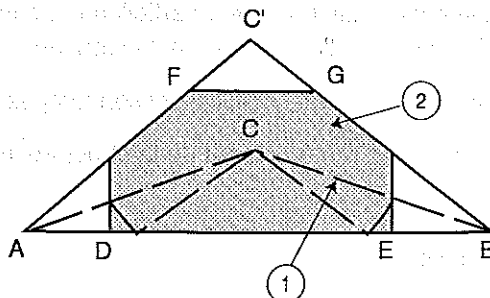
Fig. 1

Ce cas correspond à la disposition de la figure 1 avec des pentes de versant de l'ordre de 80 à 100 % permettant d'avoir une hauteur libre sous faîtiage de l'ordre de 2,50 m à 3,00 m.

Il permet d'aménager un volume habitable égal de 40 à 60 % de la surface de l'étage sous-jacent (la surface habitable est comptée jusqu'à une hauteur libre de 1,80 m). La situation initiale des fermettes espacées entre 0,70 m et 1,00 m maximum correspond à la présence de contrefiches CD-CE et DF-EG. Celles-ci, du fait de leur emplacement, gênent considérablement le volume à disposer (F'F HH' GG').

Il n'y a pas de modification de l'aspect extérieur ni de la couverture, sauf à ouvrir des fenêtres de toit ou en pignon, ce qui nécessite une autorisation de travaux. Le travail s'effectue de l'intérieur. Par contre, l'étude de renforcement de la charpente s'avère nécessaire à faire effectuer par un spécialiste.

- 2^e cas : transformation du comble perdu en comble habitable par modification de la pente des versants (fig. 2)



- ① Ancienne ferme ou fermette
- ② Nouvelle ferme

Fig. 2

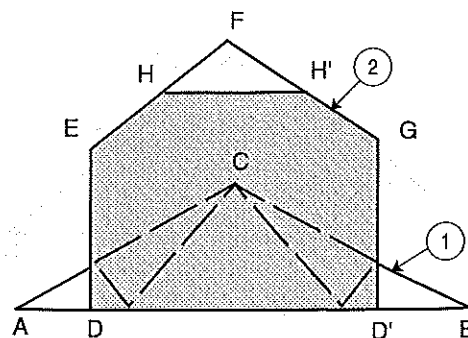
La situation initiale est analogue à celle du 1^{er} cas, mais avec une hauteur libre au faîtage inférieure ou égale à 2,00 m, ce qui laisse un trop faible volume habitable (tracé ACB). La situation projetée est AC'B pour permettre de dégager un volume habitable plus important (DFGE).

Cette transformation nécessite des modifications importantes de structure :

- dépose de l'ancienne couverture et de sa charpente, découverte de l'existant ;
- installation d'un autre type de charpente permettant de dégager le volume envisagé et d'une autre couverture adaptée à la pente fortement augmentée.

Ces travaux nécessitent une autorisation de construire (modification d'aspect, création de surfaces habitables...).

• 3^e cas : surélévation de la toiture, cas des faibles pentes (fig. 3)



- ① Ancienne ferme ou fermette
② Nouvelle charpente

Fig. 3

La situation initiale est analogue à celle du 2^e cas. La transformation nécessite les mêmes contraintes que dans ce cas, avec en plus des renforcements de la structure recevant le niveau supplémentaire. Le volume à créer est plus important (DE HH' D).

ÉCHELLE DES RISQUES

- 1^{er} cas : le plus risqué : la charpente initiale est partiellement conservée, mais son fonctionnement est profondément modifié alors que l'enveloppe reste identique.
- 2^e cas : nécessite la dépose de la charpente initiale et son remplacement par une charpente adaptée.
- 3^e cas : problème analogue avec renforcement de la structure inférieure.

ANALYSE DES RISQUES DU 1^{er} CAS

Dans l'état initial des charpentes par fermettes industrialisées, la stabilité est assurée par la triangulation des éléments qui permet de supporter, outre le poids propre de la charpente, celui de la couverture et des charges climatiques ainsi que le poids du faux-plafond des combles non utilisés comme surface habitable mais comme (éventuellement) débarras ou grenier.

La transformation va :

- modifier la triangulation donc l'équilibre des barres, dont la particularité est d'être sollicitées en traction, en compression et en flexion composée (entrait) ;
- intervenir en sous-œuvre par suppression de barres porteuses avec report sur d'autres appuis ou éléments, renforcement de pièces déjà sollicitées ;
- nécessiter de mettre en place un nouveau plancher de comble destiné à reprendre les charges d'exploitation et éventuellement le report de réactions de pièces de charpente, ceci dans l'embaras des entrails existants.

Ces transformations exigent des phases intermédiaires d'étalement risquant de reporter au niveau du plancher comble des charges ponctuelles et d'entraîner des déformations irréversibles ainsi que des désordres dans le niveau sous-jacent (cloisons, menuiseries, portes, placards, etc.). La coupure malencontreuse de certains entrails pour création d'une trémie d'accès va perturber l'équilibre des fermettes correspondantes. La modification des points d'appui de contrefiches pourra entraîner des déformations du plan des couvertures, malgré des renforcements préalables.



Désordre

CONCEPTION

Fautes de conception à l'origine des sinistres d'ouvrages

Les désordres des ouvrages de bâtiment dépendent des facteurs suivants :

- la conception des ouvrages (y compris le choix des matériaux et des techniques et le calcul des ouvrages) ;
- la qualité des matériaux ;
- la mise en œuvre des matériaux ou des techniques ;
- l'utilisation des ouvrages conforme (ou non) à la destination ;
- l'entretien insuffisant ou inexistant.

Différentes études publiées (origine SYCODES) ont montré que le rôle de la conception intervenait de manière variable en nombre et en coût de réparation :

- étude 1995-1996 sur plus de 4 000 dossiers :
 - 13,5 % en nombre, par défaut de conception,
 - 22 % en coût de réparation ;
- étude publiée fin 1997 (cf. tableau).

Tranches de coût (F HT)	Ensemble des désordres % en nombre		Désordres dus à la conception	
	% en nombre	% coût des réparations	% en nombre	% en coût réparations
5 000 à 10 000	40,7	9,1	23,2	2,8
10 001 à 100 000	53,8	49,7	62,3	37,9
100 001 à 1 000 000	5,5	41,3	14,5	59,3
Coût de réparation moyen dû à la conception = 61 200 F HT contre 37 000 en 1992.				

Les désordres sont répartis par type d'ouvrage incriminé (tous types de bâtiment et de travaux) (cf. tableau).

Les défauts de conception se soldent par des désordres sensiblement plus chers que la moyenne. En effet, une anomalie en amont du chantier a de fortes chances d'affecter une grande partie, sinon la totalité, de l'ouvrage. C'est le cas des fondations, alors qu'une erreur de réalisation aura souvent des répercussions ponctuelles.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Ouvrage incriminé	% nombre désordres	% coût des réparations	Coût moyen des réparations (F HT)
• Cause extérieure ou absence d'information	0,3	0,5	—
• Viabilité (VRD)	5,8	6,5	69 000
• Mur de soutènement (extérieur au bâtiment)	2	2,8	86 700
• Fondation (superficielle, profonde, cuvelage, ouvrages de piscine, caves, réservoirs)	7,8	16	125 800
• Mur enterré (cave, sous-sol) extérieur	7,5	6,4	51 700
• Structure (ossature poteaux, poutres, mur refend, escalier)	3,4	3,3	59 400
• Plancher (étage courant sous terrasse, sous comble ou vide sanitaire, dallage extérieur)	2,9	3,6	74 000
• Dallage sur terre-plein	2	3,2	97 800
• Charpente (tous types)	6,9	9,1	80 100
• Couverture (petits éléments, plaques, ouvrages, écoulement EP, éclairage)	9,6	8,3	52 700
• Toiture-terrasse (non accessible, accessible, jardin, écoulement EP, éclairage)	7,8	5,5	43 000
• Façade (lourde maçonnerie, préfabriquée, ou façade légère)	10	7,8	47 900
• Autres ouvrages de façade (balcon, terrasse, escalier extérieur...)	4,5	2,9	39 800
• Menuiseries (fenêtres, fermetures, vitrages, garde-corps, portes extérieures et intérieures...)	6,1	4,2	41 500
• Partition (cloisons, doublage, plafond)	4,2	3,5	51 000
• Revêtement intérieur (sol, mur, plafond)	5,9	5,9	57 000
• Équipements (chauffage, sanitaire, VMC)	6,9	5,7	50 200
• Cheminée (conduits, feu ouvert)	2,3	1,2	32 000
• Autres équipements (distributions eau, évacuations, électricité...)	4	3,9	60 500



CONDUIT D'ÉVACUATION DE PRODUITS DE COMBUSTION

Développement de végétation autour d'une souche

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le cas présenté ci-après correspond à une souche d'évacuation de gaz brûlés (chauffage au gaz). Le conduit ancien en maçonnerie a été chemisé pour son utilisation avec une chaudière à gaz.

Le développement excessif d'une végétation grimpante (lierre) sur la façade et la toiture, ainsi que sur l'ancienne souche conservée après chemisage, présente un risque d'obturation du conduit d'évacuation des gaz brûlés, déjà amorcé (cf. photo 1).

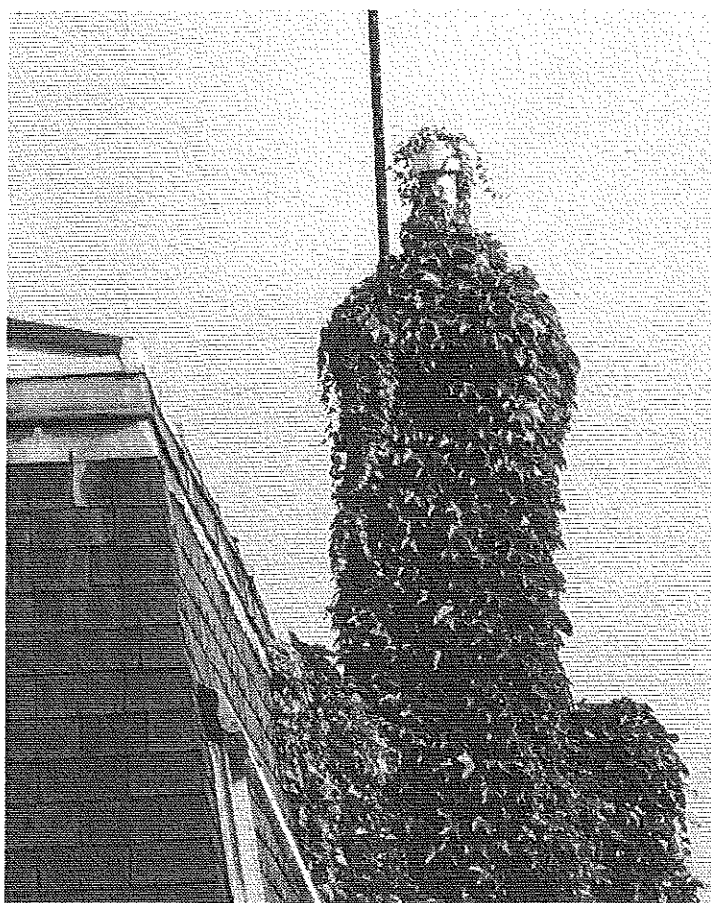


Photo 1 : Souche envahie par un développement dangereux et excessif de lierre. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ANNEXE 1 - ÉVALUATION DES RISQUES

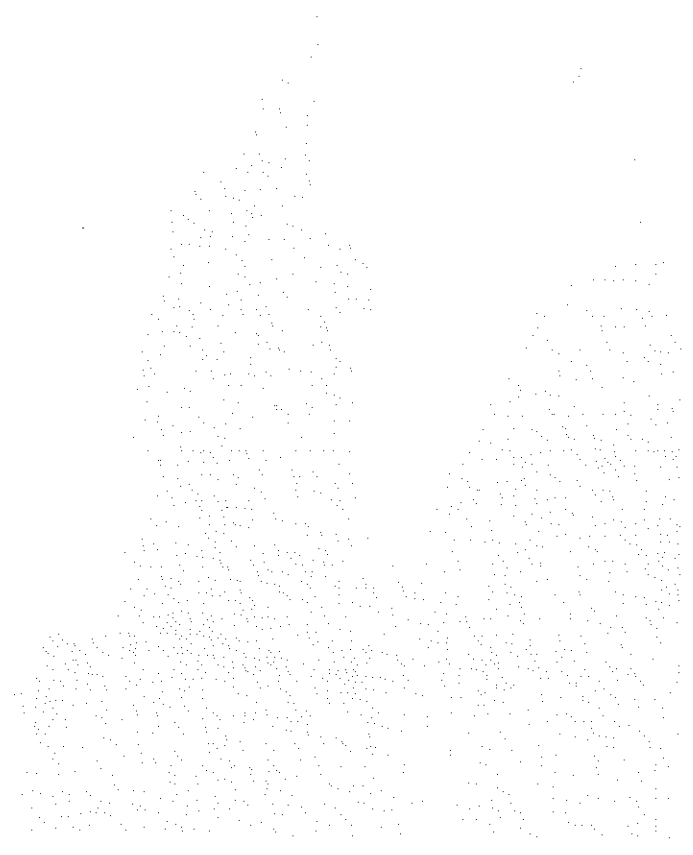
Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.





CONDUITS DE FUMÉE

Détérioration d'enduits de cheminée

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Cas d'une maison individuelle équipée d'un chauffage central avec chaudière à fuel ; hiver rigoureux lors de la première mise en route du chauffage (- 13 °C).

Le conduit d'évacuation des gaz de combustion comprend trois parties :

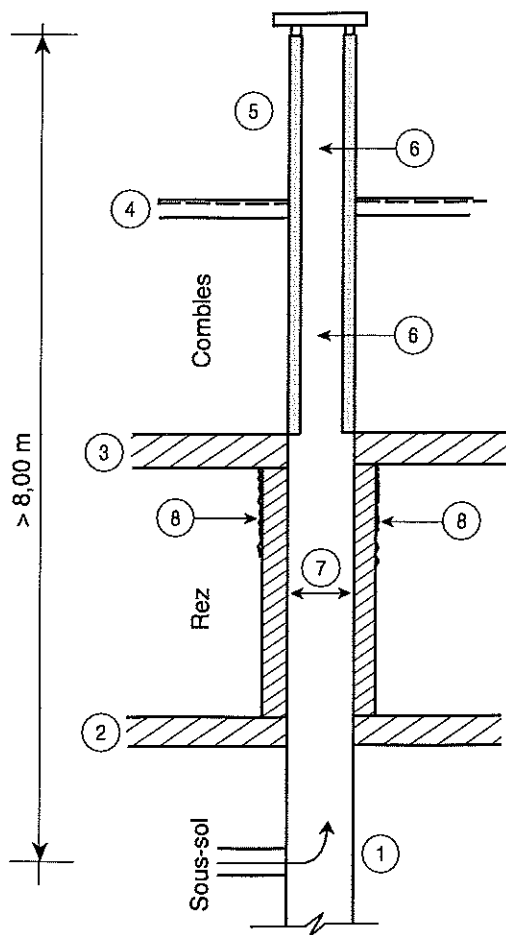
- sous-sol : branchement de la chaudière ;
- rez-de-chaussée ;
- combles + souche extérieure.

Il est constitué de briques pleines de 0,11 m entre le plancher bas du rez et le plancher haut de ce niveau. La hauteur des combles et la sortie en souche hors toiture sont en boisseaux de terre cuite.

Le désordre correspond à l'apparition de taches brunâtres dispersées (bistre), d'abord limitées mais suivies rapidement par un cloquage de la peinture à mi-hauteur du rez-de-chaussée. Ultérieurement, sur la hauteur du comble, mauvaise adhérence de la peinture, puis stabilisation du désordre.

PREMIÈRE RÉPARATION (cf. Fiche solutions)

- ① Sous-sol
- ② Plancher haut sous-sol
- ③ Plancher haut rez
- ④ Couverture
- ⑤ Souche extérieure
- ⑥ Conduit boisseaux
- ⑦ Conduit en briques pleines (parois de 0,11 m)
- ⑧ Taches de bistre



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

PROJET DE RAPPORT

1000
1000
1000

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

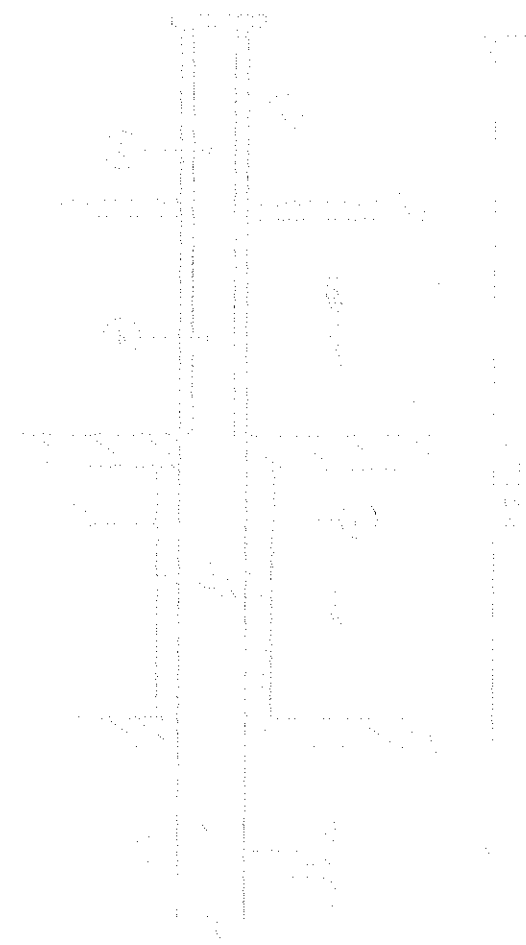
Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.



Le présent rapport a été établi en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.



CONDUITS DE FUMÉE

Réparation d'un conduit après sinistre

PREMIÈRE RÉPARATION

Une première réfection s'est bornée à refaire la peinture et l'enduit après mise à nu du support et utilisation d'un produit destiné à améliorer l'adhérence. Après une nouvelle période de froid relativement sévère, de nouveaux désordres sont apparus au rez-de-chaussée.

ANALYSE DU DÉSORDRE

Le phénomène de bistrage est dû à la condensation des matières volatiles des produits de combustion sur la paroi froide du conduit, notamment lors de chaque mise en route du chauffage et de l'humidité en période hors saison de chauffe.

La discontinuité du conduit entre le rez-de-chaussée et le comble correspond à un point faible et en toute vraisemblance à des fissures à la jonction des matériaux différents du conduit (conduit en briques pleines et conduit en boisseaux). La dilution par les eaux de condensation du conduit des produits de bistrage a entraîné ceux-ci dans le plâtre de l'enduit par la fissure à la liaison des matériaux.

REMÈDE

Le seul remède pouvant donner satisfaction consiste :

- à refaire sur toute sa hauteur un conduit de même section avec les mêmes matériaux. Prévoir néanmoins à la traversée du plancher haut du rez un joint avec le plancher pour assurer la libre dilatation du conduit ;
- à reboucher les fissures avec un mortier de ciment ;
- à isoler le conduit dans la hauteur du comble compte tenu de sa hauteur (> 8,00 m) ;
- à revoir la compatibilité du plâtre bistré après raccord et avant peinture.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ANNEXE 1 - ÉVALUATION

10/10/2010
10/10/2010
10/10/2010

()

1.1.1. Évaluation des besoins

Le but de cette évaluation est de déterminer les besoins des intervenants en matière de formation et de perfectionnement. Cette évaluation est réalisée à l'aide d'un questionnaire distribué aux intervenants.

1.1.1.1. Évaluation des besoins

Le questionnaire est distribué aux intervenants par courriel. Les réponses sont recueillies et analysées. Les résultats de l'évaluation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les résultats de l'évaluation indiquent que les intervenants ont des besoins en matière de formation et de perfectionnement. Les besoins sont regroupés en trois catégories : les besoins en matière de formation, les besoins en matière de perfectionnement et les besoins en matière de soutien.

1.1.1.2. Évaluation des besoins

Les résultats de l'évaluation indiquent que les intervenants ont des besoins en matière de formation et de perfectionnement. Les besoins sont regroupés en trois catégories : les besoins en matière de formation, les besoins en matière de perfectionnement et les besoins en matière de soutien.

1.1.1.3. Évaluation des besoins

Les résultats de l'évaluation indiquent que les intervenants ont des besoins en matière de formation et de perfectionnement. Les besoins sont regroupés en trois catégories : les besoins en matière de formation, les besoins en matière de perfectionnement et les besoins en matière de soutien.

Les résultats de l'évaluation indiquent que les intervenants ont des besoins en matière de formation et de perfectionnement. Les besoins sont regroupés en trois catégories : les besoins en matière de formation, les besoins en matière de perfectionnement et les besoins en matière de soutien.

()



Question/Réponse

CONDUITS DE FUMÉE

Formation de bistre

QUESTION

Comment limiter la formation de bistre sur les parois et le plafond dans les zones voisines des conduits ?

RÉPONSE

Le bistre est une condensation abondante et généralement momentanée se produisant à l'allumage de tout foyer, avec tout combustible. C'est un liquide à forte teneur en eau, chargé de parcelles de carbone et d'huiles empyreumatiques. La couleur varie du noir au sépia et, particulièrement pour ce phénomène, les taches causées par ce produit sont indélébiles sur les matériaux qu'il a imprégnés.

Il se produit dans les conditions suivantes :

- à l'allumage des foyers et dans le but de créer une dépression, on utilise des combustibles à haute teneur en eau (bois, copeaux...), à faible pouvoir calorifique et à grande émission de fumée ;
- au contact des parois froides des conduits, les produits de combustion se condensent et ruissellent le long de celles-ci. Le phénomène disparaît lorsque le tirage du conduit est établi et les parois suffisamment chaudes ;
- certains appareils tels que les poêles « à combustion lente » bistent fortement les conduits qui les desservent.

Sa composition est à base de vapeur d'eau et de différentes vapeurs telles que l'aldéhyde formique, l'acide acétique, l'alcool méthylique, le créosote, les goudrons légers, l'ammoniaque, l'acide sulfureux, etc.

Lors de la combustion, la vapeur d'eau est produite :

- à partir de l'hydrogène contenu dans la matière combustible et de l'oxygène de l'air nécessaire à la combustion pour former de l'eau sous forme vapeur ;
- le gaz de ville produit en brûlant une quantité d'eau en phase « vapeur » double que le fuel domestique et sensiblement la même quantité que le bois sec (à 15 % d'humidité) ;
- à partir de l'air qui entretient la combustion (hygrométrie variable de 50 à 100 %).

Les phénomènes aggravants sont les suivants :

- des suies moutonneuses se déposent le long des conduits, aggravant la condensation, le dépôt du bistre et la concentration des différents produits qui le composent ;
- les conduits neufs sont plus rapidement imprégnés dans toute leur masse que les anciens conduits encrassés ;
- le nettoyage des parois imprégnées tachées à l'extérieur peut néanmoins ne pas être suffisant. Si on laisse ces parties paraissant saines à l'air, elles se teintent à leur tour ;
- la remise en enduit sur ces parties paraissant saines ne peut empêcher la réapparition de nouvelles taches ;

Le seul remède est la dépose de toutes les parties atteintes, c'est-à-dire de toute l'épaisseur du conduit ou encore de tout le conduit.

Remèdes préventifs

Comment empêcher le bistre de se produire ?

- éviter que la température interne de la paroi atteigne celle du point de rosée :

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

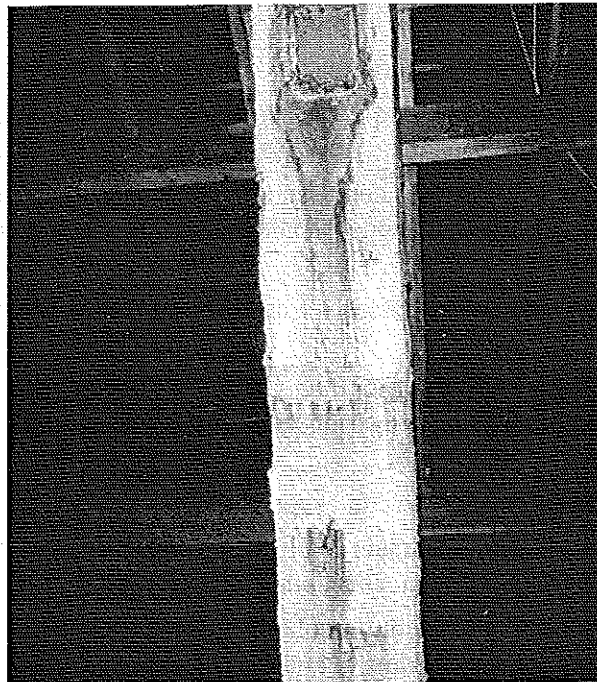
ST

UV

WX

YZ

- isoler le conduit notamment dans la traversée des combles lorsqu'ils sont ventilés ;
- augmenter la section du conduit de sorte que les gaz soient évacués le plus rapidement possible vers l'orifice et atteignent l'atmosphère avant d'être refroidis ;
- placer l'appareil de chauffage le plus près possible de la cheminée.
 - intervenir dans le régime de chauffe :
 - brûler les combustibles adaptés à l'appareil de chauffage ;
 - éviter les produits humides ;
 - raccorder par un élément court ;
 - pour les combustibles bois, éviter de charger les poêles en une seule fois ;
 - passer d'une allure rapide au début à une allure ralentie ensuite de manière à réchauffer la cheminée ;
 - prévoir une admission supplémentaire d'air.



Formation de bistre dans un conduit en boisseaux situé en comble à partir de la trappe métallique de ramonage

Remèdes curatifs : réparation du conduit (ou enduits) après bistrage

- Le bistre ne se colore qu'au contact de l'air.
- Le simple grattage de l'enduit détérioré ne suffira pas, le bistre ayant imprégné toute la paroi qui se tachera à nouveau dans le nouvel enduit appliqué.
- La solution efficace mais radicale consiste à changer la totalité du conduit en débarrassant tous les enduits ayant pu être atteints au voisinage du conduit.
- Enduire le support de plusieurs couches de peinture hydrofuge ou interposer un matériau non poreux. Le bistre peut contourner les parties refaites. Ne pas hésiter à traiter de grandes surfaces en dehors du conduit.
- L'odeur caractéristique du bistre subsiste après traitement.

Remarque

Les remèdes ci-dessus sont à confirmer au « cas par cas » par des spécialistes.



Désordre

CONDUITS DE FUMÉE

Installation d'inserts

POSITION DU PROBLÈME

Par définition, un insert est un poêle à bois encastré dans le foyer d'une cheminée à feu ouvert. Il comporte ou non une lame d'air réchauffée à son pourtour, air chaud qui est réparti dans les pièces du local soit par l'intermédiaire de la hotte, soit par des gaines souples.

Ce mode de chauffage se développe depuis quelques années pour les raisons suivantes :

- augmentation du prix des combustibles ;
- coût de revient du chauffage électrique ;
- incitations fiscales (économies d'énergie) ;
- phénomène de mode...

Les avantages des inserts correspondent à une réduction de la consommation de bois, dans le rapport de deux à trois et à la diffusion d'une chaleur dans le local très supérieure à celle que pourrait produire une simple cheminée à feu ouvert dans laquelle les déperditions calorifiques sont très importantes.

Ces dispositifs ne sont pas toujours installés dans les règles de l'art et développent une pathologie particulière.

Celle-ci se traduit notamment par des feux consécutifs à l'installation et au fonctionnement des inserts.

1. Écart de feu non respecté : 29 % des cas d'après une étude SYCODES parue en 1989 (Sycodes information n° 4)

La norme qui exige un minimum de 0,16 m est insuffisante lorsqu'on se place dans une atmosphère confinée.

Cet écart était de 50 cm pour les poêles en fonte du début du siècle.

Un bois longuement exposé à une température de 120 à 150 °C, sans circulation d'air commence à carboniser. Avec une circulation d'air, cette carbonisation se produit à partir de 150 à 200 °C. À 275 °C, la réaction devient exothermique et le bois s'enflamme.

Or, au droit de la peau d'un insert, la température peut atteindre et dépasser 500 °C ; si l'on ne tient pas compte de l'écart de feu minimum, le risque est réel.

C'est le cas par exemple de l'installation en maison individuelle, d'un conduit entre deux fermettes dont l'entraxe est de 0,60 m avec un conduit de section intérieure 0,20 x 0,20. L'écart de feu, compte tenu de l'épaisseur des bois (0,06 m), sera de :

$$\frac{0,60 - (0,06 + 0,20)}{2} = 0,17 \text{ m.}$$

Le moindre écart d'implantation rendra l'installation non conforme.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2. Écart de feu entre la poutre décorative de la cheminée à feu ouvert et la paroi de l'insert : 32 % des cas

L'écart de feu de 0,16 m est souvent insuffisant.

L'inflammation se produira après un certain temps de distillation, dans la partie la plus confinée de la pièce de bois, c'est-à-dire sur la face arrière au droit du départ de la cloison de la hotte.

On peut interposer des matériaux isolants à hautes performances, à l'exclusion de l'amiante, interdit par la réglementation actuelle.

3. Matériaux et techniques nouvelles : 23 % des cas

Ces matériaux sont intéressants sur un plan d'isolation thermique ou phonique et de rapidité de mise en œuvre ; mais leur mise en œuvre peut poser des problèmes lorsqu'ils sont placés à proximité immédiate d'une cheminée. Leur apparence de matériau « dur » peut induire les utilisateurs en erreur. C'est le cas :

- des nids d'abeilles en papier kraft enduits de colle ;
- du polystyrène expansé ;
- des canalisations électriques ;
- du lin comprimé ;
- de la filasse pour plaques de staff ;
- des fourrures bois ;
- des colles inflammables.

4. Pièges à calories ou chauffage de l'air par convection : 14 % des cas

La hotte décorative doit être largement ventilée pour éviter de piéger les calories dans son volume.

Les ventilations doivent être placées en sommet de hotte pour un maximum d'efficacité.

5. Importance des ramonages

L'utilisation de bois vert, résineux ou insuffisamment sec entraîne rapidement un goudronnage du conduit.

Le goudron peut s'enflammer lorsque l'insert comporte un ventilateur accélérant le tirage.

Un bois « sec » doit comporter environ 12 % d'eau.

Les inserts ayant pour fonction essentielle de dispenser les calories à feu continu, il se produit inévitablement un phénomène de distillation qui provoque un goudronnage important.

Note

Il est absolument interdit d'installer soi-même un insert ou un foyer fermé (condition imposée par les compagnies d'assurances).



Question/Réponse

CONDUITS DE FUMÉE

Obturation d'un conduit non utilisé

QUESTION

Dans quelles conditions peut-on envisager l'obturation d'un conduit de fumée ?

RÉPONSE

Le RSD (Règlement sanitaire départemental) mentionne à l'article 31.1, 5^e alinéa, que l'obturation d'un conduit de fumée ne peut être faite qu'à sa partie inférieure.

L'obturation faite uniquement en partie haute pourrait entraîner des conséquences graves lors de l'allumage intempestif d'un appareil raccordé sur ce conduit.

La difficulté d'utilisation ou de non-utilisation des conduits de fumée dans les grands immeubles anciens comportant beaucoup de conduits très anciens provient des erreurs d'identification d'un conduit entre la souche en toiture et l'entrée du conduit dans la pièce desservie.

Le fait d'obturer l'entrée empêche cette confusion possible dont les conséquences pourraient être très graves.

Un conduit reconnu inutilisable par l'usage (ou par le temps) peut être remblayé afin d'éviter tout branchement à quelque niveau que ce soit. C'est le cas des conduits shunt installés après le conflit 1939-1945, afin de prévoir des périodes de pénurie et qui en fait n'ont jamais été utilisés. Ces conduits par suite de mouvements de structure peuvent être fissurés et de ce fait rendus inutilisables.

Lorsque ce remblaiement est envisagé, il doit être réalisé sur toute la hauteur du conduit. Les produits utilisés sont généralement des granulés de vermiculite agglomérés par un plâtre collé gâché avec un minimum d'eau afin d'éviter des phénomènes de bistrage, notamment si le conduit a été utilisé pour brûler du bois.

Remarques

Les acquéreurs d'appartements situés dans des immeubles anciens équipés de cheminées à feu ouvert peuvent être tentés de réutiliser ces conduits.

Dans ce cas, le syndic doit être informé et s'opposer pour des questions de sécurité à cette utilisation. Néanmoins, une vérification de l'état du conduit est toujours possible, ainsi qu'un chemisage éventuel.

Cette disposition doit être accompagnée d'une police d'assurance de responsabilité.

Dans d'autres cas, tels que ceux de réfection de l'étanchéité de toitures-terrasses, l'état des souches existantes entraîne généralement le traitement des souches avec conservation ou suppression des conduits (cf. Fiche « Conduits de fumée (souches) - Cas des réfections de toiture »).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



(

(

(

(

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE



CONDUITS DE FUMÉE

Pathologie générale

PRINCIPAUX DÉSORDRES

- 1/ Incendie avec extension à l'extérieur du conduit de fumée.
- 2/ Feu de cheminée.
- 3/ Refoulement des gaz et fumées.
- 4/ Défaut d'étanchéité.
- 5/ Corrosion.
- 6/ Bistrage.

CAUSES POSSIBLES DES DÉSORDRES

1. Incendie

- Surchauffe du conduit :
 - inserts mal installés ;
 - dérèglement du générateur.
- « Ponts thermiques » entre conduit et matériaux combustibles.
- Distance insuffisante des bois de structures.
- Défaut d'isolation.
- Traversée de plancher.

2. Feu de cheminée

- Disfonctionnement du générateur.
- Défaut de ramonage (accumulation de suies et goudrons).

3. Refoulement

- Sous-dimensionnement.
- Variations de sections (exhaussements).
- Défaut d'isolation (traversée de combles).
- Position du débouché de toiture (mauvais tirage).
- Défaut d'amenée d'air (foyer ouvert).

4. Défaut d'étanchéité

- Fissuration (surchauffe, absence de possibilité de dilatation).
- Joints insuffisants (choix du matériau, corrosion).
- Porosité localisée (corrosion).

5. Corrosion

- Inadéquation des matériaux aux combustibles et/ou générateurs.
- Ambiances halogénées.
- Condensations (surdimensionnement).
- Effet de pile (incompatibilité de métaux différents).

6. Bistrage

- Joints insuffisants.
- Défaut de ramonage (accumulation de suie, condensations).
- Changement de combustibles (charbon/bois en fioul/gaz).

CLASSIFICATION DES CAUSES PRIMAIRES

1. Non-respect du règlement de construction

- Écart de feu : distance insuffisante de l'intérieur du conduit au bois de charpente (< 16 cm).
- Position du débouché du conduit en toiture (0,40 m au-dessus du faîtage).

2. Mauvaise conception ou mauvais dimensionnement

- Construction de conduits en ambiance halogénée.
- Incompatibilité de métaux différents entraînant une cause secondaire (effet de pile).
- Défaut d'amenée d'air à un foyer ouvert.
- Sous-dimensionnement.
- Sur-dimensionnement entraînant une cause secondaire (condensations).

3. Mauvaise qualité des matériaux ou matériels employés

- Conduits composites préfabriqués insuffisamment isolés provoquant des condensations (cause secondaire).
- Inadéquation des matériaux aux combustibles.
- Joints insuffisants ou inadaptés entraînant deux causes secondaires (retrait et corrosion).
- Inadéquation des matériaux aux générateurs.
- Générateurs aux performances incompatibles entraînant deux causes secondaires (surchauffe et fissuration).

4. Mauvaise qualité de la mise en œuvre

- Traversée de plancher.
- Ponts thermiques.
- Défaut d'isolation.
- Variations de sections.
- Absence de possibilité de dilatation entraînant une cause secondaire : la fissuration.

5. Mauvaises conditions d'exploitation

- Ramonage inadapté générateur d'une cause secondaire (accumulation de suies et goudron).
- Dérèglement du générateur provoquant surchauffe et fissuration (causes secondaires).
- Changement de combustible (bois/charbon par fioul/gaz par exemple).



CONDUITS DE FUMÉE

Raccord avec souche

DISPOSITIONS

Conduit de fumée intérieur constitué de boisseaux de terre cuite (section intérieure 40×20), section extérieure 50×30).

Souche traversant la couverture surmontant le conduit ci-dessus en maçonnerie de briques pleines de 0,11 (épaisseur paroi 0,11 m).

Section extérieure 46×69 .

DÉSORDRES

Taches d'humidité au plafond avec bistrage à proximité du conduit.

CAUSE

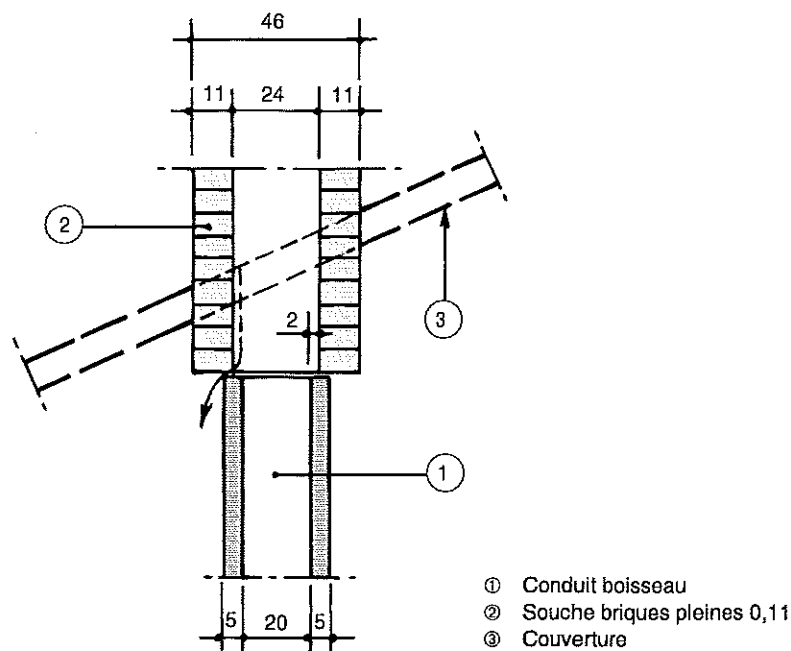
Défaut de raccordement entre les deux parties du conduit (cf. schéma).

Remarques

Le DTU 24.1 impose qu'une section constante soit respectée, ce qui peut entraîner des désordres dans le fonctionnement de la cheminée (turbulences).

Dans le cas ci-dessus, le changement de section se traduit par un palier (appui) de l'ordre de 2 cm.

L'eau de pluie qui ruisselle à l'intérieur de la souche est recueillie par ce palier et ne peut s'évacuer que par le joint avec le dernier boisseau du conduit intérieur, d'où une infiltration dans la pièce.



VARIANTE

Le conduit boisseau traverse la couverture et un habillage en briques de 0,11 m est disposé dans la partie saillante hors toiture.

Mais les eaux de ruissellement extérieures traversent la paroi de 0,11 m et se trouvent prises dans le joint vertical séparant l'habillage du conduit en boisseaux.

La transmission à la base de l'habillage se traduit par une fuite, comme dans la disposition précédente.

REMÈDES

1. Remède préventif

- D'abord respecter la réglementation thermique de manière à avoir une continuité de la section entre le boisseau et la souche.
- Cette règle nécessite le sciage des briques de 0,22 m de longueur à 0,17 m environ (pour tenir compte des joints de pose).

En pratique, cette disposition n'est jamais suivie du fait de la sujétion d'exécution de la souche.

2. Remède correctif

On peut habiller la souche avec un essentage en ardoises et un couronnement en zinc. Si ces dispositions ne sont pas admissibles sur un plan esthétique, la seule solution consiste à démolir la souche existante et à la reconstruire en respectant les règles.





Question/Réponse

CONDUITS DE FUMÉE

Surélévation

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTION

Quelles sont les exigences réglementaires et dispositions pratiques à respecter lors de la surélévation d'un conduit de fumée ?

RÉPONSE

Le problème de la surélévation d'un ou de plusieurs conduits de fumée (en service) se pose, à chaque fois qu'une nouvelle construction vient s'établir contre une construction existante beaucoup plus basse.

Il y a obligation de surélever le (ou les) conduits existants d'après le règlement sanitaire départemental (art. 53.2) :

« ... toute surélévation doit être réalisée conformément aux dispositions de la réglementation en vigueur ».

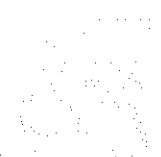
L'arrêté du 22 octobre 1969 définit les dispositions de cette surélévation.

- Celle-ci s'applique à la partie du conduit au-dessus de la couverture existante, c'est-à-dire à la souche.
- Elle concerne tous les conduits situés à moins de 8,00 m de l'obstacle résultant de la surélévation. Cette disposition doit éviter que le conduit existant soit mis en surpression et de perturber son tirage (refoulement).
- Les dévoiements qui résultent de cette disposition posent des problèmes techniques concernant le support et la stabilité des conduits surélevés. Le résultat esthétique est souvent désastreux.
- La section de la partie surélevée doit être uniforme sur toute la hauteur sans rétrécissement. Toutefois, il est admis de passer (à section égale) d'une section carrée ou rectangulaire à une section circulaire.
- Le DTU 24.1 (03/76) - Fumisterie est applicable pour les conduits de chaufferie. Pour les foyers à feux ouverts ou fermés, les DTU 24.2-1 ; 24.2-2 ; 24.2-3 sont applicables.
- La résistance thermique des parois de la souche doit être $\geq 0,43 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

Note

Les travaux de surélévation sont à la charge du constructeur de l'immeuble le plus élevé.

QUESTIONNAIRE



Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Établissement :

Date :

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Date :

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.

Le questionnaire est rempli par le responsable de la sécurité incendie de l'établissement.



CONDUITS DE FUMÉE

Tirage naturel

POSITION DU PROBLÈME

Un conduit de fumée à *tirage naturel* est sujet à des refoulements dans certaines conditions climatiques (température, hygrométrie extérieure, direction et intensité du vent).

CAUSES

1^{er} cas

Le débouché extérieur du conduit n'est pas conforme à la réglementation (art. 18 de l'arrêté du 22 octobre 1969), c'est-à-dire :

- le niveau de sortie des gaz brûlés est au-dessous de tout obstacle (construction) situé à moins de 8,00 m ;
- ou le niveau de sortie des gaz brûlés est à plus de 8,00 m du plus proche obstacle, mais il est situé au-dessous du niveau du faîtage de la construction ;
- ou le niveau de sortie des gaz brûlés est à plus de 8,00 m de l'obstacle le plus proche et le débouché est situé au-dessus du niveau du faîtage de la construction mais à moins de 0,40 m au-dessus de ce dernier et sans dispositif antirefouleur.

Cas particulier

Pour des toitures à faible pente ($\leq 15^\circ$ ou 28 % de pente environ) ou des toitures-terrasses plates :

- la souche correspondante, quelle que soit sa position en couverture, a moins de 1,20 m de hauteur ;
- la souche en toiture-terrasse a moins de 1,20 m de hauteur :
 - par rapport au niveau de la terrasse si les acrotères sont bas ($\leq 0,20$ m) ;
 - par rapport au niveau du dessus d'acrotère si ceux-ci font plus de 0,20 m.

2^e cas

Le conduit traverse un comble « froid », c'est-à-dire ventilé et ne comporte *pas d'isolation complémentaire* (doublage extérieur).

REMÈDES

1/ Débouché extérieur du conduit

1^{er} cas : souche sur couverture

Respecter les règles de l'arrêté du 22 octobre 1969 :

- hauteur par rapport au faîtage ;
- hauteur par rapport à l'obstacle le plus voisin ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

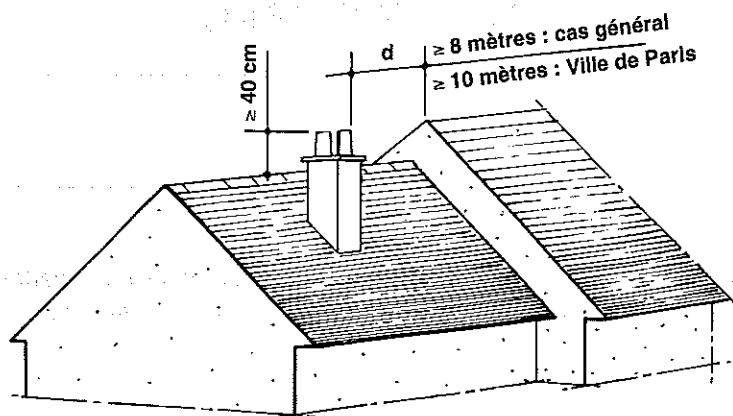
QR

ST

UV

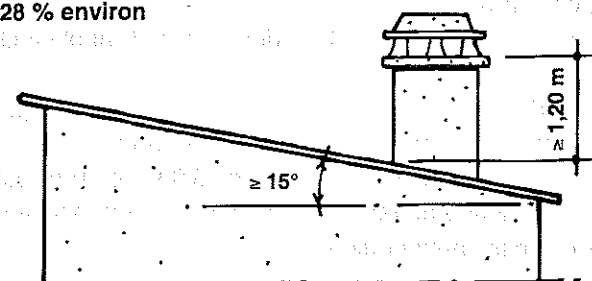
WX

YZ

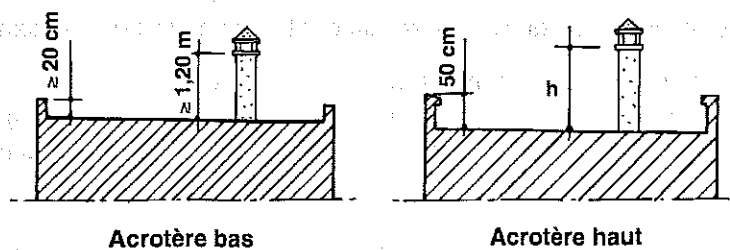


– tenir compte de la hauteur de souche ($\geq 1,20$ m) pour les pentes faibles ($\leq 15^\circ$ ou $\leq 28\%$).

$15^\circ = 28\%$ environ



2^e cas : souche sur toiture-terrasse plate



$$h \geq 1,20 + (0,50 - 0,20) \geq 1,50 \text{ m}$$

2/ Isoler le conduit dans la hauteur des combles



Question/Réponse

CONDUITS DE FUMÉE

Valeurs minimales des écarts de feu pour une pièce de bois

QUESTION

Quelle est la distance minimale entre la face intérieure d'un conduit de fumée et une pièce de bois (écarts de feu) ?

RÉPONSE

L'écart de feu est la distance minimale comprise entre la face intérieure d'un conduit de fumée et d'une pièce de bois (charpente de plancher ou de toiture). Cette valeur est fixée de manière à éviter l'inflammation du bois par transfert de chaleur. Autrefois, cette valeur correspondait à un demi-pied, soit 0,16 m. Le DTU 24-2 de 1975 a repris cette valeur pour les pièces de charpente pour les conduits de fumée en général. Mais une valeur de 0,07 m a été admise pour les autres pièces de bois non structurelles telles que le bois de bâti.

Pour les conduits de fumée domestiques desservant des cheminées à foyer ouvert ou fermé et par référence aux DTU 24-2.1 et 24-2.2, 24-2.3, l'écart de feu de **0,16 m** est repris sur un plan général vis-à-vis de tout matériau combustible sans distinction sur sa fonction, avec toutefois une dérogation si 4 conditions sont réunies simultanément :

- le matériau combustible se situe au moins à 0,05 m de la face extérieure du conduit de fumée ;
- la résistance thermique utile des parois du conduit doit être supérieure ou égale à 0,7 m².k/W ;
- l'isolant garde son intégrité jusqu'à 1 000 °C ;
- il n'existe pas de « pièges à calories » (ou confiné), et ce afin que la chaleur puisse s'évacuer par renouvellement d'air.

Pour les conduits de VMC gaz (DTU 61-1 : Installations de gaz), l'article 8.223 (8.4) exclut le principe de l'écart de feu.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



Objet : *Conduits de fumée - Valeurs minimales des écarts de feu pour une pièce de bois*

Date : *2014-01-14*

Nom : *André Gauthier* Adresse : *1000, rue Saint-Jacques, 1000* Ville : *Montréal*

Page : *1*

Je soussigné, *André Gauthier*, déclare avoir lu et compris le contenu du questionnaire et avoir répondu aux questions de la manière la plus précise possible. Je certifie que les informations fournies sont exactes et complètes. Je m'engage à fournir les documents et les renseignements nécessaires pour permettre la vérification de ces informations.

Je certifie également que les informations fournies ne sont pas destinées à être utilisées pour des fins autres que celles pour lesquelles elles ont été fournies. Je m'engage à ne pas divulguer ces informations à des tiers sans l'autorisation écrite du Ministère de l'Environnement et de la Forêt.

Je certifie également que les informations fournies ne sont pas destinées à être utilisées pour des fins autres que celles pour lesquelles elles ont été fournies.

Je certifie également que les informations fournies ne sont pas destinées à être utilisées pour des fins autres que celles pour lesquelles elles ont été fournies.

Je certifie également que les informations fournies ne sont pas destinées à être utilisées pour des fins autres que celles pour lesquelles elles ont été fournies.

Je certifie également que les informations fournies ne sont pas destinées à être utilisées pour des fins autres que celles pour lesquelles elles ont été fournies.

Je certifie également que les informations fournies ne sont pas destinées à être utilisées pour des fins autres que celles pour lesquelles elles ont été fournies.

Je certifie également que les informations fournies ne sont pas destinées à être utilisées pour des fins autres que celles pour lesquelles elles ont été fournies.



CONDUITS DE FUMÉE (SOUCHES)

Cas des réfections de toiture

QUESTION

Comment doit-on traiter les souches de conduits de fumée dans le cas d'une réfection de toiture-terrasse ?

RÉPONSE

Le cas traité ci-après ne concerne que les toitures-terrasses plates et les conduits individuels.

Les anciennes toitures-terrasses présentent souvent des dispositions assez « folkloriques » pour ce qui concerne les souches émergentes avec conduits de différentes natures (fumées, gaz de combustion, etc.) (cf. photos 1 à 5).

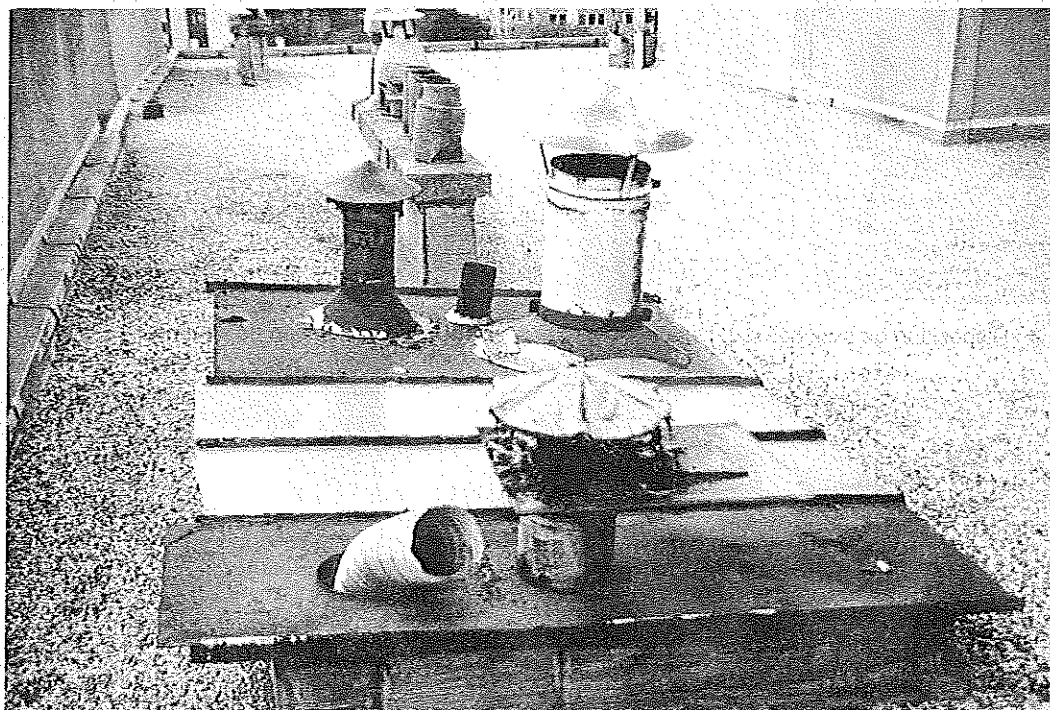


Photo 1 : Émergence de conduit à travers un lanterneau d'éclairage sur une toiture. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Disposition de souche. © J. Putatti



Photo 3 : Disposition de souche. © J. Putatti

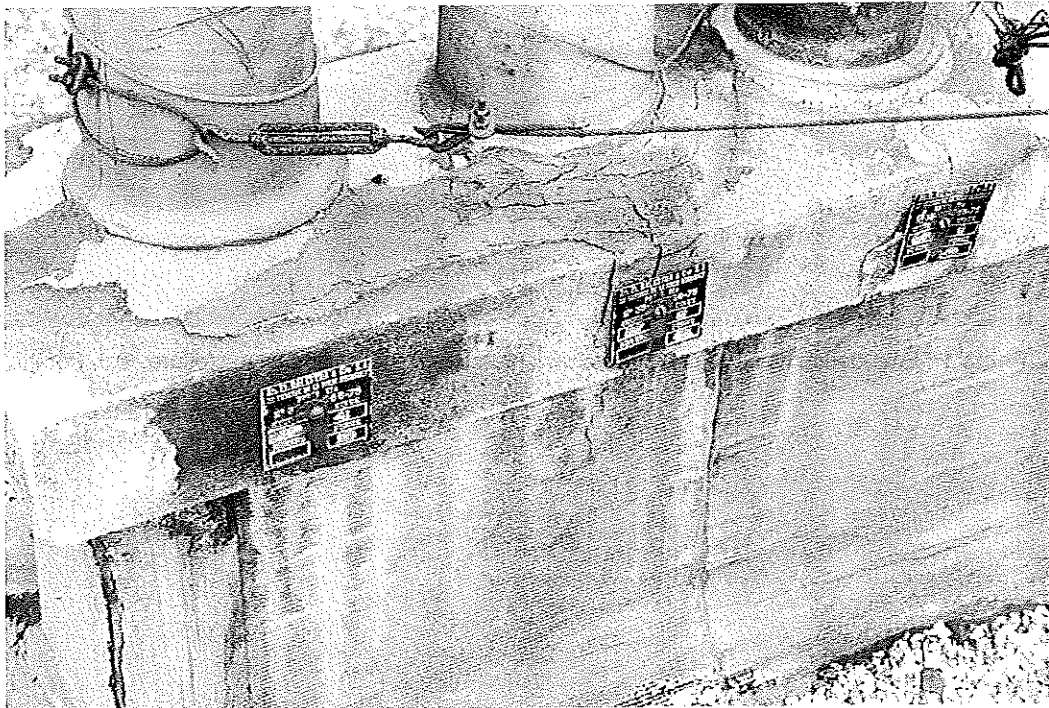


Photo 4 : Souche fissurée, réparée sommairement par mastic bitumineux (poterie servant d'ancrage).
© J. Putatti

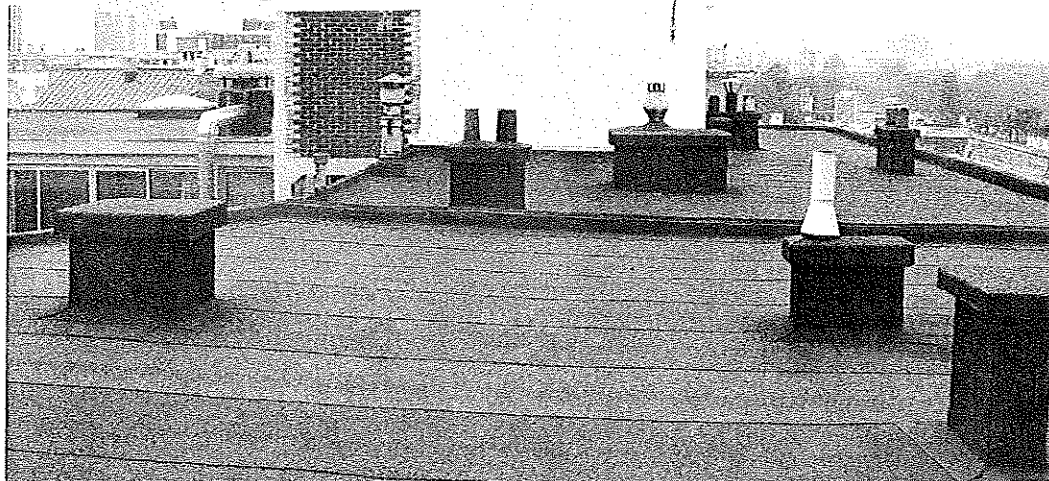


Photo 5 : Disposition d'une toiture-terrasse après réfection de l'étanchéité. Seuls les conduits en service ont été traités. © J. Putatti

Au point de vue de l'étanchéité des terrasses, les souches constituent des points singuliers ou ouvrages particuliers qui nécessitent des dispositions au niveau :

- des liaisons avec le gros œuvre (conduits éventuellement dilatables nécessitant des costières de joints pour les relevés périmétriques) ;
- des relevés contre les parois des souches ;
- des ouvrages de protection du dessus des souches, en fonction des conduits en service.

Lorsque l'émergence (cf. photo 1) comporte des dispositions d'éclairage (verrière), des travaux d'aménagement sont à prévoir afin :

- de remplacer les parties éclairantes par un dispositif « moderne », tel qu'un lanterneau ;
- de traiter en souche séparée les conduits en service regroupés.

Le problème essentiel dans le traitement des différentes souches rencontrées est celui de l'utilisation des conduits présentant une sortie en souche (mitron ou aspirateur).

En effet, on ne peut obturer un conduit non utilisé qu'à sa partie inférieure, avec l'accord de l'occupant concerné, afin d'éviter ultérieurement tout accident en cas d'utilisation intempestive.

Le conduit doit ensuite être rempli par des matières inertes (vermiculite expansée agglomérée par un coulis de plâtre-colle au fur et à mesure du remplissage). Toutes précautions doivent être prises pour éviter les désordres par humidification des parois.

Le traitement des conduits Shunt ne fait pas l'objet de la présente fiche.



Figure 1 : Vue d'ensemble de la toiture de la station de pompage d'eau de la ville de Québec.

La toiture est constituée de plusieurs sections de toiture en tôle ondulée, qui sont séparées par des lignes de jointure. Les sections de toiture sont fixées à une structure en bois, qui est visible à travers les ouvertures de la toiture. La toiture est en mauvais état, avec de nombreuses fissures, des déformations et des zones de corrosion. Les joints entre les sections de toiture sont également défectueux, ce qui entraîne des fuites d'eau. Les travaux de réparation de la toiture sont donc nécessaires pour éviter des dommages plus importants à la structure de la station de pompage.

Les travaux de réparation de la toiture sont effectués en plusieurs étapes. Tout d'abord, les sections de toiture défectueuses sont retirées et remplacées par de nouvelles sections. Ensuite, les joints entre les sections de toiture sont réparés et étanchés. Enfin, la structure en bois est inspectée et réparée si nécessaire. Les travaux de réparation de la toiture sont effectués par une entreprise spécialisée, qui utilise des matériaux de qualité et des techniques professionnelles.

Les travaux de réparation de la toiture sont terminés et la toiture est remise en état. La station de pompage d'eau de la ville de Québec est maintenant prête à fonctionner normalement. Les travaux de réparation de la toiture ont permis d'éviter des dommages plus importants à la structure de la station de pompage et d'assurer la continuité de son fonctionnement.



Question/Réponse

COSTIÈRES MÉTALLIQUES (TOITURES-TERRASSES)

Utilisation de costières métalliques pour relevés d'étanchéité

QUESTION

Dans un gros œuvre réalisé en béton armé, dans quels cas peut-on utiliser des costières métalliques pour relever le revêtement d'étanchéité ?

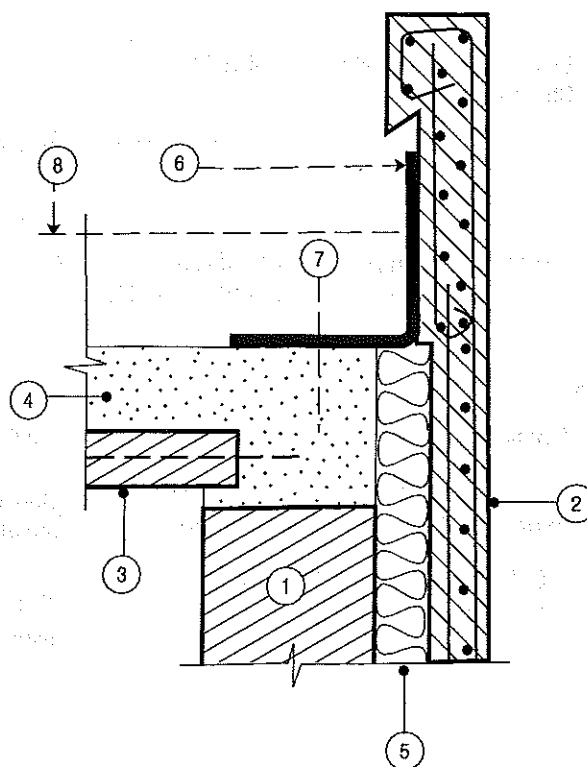
RÉPONSE

Cas prévus par le DTU 20.12 (NF P 10-203, 09/1993)

• 1^{er} cas

Acrotères préfabriqués associés à un système de gros œuvre relevant d'un Avis technique.

Le cas nécessitant la mise en œuvre d'une costière métallique correspond aux acrotères incorporés au voile extérieur de façade (fig. 1).



- ① Élément de façade
- ② Panneau préfabriqué avec acrotère
- ③ Élément porteur plancher
- ④ Béton coulé sur place
- ⑤ Isolant façade
- ⑥ Costière métallique
- ⑦ Fixation mécanique costière/gros œuvre
- ⑧ Niveau fini terrasse

Fig. 1 : Acrotère préfabriqué incorporé au voile extérieur de façade.

Cette disposition permet de réaliser le relevé d'étanchéité et d'assurer le libre mouvement du panneau de façade (panneau librement dilatable).

Elle est réservée aux terrasses inaccessibles. Dans le cas de terrasses accessibles, la protection du relevé d'étanchéité est assurée par un bardage démontable empêchant le passage de l'eau et descendant jusqu'à la protection de l'étanchéité.

• 2^e cas

La costière métallique doit rester libre mais être protégée par le retrait avec becquet (variante - fig. 2).

Hauteur de la costière métallique (prise au-dessus de la protection du revêtement d'étanchéité) :

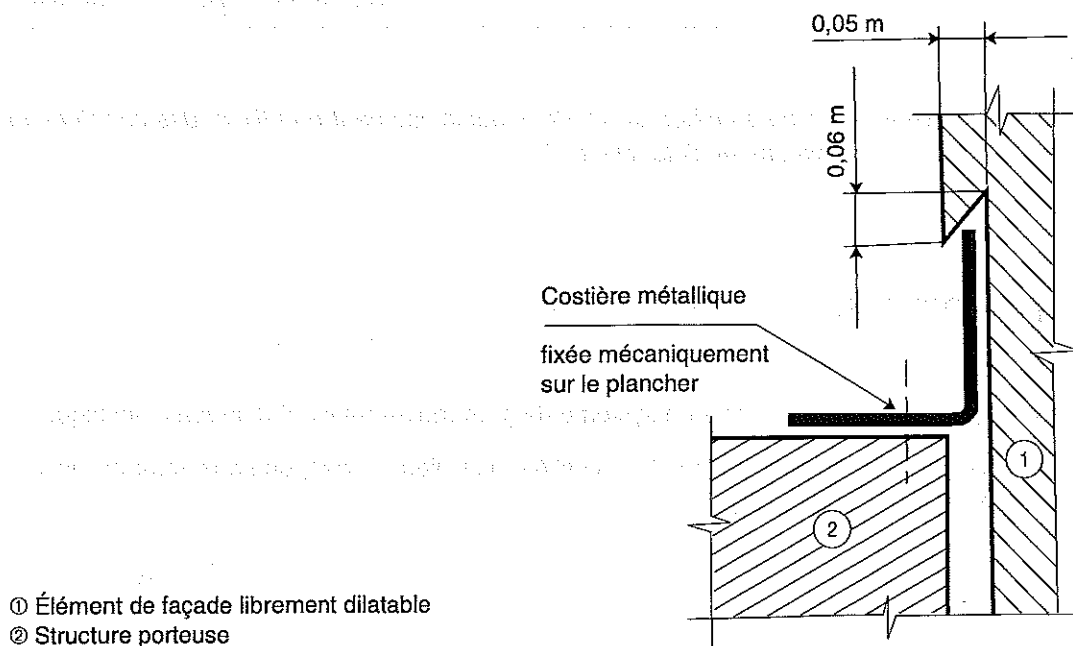


Fig. 2 : Costière sous becquet (détail fig. 1).

- 0,15 à 0,20 m pour les costières non isolées ;
- 0,15 à 0,35 m pour les costières isolées.

• 3^e cas

Costière métallique avec protection supérieure par couverture métallique (fig. 3).

Les épaisseurs des tôles des costières varient en fonction de leur hauteur :

- 0,75 mm pour $H \leq 0,25$ m ;
- 1 mm pour $H \leq 0,40$ m ;
- $\geq 1,2$ mm pour $H \leq 0,60$ m.

- ① Élément de façade librement dilatable
- ② Structure porteuse

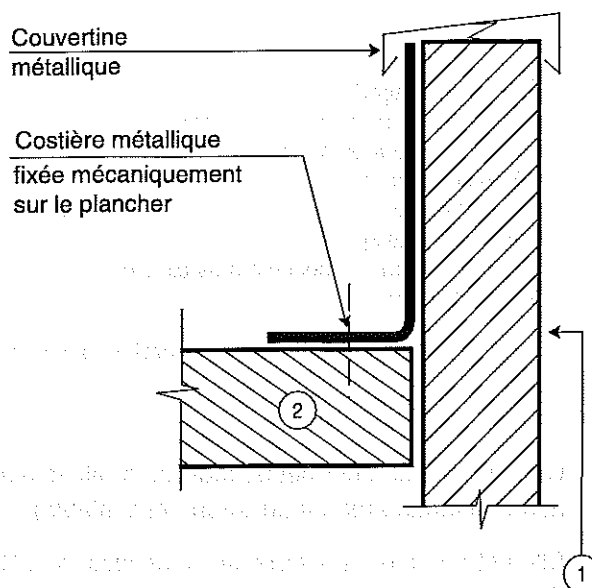


Fig. 3

Le recouvrement de deux tôles consécutives est de 0,04 m (longueur maximale des tôles : 2,00 m). Ces éléments sont généralement en acier galvanisé.

Cas non prévus par le DTU 20.12

Lorsque les costières bordant un joint ont été oubliées lors de la réalisation de l'élément porteur, on peut :

- soit réaliser des costières béton à partir d'armatures ancrées dans le support. Un dispositif couvre-joint sera à prévoir pour assurer l'étanchéité du joint (fig. 4) ;
- soit utiliser deux costières métalliques, dont l'une comportera un retour supérieur formant couvre-joint (fig. 5).

- ① Élément porteur
② Aciers de liaison
scellés à la résine époxy
③ Costières BA coulées sur place
ou préfabriquées
④ Couvertine métallique (ou autre)
⑤ Niveau fini protection
⑥ Isolant intercalaire

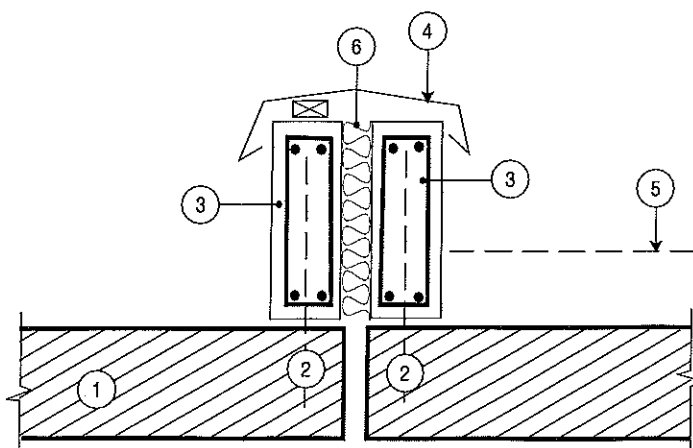


Fig. 4 : Costière double (joint) reconstituée.

- ① Élément porteur
②A) Costière simple
②B) Costière à recouvrement
③ Fixations mécaniques
④ Niveau fini protection
⑤ Isolant intercalaire

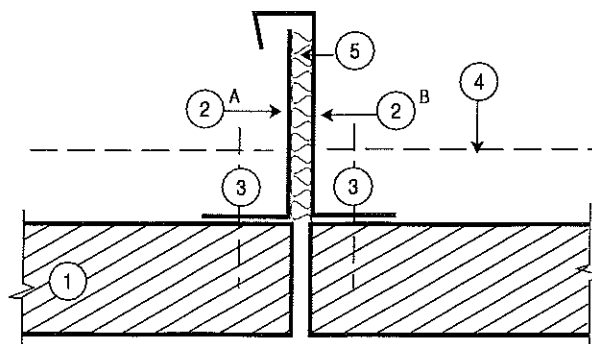


Fig. 5 : Costière double métallique.

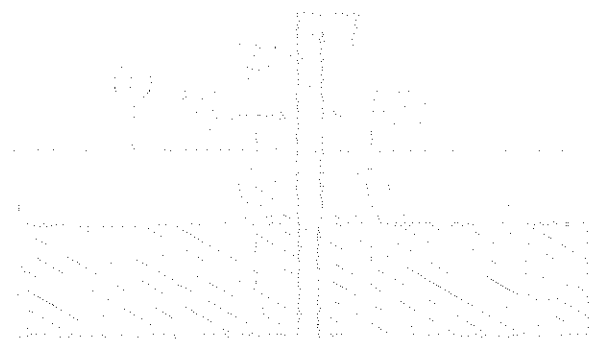
Il est important de noter que les données relatives à la performance des membranes sont basées sur des tests effectués en laboratoire. Les conditions réelles d'usage peuvent varier et affecter les résultats. Les données sont donc à considérer comme des indications générales et non comme des garanties.

Les données relatives à la performance des membranes sont basées sur des tests effectués en laboratoire. Les conditions réelles d'usage peuvent varier et affecter les résultats. Les données sont donc à considérer comme des indications générales et non comme des garanties.



Les données relatives à la performance des membranes sont basées sur des tests effectués en laboratoire. Les conditions réelles d'usage peuvent varier et affecter les résultats. Les données sont donc à considérer comme des indications générales et non comme des garanties.

Les données relatives à la performance des membranes sont basées sur des tests effectués en laboratoire. Les conditions réelles d'usage peuvent varier et affecter les résultats. Les données sont donc à considérer comme des indications générales et non comme des garanties.



Les données relatives à la performance des membranes sont basées sur des tests effectués en laboratoire. Les conditions réelles d'usage peuvent varier et affecter les résultats. Les données sont donc à considérer comme des indications générales et non comme des garanties.

Les données relatives à la performance des membranes sont basées sur des tests effectués en laboratoire. Les conditions réelles d'usage peuvent varier et affecter les résultats. Les données sont donc à considérer comme des indications générales et non comme des garanties.



COUVERTURES

Couvertures en tuiles - Pénétrations diverses - 1) Désordres divers

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage correspond à la couverture d'un pavillon rez sur sous-sol avec étage sous combles. Ceux-ci sont éclairés par des lucarnes latérales ; une souche se situe juste au-dessus de l'une des lucarnes.

La couverture a été refaite en totalité quelques années (< 10) avant la constatation des désordres faisant l'objet de l'expertise.

Ces désordres sont apparus 4 ans environ après la réfection de la couverture.

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les désordres constatés et signalés sont de deux types :

- pénétrations d'eau ;
- moisissures avec décollement des tentures.

CAUSES DES DÉSORDRES

1/ Taches d'humidité, moisissures (micro-organismes), décollement de tentures, désordres peintures. Ces désordres sont imputables aux phénomènes de condensation résultant des conditions d'occupation des locaux par le locataire (excès de dégagement de vapeur d'eau dans des locaux mal ventilés tels que les soupentes) (cf. photos 1 à 8).



Photo 1 : Taches d'infiltration et de condensation (pièce humide), moisissures. © J. Putatti

1) Cas concret d'expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

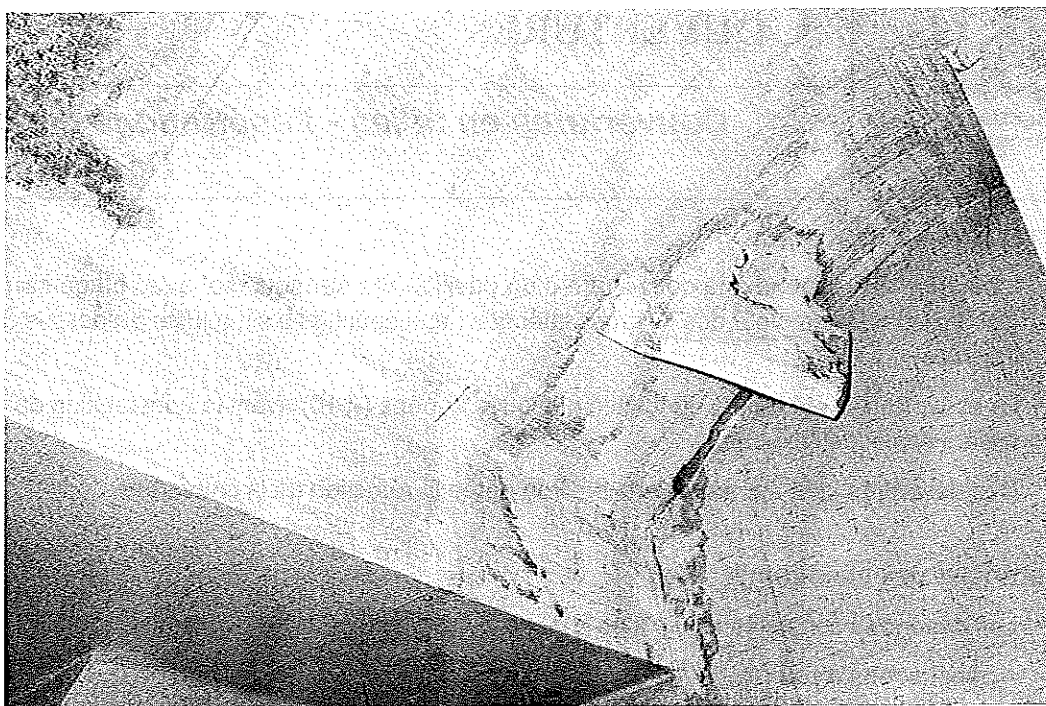


Photo 2 : Taches d'infiltration localisée avec traînées brunâtres. Décollement des tentures.
© J. Putatti



Photo 3 : Moisissures en bas de versant (rangement, sèche-linge). © J. Putatti

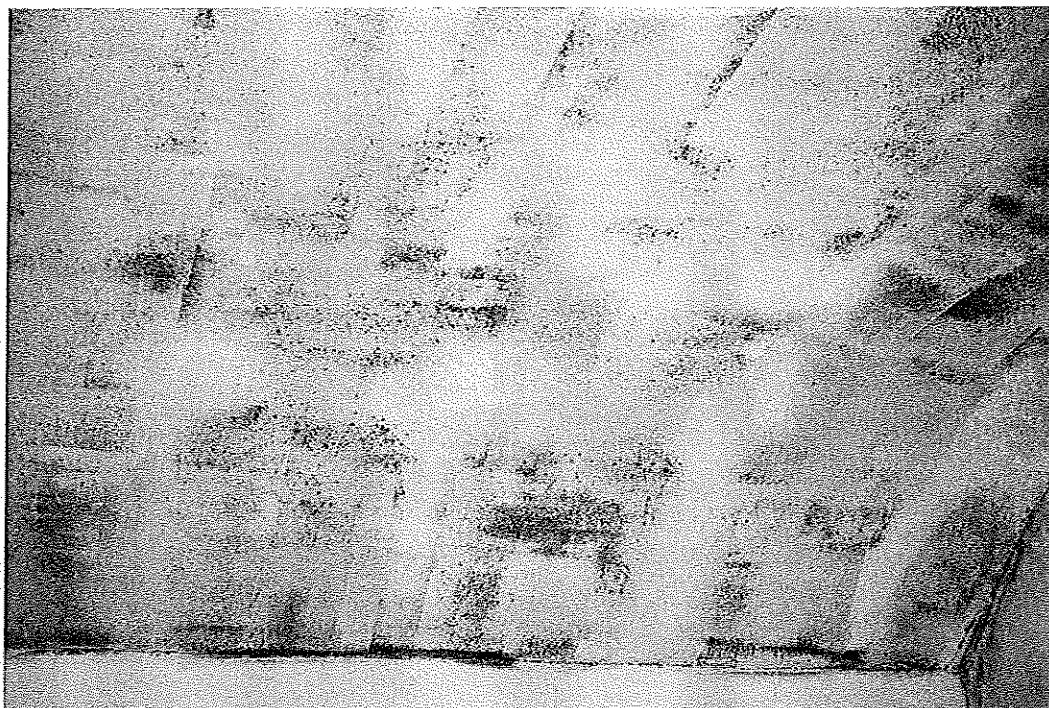


Photo 4 : Développement de moisissures dans la zone centrale du comble. © J. Putatti

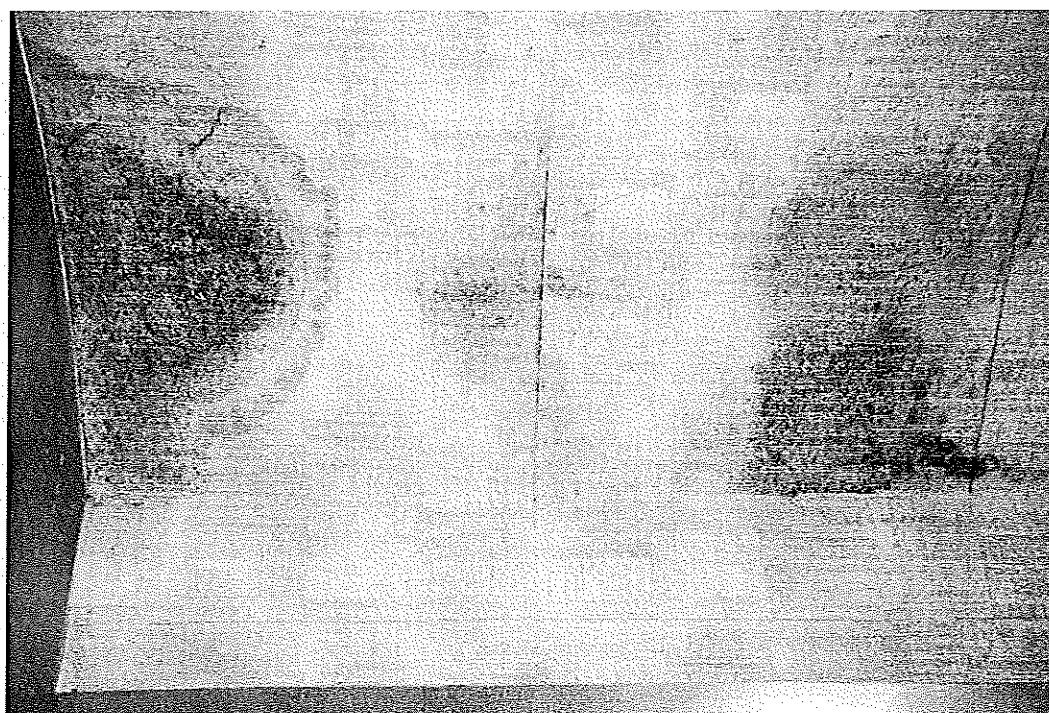


Photo 5 : Autre aspect de la photo 1, pris à une période différente. © J. Putatti



Photo 6 : Fuites sur jouée de lucarne (près de la souche). © J. Putatti

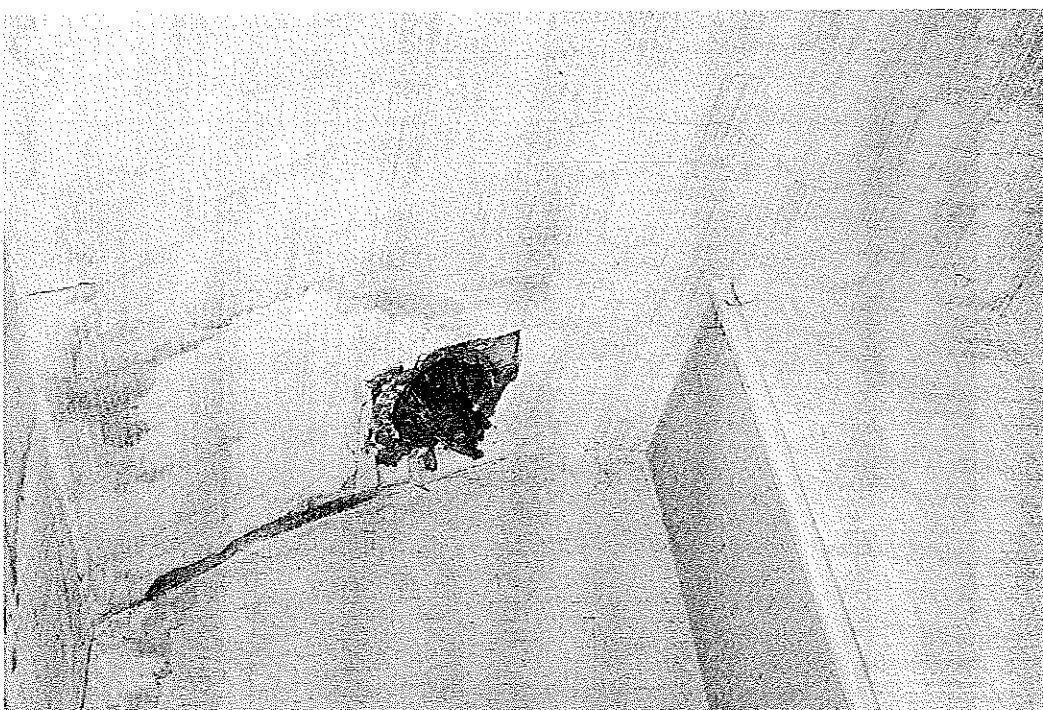


Photo 7 : Sondage (cf. photo 2) ; découverte d'un ancien conduit de fumée rebouché. © J. Putatti

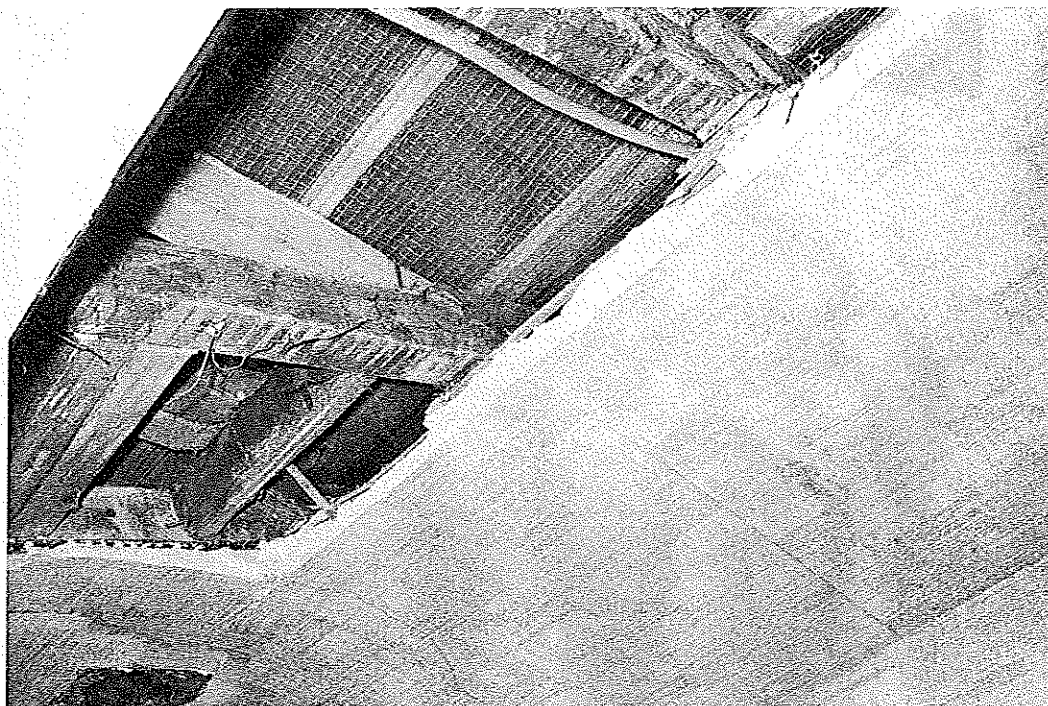


Photo 8 : Sondage dans la sous-toiture, zone de lucarne. Raccordement coyaulure sur ancien chevron. © J. Putatti

2/ Fuites (origine) :

- souche (cf. photo 9), fissuration du couronnement de souche et descellement d'un mitron ;
- ceinturage d'antenne (ceinture basse) détériorant le becquet de l'embase de souche (cf. photo 10) ;
- pente insuffisante du dessus de lucarne utilisant la même tuile (tuile « Cupidon » à petit moule, tuile à emboîtement à pureau plat). Le versant présente une pente de 66 % pour une exigence DTU de 60 % (correct). La lucarne dite rampante, c'est-à-dire avec une pente dans le même sens que celui du versant présente une pente de 29 % nettement insuffisante. La mise en place ultérieure d'un écran aurait permis une pente de 50 %. Le problème non résolu au niveau des textes codifiés (DTU 40.211) ne l'est pas non plus pour ce cas précis.

La seule solution consiste à réaliser dans la zone « lucarne » une toiture avec étanchéité (double toiture - type montagne). C'est la solution suggérée dans le rapport.

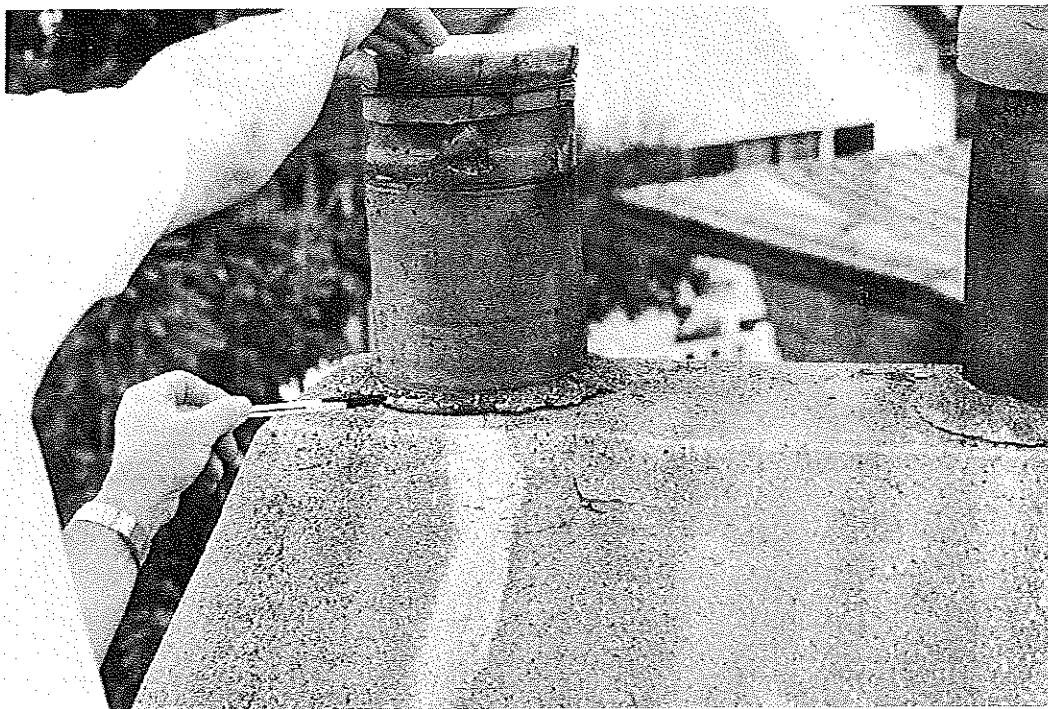


Photo 9 : Détail souche. Fissure, décollement du mitron : fuite. © J. Putatti

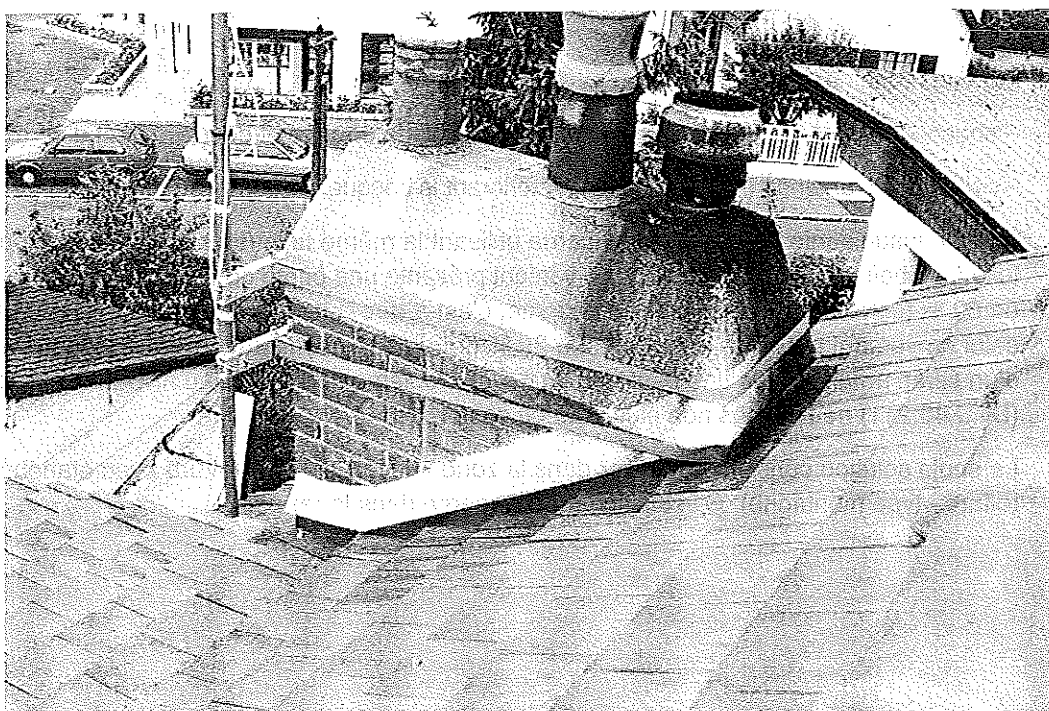


Photo 10 : Souche. Raccordement versant avec dessus de lucarne (brisure). © J. Putatti

DÉSORDRES DIVERS

Certaines tuiles, ainsi que des tuiles faîtières, se sont envolées à l'issue de fortes pluies accompagnées de rafales de vent ne présentant pas le caractère de tempête.

Ce désordre a entraîné une intervention du couvreur.

Le déplacement de certaines tuiles peut être à l'origine de fuites ponctuelles.

L'insuffisance de la ventilation de la sous-face des tuiles constatée par les experts (assurances et judiciaire) par le faible nombre de chatières disposées sur les versants et un comble dont la sous-face est complètement revêtue contribue à ce type de désordres.

En ce qui concerne les détériorations par moisissures, décollements de tentures, etc., il y a lieu de veiller à une meilleure occupation des locaux en utilisant les châssis de toit existants pour renouveler l'air des locaux humides et à installer pour ces locaux des aspirateurs statiques.

DÉSORDRE



Question/Réponse

COUVERTURE MÉTALLIQUE

Condensation sous couverture aluminium

QUESTION

Pourquoi, malgré la mise en place d'un système de ventilation, la condensation sous une couverture aluminium persiste ?

RÉPONSE

Une toiture en plaques nervurées d'aluminium couvre un entrepôt comprenant une réserve d'emballages (cartons), des bureaux et une salle d'expédition climatisée à sec.

Cette toiture est soumise à des condensations en permanence : l'eau ruisselle au droit des pannes et traverse les plafonds qui sont :

- soit des plaques de plâtre avec isolant de laine minérale, posées sur des solivettes ;
- soit un enduit de ciment grillagé, isolé avec du polystyrène expansé.

Estimant que la toiture était insuffisamment ventilée, l'exploitant a fait percer des ouvertures (6) de ventilation supplémentaires de $1,40 \times 0,13$ m réparties sur toute la longueur de la façade, ainsi que deux buses de 0,40 m de diamètre sur un autre pignon.

Malgré ces ventilations, les condensations persistent.

En fait, c'est l'excès de ventilation qui est à l'origine de ces désordres persistants.

Les phénomènes de condensation font intervenir plusieurs facteurs :

- la température et le degré hygrométrique de l'air ;
- la température de la zone où ils se produisent.

Lorsqu'on ventile avec un air peu chargé en humidité, la vapeur d'eau en excès est éliminée en général et les risques de condensations sont supprimés.

Mais si l'air extérieur est humide (zone maritime) la ventilation va entraîner des condensations sur des parois froides.

Dans une atmosphère à 90 % d'hygrométrie relative, il suffit que la température de surface (en l'occurrence la sous-face des plaques nervurées) soit inférieure de 2°C à l'air ambiant pour que la condensation se produise.

Du fait de la ventilation du comble rendue excessive encore par l'augmentation des ouvertures de ventilation, la toiture est en courant d'air permanent. Les plaques de couverture en aluminium et la charpente (métallique) sont donc très froids.

Lorsque l'atmosphère extérieure se réchauffe légèrement, l'air humide se condense sur les zones froides (plaques et pannes).

Il faut :

- supprimer les ventilations qui sont trop nombreuses et ne laisser que celles disposées le long de la façade et en nombre réduit ;
- floquer la charpente et le dessous des plaques avec un enduit isolant thermique (projection de fibres minérales ou de mousses polyuréthane) pour corriger la température de surface des plaques ou éléments de charpente.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Une autre solution consiste à :

- obturer complètement les ventilations existantes du comble ;
- insuffler dans le comble de l'air chaud pulsé si possible déshydraté.

Ce système serait associé à une régulation qui déclencherait cette insufflation dès que l'hygrométrie du comble dépasserait un seuil fixé, par exemple à 80 à 90 %.



COUVERTURES

Pathologie générale

CLASSEMENT GÉNÉRAL DES SINISTRES DE COUVERTURES

Types de couvertures	Nombre %	Coût de réparation %	Coût moyen de réparation d'un désordre
– Petits éléments	83	75	16 000 F
– Plaques ondulées et éléments en fibres-ciment ¹⁾	13	16	23 000 F
– Bacs et éléments autoportants métalliques	4	9	37 600 F

RÉPARATION DES SINISTRES

1. Par familles de couverture par petits éléments

Types de couverture	% en nombre ²⁾
– Tuiles de terre cuite	58,4
– Tuiles béton	18,9
– Ardoises de schiste	5,4
– Ardoises artificielles	2,3
– Bardeaux bitumés	8

2. Pour les couvertures par grands éléments

Types d'éléments	% en nombre
– Couvertures en plaques de fibres-ciment y compris plaques supports de tuiles	75
– Couvertures métalliques	25

RÉPARTITION PAR TYPES D'OUVRAGES DE COUVERTURE

Nature ou type d'ouvrages	% en nombre	% en coût de réparation
– Parties courantes	33	63
– Ouvrages particuliers (voir détail)	59	29
– Supports	4	5
– Divers	4	3

1) Les fibres-ciment, nouvelle désignation, regroupent ici les fibres d'amiante-ciment et les fibres synthétiques.

2) Pour l'échantillon étudié.

RÉPARTITION PAR FAMILLES DE COUVERTURE DES SINISTRES D'OUVRAGES

Familles Ouvrages	Petits éléments		Fibres-ciment		Couverture métallique	
	% en nombre	% en coût	% en nombre	% en coût	% en nombre	% en coût
- Parties courantes	34	63	21	29	30	71
- Ouvrages particuliers	59	28	68	67	58	24
- Supports	4	7	1	1	6	3
- Divers	3	2	10	3	6	2

Note

Les ouvrages particuliers sont définis ci-après.

Pour les 3 familles définies ci-dessus, les sinistres concernant ces ouvrages représentent, en nombre, de l'ordre de 60 % de l'ensemble des sinistres.

Pour les tuiles de terre cuite, la répartition des sinistres par ouvrage particulier est la suivante.

	% en nombre
- Faîtage et arêtier	36,5
- Rive sur mur	26,5
- Rive et solin contre mur émergent	17,5
- Entourage de souche	7
- Ouvrage d'évacuation, chéneau, noue	6,5
- Raccord de pénétration (lucarne, point singulier)	4
- Chatière-ventilation	2



Question/Réponse

COUVERTURES

Plan de toiture

QUESTION

Est-ce qu'il existe une obligation de fournir un plan de toiture ?

RÉPONSE

Les éditions anciennes des DTU de couverture ou de toitures recevant des revêtements d'étanchéité, faisaient obligation des éléments suivants :

1/ Pour le maître d'œuvre, de présenter un plan de toiture :

- en technique « couverture » ;
- en technique « étanchéité ».

2/ Pour l'entreprise chargée des travaux, de confirmer ce plan avec *des détails* d'exécution.

Cette obligation est généralement satisfaite dans son principe (plan de principe) mais rarement dans le détail et l'exécution.

Les éditions récentes des DTU couvertures (statut de norme NF série P 30) mentionnent au cahier des clauses spéciales : « consistance des travaux ».

(...)

Sauf dispositions contraires des documents particuliers du marché (DPM), les travaux dus par l'entreprise sont les suivants :

- l'étude de l'ouvrage ;
- les plans de détail et l'établissement du plan de calepinage ¹⁾ ;
- l'étude et la mise en œuvre des dispositifs assurant la protection.

Par contre, ces travaux ne comprennent pas : le dimensionnement, la fourniture et la pose des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales.

Remarques

Ce texte mentionne pour les ouvrages non prévus, les ouvrages d'évacuation des EP.

Les ouvrages de collecte (gouttières, chéneaux) font donc partie du dimensionnement et de la fourniture ainsi que de la pose des ouvrages de couverture. C'est le lot « plomberie » qui prend le relais du lot couverture à partir des moignons d'évacuation des ouvrages de collecte.

D'autre part, certains DTU de couverture ²⁾ indiquent : « consistance des travaux ».

Sauf dispositions contraires des DPM, les travaux dus par l'entreprise sont les suivants :

- étude de l'ouvrage ;
- plans de détail et établissement du plan de calepinage si la nature et l'importance de l'ouvrage le justifient.

(...)

1) Référence au DTU 40.35 (NF 34-205 - Travaux de bâtiment - Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues - Partie 1 - Cahier des clauses techniques - Mai 1997).

2) Cf. DTU 40.21 - (Norme P 31-202 octobre 1997).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

En conclusion, on se référera :

- au DTU de couverture concerné (cahier des clauses spéciales) ;
- aux documents particuliers du marché (DPM).

Pour les toitures-terrasses plates ou inclinées recevant un revêtement étanchéité.

- DTU 43.1 (Édition d'octobre 1975 - commentaire art. 3.2)

Le plan de toiture est établi par le maître d'œuvre. La composition de la toiture est fixée par le CCS. Le plan de toiture doit comporter les indications suivantes avec coupes précises à l'échelle de 0,05 p.m :

- jonction avec éléments contigus ;
- joints de rupture, dilatation et retrait du bâtiment ;
- (...)
- évacuation des EP (emplacement, diamètre) ;
- souches, ventilations et toutes pénétrations ;
- coupes sur reliefs, engravures, bandeaux, trop-pleins (... 0,05 p.m) ;
- dispositifs d'accès et de sécurité.

- DTU 43.1 [(P 84-204 - Travaux de mise en œuvre - Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (référence commerciale des parties 1 et 2 du DTU 43.1 - Juillet 1994)]

Le CCS reprend au paragraphe « consistance des travaux ». « Les études, plans de pente, dessins de détail d'ouvrages étanchéité, la définition des dimensions des pièces de raccord d'étanchéité aux ouvrages d'évacuation d'EP ».

- DTU 43.3 [P 84-206 - Travaux de bâtiment - Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (référence commune des parties 1 et 2 du DTU 43.3 - Juin 1995)]

Le CCS reprend : « Sauf dispositions contraires des DPM, les travaux dus par l'entreprise sont : les études et plans de la toiture (TAN - isolants - revêtement étanchéité - en particulier le raccordement aux ouvrages annexes et aux ouvrages d'évacuation d'eaux pluviales) ».



COUVERTURES

Solins - Raccordement par mortier

RAPPEL

Les ouvrages de raccordement en couverture peuvent, selon les cas, être exécutés :
– avec des techniques « maçonnerie » à l'aide de scellements, raccords réalisés avec un mortier à base de liants hydrauliques. Cas général des couvertures en tuiles (terre cuite ou béton), souvent posées par des entreprises de maçonnerie ;
– avec des techniques « couvertures » à l'aide de raccords réalisés avec des bandes métalliques façonnées. Cas des couvertures posées par des entreprises de couverture.

DÉSORDRES

Les désordres les plus fréquents se produisent avec les couvertures en tuiles réalisées par des entreprises de maçonnerie, peu ou pas qualifiées en technique « couverture ».

CAUSES DES DÉSORDRES

1/ Lorsque l'ouvrage particulier peut être réalisé avec un mortier à base de liants hydrauliques, la *composition du mortier* (types de liants - dosages) est souvent à l'origine du désordre : *fissuration de retrait* ⇒ pénétration d'eau.

2/ L'ouvrage doit être réalisé par une technique « couverture » (exemple : noue). Néanmoins, c'est la technique maçonnerie qui est utilisée (incompétence, absence de qualification, méconnaissance des règles de l'art).

REMÈDES

- Reprendre les ouvrages particuliers selon la technique adéquate.
- Dans certains cas, on pourra utiliser des accessoires ou pièces spécialement conçues. C'est le cas des faîtages posés « à sec », c'est-à-dire par des moyens mécaniques.
- Dans d'autres cas, il sera nécessaire de reprendre les ouvrages de support et parfois même les structures porteuses (charpente) : cas des noues encaissées ou des rives d'égout avec chéneaux.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE LOI

100

(

100

PROJET DE LOI N° 100 DU 10 MAI 2017

RELATIF À LA RÉFORME DE LA JUSTICE

Page 2

Le présent projet de loi a pour objet de réformer la justice en matière civile, pénale et administrative. Il vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire, à réduire les délais de jugement et à renforcer la confiance des citoyens dans la justice. Les dispositions proposées concernent notamment l'organisation des tribunaux, les procédures de jugement et les droits des justiciables.

Page 3

Le présent projet de loi a pour objet de réformer la justice en matière civile, pénale et administrative. Il vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire, à réduire les délais de jugement et à renforcer la confiance des citoyens dans la justice.

(

Page 4

Le présent projet de loi a pour objet de réformer la justice en matière civile, pénale et administrative. Il vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire, à réduire les délais de jugement et à renforcer la confiance des citoyens dans la justice.

Le présent projet de loi a pour objet de réformer la justice en matière civile, pénale et administrative. Il vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire, à réduire les délais de jugement et à renforcer la confiance des citoyens dans la justice.

Page 5

Le présent projet de loi a pour objet de réformer la justice en matière civile, pénale et administrative. Il vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire, à réduire les délais de jugement et à renforcer la confiance des citoyens dans la justice.

Le présent projet de loi a pour objet de réformer la justice en matière civile, pénale et administrative. Il vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire, à réduire les délais de jugement et à renforcer la confiance des citoyens dans la justice.

(

Le présent projet de loi a pour objet de réformer la justice en matière civile, pénale et administrative. Il vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire, à réduire les délais de jugement et à renforcer la confiance des citoyens dans la justice.



Question/Réponse

COUVERTURES (OUVRAGES DE COLLECTE)

Chéneaux

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTION

Quelle est la longueur maximale sans dispositif de dilatation d'un chéneau en tôle galvanisée posé sur un support continu ?

RÉPONSE

La référence normative est le DTU 40.5 « travaux d'évacuation des eaux pluviales » (NF P 36-201, novembre 1993).

1^{er} cas

Développé du chéneau ≤ 500 mm (0,50 m).

La longueur librement dilatable entre un point fixe (exemple moignon, retour d'angle ou autre...) et l'extrémité opposée où s'effectue la libre dilatation doit être ≤ 20 m.

2^e cas

Développé du chéneau ≥ 500 mm (0,50 m).

La longueur précédente est ramenée à 15 m. Cette prescription du DTU 40.5 s'applique :

- aux chéneaux ;
- aux gouttières.

Remarques

Si ces longueurs limites sont dépassées, on doit réaliser des jonctions (étanches) librement dilatables ou prévoir un ressaut de hauteur ≥ 50 mm ou encore une besace. Le joint de dilatation avec bande souple étanche relève de la procédure d'ATec.

D'autre part, les chéneaux en acier galvanisé supportés doivent être revêtus d'une peinture bitumineuse appliquée après formage.

QUESTIONNAIRE DE SONDAGE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE DE SONDAGE

QUESTIONNAIRE DE SONDAGE

QUESTIONNAIRE DE SONDAGE

QUESTIONNAIRE DE SONDAGE

QUESTIONNAIRE DE SONDAGE



Question/Réponse

COUVERTURES (OUVRAGES PARTICULIERS)

Défaut d'étanchéité d'une rive latérale

QUESTION

Pourquoi un solin réalisé avec une feuille de plomb peut-il se fendre, provoquant des fuites importantes ?

RÉPONSE

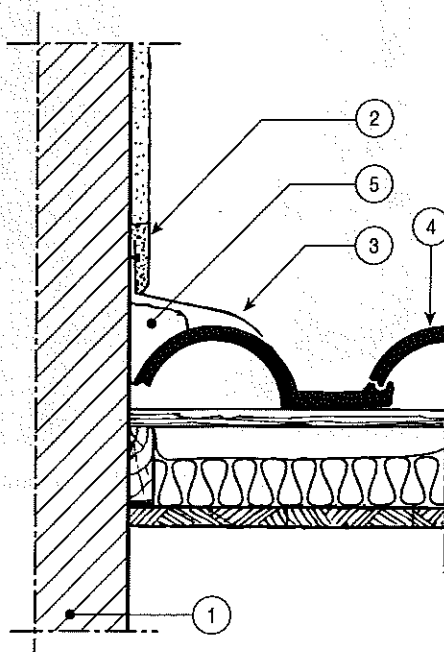
Description du désordre

Le raccordement d'un versant en tuiles à emboîtement à un mur pignon s'effectue par une rive latérale constituée d'une bande solin réalisée avec une feuille de plomb fixée au mur sous l'enduit et repliée sur le dessus de la tuile de rive.

La défaillance de cette bande métallique (fissures) est à l'origine de fuites (cf. photos).

Causes

L'ouvrage de raccordement n'a pas été réalisé selon les règles de l'art. C'est le maçon chargé de la construction de la maison qui a réalisé cet ouvrage selon les dispositions correspondant au schéma suivant.



- ① Mur pignon
- ② Enduit
- ③ Feuille de plomb
- ④ Tuile terre cuite
- ⑤ Absence de solin mortier

Disposition d'origine

À l'origine, la bande de plomb utilisée correspondait à un élément dont la longueur était celle du versant et comportait plusieurs parties raccordées entre elles par soudure. Les règles définies par le DTU 40.21 limitent à 1 m la longueur des bandes de manière à réduire les dilatations.

Dans le cas présenté, la bande était fixée au mur par des clous, puis recourbée sur le dessus des tuiles de rive afin de suivre les recouvrements. La rupture ayant donné lieu à la pénétration d'eau se situe près d'une liaison entre bandes et au droit de la jonction de deux tuiles de rive. L'absence de solin en mortier assurant le calfeutrement et le scellement de la tuile de rive au mur pignon a facilité les pénétrations d'eau.



Détail de rive. Fissuration de la feuille de plomb. © J. Putatti

Remèdes

Les dispositions de raccordement ayant toutes été exécutées avec des bandes en plomb d'une seule longueur, il a été procédé à leur réfection complète.

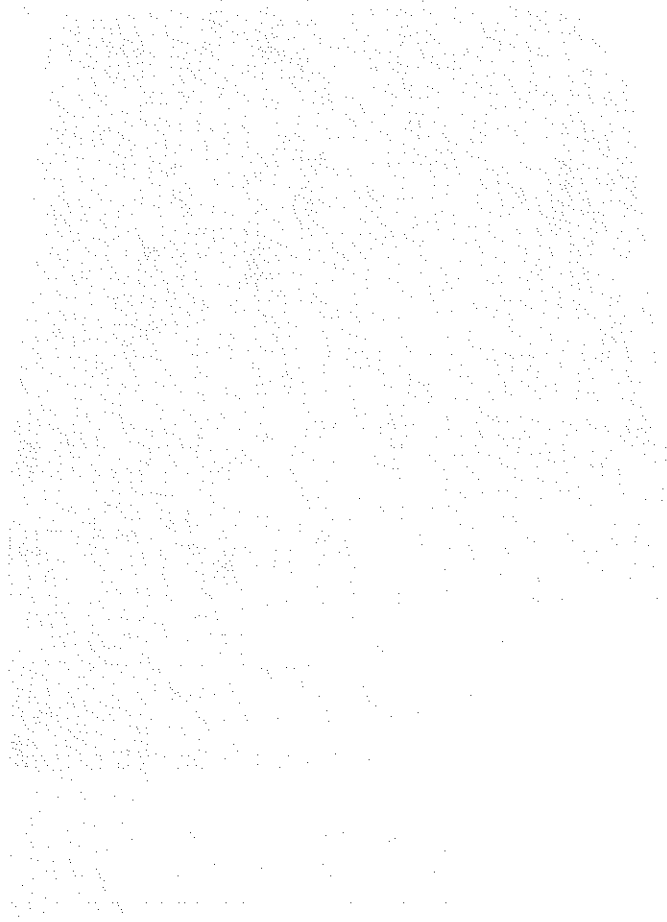
La rive de tête présentant les mêmes dispositions mais sans rupture de la feuille de plomb a été refaite complètement (cf. dessin).



Ardoise avec inclusion de pyrites apparentes. © J. Putatti

QUESTION/RÉPONSE

CD - Couvertures en ardoises : Présence de pyrites - page 4



QUESTION/RÉPONSE

CD - Couvertures en ardoises : Présence de pyrites - page 4

QUESTION/RÉPONSE

CD - Couvertures en ardoises : Présence de pyrites - page 4

QUESTION/RÉPONSE

CD - Couvertures en ardoises : Présence de pyrites - page 4

QUESTION/RÉPONSE



Désordre

COUVERTURES (OUVRAGES PARTICULIERS)

Lucarnes

RAPPEL - DÉFINITION

• Les lucarnes sont des ouvrages de *pénétration*. Ces ouvrages sont de plus en plus répandus dans les maisons individuelles à rez-de-chaussée et comble aménagé pour l'éclairage et la ventilation des combles.

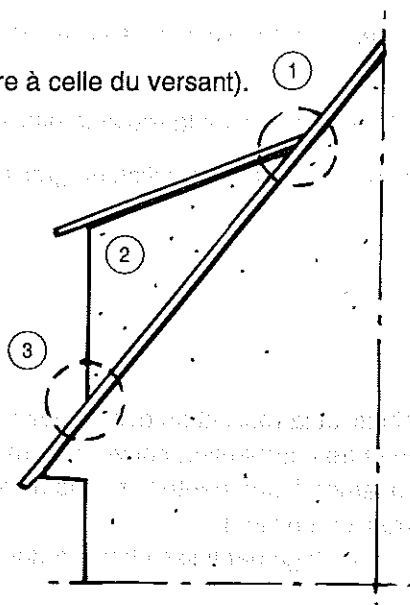
Le développement de la construction des maisons individuelles coïncide avec la multiplication des désordres de ce type d'ouvrages.

• Les types de lucarnes sont très variés.

• Dans tous les cas un problème de *raccordement* de la zone courante du versant avec le (ou les) élément(s) de versant de lucarne ainsi qu'avec les faces latérales (jouées) et d'*étanchéité* se pose.

1. Cas simple

Lucarne à une pente (inférieure à celle du versant).



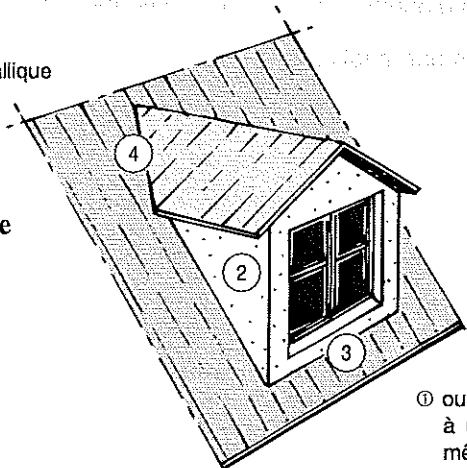
- ① Raccordement étanche de la brisure au changement de pente (le matériau de couverture de la partie courante convient-il pour la pente de la lucarne ?)
- ② Conception, réalisation, tenue des jouées de lucarne
Raccordement étanche avec le versant
- ③ Liaison basse, façade-lucarne, avec égout du toit, étanchéité

2. Cas courant

Lucarne à deux pentes.

②③ Cf. ci-dessus

④ Raccordement par noue métallique



DÉSORDRES RÉPERTORIÉS

1. Pénétration d'eau à la brisure

- ① ou dans le versant supérieur de la lucarne à un versant (insuffisance de pente - même matériau que la partie courante)

2. Pénétration par les jouées

Celles-ci peuvent être réalisées :

- en maçonnerie de briques enduite reposant sur la charpente ;
- par un bardage en tuiles, ardoises ou bardeaux bitumés posés sur un panneau dérivé du bois ;
- par une façade légère en panneaux dérivés du bois (contreplaqué) ou en fibres ciment revêtus d'un RPE (revêtement plastique épais).

La première solution du fait du poids de la maçonnerie et de la flexibilité des charpentes légères (industrialisées) entraîne des désordres de fissuration et pénétration d'eau.

La seconde solution réalisée avec des panneaux dérivés du bois conduit à des sinistres par pénétration d'eau et altération des bois par l'humidité.

3. Liaison basse

- Cet ouvrage nécessite un raccordement type couverture avec bande métallique et bande porte-solin.

- C'est souvent un calfeutrement par joint souple mastic qui remplace « économiquement » l'ouvrage métallique.

- Le raccord doit être étudié avec l'appui de la traverse basse de menuiserie.

- Le désordre correspond souvent à une destruction progressive des poteaux de lucarne par absence de protection.

REMÈDES

1. Préventif

Selon le type de lucarne choisi et la réalisation des jouées :

- assurer une coordination entre charpentier, couvreur et maçon dès le début de la construction ;
- ne pas utiliser pour les lucarnes à une pente le même matériau qu'en partie courante si la pente est trop faible (faire un terrasson en zinc) ;
- pour les jouées, la solution bardage par tuiles plates, ardoises ou bardeaux peut convenir. Prévoir l'isolation des parois.

2. Correctif

- Reprendre les ouvrages d'origine avec les solutions précédentes.
- Éviter les calfeutrements par mastic.



COUVERTURES (DÉFORMATION)

Déformation des supports (charpente)

CAS DE COUVERTURES RÉCENTES

Les couvertures actuelles utilisent de plus en plus, pour des raisons d'économie et de temps d'exécution, des *fermettes préfabriquées*. Celles-ci sont de différents types selon la destination prévue à l'origine pour les combles. Généralement, les combles ne sont pas prévus pour être habités. Les fermettes utilisées sont adaptées à l'utilisation prévue. La modification inconsidérée de ces charpentes entraîne des désordres dont les conséquences peuvent être très graves :

- déformation des supports de couverture (photo 1) et risques de fuites ;
- déformation des plafonds fixés aux entrails de ferme, etc. ;
- suppression des entrails ou coupure de ceux-ci, entraînant des poussées sur les murs de façades ;
- et en phase finale, désordre sur les maçonneries et possibilité d'effondrement.



Photo 1 : Déformation d'un versant de couverture en tuiles béton après modification de la charpente.
© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La pathologie de ce type de charpente fait l'objet d'une fiche spéciale. La présente fiche illustre un cas concret (photo 2).



Photo 2 : Vue intérieure du comble après modification des fermettes. Les contrefiches verticales « remplacent » les contrefiches obliques supprimées. © J. Putatti

Pour ce cas de figure, les conséquences de la modification de la charpente sont :

- la déformation des plans de versants de couverture ;
- l'affaissement du plan de plancher des combles.



COUVERTURES (DÉFORMATION)

Déformation des supports et éléments porteurs

CAS DES COUVERTURES ANCIENNES

Les couvertures anciennes de type lourd (tuiles plates) et à fortes pentes sont sujettes à des déformations importantes des versants (photo 1) qui entraînent le glissement des éléments de couverture et des fuites.



Photo 1 : Couverture en tuiles plates en Bourgogne (pente 100 % environ). Déformations locales avec glissement des tuiles. © J. Putatti

Pour les couvertures anciennes, les charpentes ont pu subir, du fait du poids important des éléments, des déformations par fluage ; ces déformations sont irréversibles. Ce sont les supports de couvertures, et principalement les liteaux, qui ont subi ces déformations par fluage. Le phénomène est accentué par la corrosion des pointes de fixation qui, en se rompant de place en place, ont provoqué la rotation du liteau et le déboîtement du tenon de la tuile appuyée sur le liteau correspondant. Le phénomène a été remarqué lors des sinistres des tempêtes de fin décembre 1999. Quelques tuiles déplacées donnant plus de prise au vent sont passées de l'état d'équilibre instable au soulèvement et au glissement.

AUTRES CAS

Il s'agit de cas plus accentués (photo 2), avec glissement généralisé des rangs de tuiles, perte de tuiles avec casses et, par voie de conséquence, fuites.



Photo 2 : Versant de couverture en tuiles plates comportant un glissement généralisé des rangs de tuiles avec déboîtement et perte de quelques tuiles. © J. Putatti

La vérification a conduit à la même cause : corrosion des clous de fixation des liteaux et mise en torsion des liteaux entraînant le déboîtement (tenon) des tuiles plates.

Dans certains cas, les phénomènes s'accompagnent de casses de tuiles (photo 3).



Photo 3 : Glissement de tuiles plates avec casse de quelques éléments. © J. Putatti

Les cas précédents concernent les couvertures dans leurs parties courantes, généralement des versants très inclinés. D'autres déformations préjudiciables à l'étanchéité des couvertures peuvent concerner les éléments porteurs (charpente).

Exemple : affaissement d'un faîtage de couverture en tuiles canal (photo 4).

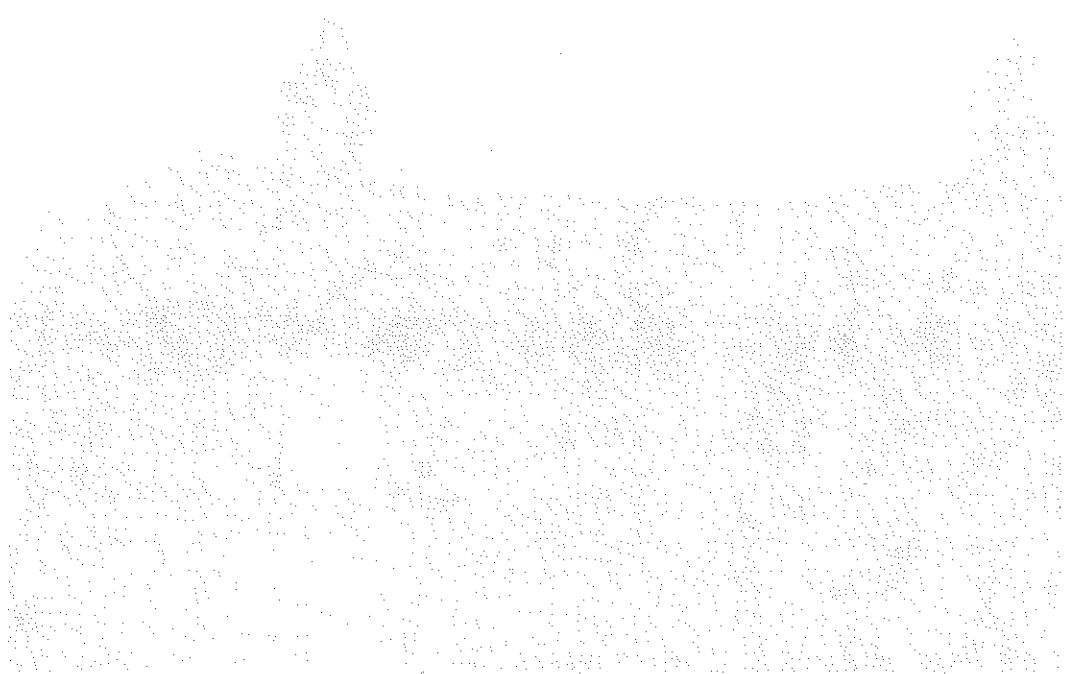


Photo 4 : Couvertures en tuiles canal. Affaissement du faîtage et déformation. © J. Putatti

1. L'objectif principal de ce document est de décrire les conditions de travail et les mesures de sécurité à adopter.

2. Les mesures de sécurité doivent être mises en œuvre dès le début des travaux et doivent être adaptées à la nature des tâches.

3. Les mesures de sécurité doivent être mises en œuvre dès le début des travaux et doivent être adaptées à la nature des tâches.



4. Les mesures de sécurité doivent être mises en œuvre dès le début des travaux et doivent être adaptées à la nature des tâches.



COUVERTURES (FUI TE)

Fuite ayant provoqué la rupture d'une pièce de charpente

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Une couverture en ardoises supportée par une charpente en bois a été le siège d'une fuite qui a provoqué dans la zone d'égout des accumulations importantes d'eau. Les réparations n'ayant pas été réalisées, les bois et les assemblages ont été détruits par pourriture avec rupture d'une pièce de charpente.

La réparation sommaire a été effectuée pour la structure de charpente mais la fuite n'a pas été réparée (photo 1).

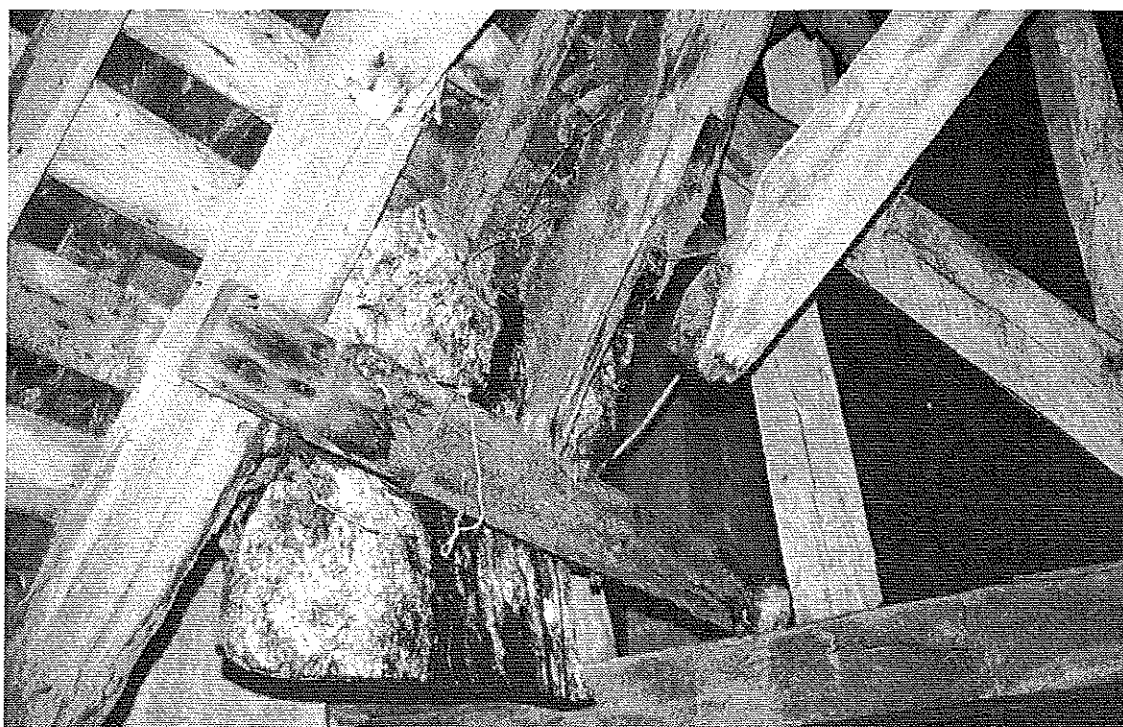


Photo 1 : Désordre de charpente (rupture de pièce) consécutive à une fuite de couverture. © J. Putatti

CONSÉQUENCE

Il faudra découvrir toute la zone concernée par la fuite, afin :

- de réparer d'abord la charpente en remplaçant ou en renforçant les éléments défectueux ;
- de réparer les supports de couverture et la couverture proprement dite.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)

Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)

Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)

Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)



Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)

Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)

Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)

Le présent document est la propriété de la Direction de la Sécurité Publique. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est interdite. Toute violation de cette interdiction constitue une infraction en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. (S-1)



Désordre

COUVERTURES EN ARDOISE

Fuite due à une ardoise percée

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Suite à des fuites d'origines diverses dans une couverture en ardoises, la dépose des zones concernées a permis de dégager une ardoise (photo 1) présentant un trou au droit d'un crochet de pose.

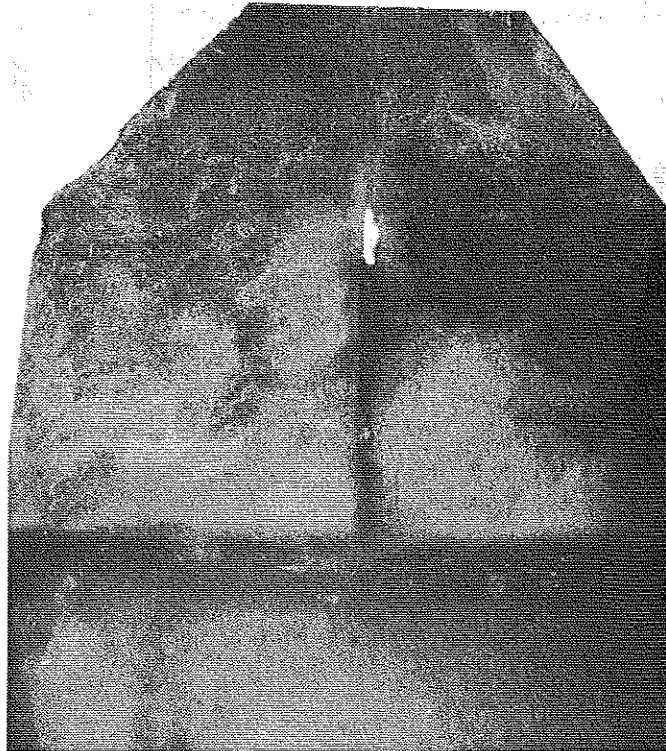


Photo 1 : Ardoise défailante ; percement dû à un crochet.
© J. Putatti

On remarque que le crochet se situe à la limite de la partie correspondant aux remontées capillaires, dans l'axe vertical de l'ardoise au droit du joint entre deux ardoises consécutives (fig. 1).

Les ardoises sont posées au crochet de manière courante et plus rarement au clou. Le tracé des remontées capillaires (théorique) est différent selon le mode de pose. La figure situe les trois zones principales de l'ardoise :

- la partie vue, mouillée par la pluie, ou pureau ;
- la partie recouverte partiellement par les deux ardoises du rang suivant, dont seul le joint est apparent (photo 1), ou faux-pureau ou zone des remontées capillaires.
- la partie supérieure non soumise aux effets des remontées capillaires visibles sur la photo du fait des dépôts de poussière (courbe en « cloche »), ou zone de recouvrement.

Le trou créé par le crochet, probablement par suite de la fatigue de la fixation sous les effets de battements du vent, se situe à la limite de la zone de faux-pureau, dans l'axe vertical de l'ardoise.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

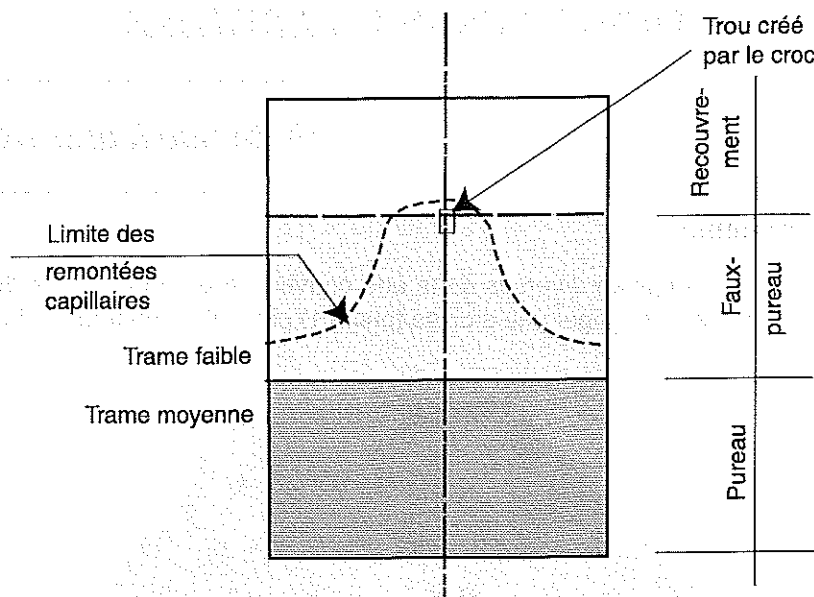


Fig. 1 : Tracé théorique des remontées capillaires.

Remarques :

Les sinistres « tempête » de fin décembre 1999 ont posé des problèmes d'approvisionnement des matériaux de couvertures. En particulier pour les ardoises de schiste, les productions françaises (bassin d'Angers) n'ont pu satisfaire la demande et il a fallu recourir à des importations, principalement en provenance d'Espagne.

Les matériaux mis sur le marché présentent des différences au point de vue aspect, épaisseur, tolérances, etc., et la conformité à la norme n'est pas évidente.



Question/Réponse

COUVERTURES EN BARDEAUX BITUMÉS

Altération des matériaux

QUESTION

Quelle est l'origine du tuilage des éléments de jupe, d'une altération des bords et du changement de couleur (plus foncée) sur une couverture en bardeaux bitumés ?

RÉPONSE

Description des désordres

Sur l'ensemble d'une couverture en bardeaux bitumés de couleur foncée, on observe un tuilage des éléments jupes et une altération des bords (décomposition) (photos 1 et 2).



Photo 1 : Vue d'ensemble d'une partie du versant. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail des bardeaux altérés. © J. Putatti

Causes

Il s'agit d'un problème de vieillissement du matériau. Il est probable, sous réserve d'analyse du matériau, qu'il s'agit de bardeaux anciens provenant soit de fabrication française, soit d'importations. L'armature autrefois était un feutre cellulosique nécessitant une imprégnation bitumineuse préalable qui se dégrade dans le temps. Les jupes « tuilent », c'est-à-dire s'incurvent. Cette dégradation présente au début un défaut d'aspect avec pertes de matière, sans qu'il y ait de fuites.

Puis les bords se soulèvent, l'eau passe par capillarité et atteint le support de pose, c'est-à-dire généralement un panneau de particules n'ayant pas la marque CTB.H, surtout s'il est ancien.

L'eau s'attaque alors au support et les fuites se produisent dans les concentrations d'humidité par décomposition des bardeaux et des panneaux, en particulier au droit des joints de panneaux soumis à des variations dimensionnelles.

Remèdes

Souvent, non seulement la couverture est à refaire au niveau du matériau « bardeau », mais également au niveau du support.

Remarque

Ce type de désordre est rare. Les fabrications françaises actuelles sont à base d'armatures verre imputrescibles (contrairement aux armatures cellulosiques des anciennes fabrications ou de matériaux bitumés).

Néanmoins, les conditions de pose et en particulier le collage des jupes doivent être respectés.



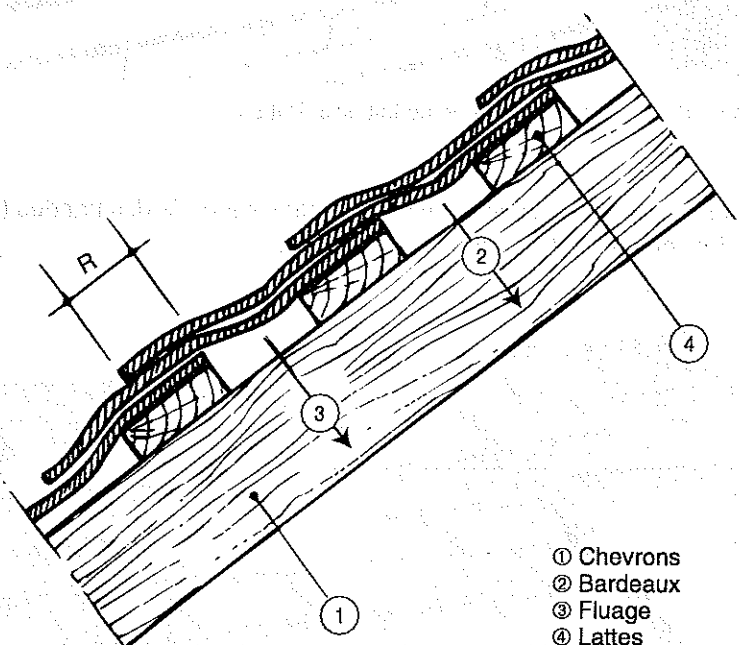
COUVERTURES EN BARDEAUX BITUMÉS

Déformation de bardeaux bitumés posés au crochet

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Dans un ensemble pavillonnaire, les couvertures ont été réalisées pour la majeure partie des constructions par des bardeaux bitumés posés au crochet (pose dite « à la française »). Cette pose se distingue de la pose traditionnelle (DTU 40.14) qui s'effectue sur support continu (parquet, panneaux contreplaqué CTBX ou panneaux de particules CTBH), par clouage au clou. Le DTU 40.14 (édition initiale mai 1977), autorisait la pose agrafée à l'aide d'un outil spécial fonctionnant à l'air comprimé. Cette pose n'est plus autorisée.

Dans la pose au crochet, le support est discontinu (lattes à espacement régulier - voir figure).



Principe de pose des bardeaux au crochet (pose à la française).

L'exemple illustré ici est caractéristique de la déformation des bardeaux due à plusieurs causes. La conséquence des déformations par incurvation dans l'espace entre lattes consécutives est la pénétration latérale des eaux ruisselant sur la couverture et pénétrant dans les combles. D'autre part, le glissement des bandes seulement maintenues par les crochets agit sur le recouvrement (donc l'étanchéité longitudinale entre rangs) en provoquant des entailles dans les parties battantes ou jupes (cf. photos 2 et 3).

CAUSES

La couleur sombre des bardeaux, sous l'effet du rayonnement solaire, facilite l'absorption du flux thermique et intervient défavorablement sur la déformation par incurvation. La qualité du bardeau est ici en cause. Ce type de pose nécessite en effet selon la procédure d'Avis technique un essai de comportement à la chaleur (photo 1).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

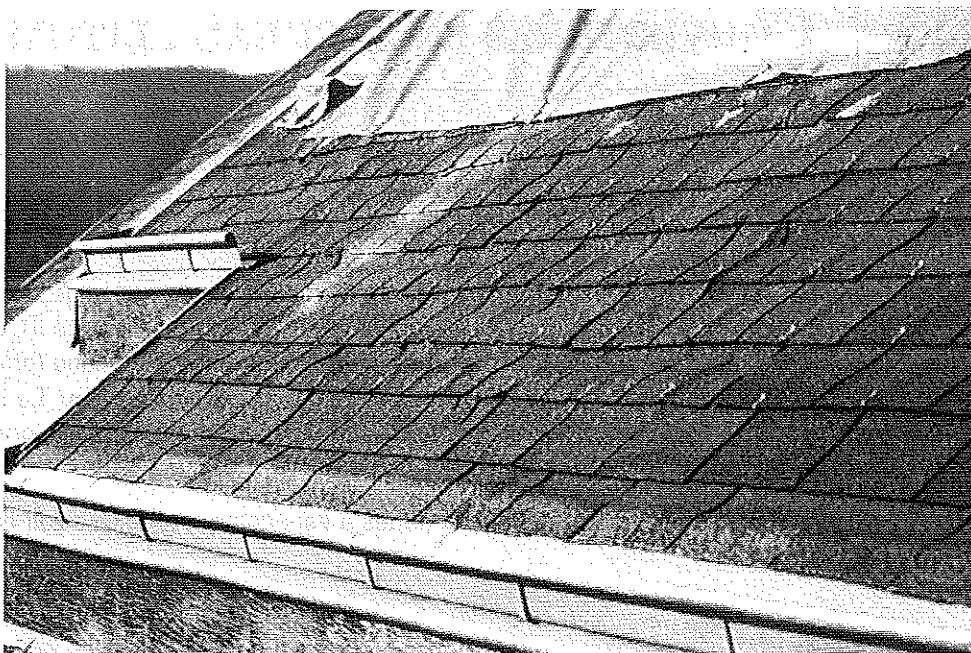


Photo 1 : Vue d'ensemble d'une partie de toit. © J. Putatti

La seconde cause provient de l'espacement des lattes supports des bandes (photos 2 et 3). Celles-ci présentent des intervalles trop grands entre lattes.

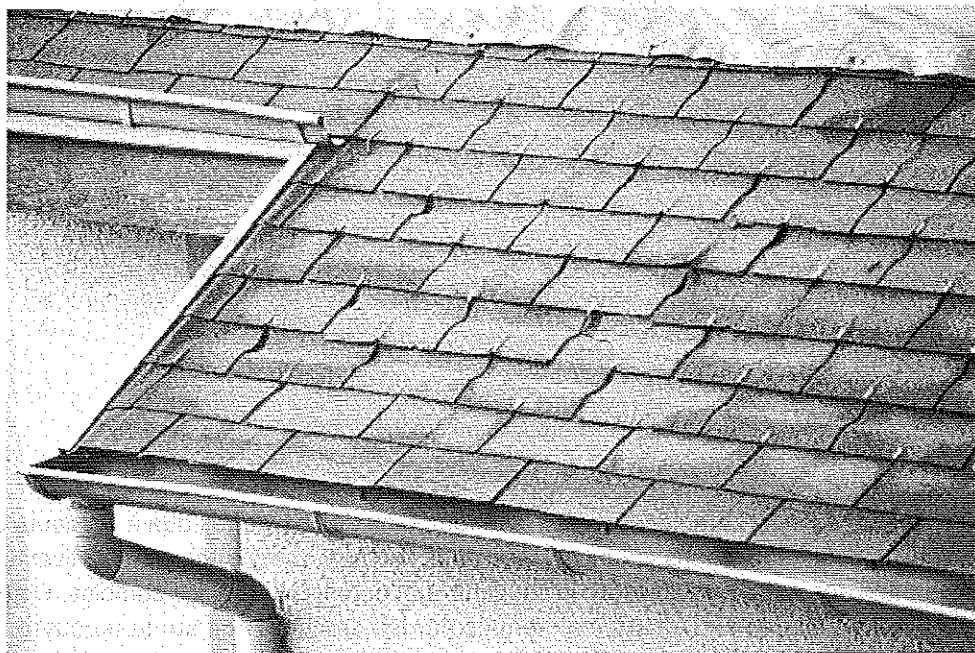


Photo 2 : Détail zone à fortes déformations ; pénétrations latérales. © J. Putatti



Photo 3 : Détail montrant les vides entre éléments, les déformations dues aux crochets et les effets d'entailles dans les jupes de bardeaux, avec déchirures. © J. Putatti

REMÈDES

Le cas illustré ici correspond à une expertise judiciaire. Le seul remède consiste à procéder à la réfection complète de ces toitures à partir :

- de matériaux satisfaisants ;
- de supports continus (panneaux) par la pose traditionnelle.



Je vous prie de croire, Monsieur, à l'assurance de ma haute considération.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma haute considération.

Je vous prie de croire, Monsieur, à l'assurance de ma haute considération.



COUVERTURES EN BARDEAUX BITUMÉS

Déformation du support

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Une couverture en bardeaux bitumés présentait, avant sa destruction par un vent de tempête exceptionnel, une déformation du plan de versant au droit d'une ligne de plus grande pente correspondant à l'alignement de joints de panneaux. Cette déformation provoquait la déformation des bandes de bardeaux et leur glissement (voir photo).



Déformation du plan de versant au droit d'un joint.
© J. Putatti

CAUSES

Les supports de pose sont constitués par des panneaux de particules CTBH de grandes dimensions qui doivent être posés « à joints de pierre », c'est-à-dire à joints verticaux décalés.

L'assemblage des panneaux s'effectue par rainure et fausse languette introduite au moment de la pose, ou directement par les panneaux (rainure en V, rainure et languette, noix et gueule de loup, etc.).

La dimension des panneaux de particules était limitée par le DTU 40.14 de mai 1977 (qui correspond au cas précédent) à : $3,70 \times 1,00$ ou $3,05 \times 1,25$ m.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Ces dimensions ont été revues lors de l'édition suivante (juin 1991) : $2,75 \times 1,00$ m pour les épaisseurs $\geq 0,025$ m - $2,05 \times 1,00$ m pour les épaisseurs de 0,018 à 0,025 m.

Le cas présenté ici semble correspondre aux prescriptions de l'époque de construction d'après l'aspect constaté sur la photo dans la zone découverte par la tempête. En revanche, dans la zone de la ligne de plus grande pente correspondant au désordre, un joint large apparaît en partie haute de versant, ce qui correspond à un joint « bord à bord » des panneaux disposés selon des bandes horizontales.

Les mouvements de ce joint qui, néanmoins et dans une certaine mesure, paraissent assurer l'étanchéité de la couverture ont provoqué le soulèvement des bandes « à cheval » sur le joint dans la zone basse du versant. La présence de ce joint ouvert correspond en toute probabilité à deux bâtiments accolés.

Le remède à ces désordres qui peuvent se produire sur des couvertures pour les mêmes causes consiste, si le joint est un joint « actif », à l'organiser comme tel (cf. fiches Q/R).



Photo 1 : Désordre sur la couverture (joint « bord à bord »)

2011/11

Le désordre constaté sur la couverture est dû à la déformation du support, qui a entraîné le soulèvement des bandes de bitume.

Le joint « bord à bord » des panneaux de bitume, qui assure l'étanchéité de la couverture, est également affecté par ce désordre.

Le remède à ces désordres consiste à l'organiser comme tel (cf. fiches Q/R).



Désordre

COUVERTURES EN BARDEAUX BITUMÉS

Infiltrations (angle de 2 rives métalliques)

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Couverture en bardeaux bitumés dont les rives latérales et rives bas de versant sont réalisées par des bandes métalliques formant goutte d'eau.

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Des infiltrations se produisent en partie basse des couvertures au droit des recouvrements des bandes de rive en zinc entre elles.

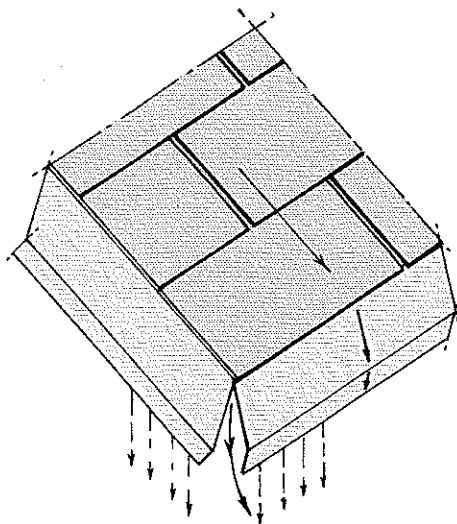
Les désordres se produisent au départ par des infiltrations (taches) dans les panneaux de particules supports des bardeaux, ainsi que sur les planches de rives.

Le désordre ayant été décelé rapidement, le remède a pu être apporté, sinon le risque de dégradation des éléments en bois ou en panneaux se serait développé.

CONSTATATIONS – CAUSES DES DÉSORDRES

C'est le point A qui correspond à la jonction de la bande latérale et de la bande inférieure (égout) → rive débordante sans gouttière qui est à l'origine du désordre.

La goutte d'eau n'existe pratiquement pas en ce point et l'eau remonte par capillarité dans le support (en sous-face) et coule sur la planche de rive.



DISPOSITIONS DE MISE EN ŒUVRE CORRECTE

La bonne mise en œuvre des bandes de rive en zinc nécessite un recouvrement minimal entre deux bandes de 0,10 m lorsqu'elles sont horizontales.

Cette valeur peut être réduite à 0,04 m suivant la pente de la couverture pour les rives latérales.

Une valeur intermédiaire est à déterminer pour le cas présent entre une rive horizontale (égout) et la rive latérale adjacente.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Lorsque les rives forment des angles saillants ou rentrants, des pièces spéciales d'angle doivent être façonnées de manière à ce que les bandes des parties courantes viennent en recouvrement sur ces pièces spéciales.

Le cas schématisé correspond à une mise en place « bout à bout » sans recouvrement.

REMÈDE

Ce cas concret a nécessité la reprise de chaque angle défailant comme décrit ci-dessus, et la mise en place d'une pièce spécialement façonnée.

Remarques

L'étanchéité à l'eau des couvertures ne concerne pas seulement les parties courantes dont la réalisation ne présente pas de difficultés particulières.

En revanche, l'étude et l'exécution des points singuliers réalisés soit à l'aide d'éléments de couverture, soit avec des bandes métalliques façonnées nécessitent une attention particulière et le savoir-faire des professionnels de la couverture.





Question/Réponse

COUVERTURES EN BARDEAUX BITUMÉS

Joint de structure

QUESTION

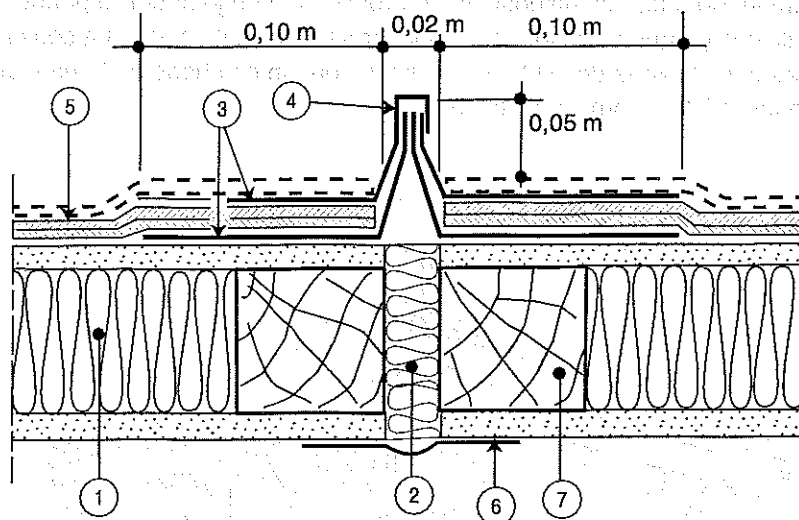
Comment peut-on réaliser un joint de structure dans une couverture en bardeaux bitumés ?

RÉPONSE

Cette disposition n'est possible que pour les couvertures en bardeaux bitumés, matériaux compatibles avec les revêtements d'étanchéité.

1. Cas du joint en partie courante

Le principe est celui de la technique couverture avec utilisation de bandes métalliques (noquets) liaisonnées sous forme d'un joint debout. La légère surépaisseur de la couverture est favorable à l'étanchéité du fait qu'elle écarte les eaux de ruissellement de part et d'autre du joint. La couverture en bardeaux doit être posée dans la zone de joint sur une sous-couche en chape de bitume armé permettant la liaison par soudure à la flamme avec les bardeaux (fig. 1 et photo).



- ① Panneau support bardeau (panneau sandwich isolant)
- ② Mousse alvéolaire (joint)
- ③ Noquets acier inox ou cuivre avec façonnage pince ④ (recouvrement en fonction pureau-bardeau)
- ④ Joint debout (2 parties) métallique
- ⑤ Bardeaux bitumés sur sous-couche chape bitume armé
- ⑥ Complément pare-vapeur (bande collée souple)
- ⑦ Fourrure bois panneau

Fig. 1 : Joint de structure en partie courante d'une couverture en bardeaux.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

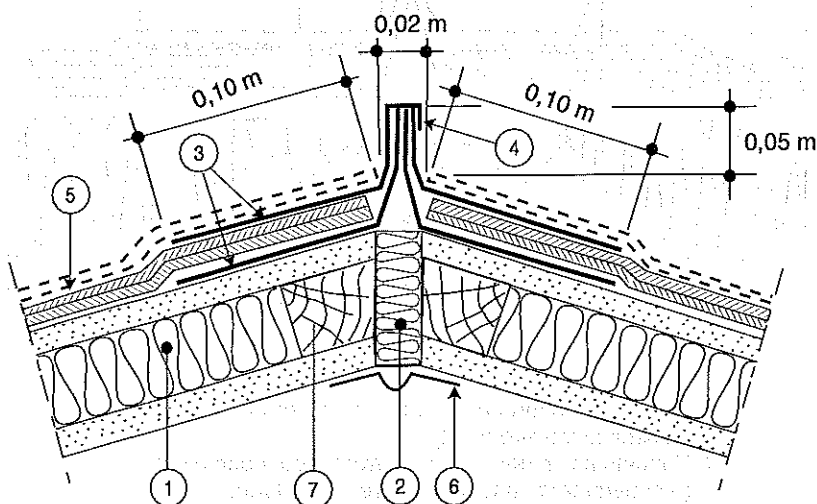
YZ



Disposition de joint de structure dans partie courante de couverture en bardeaux. Noter la présence d'arrêts de neige. © J. Putatti

2. CAS D'UN JOINT DISPOSÉ EN ARÊTIER

Le principe défini ci-dessus reste valable (fig. 2). La structure porteuse de la couverture doit comporter un élément double. Les dispositions de réalisation du joint correspondent à l'utilisation de bandes métalliques (noquets) liaisonnées sous forme d'un joint debout. La couverture en bardeaux doit être posée dans la zone de joint sur une sous-couche en chape de bitume armé permettant la liaison par soudure à la flamme avec les bardeaux.



- ① Panneau support bardeau (panneau sandwich isolant)
- ② Mousse alvéolaire (joint)
- ③ Noquets acier inox ou cuivre avec façonnage pince ④ (recouvrement en fonction pureau-bardeau)
- ④ Joint debout (2 parties) métallique
- ⑤ Bardeaux bitumés sur sous-couche chape bitume armé
- ⑥ Complément pare-vapeur (bande collée souple)
- ⑦ Fourrure bois panneau

Fig. 2 : Joint de structure au droit d'un arêtier d'une couverture en bardeaux bitumés.



Question/Réponse

COUVERTURES EN BARDEAUX BITUMÉS

Joint de structure au droit d'une noue

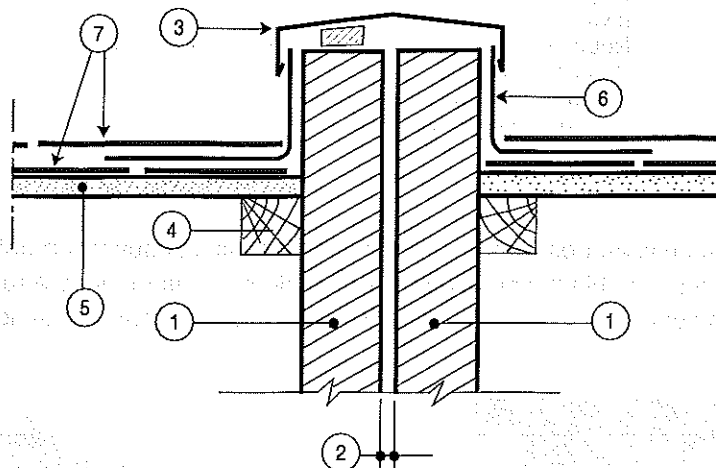
QUESTION

Comment peut-on réaliser un joint de structure (dilatation) au droit d'une noue ?

RÉPONSE

Approche du problème

D'une manière générale, les joints de structure (dilatation-tassement) sont organisés en toiture et plus particulièrement en couverture à partir des éléments porteurs. Par exemple : voile transversal double saillant avec une couvantine assurant l'étanchéité du joint (fig. 1).



- ① Murs limites (exemple : murs pignons, murs coupe-feu)
- ② Joint de structure (dilatation, tassement)
- ③ Couverture métallique
- ④ Chevron de rive
- ⑤ Support de couverture (panneaux, lattes, liteaux)
- ⑥ Bande métallique (noquet)
- ⑦ Éléments de couverture

Fig. 1

Cas du joint sur noue

Ce cas n'est pas traité par les textes codifiés du fait que la noue est un ouvrage délicat à traiter puisqu'il collecte les eaux de deux versants adjacents. La couverture en bardeaux bitumés permet d'adapter une solution qui n'est possible qu'avec ce matériau à base bitume, raccordé selon une technique d'étanchéité.

Néanmoins, la réalisation s'avère délicate et doit rester exceptionnelle (fig. 2).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

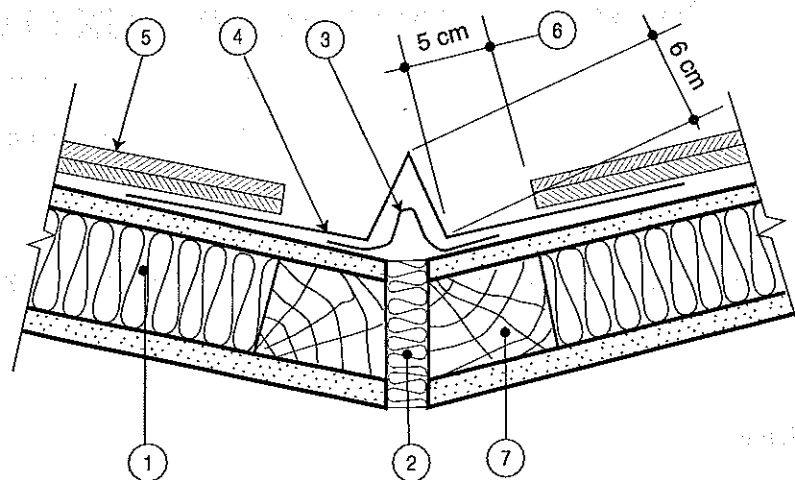
QR

ST

UV

WX

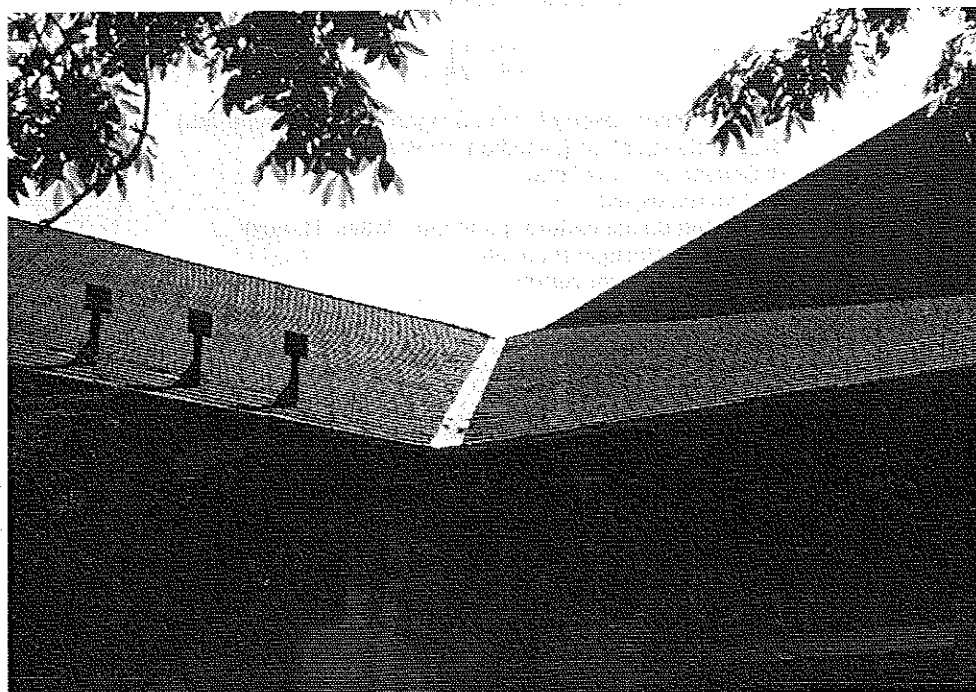
YZ



- ① Panneau support bardeau (panneau sandwich isolant)
- ② Mousse alvéolaire (joint)
- ③ Dispositif de joint à soufflet - Membrane bitumineuse (système Neodyl Siplast par exemple)
- ④ Nœud en acier, inox ou cuivre façonné en soufflet
- ⑤ Bardeaux bitumés
- ⑥ Couloir d'écoulement
- ⑦ Fourrure (panneaux)

Fig. 2

En particulier au niveau des liaisons entre les bardeaux, la couverture doit être traitée avec une sous-couche en chape bitumineuse dans la zone de nœud de manière à raccorder le dispositif de joint étanche à soufflet et la protection supérieure de la nœud par une bande métallique à soufflet (voir photo).



Exemple de réalisation de joint sur nœud. Couverture en bardeaux bitumés. Noter la présence d'arrêts de neige (couverture en climat de montagne donc à risque accru). © J. Putatti



Diagnostic

COUVERTURES EN BARDEAUX BITUMÉS

Pose « à la française »

RAPPEL

Les bardeaux bitumés sont des matériaux de couverture normalisés [norme NF EN 544 (P 39-305) de décembre 1998 - Bardeaux bitumés avec armature minérale et/ou synthétique]. Les anciens produits (NFP 39-301 à P 39-304) comportant des armatures cellulosiques, minérales (amiante) ou synthétiques (verre) d'origines française ou étrangère, ont été remplacés principalement par des bardeaux « verriers ».

En France, on n'utilise pratiquement que les bardeaux « verriers », c'est-à-dire comportant une armature en fibres de verre.

La pose s'effectue :

- soit de manière traditionnelle (cf. DTU 40.14 - NF P 39-201 - Travaux de bâtiment - Couverture en bardeaux bitumés - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Janvier 2001), pose dite « à l'américaine », c'est-à-dire au clou sur supports continus ;
- soit « à la française », au crochet sur supports discontinus (procédure d'Atec - Avis technique).

DÉSORDRES CONSTATÉS

Couverture correspondant à un comble « à la Mansard ».

1. Caractéristiques de l'ouvrage

- ① Zone « terrasson » à faible pente
- ② Zone « brisis » à très forte pente (versant quasi vertical)
- ③ Retrait de l'étage « comble »
- ④ Façade en retrait sur 3 à 4 niveaux

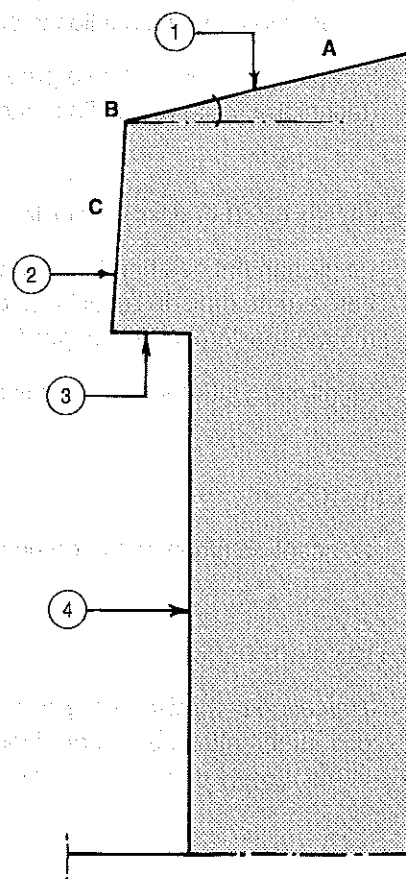
Difficulté d'accès pour entretien des gouttières et réparations (échafaudages de pied) (cf. photo 1).

2. Désordres

A : zone à faible pente. Pénétrations d'eau (taches en plafonds de rampant) ; fuites en zones de rives latérales

B : pénétrations d'eau (taches en plafond) dans la zone de la ligne de bris

C : présence de lucarnes ou de fenêtres de toit dans le versant brisis ; pénétrations d'eau au droit des raccords et glissement des bandes de bardeaux bitumés (couleur gris très foncé) avec entaille des jupes et déformations des bardeaux



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

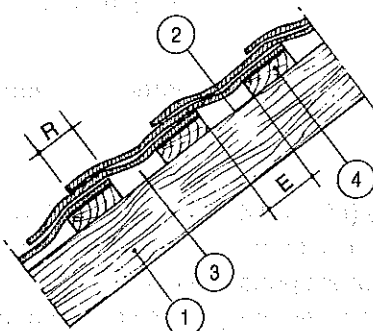
CAUSES DES DÉSORDRES

1. Zone « terrasson » - faible pente

- L'espacement E, trop grand entre lattes supports (non conforme aux dispositions de l'Atec), et la couleur très sombre des bandes de bardeaux ont favorisé les déformations par fluage de celles-ci et provoqué les entrées latérales.

- La pente du versant terrasson était inférieure à la valeur des prescriptions de l'Atec.

Les pénétrations d'eau par rives latérales résultent des raccords avec les bandes métalliques des bardeaux posés selon cette technique.



- | | |
|------------|----------|
| ① Chevrons | ③ Fluage |
| ② Bardeaux | ④ Lattes |

2. Zone ligne de bris

Cette ligne est soit continue (cas des brisis avec fenêtres de toit), soit discontinue (cas des zones de lucarnes pour lesquelles le support redevient continu).

Les pénétrations d'eau se produisent au droit des raccords bandes métalliques-bardeaux (technique mixte mal définie par le DTU d'une part et les Atec d'autre part).

3. Zone brisis (cf. B ci-dessus pour les lucarnes principalement)

Le glissement des bandes de bardeaux et l'entaille des jupes par les agrafes résultent du fluage du bardeau au droit de l'attache (crochet) ; l'effet d'entaille provoque la déchirure du bardeau, sa déformation (bâillement) et les pénétrations d'eau latérales.

Le glissement des jupes modifie le pureau de la partie de couverture en brisis.

CONCLUSION

Conception (choix mode de pose) inadaptée à la forme de la couverture.

SOLUTION PROPOSÉE

Réfection complète avec pose sur support continu conforme aux règles DTU, solution justifiée par des interventions de réparations répétées et onéreuses par la nécessité d'établir à chaque fois un échafaudage de pied (cf. photo 1).

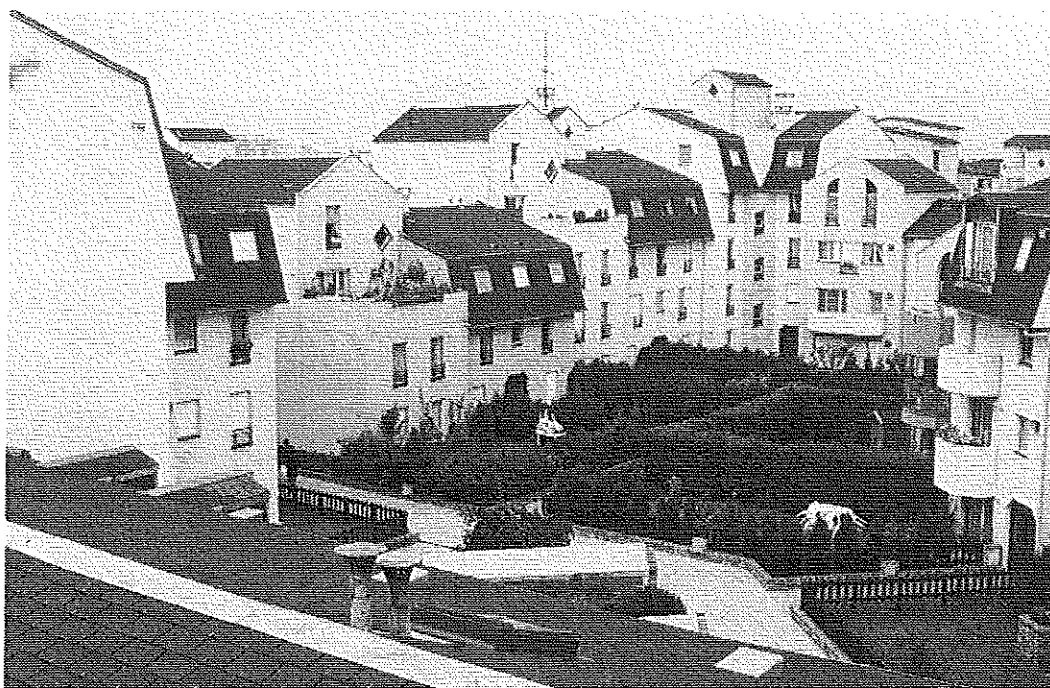


Photo 1 : Ensemble de petits immeubles comportant des toitures à la Mansart avec terrasson et brisis en bardeaux bitumés posés « à la française » (crochets). Étage mansardé en surplomb de façade nécessitant pour chaque intervention du couvreur un échafaudage de pied. © J. Putatti



Le présent document est une reproduction fidèle de l'original. Il ne doit pas être utilisé pour des fins commerciales ou de diffusion sans l'autorisation écrite de l'éditeur. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de l'éditeur est formellement interdite.



Désordre

COUVERTURES EN BARDEAUX DE BOIS

Mousses végétales

TYPE DE DÉSORDRE

Développement de mousses végétales sur les bardeaux de bois.

CONSÉQUENCES

- Désordre esthétique non pris en charge par les assureurs car n'affectant pas l'exigence du clos et du couvert.
- Risques de remontées capillaires et de fuites entre éléments.

CAUSES

La présence ou formation de mousses végétales sur une couverture en éléments de bois (bardeaux) est le signe d'une humidité élevée de ces éléments.

Ces derniers peuvent être selon leur provenance :

- des travaillons de mélèze ;
- des bardeaux importés (*western red cedar*) canadiens ou américains.

Les éléments ou paramètres pouvant déterminer une humidité excessive sont les suivants.

1. Une pente insuffisante

Celle-ci doit être supérieure aux valeurs suivantes :

- 25 % pour les *Shingles* (bardeaux sciés) ;
- 35 % pour les *Shakes* (bardeaux éclatés).

2. Le site

La construction peut être située dans une zone de microclimat (terrain en contrebas d'une colline, très abrité du soleil, dans une région à climat humide, avec des arbres situés à proximité et à feuillage dense qui gêne l'évaporation, par exemple).

3. Mise en œuvre défectueuse

La toiture doit être parfaitement ventilée (orifices de section totale > à 1/300 de la surface).

Le pureau ou partie exposée du bardeau doit être, pour des pentes de 25 à 35 %, de :

- 9,5 cm pour un bardeau de 41 cm ;
- 11 cm pour un bardeau de 46 cm ;
- 14,5 cm pour un bardeau de 61 cm.

Ces valeurs sont applicables pour des bardeaux *western red cedar*.

Au-delà de 35 % de pente, les valeurs des pureaux passent respectivement à 12,5 cm, 14 cm et 19 cm, pour les mêmes longueurs d'éléments (pour les *shingles*).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pour les *shakes* et pour des pentes supérieures à 35 %, le pureau maximum doit être de 19 cm pour des éléments de 46 cm et re-sciés, et de 25 cm pour des éléments de 61 cm re-sciés ou éclatés en biseau.

- Dans des conditions climatiques extrêmes (montagne par exemple), on doit prévoir un écran tel qu'un papier imprégné (18 l).

RISQUE

Si ces règles ne sont pas suivies, les risques d'infiltration d'eau dans la toiture sont élevés et, par voie de conséquence, les dégâts à l'intérieur de l'habitation.

De même, si la ventilation n'est pas suffisante, les bardeaux risquent d'être maintenus dans une humidité trop élevée et sont alors un support idéal pour le développement de la mousse.

REMÈDES

La mousse doit, pour ces raisons, être éliminée :

- par un moyen mécanique : balai dur ou brosse métallique ;
- par lavage, par temps sec, des bardeaux avec une solution de chlorure de zinc à 10 % (absorbée par la mousse qui est ainsi détruite) ou d'arsénite de sodium (1 litre à 33 % pour 37 litres d'eau), produit très toxique à manipulation délicate.

Toutefois, la mousse réapparaîtra si la cause profonde n'est pas traitée.



COUVERTURES EN CLIMAT DE MONTAGNE

Infiltrations d'eau en sous-toiture

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Les toitures en région de « climat de montagne » ou assimilées (chutes de neige fréquentes) sont soumises à des phénomènes de fuites par percolation à travers les éléments de couverture de l'eau de fonte de neige.

Ces phénomènes se produisent en majeure partie dans les zones basses de versants (égout et débords de toit où la neige s'accumule en formant barrage).

Les versants exposés au nord sont particulièrement visés.

D'autres zones peuvent être soumises à ce phénomène, principalement autour des souches.

CAUSE DES INFILTRATIONS

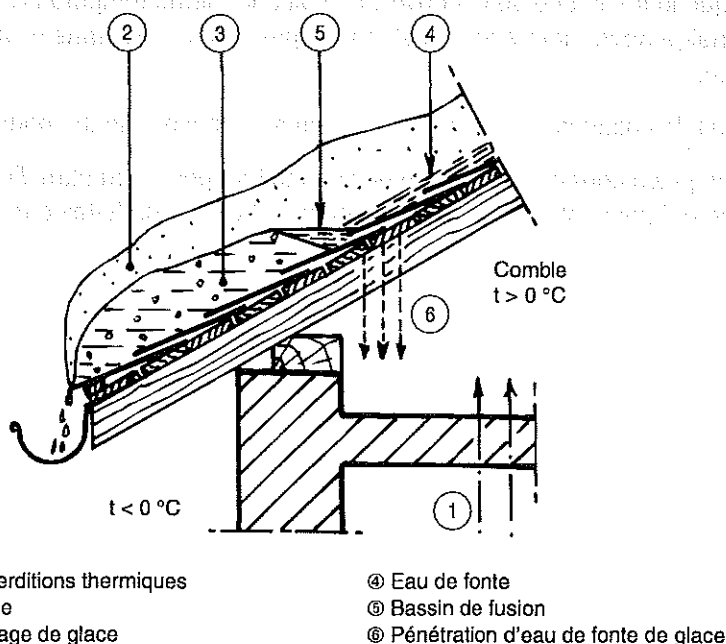
L'eau de fonte provient de l'insolation du versant pendant la journée. Elle devrait normalement s'écouler vers la gouttière disposée à cet effet. Mais cette eau arrive dans la zone d'égout sur des éléments de couverture en débord (queue de vache) non protégés thermiquement.

L'eau de fonte gèle donc au contact de l'air et des matériaux en formant un barrage de glace qui densifie la neige, et constitue une retenue en amont qui continue à s'étendre à chaque fonte diurne.

Les recouvrements de couverture ou la géométrie des éléments (tuiles) sont insuffisants pour empêcher le phénomène de « siphonnage ».

L'eau s'introduit dans les combles. D'autre part (non représenté sur le schéma) les eaux de fonte arrivant jusqu'à la gouttière regèlent dans celle-ci, qui se remplit de glace, et formeront ultérieurement des stalactites de glace suspendues à l'extérieur de la gouttière.

Le risque d'effondrement de la gouttière ou de l'avant-toit sous le chargement de la glace accumulée et des stalactites se cumule avec celui de la chute de ces dernières sur des personnes circulant aux abords du bâtiment.



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

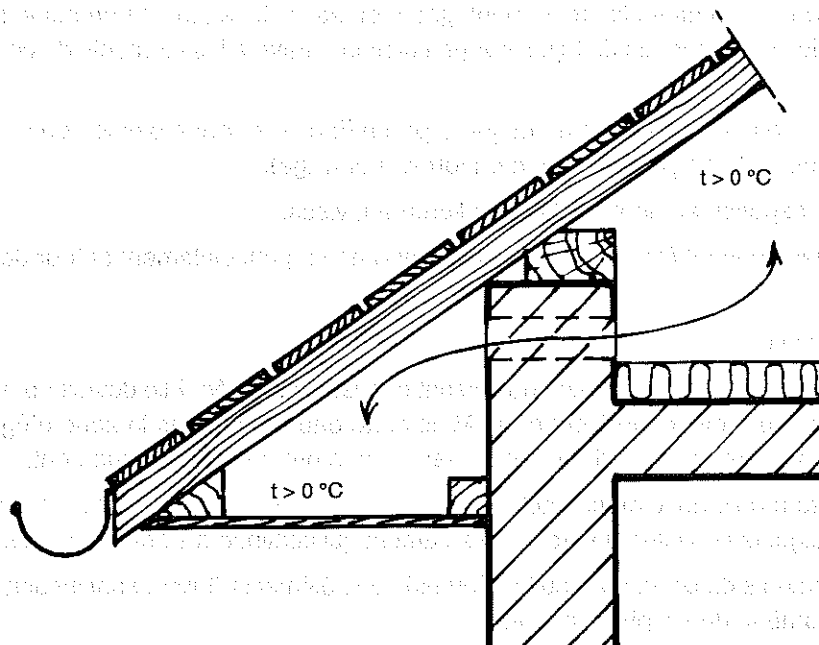
REMÈDES

1. En climat de montagne

La seule solution efficace consiste à réaliser un double toit.

La couverture par éléments constitue un pare-neige.

La sous-toiture est étanche et évacue les eaux de pluie et de fonte de neige.



2. En climat de plaine

Une solution plus simple et plus économique pouvant correspondre à des chutes de neige exceptionnelles sans garantie totale consiste à créer un avant-toit communiquant avec le comble, de manière que la sous-face de la couverture soit à la même température ($> 0^{\circ}\text{C}$). Dès lors, l'eau de fonte de neige devra normalement s'écouler par la gouttière sans risque de regel avec formation de barrage.

Néanmoins, les risques de passages capillaires et de siphonnage pourront subsister.

La mise en place correcte d'un écran de sous-toiture peut permettre d'éviter les passages de neige poudreuse qui peuvent s'accumuler en comble et créer des fuites à travers les planchers ou faux-plafonds.



Question/Réponse

COUVERTURES EN FEUILLES MÉTALLIQUES FAÇONNÉES

Pose à joint debout

QUESTION

Quel est le principe des couvertures en feuilles métalliques à « joint debout » ?

RÉPONSE

Ce mode de pose est particulièrement adapté aux toitures à grands versants disposées en régions ventées et à fort enneigement.

Il se distingue des systèmes courants dits « à tasseaux ». Ce dernier comprend également la pose à ressauts.

La pose à joint debout diffère des autres poses :

- Par l'*assemblage longitudinal* des feuilles (fig. 1).

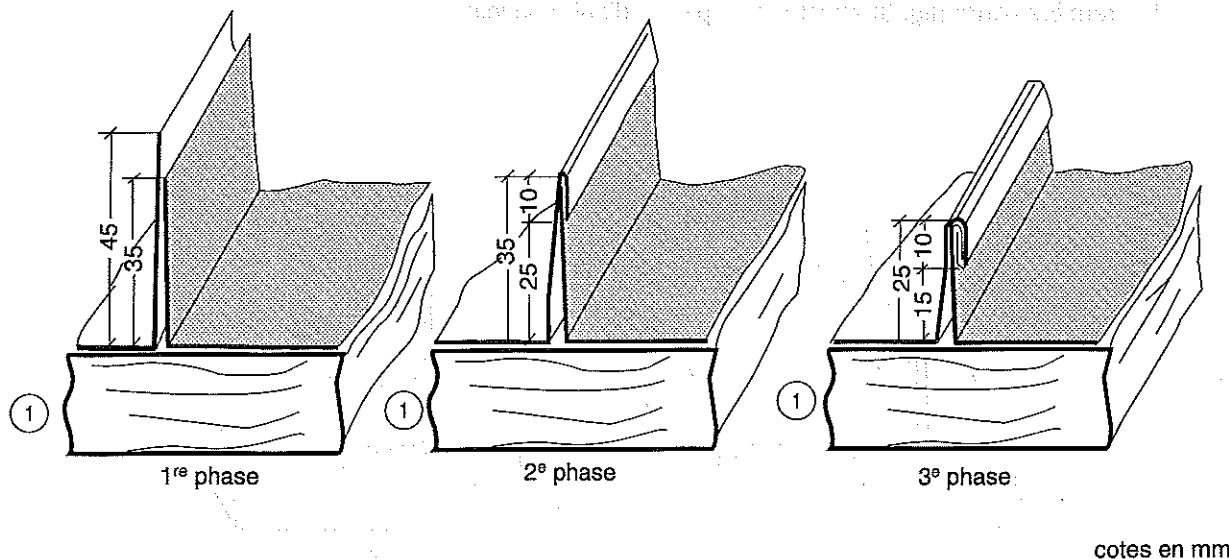


Fig. 1 : Principe de la couverture à joint debout.

Les bords latéraux des feuilles pliées en U et les raccordements entre bacs s'effectuent à l'aide d'une machine spéciale par sertissage en trois phases successives :

- présentation ;
- pliage du bord latéral le plus haut ;
- 2^e pli de l'ensemble.

- Par la *fixation au support* à l'aide de pattes spéciales façonnées (fig. 2) :

- pattes fixes (a) ;
- pattes coulissantes (b).

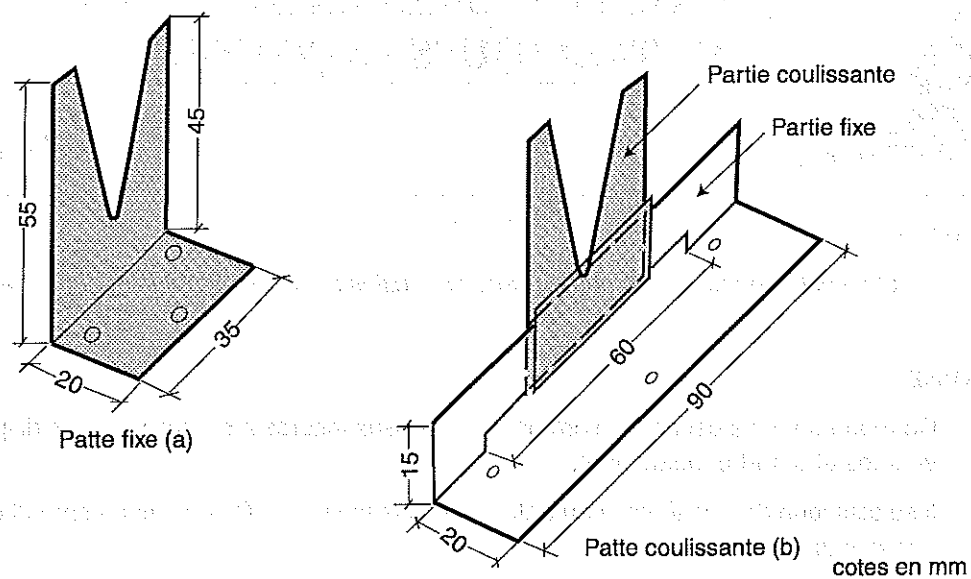


Fig. 2 : Pattes de fixation.

Les pattes sont disposées entre les deux bacs pliés après fixation dans le support et prises dans la première pliure (fig. 3) effectuée de part et d'autre du joint.

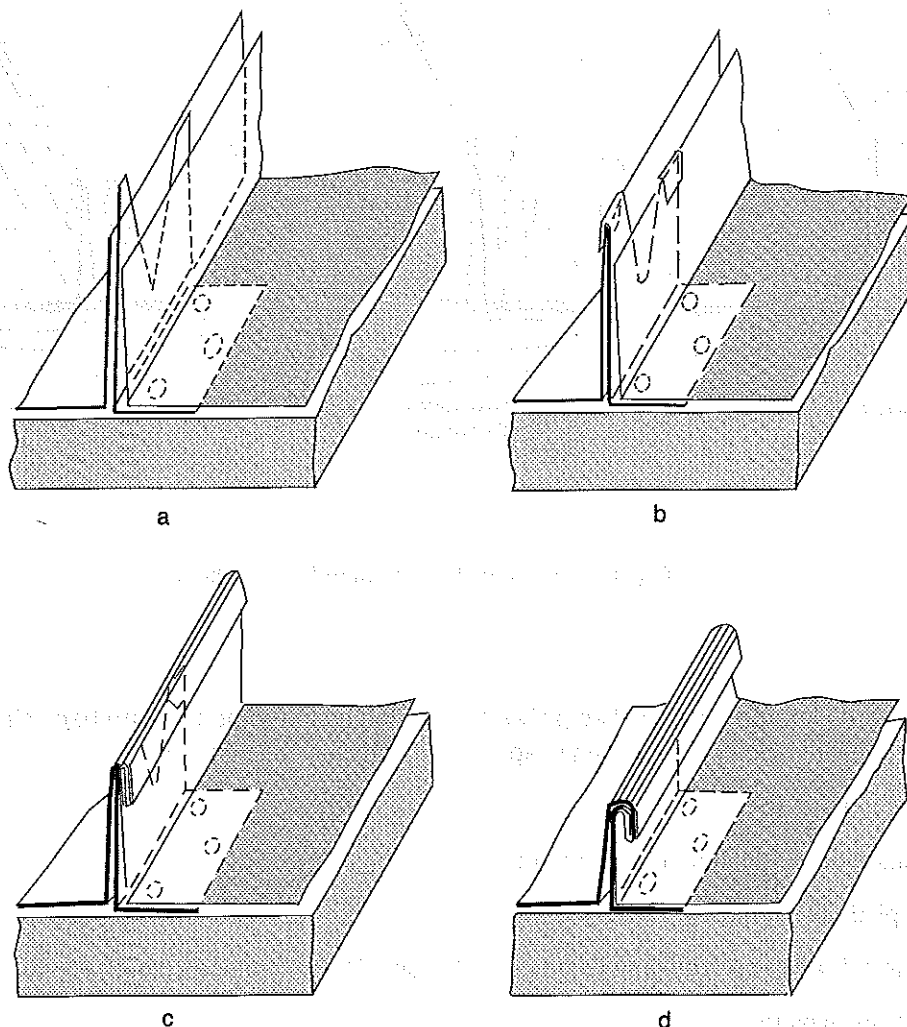


Fig. 3 : Phases de pose des pattes de fixation.

Le second pli est réalisé à la machine à sertir. Ce type de couverture convient particulièrement aux couvertures *en cuivre* qui, par sa malléabilité, se prête mieux à la technique de réalisation des joints.

Ce système de pose est particulièrement adapté à l'utilisation de cuivre en longues feuilles.

En revanche, la jonction transversale des feuilles ne peut se faire que par ressauts (fig. 4).

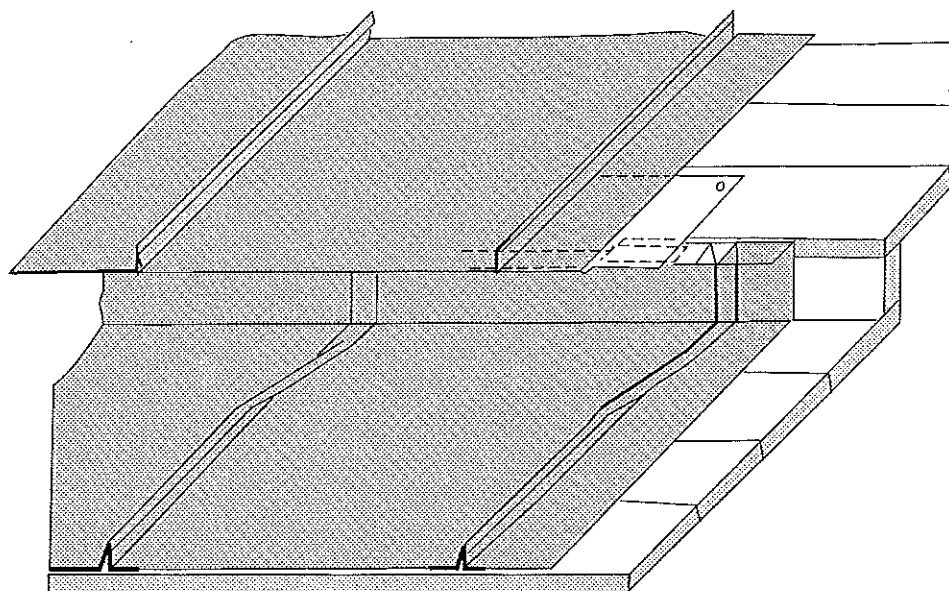


Fig. 4 : Raccord transversal par ressaut pour pente inférieure à 20 %.

Les pentes > 20 % nécessitent un raccord à double agrafure à « joint couché ».

Ces techniques de pose sont définies dans les DTU de couverture de la série 40.41 à 40.45.

La pose des feuilles métalliques façonnées se fait à joint debout. Les feuilles sont posées sur une structure en bois ou en métal. Les joints sont traités avec une pâte à joint.

Les feuilles sont posées sur une structure en bois ou en métal. Les joints sont traités avec une pâte à joint.

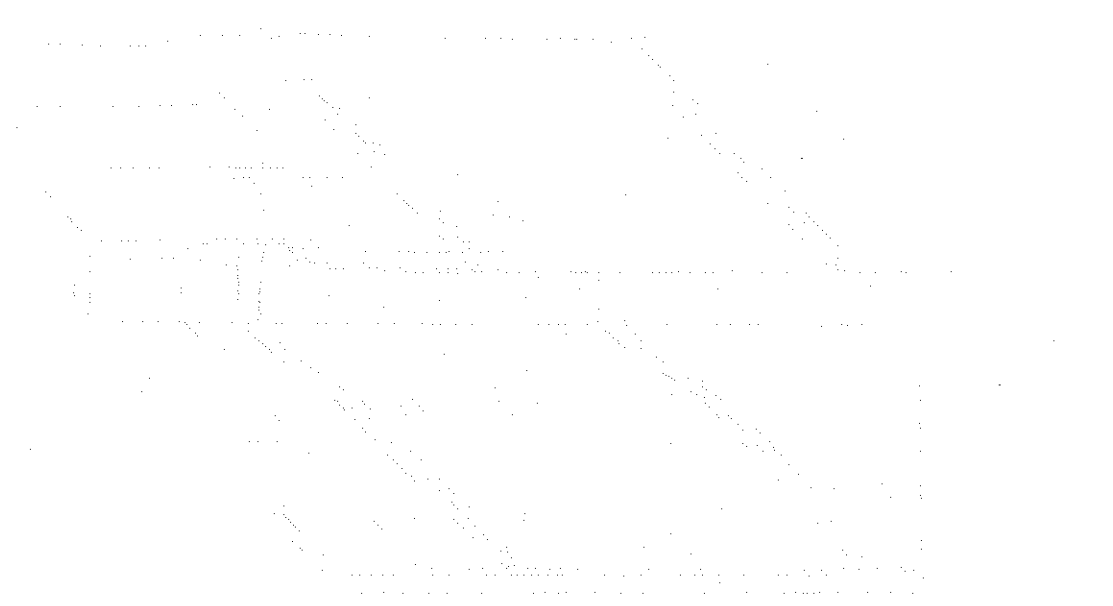


Schéma de pose des feuilles métalliques façonnées à joint debout.

Les feuilles sont posées sur une structure en bois ou en métal. Les joints sont traités avec une pâte à joint.



Question/Réponse

COUVERTURES EN FEUILLES MÉTALLIQUES FAÇONNÉES

Pose à simple ou double agrafure

QUESTION

Pour les couvertures réalisées en feuilles métalliques façonnées, qu'appelle-t-on « agrafure simple » et « double agrafure » ?

RÉPONSE

Il s'agit du recouvrement des feuilles façonnées dans le sens de la pente, ou raccord horizontal.

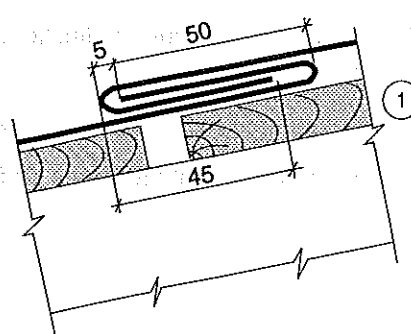
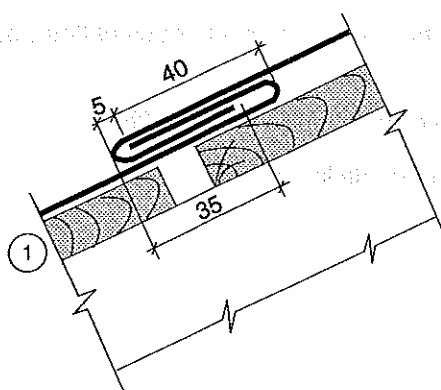
Le choix du type d'agrafure est déterminé (tab. 1) :

- par la pente du versant ;
- par la zone climatique.

Tab. 1 : Ensemble des dispositions de pente minimales admissibles en fonction des modes de pose et des zones climatiques (cotes en cm)

Zones climatiques Site normal	Agrafure simple		Agrafure double	Ressaut	Travée continue
	0,04	$\geq 0,05$			
Zone I	0,25	0,20	0,10	0,05	0,05
Zone II	0,25	0,25	0,12	0,05	0,05
Zone III	0,25	0,25	0,14	0,06	0,06

1. Agrafure simple (fig. 1 et 2a)



cotes en mm

① Support : voligeage « jointif »

Fig. 1 : Agrafure simple de 40 mm (ou 50 mm).

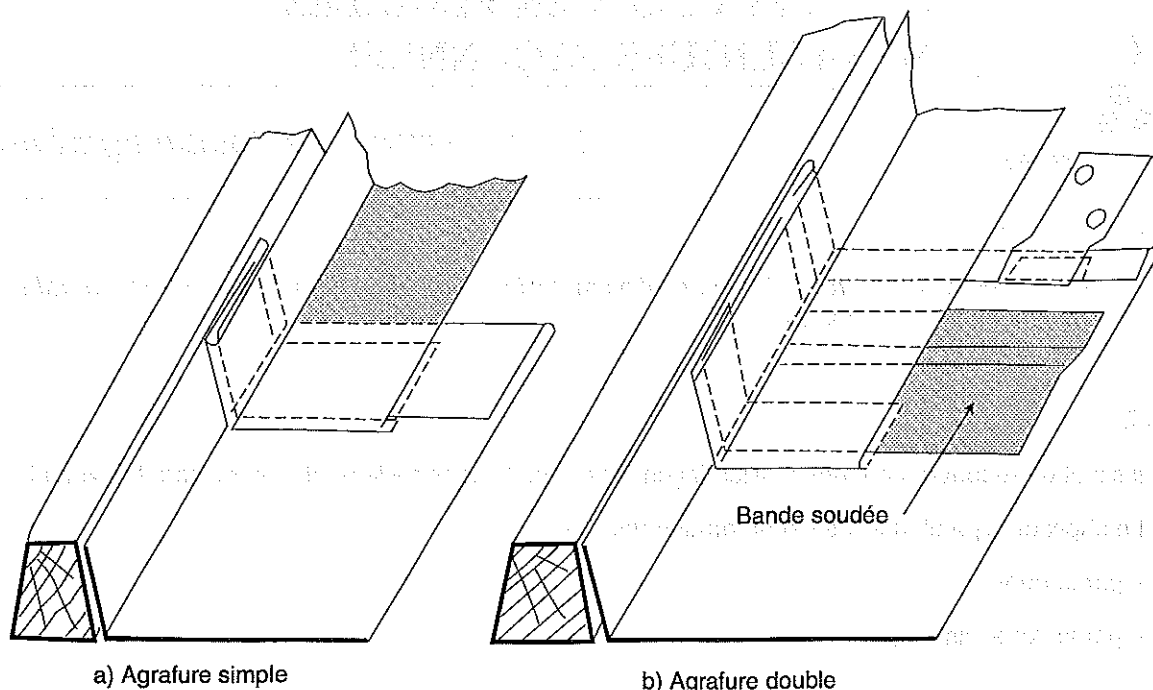


Fig. 2 : Comparaison entre simple et double agrafure (2a/2b).

L'agrafure consiste à plier l'about de chaque feuille et d'assembler après façonnage par emboîtement de manière à réaliser un double recouvrement afin d'éviter les remontées capillaires.

L'agrafure simple permet de descendre à une pente minimale de 20 % en zone climatique I avec une agrafure de 50.

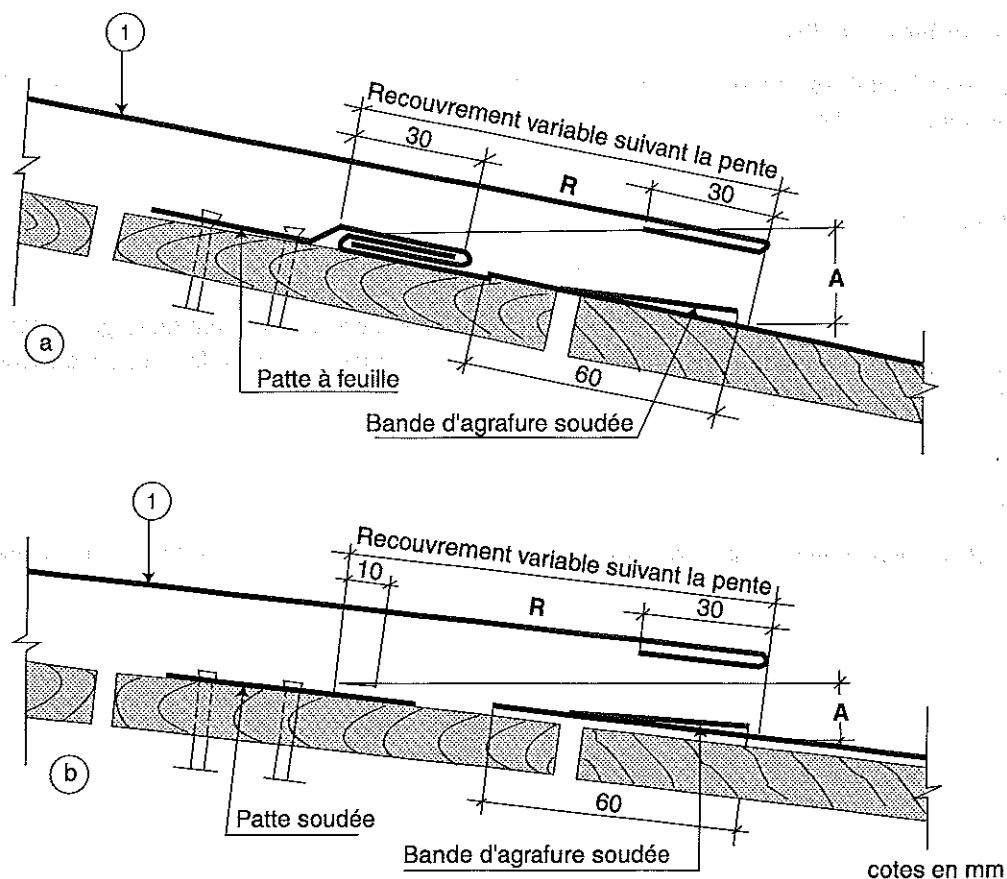
2. Agrafure double

L'agrafure double est réservée à des pentes faibles (jusqu'à 10 % mini en zone I).

Dans la double agrafure, la feuille aval est maintenue sur le support par des pattes clouées reprenant la pince supérieure.

La feuille amont est retenue par une bande soudée sur la feuille aval (fig. 2b).

Les dispositions sont précisées en figure 3 en fonction de la pente.



① Position de la feuille avant agrafure

Fig. 3 : Double agrafure. Deux dispositions en fonction de la pente.

• Pentes faibles (Fig. 3a)

Les feuilles ont une pince de 30 mm en tête et en bas. Au-dessous de la pince de tête une bande d'agrafure soudée de 60 mm de large est destinée à recevoir la pince de 30 mm du bas de la feuille supérieure et à permettre un recouvrement (R) variable selon la pente (tab. 2, d'après les règles professionnelles Couvreur).

Tab. 2 : Recouvrements selon la pente et la zone climatique

Région I		Régions II et III	
Pente en m/m	Recouvrement en m	Pente en m/m	Recouvrement en m
0,08	0,128	0,10	0,156
0,09	0,115	0,11	0,140
0,10	0,104	0,12	0,123
0,11	0,10	0,13	0,115
0,12	0,10	0,14	0,108
0,13	0,10	0,15	0,101
0,14	0,10	0,16	0,10
—	—	0,17	0,10
—	—	0,18	0,10
—	—	0,19	0,10

- **Pentes très faibles (fig. 3b)**

Pour les très faibles pentes, on peut réduire la pince de tête à 10 mm, les pattes seront alors soudées sous la feuille et clouées sur le voligeage.

- **Cas des longues feuilles**

Pour ce type de pose, la pince est de 30 mm en tête et 60 mm en bas.

Au-dessous de la pince de tête, une bande d'agrafure soudée de 100 mm de large recevra la pince façonnée en bas de la longue feuille supérieure et sera placée de telle façon que le recouvrement soit de 165 mm au minimum.

Remarque

Ces dispositions sont applicables aux couvertures en zinc et similaires (aluminium, cuivre, etc.).



COUVERTURES EN PLAQUES FIBRE-CIMENT (SUPPORTS DE TUILES CANAL)

Pathologie

RAPPEL DU PRINCIPE

Ce procédé de couverture est apparu en France il y a une trentaine d'années, d'abord avec l'utilisation de plaques supports en amiante-ciment, puis avec des profils améliorés des plaques en fibres-ciment (du fait de l'interdiction de l'utilisation de l'amiante dans les constructions). Ce procédé utilise les performances et les avantages des plaques ondulées en F-C, en particulier pour les faibles pentes, et la tuile canal comme élément esthétique pour la similitude d'aspect conféré par ces éléments, notamment lorsque la tuile est utilisée en élément de courant et de couvert (cas relativement rare du fait de son coût).

En réalité, il s'agit d'une couverture « imparfaite » en plaques ondulées F-C où la plaque ne joue qu'un rôle de support, la tuile canal assurant le décor et, ce qui est plus grave de conséquences, les éléments de raccordement d'une couverture en tuiles canal.

La procédure utilisée est celle des Avis Techniques pour les plaques, compte tenu de leur profil spécifique et de leurs caractéristiques (éléments non normalisés) et des conditions d'emploi. Les tuiles canal mises en place doivent avoir l'accord du fabricant de tuiles. Pour cette obligation, les tuiles anciennes de récupération ne peuvent satisfaire à cette condition, les fabricants ayant souvent cessé leur fabrication (parfois très artisanale). Le procédé pêche surtout au niveau des pièces de raccord de la couverture en plaques F-C (raccords de mur, pièces de faîtage et d'arêtier, châssis de toit pour souches...). La fixation des tuiles s'effectue au mortier de chaux ou mortier bâtard, par crochets métalliques ou collage souple.

SITUATION DE LA PATHOLOGIE

- Au point de vue géographique, les sinistres déclarés pour ce type de couverture concernent en majeure partie les départements voisins de la Méditerranée (Hérault, Pyrénées-Orientales, Alpes-Maritimes, Bouches-du-Rhône, Var, Aude, Vaucluse, Drôme, Alpes-de-Haute-Provence).
- Les types de constructions sont à environ 70 % des maisons individuelles (isolées ou groupées).
- Les sinistres se répartissent comme suit par parties d'ouvrages (chiffres donnés à titre indicatif et relatif, l'échantillon étant faible).

	% en nombre	% en coût
Parties courantes	19,75	31,35
Ouvrages particuliers	60,50	57,06
Supports (plaques)	1,23	0,20
Divers	18,52	11,39
Total	100 %	100 %

Ces résultats concernent l'ensemble des plaques ondulées et nervurées en F-C supports ou non de tuiles canal.

Pour les plaques F-C supports de tuiles, 30 % des cas recensés concernent les parties courantes, soit :

1. Envol ou dégradation des tuiles

- **Envol** : défaillance des scellements au mortier ; mauvaise application des mastics-colles (pression insuffisante à la mise en œuvre). Ce type de désordre est de caractère esthétique et ne compromet pas en général la fonction étanchéité de la couverture.
- **Gel de tuiles** : la tuile posée ne figurait pas dans la liste mentionnée à l'Avis Technique (accord du fabricant nécessaire). Certaines tuiles canal de réemploi qui n'avaient pas subi les effets du gel dans leur première utilisation ont été affectées par ce phénomène une fois posées sur les plaques F-C (absence de ventilation de la sous-face).

2. Infiltrations en parties courantes

Cette cause représente l'essentiel des désordres d'infiltration :

- casses ou fissurations localisées de plaques F-C (mise en place d'une chatière, par exemple) ;
- défauts de fixation ponctuels ayant entraîné une fissuration de plaque ;
- fissuration de plaques résultant d'une pose au marteau (pose dite « à la parisienne ») des tire-fonds ou trous de fixation non adaptés au diamètre de celles-ci ;
- absence ou mauvaise exécution des compléments d'étanchéité : les couvertures en plaques supports de tuiles canal suivent sensiblement les mêmes règles de pose que les plaques ondulées F-C (cf. DTU 40.31) :
 - pente (mini 9 %) ;
 - recouvrements (200 mm) ;
 - compléments d'étanchéité (T) transversaux et L (longitudinaux) ; l'oubli des compléments d'étanchéité sur des couvertures à faible pente est une cause de sinistre ;
- fissurations de plaques résultant de l'absence ou d'un défaut de calage sur une panne intermédiaire.

3. Désordres relatifs aux ouvrages particuliers

a) Rives latérales et solins (50 % des cas) :

- scellement défectueux au mortier entraînant des fissurations de tuiles ;
- solins douteux ;
- envol (cas de scellement « à cheval » sur plaque et sur mur).

Les ouvrages d'étanchéité particuliers sont souvent réalisés comme pour les simples couvertures en tuiles canal tels que :

- tuiles engravées ou non avec simple solin en mortier de ciment qui fissure et se décolle ;
- solin ou raccord réalisé avec une chape souple type BA 40 ou une bavette en zinc venant en recouvrement de la tuile, alors que c'est la couverture en plaques F-C qui doit assurer l'ouvrage étanche, la tuile ne joue qu'un rôle décoratif.

b) Faîtages : 20 % des cas environ

Dans tous les cas observés, le faîtage est réalisé en tuiles maçonnées sans utilisation de plaques spéciales de faîtage en recouvrement des plaques F-C. La liaison est faite au mortier qui fissure,

se désagrège entraînant la dislocation des faîtières, éventuellement des envois de tuiles (zone sollicitée par le vent) et évidemment des infiltrations d'eau. Les épaisseurs des mortiers sont trop fortes (retrait important), les dosages en ciment trop riches. Les tuiles ne sont pas humidifiées avant pose, alors que ces ouvrages sont réalisés dans les régions chaudes, etc., d'où fissuration des mortiers et des scellements, puis descellement des tuiles.

c) Pénétrations

Il s'agit surtout des souches qui sont rarement raccordées par l'intermédiaire d'une plaque ou de pièces spéciales. C'est encore le mortier qui est utilisé avec tous ses inconvénients.

d) Ouvrages divers

Les ouvrages particuliers de couverture, déjà difficiles à réaliser avec des plaques ondulées F-C, sont particulièrement à éviter avec ce type de couverture. Il s'agit :

- des arêtières : comportant des coupes biaisées des plaques et des tuiles et des raccords obligatoirement en mortier, les pièces spéciales ou les tuiles canal de fort module étant difficiles à poser et généralement non adaptées aux caractéristiques géométriques de la couverture ;
- des noues : même problème que pour les coupes biaisées pour un ouvrage de collecte des eaux de pluie particulièrement exposé et qui nécessite un ouvrage métallique.

e) Défauts divers

- Supports (pannes) trop écartés alors que le poids propre des plaques est complété par celui des tuiles et de la surcharge de neige.
- Défauts des plaques, absence ponctuelles de découpe des angles des plaques.
- Absence de calage sur panne intermédiaire.
- Défaut de fixation des plaques : serrage insuffisant (jeu) ou excessif entraînant la fissuration des plaques.
- Entretien plus délicat que sur de simples plaques ondulées ou nervurées, par suite :
 - de pente faible donc de risque de dépôts végétaux plus importants ;
 - d'obstacles supplémentaires créés par les tuiles de couvert ;
 - de la présence de tuiles...

(

(

(

(

SOLUTIONS



COUVERTURES

Réfection d'une couverture en tuiles - Défaut de solin¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Suite à la réfection d'un versant d'une couverture à deux pentes opposées, le versant côté façade principale est conservé (tuiles mécaniques) (cf. photo 1).

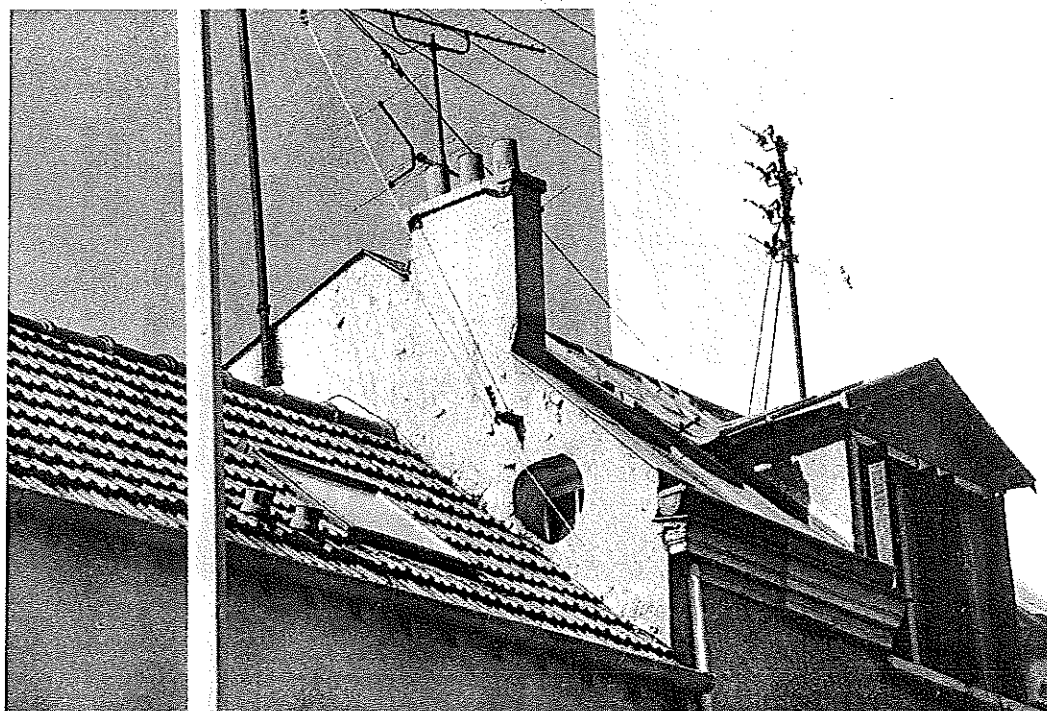


Photo 1 : Vue du versant conservé. © J. Putatti

Le versant arrière (côté cour) est entièrement repris par un autre modèle de tuile, relèvement de la pente avec modification de charpente, création d'une fenêtre de toit (cf. photo 2).

1) Cas concret d'expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Versant arrière, solin dégradé. © J. Putatti

La couverture décrite ici concerne un bâtiment adossé à une autre construction composant un pignon mitoyen.

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les désordres se situent dans le bâtiment le plus élevé (pignon mitoyen).

La défaillance du raccordement au niveau du solin est à l'origine d'infiltrations dans un logement situé sous comble pour ce bâtiment.

L'examen du pignon existant dans sa partie surplombant la couverture refaite montre un très mauvais état de l'enduit d'imperméabilisation (cf. photos 3 à 6).

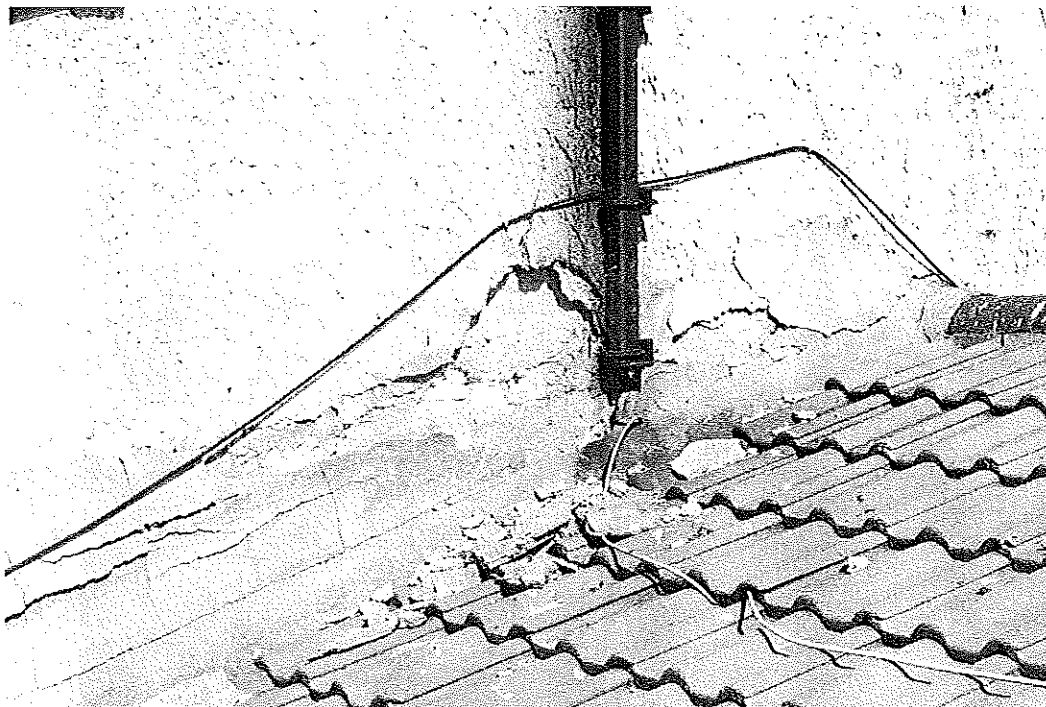


Photo 3 : Partie haute du versant côté pignon. Dégradation complète du solin. © J. Putatti

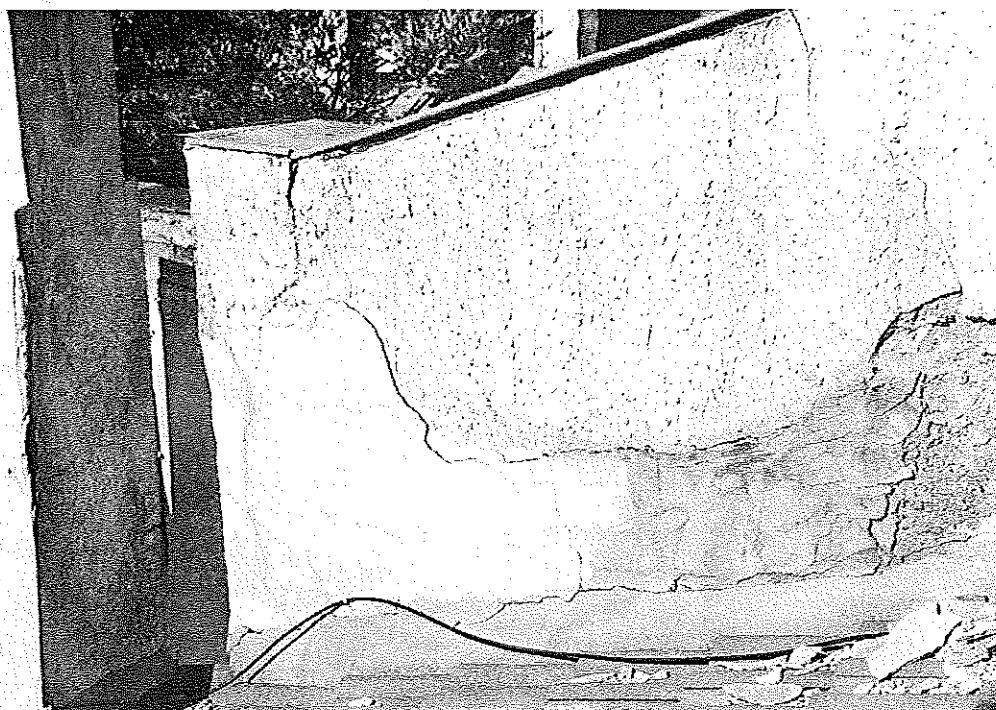


Photo 4 : Partie basse du versant côté pignon voisin. Dégradation du solin et de l'enduit (fissures de l'enduit). © J. Putatti



Photo 5 : Détail solin vu par-dessus. Éclatement du solin. © J. Putatti



Photo 6 : Détail solin (zone éclatée). Le mur mitoyen en moellons apparaît. © J. Putatti

La partie avant non remaniée au niveau couverture montre également un très mauvais état de l'enduit (fissure) (cf. photos 7 et 8). D'autre part, le raccordement du versant avec une lucarne ronde (jour de souffrance) présente des fissures et une menuiserie en très mauvais état.



Photo 7 : Versant côté rue. Couverture d'origine conservée. Présence d'une lucarne ronde au ras de la pente (jour de souffrance). Solin fissuré. © J. Putatti



Photo 8 : Versant côté rue. Partie basse. Absence de solin au droit de la lucarne ronde. Noter la pièce d'appui de la fenêtre en très mauvais état. © J. Putatti

L'examen du solin exécuté en mortier de ciment montre une fissuration généralisée par retrait : utilisation d'un mortier de ciment, sans liant chaux, trop richement dosé, sans sous-couche ni préparation de support. Il semble que la partie basse du solin (cf. photo 3) soit correctement réalisée pour la liaison avec les tuiles.

C'est la liaison avec la zone située au-dessus qui est défailante.

La maçonnerie du mur mitoyen est en moellons hourdés au plâtre (cf. photo 6). La liaison du solin rapporté constitue un « collage » qui a subi un effet de soufflage du fait de l'absence d'adhérence avec le support.

La photo 5 explique la cause des pénétrations : le ruissellement de l'eau sur le mur pignon trouve son chemin dans la fissure de décollement du solin.

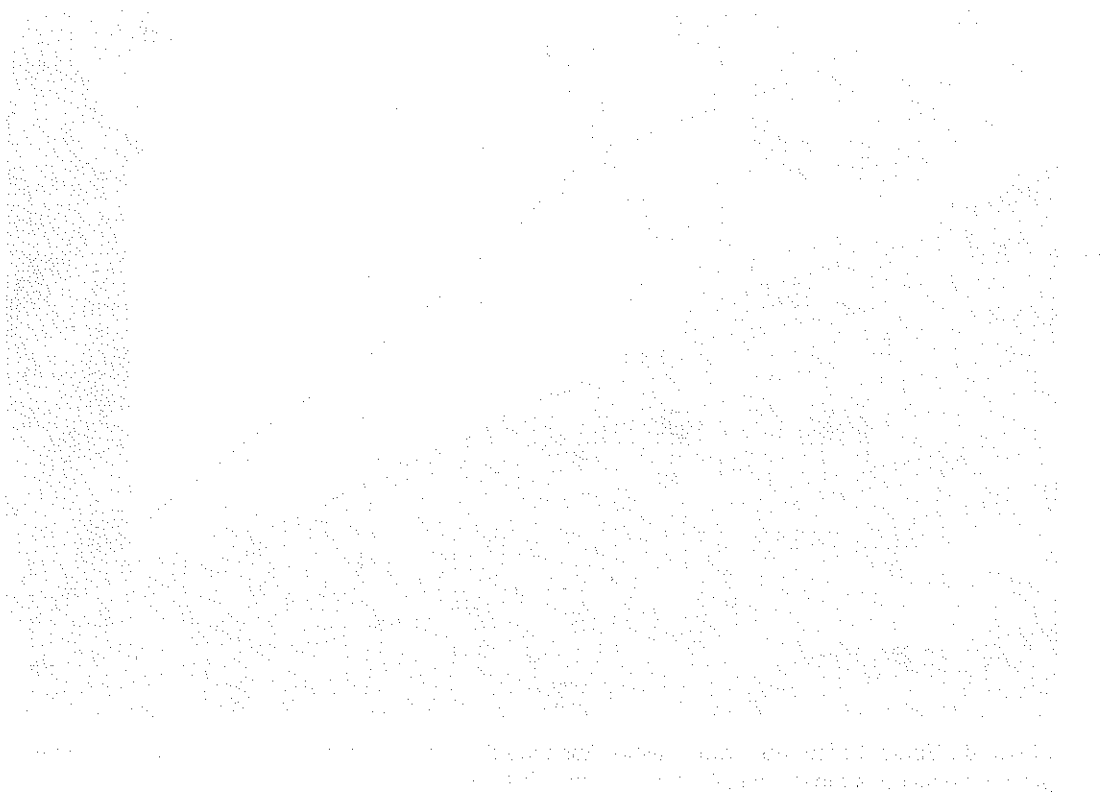
Au niveau des responsabilités, la difficulté fut de déterminer qui avait exécuté le solin défailant.

Le couvreur ayant réalisé la reprise du versant arrière semble avoir exécuté correctement le solin de la partie basse. Le fait qu'il n'a pas signalé au propriétaire l'état de « décrépitude » (sens littéral) de l'enduit de protection du pignon lui attribue une part de responsabilité.

En ce qui concerne le versant côté rue qui a conservé « en l'état » la responsabilité des désordres par pénétration d'eau à l'intérieur des locaux reste entièrement à la charge du propriétaire voisin pour le mitoyen qui n'a subi aucune modification.

Pour la remise en état des ouvrages, c'est la totalité du pignon qui est concernée avec reconstitution d'un enduit à base de liants hydrauliques (ouvrages traditionnels) et raccordement avec le solin existant. Reprise de la partie avant du mur avec reconstitution d'un solin en mortier et protection par bande métallique (pour les deux versants).

D'autre part, l'ouvrage métallique devra être raccordé avec l'appui de fenêtre-lucarne dont l'état devra probablement nécessiter le remplacement avec reconstitution d'un rejingot et d'une pente vers l'extérieur.





COUVERTURES EN PLAQUES ONDULÉES D'AMIANTE-CIMENT

Réparation d'un chéneau de rive encaissé (nouveaux désordres) ¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Une couverture de forme rectangulaire à un seul versant en plaques ondulées d'amiante-ciment ²⁾ est bordée en rive basse-façade par un chéneau encaissé (cf. photo 1).



Photo 1 : Vue d'ensemble de la toiture (l'ouvrage de collecte n'est pas visible). © J. Putatti

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Le local sous-jacent comporte un faux-plafond qui présente en une zone une tache de couleur brune (cf. photo 2) correspondant à une fuite de l'ouvrage de collecte.

Celui-ci est un chéneau encaissé en tôle d'acier galvanisé de section rectangulaire.

La dépose des plaques de faux-plafond révèle une fuite dans une jonction entre deux éléments consécutifs (taches de rouilles et dépôts blanchâtres de calcite) (cf. photo 3).

1) Cas concret d'expertise judiciaire.

2) Matériau désormais interdit en ouvrage neuf, remplacé par « fibres-ciment ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Apparition de tache en faux-plafond près de la façade. © J. Putatti



Photo 3 : Après dépose du faux-plafond, sous-face apparente du chéneau. Fuite au droit d'une liaison. Noter la présence d'un isolant (laine minérale) en sous-face du chéneau pour éviter les condensations. © J. Putatti

Les investigations effectuées en cours d'expertise révéleront d'autres désordres, principalement aux colonnes d'évacuation des EP réalisées initialement en tôle mince par enroulement et soudure hélicoïdale, complètement ravagées par la corrosion (cf. photos 4 et 5).



Photo 4 : Ancienne descente EP soudée au chéneau, complètement corrodée et tubée par une canalisation PVC. © J. Putatti

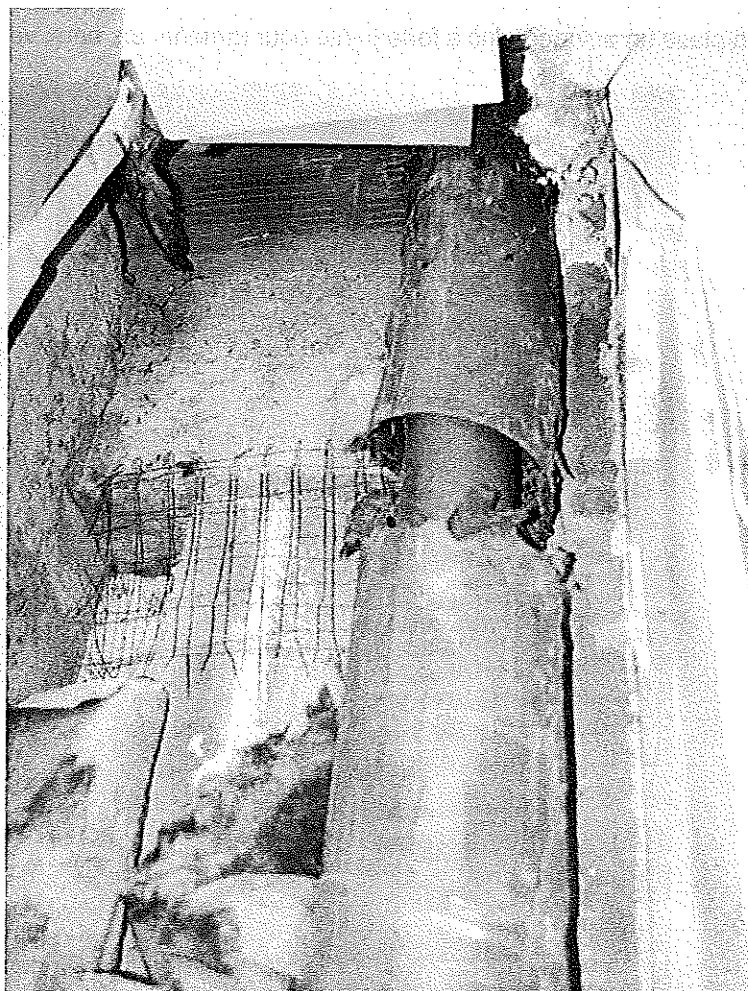


Photo 5 : Autre canalisation EP en tube d'acier mince soudée par enroulement hélicoïdal, corrodée et tubée par tuyau PVC. © J. Putatti

Ces dispositions ont pu être établies après sondages et dépose de coffrages dissimulant les canalisations.

Les éléments recueillis en cours d'expertise permirent à l'expert de reconstituer l'historique des désordres et la motivation de l'action engagée.

En fait, le locataire du local, dans un premier temps, signala au propriétaire les fuites qui n'intervenaient que par très fortes précipitations.

Le propriétaire soucieux de remédier à ce désordre consulta deux entreprises de couverture et fit appel à un maître d'œuvre.

La solution de l'entreprise la moins disante, mais néanmoins rationnelle, consistait à revêtir le chéneau défaillant par une chape de bitume armé, afin de « ponter » les points faibles correspondants aux jonctions d'éléments.

La solution de l'entreprise la plus chère, augmentée de l'intervention du maître d'œuvre consistait à :

- mettre en place une couvertine en zinc sur le mur d'acrotère limitant la toiture ;
- revêtir la face intérieure de l'acrotère par une chape bitume armé à autoprotection métallique ;
- à remplacer le chéneau « défaillant » par une gouttière de faible section (comparée à celle du chéneau existant) ;
- à mettre en place un ouvrage-zinc à forte pente pour ramener les eaux vers la gouttière nouvelle (cf. photo 6).

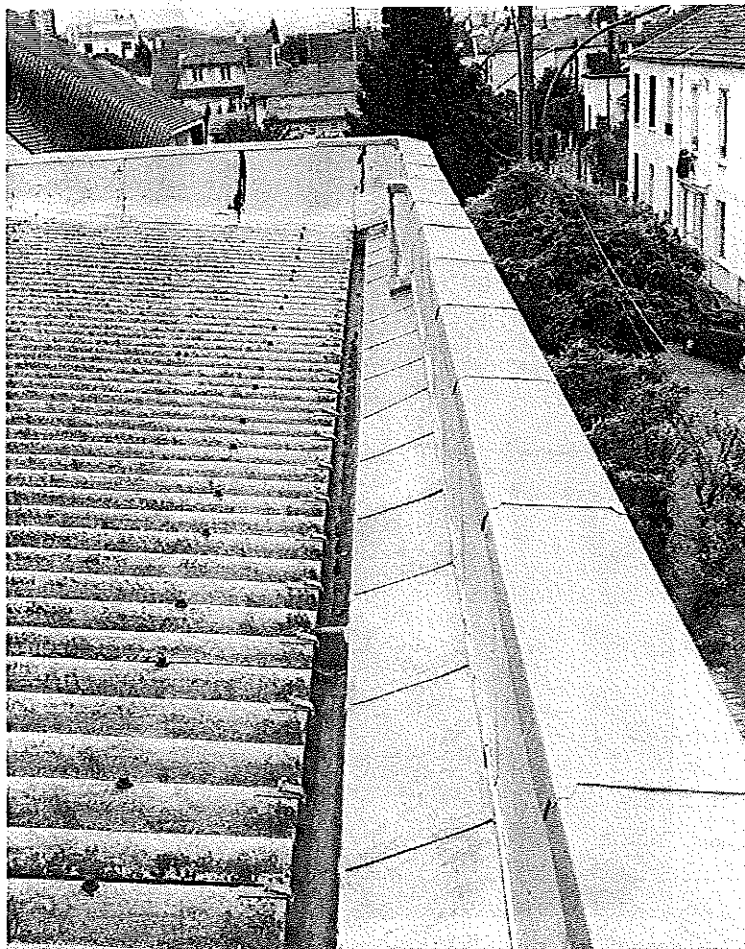


Photo 6 : Aspect de l'acrotère après travaux. © J. Putatti

Cette solution plus chère, « étayée » par la présence d'un maître d'œuvre, fut choisie par le propriétaire... et les fuites persistèrent...

D'où l'action judiciaire.

Souvent, la solution la plus simple et la plus économique dissuade...

L'intervention du maître d'œuvre, réputé « homme de l'Art », aurait pu éviter le désordre matériel et financier.

Le manque d'analyse du problème posé est la vraie raison du sinistre :

- une simple réparation du chéneau telle que prévue par l'entreprise moins disante (mais sans garantie décennale, s'agissant d'une réparation) aurait réglé le problème ;

- l'autre solution telle que décrite ci-dessus bénéficiait de la garantie décennale puisque l'on établissait un ouvrage de collecte neuf. C'est ce qui emporte, en toute logique la décision du propriétaire.

Le démontage de l'ouvrage « rapporté » fut révélateur (cf. photo 7).

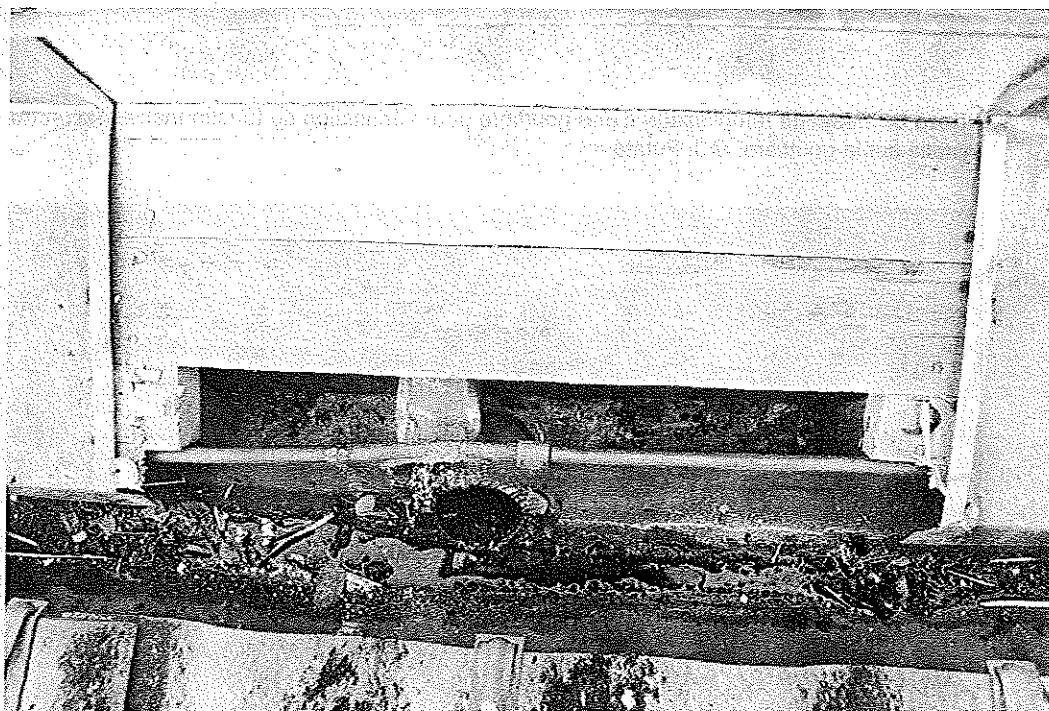


Photo 7 : Démontage de l'ouvrage rapporté au droit d'un dispositif de trop-plein débouchant en façade.
© J. Putatti

La gouttière demi-ronde n'occupant à peine que le tiers de la largeur du chéneau (conservé) ne pouvait, même compte tenu des trop-pleins, fonctionner à plein débit. En cas de très forte pluie, cette gouttière se déversait côté chéneau dans l'espace entre la gouttière et l'acrotère et l'eau en excès se retrouvait en fond de chéneau, attendant le point faible (jonction entre éléments) pour continuer à passer... comme avant les travaux « confortatifs ».

Il va sans dire que des essais de fonctionnement des trop-pleins furent entrepris (cf. photos 8 et 9).



Photo 8 : Essai de remplissage d'une gouttière pour vérification du fonctionnement d'un trop-plein installé sur la gouttière. © J. Putatti

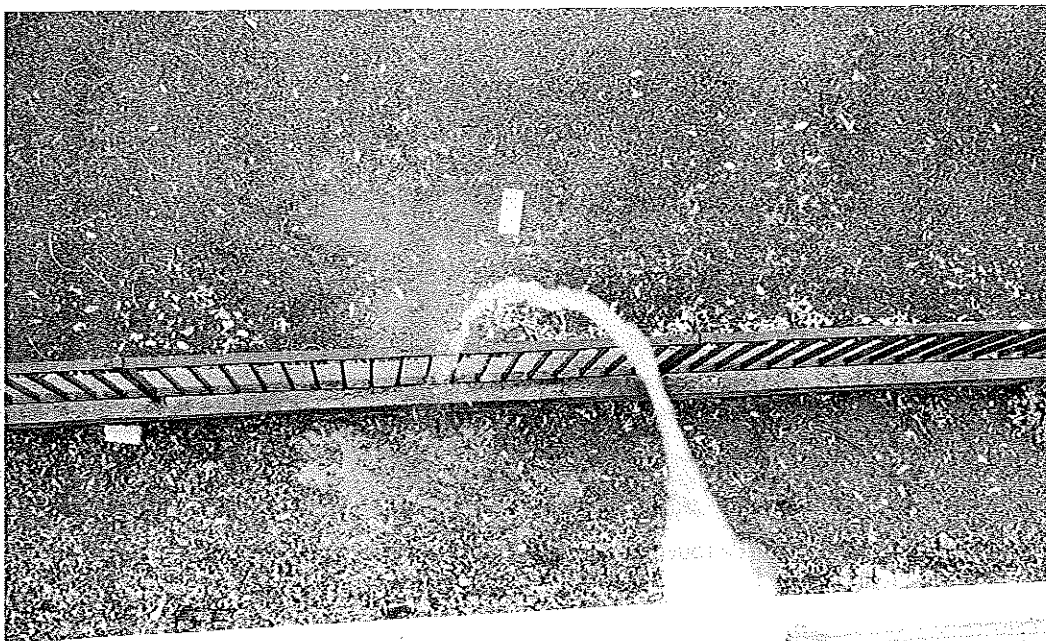


Photo 9 : Essai de fonctionnement du trop-plein ci-dessus (sortie en façade). © J. Putatti

Les essais montrèrent que les trop-pleins fonctionnaient à faible débit. La simulation de très forts débits (pluies violentes d'orage) ne put être faite.

D'autre part, l'obturation toujours possible par des feuilles des orifices de trop-plein qui sont en fait des évacuations normales pour les EP (cf. photo 8) ou au contraire mixtes (cf. photo 7), c'est-à-dire vers EP partie vers extérieur (trop-plein), aggravait le problème, l'eau se déversant de la gouttière dans l'ancien chéneau conservé.

Cette ambiguïté vis-à-vis des règles de l'Art ne se produit pas pour les EP en about de gouttières directement raccordées aux anciennes EP (cf. photo 10). Il faut rappeler qu'un trop-plein intervient en secours lorsqu'une obturation accidentelle de l'évacuation EP normale se produit. Le fil de l'eau du trop-plein doit tenir compte de cette disposition ; sinon, le trop-plein fonctionne comme une gorguille, ce qui ne correspond pas à sa fonction.



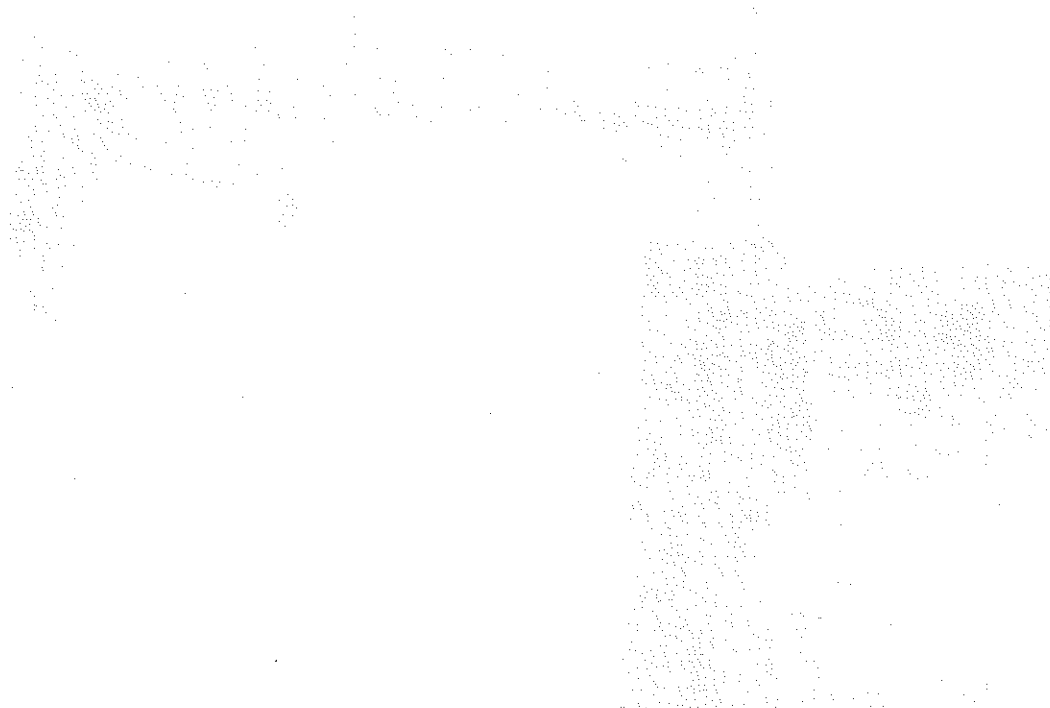
Photo 10 : Raccordement gouttière en about. © J. Putatti

EN RÉSUMÉ

L'ensemble des dispositions préconisées par l'entreprise ayant réalisé les modifications, entérinées par le maître d'œuvre *n'a pas réglé le problème des fuites*. La seule amélioration concerne la mise en place d'une couvertine et l'habillage de la face intérieure de l'acrotère.

En conclusion, le retour à la solution « chéneau » (après habillage du fond) a été préconisée.

Le 15 mars 2011, l'inspecteur a constaté que les plaques d'amiante-ciment situées au-dessus du chéneau de rive encaissé étaient déformées et fissurées. Les plaques étaient également souillées de saleté et de débris. L'inspecteur a constaté que les plaques étaient également fissurées et déformées. Les plaques étaient également souillées de saleté et de débris. L'inspecteur a constaté que les plaques étaient également fissurées et déformées. Les plaques étaient également souillées de saleté et de débris.



Plaque d'amiante-ciment fissurée et déformée.

Page 8 de 8

Le 15 mars 2011, l'inspecteur a constaté que les plaques d'amiante-ciment situées au-dessus du chéneau de rive encaissé étaient déformées et fissurées. Les plaques étaient également souillées de saleté et de débris. L'inspecteur a constaté que les plaques étaient également fissurées et déformées. Les plaques étaient également souillées de saleté et de débris. L'inspecteur a constaté que les plaques étaient également fissurées et déformées. Les plaques étaient également souillées de saleté et de débris.



COUVERTURES EN TÔLE D'ACIER GALVANISÉ NERVURÉE

Corrosion en sous-face

AB

CD

POSITION DU PROBLÈME

La couverture d'un ensemble de garages individuels est constituée de plaques nervurées en tôle d'acier galvanisé et présente une pente faible (3,5 %).

Le désordre se situe en sous-face des plaques où se développe une corrosion très active.

EF

GH

CAUSES

En toute vraisemblance, la corrosion est due à la condensation résultant de l'effet « paroi froide ».

La faible pente du versant (< 5 %) a favorisé le maintien de l'humidité sous forme de gouttelettes et le développement généralisé des corrosions.

Les remèdes consistant à ventiler la sous-face des bacs risquent d'être inefficaces :

- du fait de la faible pente (pas de tirage naturel entre les orifices d'entrée et de sortie d'air) correspondant à un trop faible dénivelé ;

- du fait que l'on utilise l'air extérieur froid et humide pour ventiler, ceci même en prévoyant de fortes sections de ventilation.

Le risque est réel dans certaines périodes hivernales où l'humidité extérieure provoque pendant la nuit le givrage des tôles, tant en surface qu'en sous-face. Le givre se transforme en eau dès que le soleil réchauffe les tôles et les condensations en sous-face restent sous forme de gouttelettes qui attaquent les tôles.

IJ

KL

MN

OP

REMÈDES

Le seul remède consiste à mettre en place un matériau isolant type mousse projetée ou fibres permettant de diminuer la température de surface en sous-face des tôles.

Mais ce traitement ne peut s'appliquer que sur des tôles faiblement corrodées. La solution dépend donc de l'état d'avancement de la corrosion.

QR

ST

1^{er} cas : couvertures attaquées faiblement, c'est-à-dire par petits points de rouille

Un brossage vigoureux, dégraissage et application d'une peinture primaire réactive et de deux couches de peinture polyéthylène chloré, ou d'une peinture caoutchouc chloré ou autres peintures caoutchouc en solvant.

Toutefois, après traitement, les condensations peuvent réapparaître, la température de la sous-face des tôles n'ayant pas subi de modifications notables.

UV

WX

2^e cas : couvertures très faiblement atteintes par la corrosion (piqûres de rouille)

Même procédure avec, après l'application de la peinture primaire réactive, la mise en œuvre d'une peinture de même composition que la peinture de finition avec pigment inhibiteur de rouille (phosphate de zinc), puis de deux couches de peinture de polyéthylène chloré, peinture caoutchouc chloré ou autres peintures caoutchouc en solvant, comme dans le 1^{er} cas.

YZ

Le risque de condensations ultérieures persiste malgré ce traitement protecteur.

3^e cas : couvertures à corrosion avancée

La seule solution est la dépose de la couverture, car la corrosion complète semble inévitable avec, pour conséquence, les fuites puis l'effondrement des tôles.

On peut éviter la corrosion destructrice de l'acier en reconstituant une couverture métallique en plaques nervurées d'aluminium, avec rétablissement de pentes minimales ($\geq 5\%$) pour le cas de figure (absence de pénétrations, plaques de longueur égale à celles du versant).

Les condensations continueront à se produire avec le risque de formation de « rouille blanche »¹⁾.

Les dispositions du DTU 40.35 (plaques nervurées acier) et du DTU 40.36 (plaques nervurées aluminium) mentionnent :

– article 6.6 (DTU 40.35, mai 1997) ;

– article 3.7 (DTU 40.36, octobre 1984).

« Précautions contre les condensations »

« Bâtiments non isolés²⁾

Les variations thermiques, hygrométriques et climatiques entraînent pour les locaux un risque important de condensation en sous-face de la couverture avec chutes de gouttes d'eau.

Pour limiter les conséquences des phénomènes de condensation, la sous-face peut être traitée par l'apport d'un régulateur de condensation sous la plaque nervurée ou la mise en œuvre d'un feutre tendu sur pannes.

Toutefois, du fait de conditions météorologiques locales et d'une forte hygrométrie prolongée, les dispositifs régulateurs de condensation peuvent s'avérer insuffisants pour se prémunir de ces risques dus à la saturation des régulateurs de condensation. »

Pour les bâtiments isolés, d'autres dispositions sont prévues par les DTU précités, sans éliminer complètement le risque de condensation en sous-face, et selon les dispositifs d'isolation et de ventilation choisis.

1) Cf. Fiche correspondante Question/Réponse.

2) Cas présenté pour la présente fiche.



Question/Réponse

COUVERTURES EN TUILES

Fixation

QUESTION

À partir de quelle pente la fixation des tuiles est-elle nécessaire ?

RÉPONSE

La pente minimale déterminant la fixation partielle ou totale des tuiles est fixée par les règles DTU. Elle s'effectue par clouage et/ou crochetage et/ou pannetonage.

Elle dépend :

- du type de tuiles ;
- des zones d'application ;
- des types de sites.

1. Tuiles en terre cuite à emboîtement ou à glissement DTU 40.21 [NF P 31-202 de septembre 2001 - Travaux de bâtiment - Couvertures en tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (référence commune des parties 1 et 2 du DTU 40.21)]

- Fixation des tuiles en partie courante (cf. Tableau).

Pentes (mpm)	Régions 1 et 2 : sites protégé et normal ¹⁾	Régions 1 et 2 : site exposé ¹⁾ Région 3 : tous sites ²⁾
$p \leq 1,00$	Aucune	1/5 ²⁾
$1,00 < p \leq 1,75$	1/5 ²⁾	1/5 ²⁾
$p > 1,75$	Toutes	Toutes

1) Les régions et sites d'exposition au vent considérés sont ceux prévus par les règles NV 65.
2) Une tuile fixée toutes les cinq tuiles posées.

- En rive et à l'égout, toutes les tuiles sont fixées. Pour les ouvrages particuliers, les tuiles peuvent être fixées par scellement au mortier.

- Lorsque la couverture se trouve directement au-dessus de locaux ouverts, des dispositions doivent être prises pour éviter l'envol des tuiles.

Note

Ces dispositions sont différentes de l'édition précédente du DTU (juin 1979). Elles correspondent à un renforcement des dispositions de fixation.

2. Tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat (DTU 40.211 ou NF P 31-203, septembre 1996) (cf. Tableau)

Pentes (mpm)	Régions 1 et 2 site protégé et normal ¹⁾		Régions 1 et 2 site exposé ¹⁾		Région 3 tous sites ¹⁾	
	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante
$p \leq 1,00$	Toutes	Aucune	Toutes	1/5 ²⁾	Toutes	1/5 ²⁾
$1,00 < p \leq 1,75$	Toutes	1/5 ²⁾	Toutes	1/5 ²⁾	Toutes	1/5 ²⁾
$p > 1,75$	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes

1) Les régions et sites d'exposition au vent considérés sont ceux prévus par les règles NV 65.
2) Une tuile fixée toutes les cinq tuiles posées.

Pour les ouvrages particuliers, les tuiles peuvent être scellées au mortier.

3. Tuiles canal de terre cuite DTU 40.22 [NF P 31-201 de septembre 2001 - Travaux de bâtiment - Couvertures en tuiles canal de terre cuite - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (référence commune des parties 1 et 2 du DTU 40.22)]

• Mode de fixation :

- par scellement au mortier (mortier spécial pour tuiles siliconées) ;
- par crochets, clous ou pannetons ;
- par mastic spécial (fixation des tuiles entre elles).

• Principe de fixation (pour éviter le glissement)

- en fonction de la pente de la couverture :

- $p \leq 30\%$:

- parties courantes : tuiles non fixées,
- rives latérales : tuiles fixées,
- égout : tuiles fixées;

- $30 < p < 60\%$ (au-delà de 60 % dispositions spécifiques non prévues au DTU) :

- parties courantes : tuiles fixées,
- rives : tuiles fixées,
- égout : tuiles fixées ;

- en fonction de l'exposition au vent.

Seules les tuiles en partie courante régions I et II, sites abrité et normal, ne sont pas fixées.

Les modalités de fixation des tuiles (entre elles et à leurs supports) et la répartition des fixations sont précisées dans le DTU selon le type de support (continu ou liteaux).

4. Tuiles plates de terre cuite DTU 40.23 (NF P 31-204), septembre 1996 (cf. Tableau)

Les tuiles sont fixées par clouage ou par crochet.

Pentes (mpm)	Régions 1 et 2 site protégé et normal ¹⁾		Régions 1 et 2 site exposé ¹⁾		Région 3 tous sites ¹⁾	
	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante
$p \leq 1,00$	Aucune	Aucune	Toutes	1/6	Toutes	1/6
$1,00 < p \leq 1,75$	Toutes	Aucune	Toutes	1/6	Toutes	1/6
$1,75 < p \leq 3,00$	Toutes	1/6	Toutes	1/6	Toutes	1/6
$p > 3,00$	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes

1) Régions de vent et sites, tels que définis par les règles NV en vigueur.
2) Une tuile fixée toutes les cinq tuiles posées.

L'ancien DTU 40.23 exigeait, au-dessus de 175 % de pente, la fixation de 10 tuiles au m² « judicieusement réparties ».

5. Tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal (DTU 40.24, mai 1993) (cf. Tableau)

Pentes (%)	Sites protégé et normal		Site exposé	
	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante
$29 \leq p < 100$	Aucune	Aucune	Toutes	1/5
$100 \leq p < 175$	Toutes	1/5	toutes	Toutes
$p \geq 175$	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes

Légende :
 - Toutes = toutes les tuiles sont à fixer ;
 - 1/5 = 1 tuile sur 5 est à fixer ;
 - aucune = aucune tuile n'est à fixer.

6. Tuiles planes en béton à glissement et emboîtement longitudinal (DTU 40.241, NF P 31-205, juin 1990) (cf. Tableau)

Pentes (%)	Sites protégé et normal		Site exposé	
	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante
$40 \leq p < 100$	Toutes	Aucune	Toutes	1/5
$100 \leq p < 175$	Toutes	1/5	toutes	Toutes
$p \geq 175$	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes

Légende :
 - Toutes = toutes les tuiles sont à fixer ;
 - 1/5 = 1 tuile sur 5 est à fixer ;
 - aucune = aucune tuile n'est à fixer.

7. Tuiles planes en béton (DTU 40.25, NF P 31-206, décembre 1984) (cf. Tableau)

Pentes (%)	Sites protégé et normal en régions 1 et 2		Région 3 et sites exposés	
	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante
$p < 100$	Aucune	Aucune	Toutes	Fixation partielle
$100 \leq p < 175$	Toutes	Aucune	Toutes	Fixation partielle
$175 \leq p < 300$	Toutes	fixation partielle	Toutes	Toutes
$p > 300$	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes

Remarque :

Toutes ces dispositions sont minimales. Les phénomènes « tempêtes » et « tornades » ayant tendance à se répéter, on aura tout intérêt, à la construction ou lors des réfections de toiture, de tenir compte de ces dispositions (pas toujours respectées) et éventuellement de les renforcer.

On peut aussi se demander si la fonction f est dérivable en $x=0$.
 On a $f'(0) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(h) - f(0)}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{h^2 \sin\left(\frac{1}{h}\right)}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} h \sin\left(\frac{1}{h}\right)$.

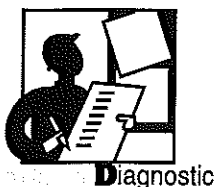
Or, on sait que \sin est bornée, donc $h \sin\left(\frac{1}{h}\right) \rightarrow 0$ quand $h \rightarrow 0$.
 Ainsi, $f'(0) = 0$.
 On peut aussi remarquer que f est dérivable en $x=0$ car elle est la somme d'une fonction dérivable (h^2) et d'une fonction bornée ($\sin\left(\frac{1}{h}\right)$).

(exemple 2) Soit la fonction f définie par $f(x) = x^2 \ln|x|$.

x	$f(x)$	$f'(x)$
$x < 0$	$x^2 \ln(-x)$	$2x \ln(-x) - x$
$x > 0$	$x^2 \ln(x)$	$2x \ln(x) + x$
$x = 0$	0	0

Remarque :

La fonction f est dérivable en $x=0$ car elle est la somme d'une fonction dérivable (x^2) et d'une fonction bornée ($\ln|x|$).



COUVERTURES EN TUILES

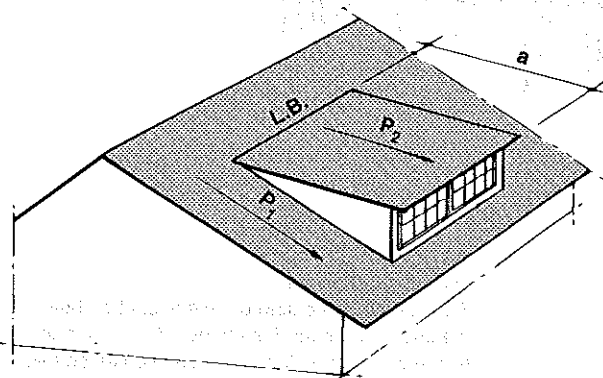
Lucarne rampante (infiltration)

POSITION DU PROBLÈME

Sur une couverture à plan rectangulaire, une lucarne occupe une surface relativement importante par rapport à celle du versant (cf. schéma).

Le matériau utilisé pour les parties courantes du versant et pour la couverture de la lucarne rampante (même sens de pente que le versant) est le même (tuiles de terre cuite à emboîtement ou tuiles plates).

Des pénétrations d'eau interviennent dans la zone de la lucarne.



P_1 : pente courante versant conforme aux règles DTU
 P_2 : pente dessus lucarne
 $P_2 < P_1$ (non conforme aux règles DTU)
 La zone « a » nécessite des dispositions spéciales
 L.B. : ligne de bris

CAUSE DES FUITES

Les dispositions prescrites dans les DTU (ici DTU 40.21 - NF P 31-2002 d'octobre 1997 ou 40.23 - NF P 31-204 de septembre 1996) sont applicables aux parties courantes des versants plans.

Seuls les DTU 40.21 et 40.23 sont cités. Les couvertures en tuiles canal comportent peu (ou pas), du fait de leur faible pente, de lucarnes rampantes.

La lucarne est un *ouvrage particulier* dont la pente de versant est inférieure à celle du versant courant.

« Lorsque certaines parties d'ouvrages présentent une pente inférieure à la valeur minimale résultant des pentes minimales admissibles et des conditions locales (zones d'application et sites), il est nécessaire de prévoir un dispositif d'étanchéité, la tuile n'intervenant que comme décor. »

Les DTU 40.21 et 40.23 admettent toutefois que *« lorsqu'il est fait usage d'un écran en sous-face, les pentes minimales indiquées peuvent être diminuées dans la proportion du 1/7 »*.

Toutefois, cette tolérance ne suffit généralement pas à autoriser des différences de pentes importantes permettant l'aménagement de combles avec des lucarnes rampantes à faible pente.

La cause des fuites correspond au non-respect des dispositions minimales de pose prescrites par les DTU correspondants.

Elle peut également être imputable à un défaut de raccordement des tuiles dans la zone de la ligne de bris.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

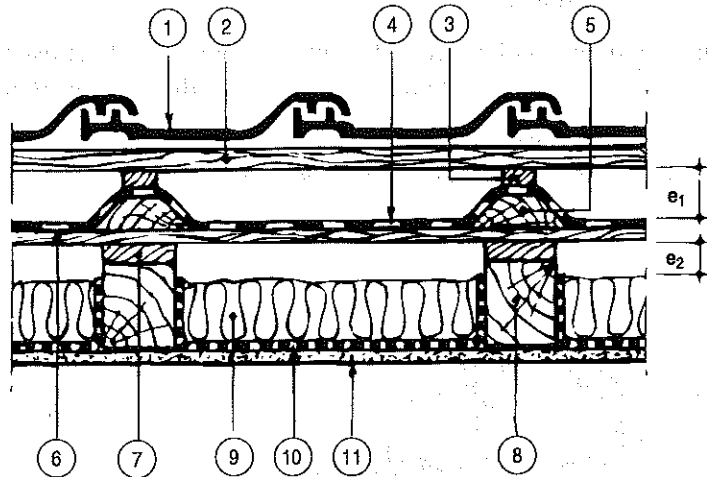
WX

YZ

SOLUTION

La solution est à prévoir au stade de la conception de la toiture (cf. schéma).

Toutefois, on peut « rattraper » une mauvaise disposition à partir du principe suivant utilisé en climat de montagne (double toiture), sous réserve de pouvoir raccorder correctement les ouvrages de parties courantes (conservés) et les nouveaux ouvrages.



- | | |
|--|--|
| ① Tuiles terre cuite à emboîtement | ⑧ Chevrons |
| ② Liteau - support de tuiles | ⑨ Isolant thermique |
| ③ Contre-latte | ⑩ Pare-vapeur continu ou relevé contre chevrons |
| ④ Étanchéité - chape bitumineuse | ⑪ Plafond rampant (frisette ou plâtre cartonné) |
| ⑤ Tasseau trapézoïdal | e ₁ : espace lame d'air ventilation sous-face tuiles |
| ⑥ Support d'étanchéité continu (panneau) | e ₂ : espace lame d'air ventilation sous-face panneau |
| ⑦ Cales (pour surélévation des espaces chevrons) | |



COUVERTURES EN TUILES

Pénétration d'eau par faîtage et souche

1. DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Des pénétrations d'eau sont constatées au droit d'une souche de cheminée avec humidification des bois de charpente (photo 1).

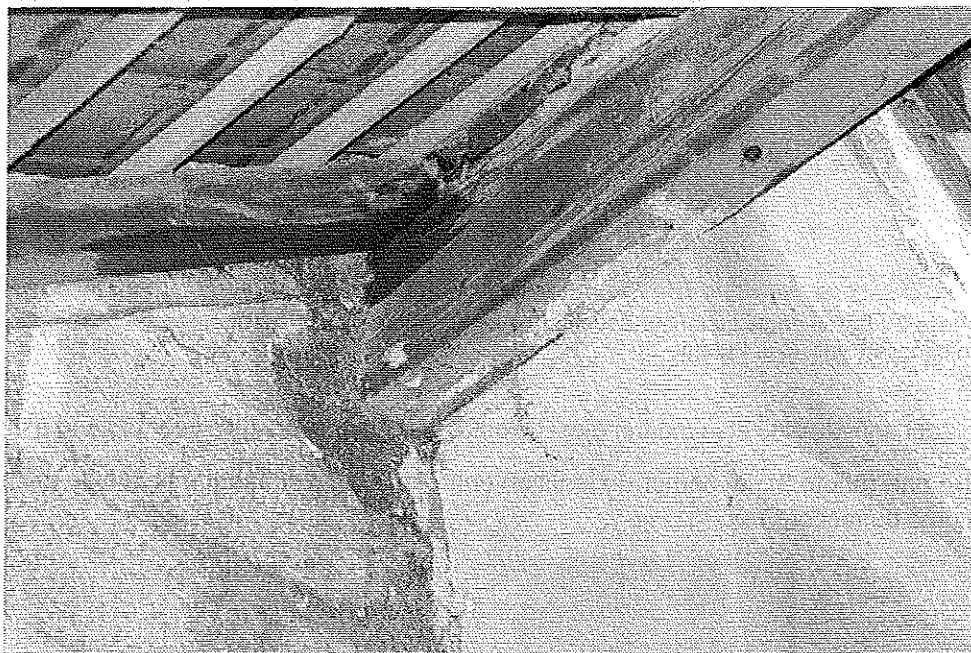


Photo 1 : Pénétration d'eau près d'un conduit et d'un pignon. Mouillage des bois de charpente. © J. Putatti

L'examen extérieur de la souche ainsi que des points singuliers de la couverture montre des fissurations entre les mortiers de calfeutrement, les maçonneries et les éléments de couverture tuiles (photo 2).

D'autre part, le raccordement de la souche avec la couverture s'effectue sur l'un des angles supérieurs de la souche par un petit canal en zinc formant gouttière pour une tuile placée au-dessus (photo 2).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail angle supérieur souche. L'évacuation des tuiles supérieures s'effectue par un canal en zinc. © J. Putatti

Le contact entre le zinc et le mortier ainsi qu'entre le mortier et les tuiles correspond à des fissures.

D'autre part (photo 3), le mortier de jonction entre la souche, le faîtage et la tuile est ponctué de trous près du raccord zinc.

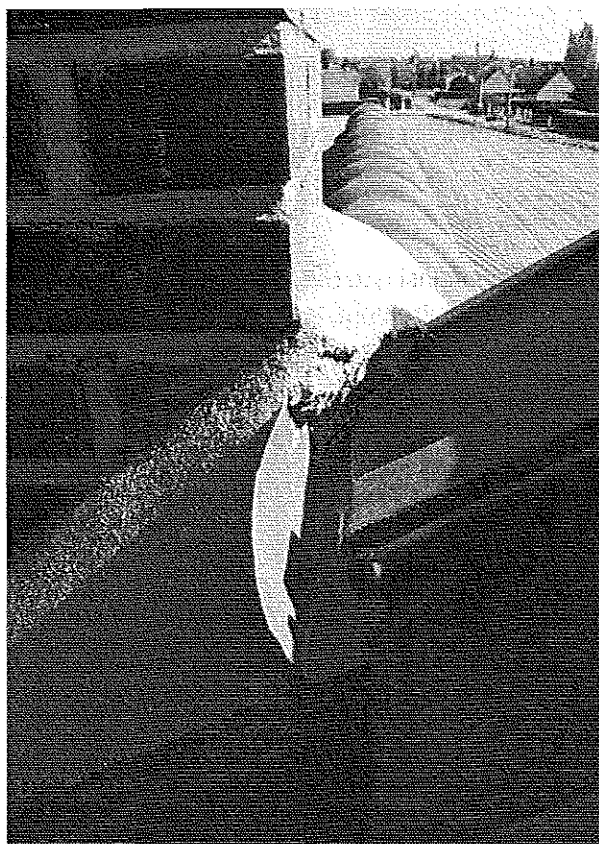


Photo 3 : Autre détail. Noter la présence de trous à la jonction souche-faîtage et tuile. © J. Putatti

CAUSES

- La cause principale résulte de la conception de la couverture et de l'implantation de la souche près d'un faîtage (photo 3) et à l'angle d'un pignon en retour (photo 4).



Photo 4 : Détail raccordement souche-couverture et faîtage. © J. Putatti

Un léger déplacement de l'implantation de cette souche en traversée de couverture aurait permis de réaliser un ouvrage de raccordement satisfaisant.

- La seconde cause résulte de l'utilisation de mortier de ciment mal dosé (trop riche en ciment) au lieu d'un mortier bâtard. C'est la cause des fissurations multiples entre éléments de raccordements (photo 5).

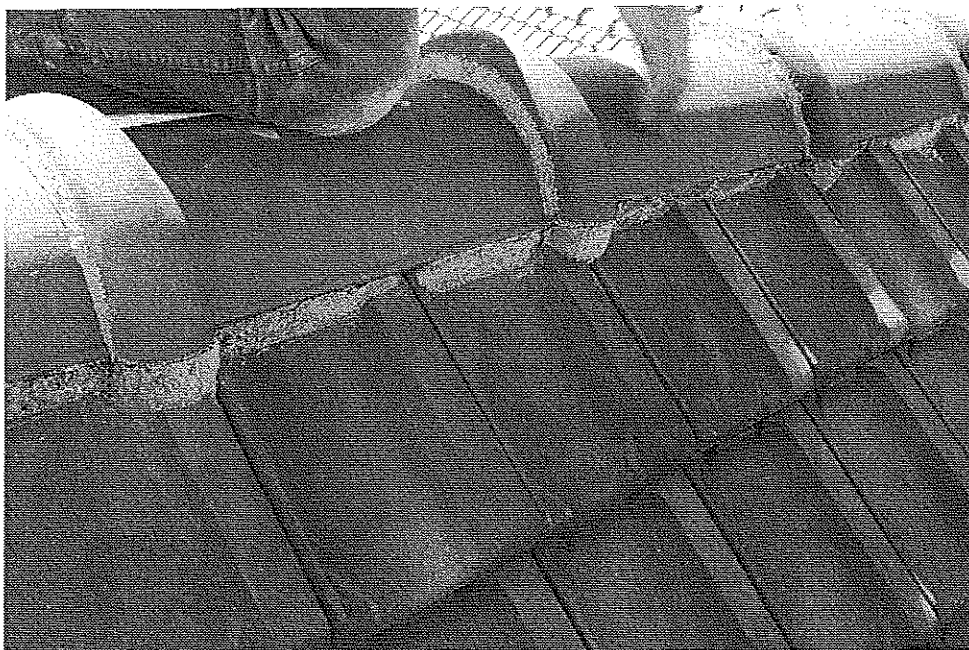


Photo 5 : Fissurations du mortier de pose entre les éléments de faîtage et les tuiles.
© J. Putatti

La troisième cause, liée à la précédente, est l'utilisation d'une technique non adaptée à une couverture présentant des difficultés aux points singuliers (liaisons par mortier). L'utilisation de bandes métalliques façonnées (technique de couvreur) aurait permis d'éviter ce désordre (photos 5 et 6).

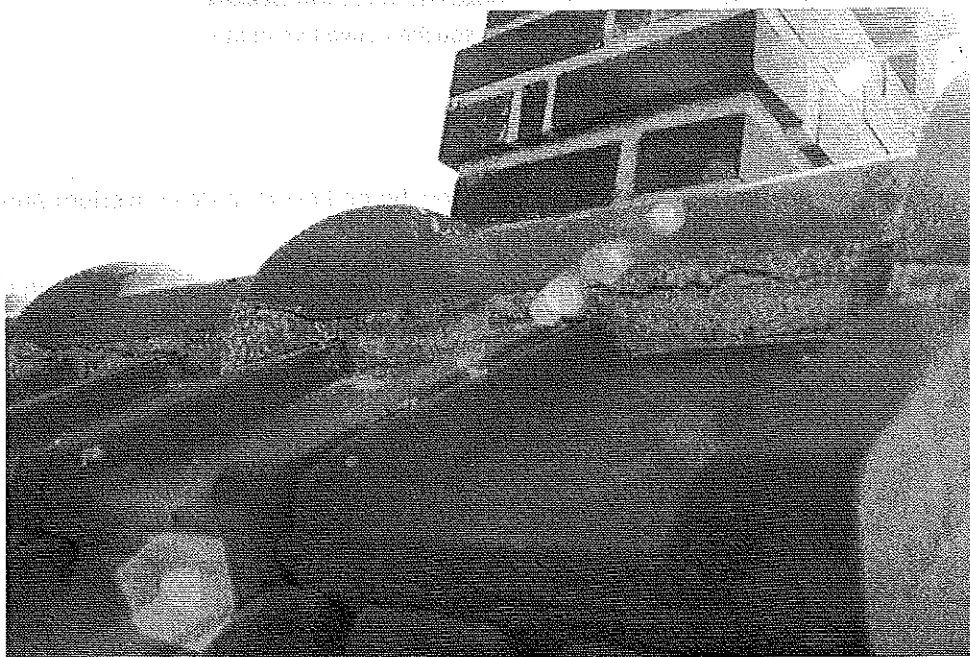


Photo 6 : Détail jonction faîtage-souche ; importance fissuration du mortier de pose.
© J. Putatti



COUVERTURES EN TUILES

Rive latérale contre mur

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 40.21 (tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement - NF P 31-201 d'octobre 1997).

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Défaut de raccordement de la rive latérale en pénétration.

- Désordre survenu en période décennale (5^e année).
- Prise en charge des réparations par police DO.

OUVRAGES AFFECTÉS

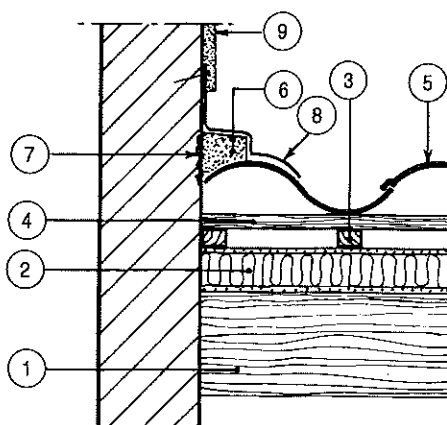
- Extérieur : solin à reprendre en totalité (sur 8 m environ).
- Intérieur : réfection partielle tentures et peintures sur plafond rampant et mur.

CAUSE PRINCIPALE

Exécution non conforme aux règles de l'art.

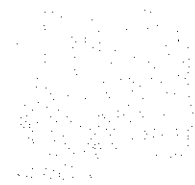
- Utilisation de bandes trop minces (10/10 mm au lieu de 15/10 mm).
- Utilisation de bandes trop longues pour des ouvrages de solin fixés sur un côté (dilatation entravée).
- Façonnage par matage réduisant l'épaisseur utile de la feuille.

PRINCIPE DE LA RÉFECTION



- | | |
|---|---|
| ① Pannelle | ⑥ Solin mortier |
| ② Panneau sandwich | ⑦ Repiquage mur |
| ③ Contre-liteau | ⑧ Bande de plomb 15/10 mm par éléments de 1 m de longueur maximum |
| ④ Liteau | ⑨ Enduit mortier repris partiellement |
| ⑤ Tuile double canal (tuiles à emboîtement) | |

PROJET DE LOI C-58



(

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

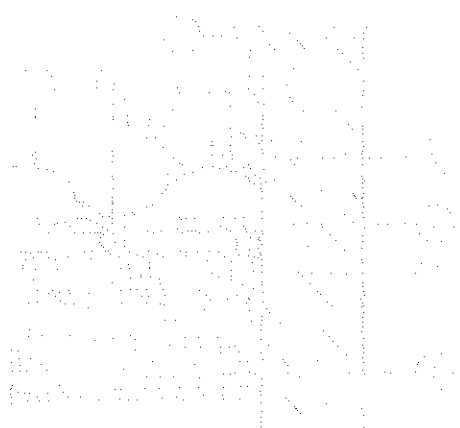
PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58

PROJET DE LOI C-58



(

PROJET DE LOI C-58



Désordre

COUVERTURES EN TUILES

Rives latérales

RAPPEL - DÉFINITION

Dans un *plan* de couverture on distingue 3 types de lignes :

- les rives (latérales, hautes ou faîtage ; basses ou égout) ;
- les intersections (faîtage, arêtier, noue) ;
- les pénétrations continues (lucarnes, lanterneaux) ou discontinues (souches, sorties de ventilation, etc.).

Chaque *ligne* correspond à un *ouvrage particulier* nécessitant des dispositions fiables de raccordement au niveau de l'étanchéité.

TYPES DE RIVES LATÉRALES (CAS DES TOITURES PLANES)

- Au point de vue de leur tracé plan, les rives sont :
 - droites (cas général), c'est-à-dire parallèles à la ligne de plus grande pente du versant ;
 - biaises ;
 - ou courbes.
- Par rapport au mur sous-jacent elles peuvent être :
 - simples, c'est-à-dire légèrement saillantes ;
 - ou débordantes (saillie de toit).
- Selon les cas de couverture elles sont réalisées :
 - par débord de la charpente ;
 - par un ouvrage métallique (bande de rive) ;
 - par des éléments spéciaux (tuiles de rive, ardoises en bardelis).

DÉSORDRES

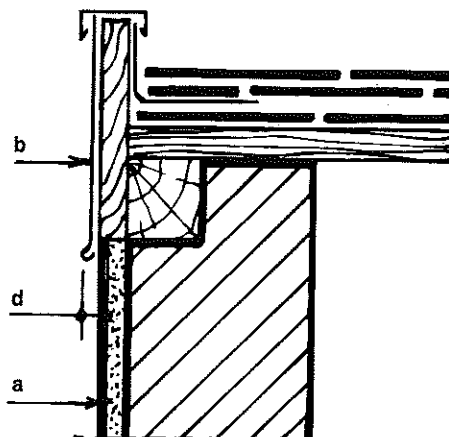
Les désordres les plus fréquents se produisent avec les couvertures en tuiles. Ils correspondent :

- à des coulures, traînées sur l'enduit du mur ;
- au mouillage du mur et à la pénétration d'eau par capillarité.

Par *défaut de raccordement* de l'ouvrage de rive (couverture) avec l'enduit du mur (maçonnerie).

Cas 1 : couverture en tuiles plates

L'enduit **a** est exécuté après coup sur le mur.
La bande de rive **b** malgré l'ourlet joue le rôle d'une mèche et facilite le mouillage du mur et les pénétrations capillaires.



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

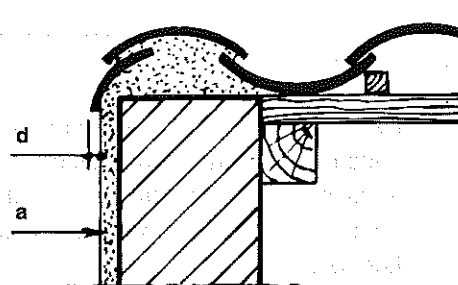
Cas 2 : couverture en tuiles « canal »

La disposition est analogue à la précédente, l'élément de rive étant une tuile ronde sans débord.

REMÈDES

1. Correctif

Refaire la rive avec un rejet d'eau efficace (goutte d'eau ou larmier).



2. Préventif

Tenir compte :

- de l'épaisseur de l'enduit si la couverture est réalisée avant l'enduit protecteur ;
- des tolérances de planéité du mur, d'épaisseur de l'enduit et de l'alignement des éléments de rive (cas des tuiles) ;
- des dispositions type DTU série 40 (en particulier « couvertures tuiles terre cuite et tuiles béton »).



COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE

Chute d'éléments

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les effets de vents violents provoquent le soulèvement, le glissement et la chute des tuiles. Quelles sont les dispositions normatives qui permettent d'éviter ce type de désordres ?

CAUSES DE CE TYPE DE DÉSORDRES

La pente d'une couverture ne doit être :

- ni trop faible, afin d'écouler les eaux collectées et d'éviter, compte tenu des liaisons entre éléments (recouvrements, géométrie ou emboîtements) les phénomènes de siphonnage ou de remontées capillaires, donc les pénétrations d'eau ;
- ni trop forte, afin d'éviter le glissement ou le soulèvement des éléments et leur chute.

DTU

Les DTU (série 40, ou normes série P. 31.2) déterminent :

- les pentes minimales des versants ;
- les pentes maximales ou les conditions particulières pour fortes pentes.

DTU 40.21 (NF P 31.202) octobre 1997

Couvertures en tuiles de terre cuite d'emboîtement ou à glissement à relief.

- Pente minimale (tuiles grand moule) : 30 % zone I avec écran, 35 % zone II sans écran (rampants ≤ 12 m en projection horizontale).

Cette pente minimale varie avec les zones climatiques et la présence ou non d'un écran :

- 75 % zone III avec écran ;
- 90 % zone III sans écran¹⁾.

- Pente maximale : il n'y a pas de limite, mais nécessité de fixer les tuiles :

- en partie courante :
 - pentes ≤ 100 % en régions 1 et 2, site exposé ; en région 3, tous sites : 1 tuile sur 5 fixée,
 - pentes comprises entre 100 % et 175 % : fixation d'1 tuile sur 5 en toutes régions et pour tous sites,
 - pentes > 175 % : fixation de toutes les tuiles ;

- par ailleurs, les tuiles de rives et d'égout sont toutes fixées dans tous les cas.

Les dispositifs de fixation des tuiles sur les supports de couverture sont :

- sur charpente bois : pointes, agrafes, pannetonnage ;
- sur charpente métallique : vis autotaraudeuses.

1) Pour plus de détails, consulter le DTU.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

DTU 40.211 (NF P 31-203) septembre 1996

Couvertures en tuiles de terre cuite à emboîtement et pureau plat.

- Pente minimale : (tuile grand moule) 40 % zone I avec écran, 45 % zone I sans écran (rampants ≤ 12 m en projection horizontale).

Cette pente minimale varie avec les zones climatiques et la présence ou non d'un écran :

- 85 % zone III avec écran ;
- 100 % zone III sans écran.

- Pente maximale : il n'y a pas de limite, mais nécessité de fixer les tuiles :

- en partie courante :
 - pentes ≤ 100 % en régions 1 et 2, site exposé, et région 3 tous sites : 1 tuile sur 5 fixée,
 - pentes comprises entre 100 % et 175 % : fixation d'1 tuile sur 5 en toutes régions et tous sites,
 - pentes > 175 % : fixation de toutes les tuiles ;
- par ailleurs, les tuiles d'égout et de rives sont toutes fixées dans tous les cas.

DTU 40.22 (NF P 31-201) avril 1990 et décembre 1996

Couverture en tuiles canal de terre cuite.

- Pente minimale : 24 % zone I site protégé, 35 % zone III site exposé. Le recouvrement des tuiles varie avec la pente et la zone d'application.

- Pente maximale : en parties courantes : les tuiles sont fixées pour des pentes comprises entre 30 et 60 %. Les tuiles de rives et d'égout sont fixées quelle que soit la pente.

Les dispositions de fixation des tuiles en fonction de l'exposition au vent de la couverture :

- ne sont pas nécessaires pour les parties courantes en régions I et II, site abrité et normal ;
- sont nécessaires en régions I et II, site exposé ; en région III tous sites, et pour les rives latérales et égout toutes régions et tous sites.

Le détail des fixations des tuiles entre elles et à leur support (scellement, crochets, collage) dépend de la nature du support (continu ou discontinu) (cf. CDT 40.22).

DTU 40.23 (NF P 31-204) septembre 1996

Couvertures en tuiles plates de terre cuite.

- Pente minimale 60 % zone I avec écran, 70 % zone I sans écran.

Cette pente minimale varie avec les régions et les sites et la présence ou non d'un écran :

- 110 % zone III avec écran ;
- 125 % zone III sans écran.

- Pente maximale : pas de limite mais nécessité de fixer les tuiles :

- en partie courante :
 - pentes ≤ 100 % en régions 1 et 2, site exposé, et région 3 tous sites : 1 tuile fixée sur 6,
 - pente comprise entre 100 % et 175 % : en régions 1 et 2, site exposé, et région 3 tous sites : 1 tuile fixée sur 6,
 - pente comprise entre 175 % et 300 % : régions 1, 2, 3, tous sites : 1 tuile fixée sur 6,
 - pente > 300 % : toutes régions, tous sites : toutes les tuiles fixées ;
- rives et égouts : tuiles fixées dans tous les cas de région et sites, sauf régions 1 et 2, site protégé et normal.



COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE

Efflorescences

1^{er} CAS

1. Efflorescences *sous* des tuiles

Constatation après achèvement de la couverture d'un bâtiment en tuiles « mécaniques » (tuiles à emboîtement) de dépôts de poudre blanche plus ou moins épais.

Les prélèvements ont montré que ces efflorescences étaient constituées de sulfate de magnésium.

2. Cause du phénomène

Le phénomène constaté ne présente aucun caractère de gravité.

Il est dû à l'excédent de sels solubles dans l'argile constituant les tuiles.

Les condensations qui se produisent en sous-face à certaines périodes font ressortir les sels solubles qui se déposent en sous-face.

Normalement, ces dépôts doivent disparaître ou s'atténuer avec le temps, lorsque tous les sels sont évacués.

L'insuffisance de ventilation des combles favorise le phénomène des condensations, donc les dépôts blanchâtres.

Le défaut concerne néanmoins la qualité des tuiles qu'il y a lieu de signaler au fabricant.

On peut éliminer la majeure partie des dépôts par brossage.

2^e CAS

Efflorescences *sur* des tuiles

Les traces sont ici plus légères et apparaissent rapidement après la pose des tuiles mais s'accroissent et se généralisent souvent à la totalité de la surface du toit.

L'inconvénient est principalement esthétique mais particulièrement désagréable, surtout si l'environnement est également réalisé en tuiles de même provenance (cas de villages ou ensembles de maisons individuelles).

L'origine du phénomène correspond à la *fabrication* de la tuile.

L'argile de base rendue très grasse, suite aux précipitations atmosphériques en carrière d'extraction, la fabrique a rajouté des matières calcaires.

L'origine des efflorescences est la même que dans le 1^{er} cas (présence de *sels solubles* et notamment de la chaux).

Le phénomène persistera tant que la totalité des sels n'aura pas été éliminée. Ces cycles de mouillage (précipitations) et de séchage renouvellent le phénomène.

Il peut également arriver que certains types d'efflorescences se produisent avec des *sels insolubles* (carbonatation de sels de chaux) qui s'éliminent très difficilement.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Les problèmes de fabrication des tuiles font intervenir la nature et la qualité des terres, le broyage et la répartition homogène des pâtes.

Le risque le plus important correspond à la présence de gros grains de chaux ou nodules (3 à 5 mm de diamètre) qui peuvent s'expanser.

Les normes actuelles et les contrôles de fabrication ont considérablement réduit ces risques qui restent néanmoins de la responsabilité du fabricant.



COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE

Infiltrations au droit d'une lucarne ¹⁾ - Défauts divers

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Une maison individuelle comporte une couverture en tuiles de terre cuite présentant sur la façade principale un versant avec deux lucarnes et un pignon (photos 1 et 2).

Différentes fuites sont signalées, dont une située près du mur latéral d'une lucarne (photo 3).



Photo 1 : Versant principal avec lucarne côté gauche et pignon côté droit. Remarquer le tracé de la noue. © J. Putatti

¹⁾ Infiltration principale.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

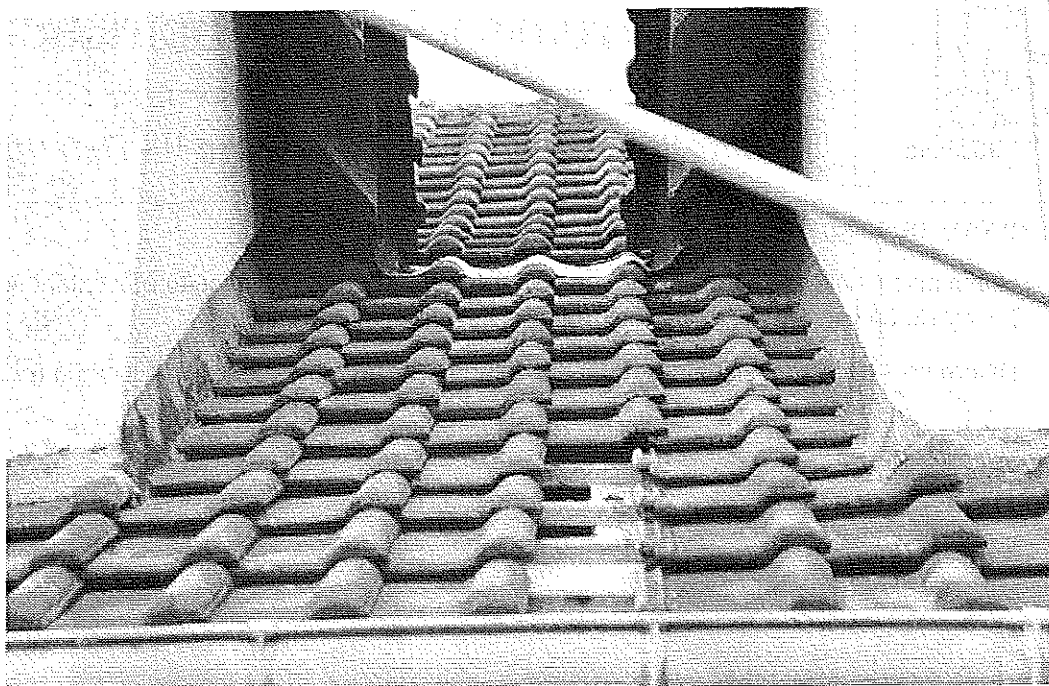


Photo 2 : Versant principal. Zone comprise entre les deux lucarnes. © J. Putatti

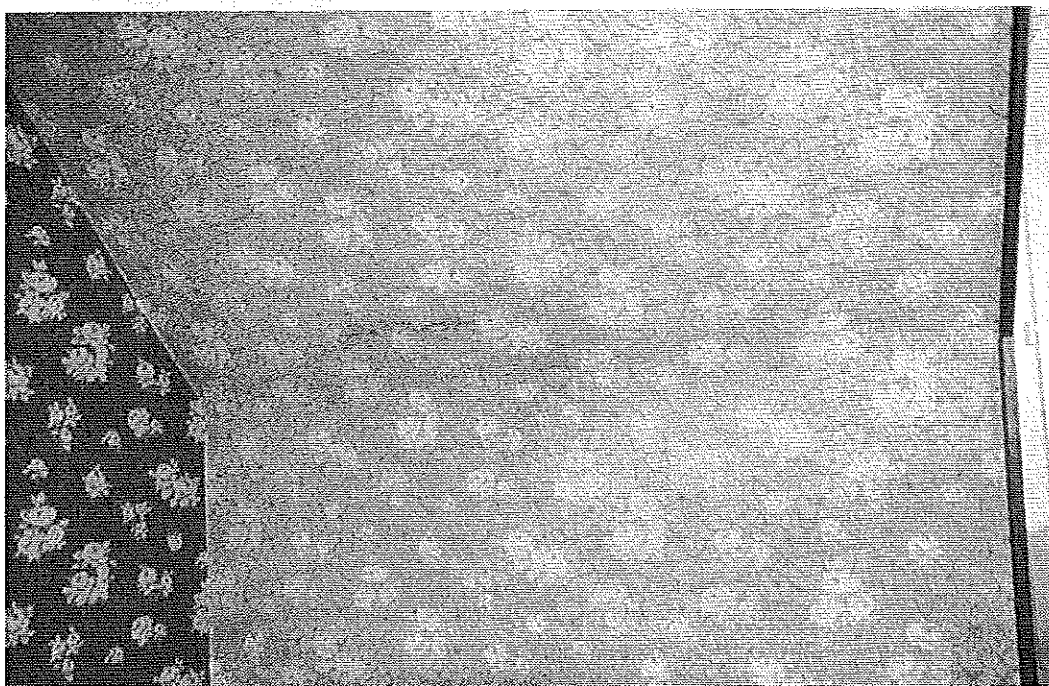


Photo 3 : Tache d'humidité au droit d'une cloison de redressement placée entre deux lucarnes consécutives. © J. Putatti

EXAMEN DÉTAILLÉ DE LA COUVERTURE

L'examen détaillé permet de constater les anomalies suivantes (photos 1 à 9) :

- tracé de noue non rectiligne entre versant principal et versant de pignon ;
- déversement de la gouttière de pignon sur le versant principal ;

- déversement des versants de lucarnes sur le versant principal (problème de raccordement) ;
- défauts d'engravure des solins de raccordement au droit des lucarnes ;
- glissement de rangs de tuiles ;
- défauts d'étanchéité (réparation par mastic) des solins.

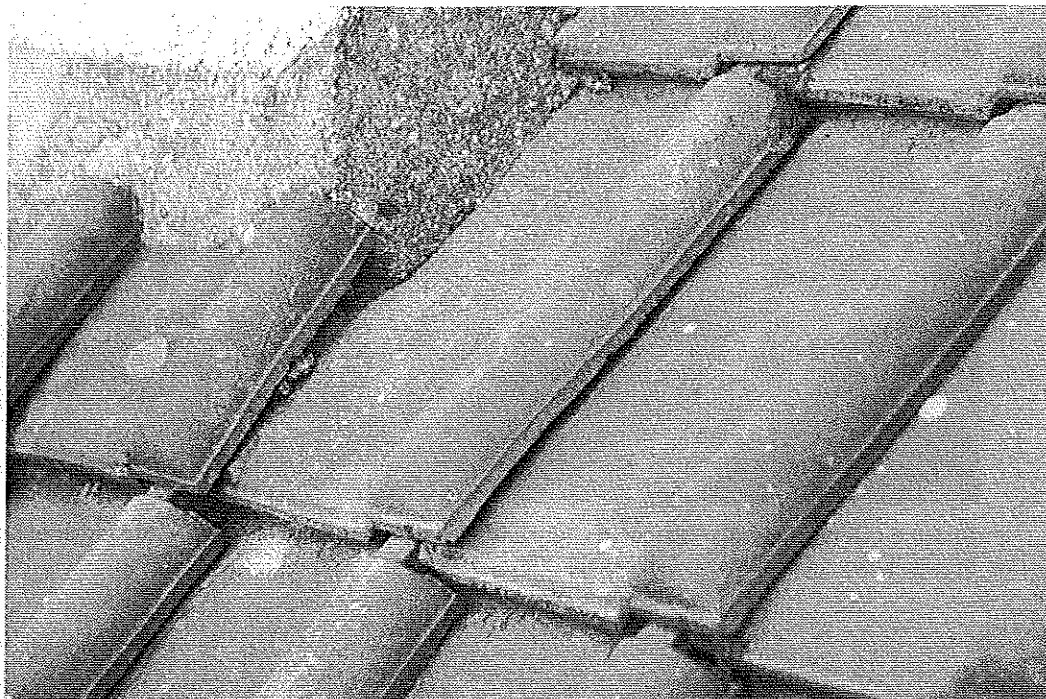


Photo 4 : Détail photo 2. Jonction tuile-solin laissant apparaître une ouverture facilitant la pénétration de l'eau. Noter le déplacement des rangs de tuiles. © J. Putatti



Photo 5 : Réalisation du solin de raccordement du bas de versant avec façade de la lucarne, défaut d'alignement, absence d'engravure, calfeutrement rapporté par mastic. © J. Putatti



Photo 6 : Détail du solin. Absence d'engravure, calfeutrement par « collage » au mortier et rajout de mastic, tuiles « bancales ». © J. Putatti



Photo 7 : Détail mortier de solin, fissure de décollement, retrait avec l'enduit du mur lucarne. © J. Putatti



Photo 8 : Déversement de gouttière directement sur le versant principal (gouttière en contre-pente du versant), développement de mousses, risques de remontées capillaires. © J. Putatti

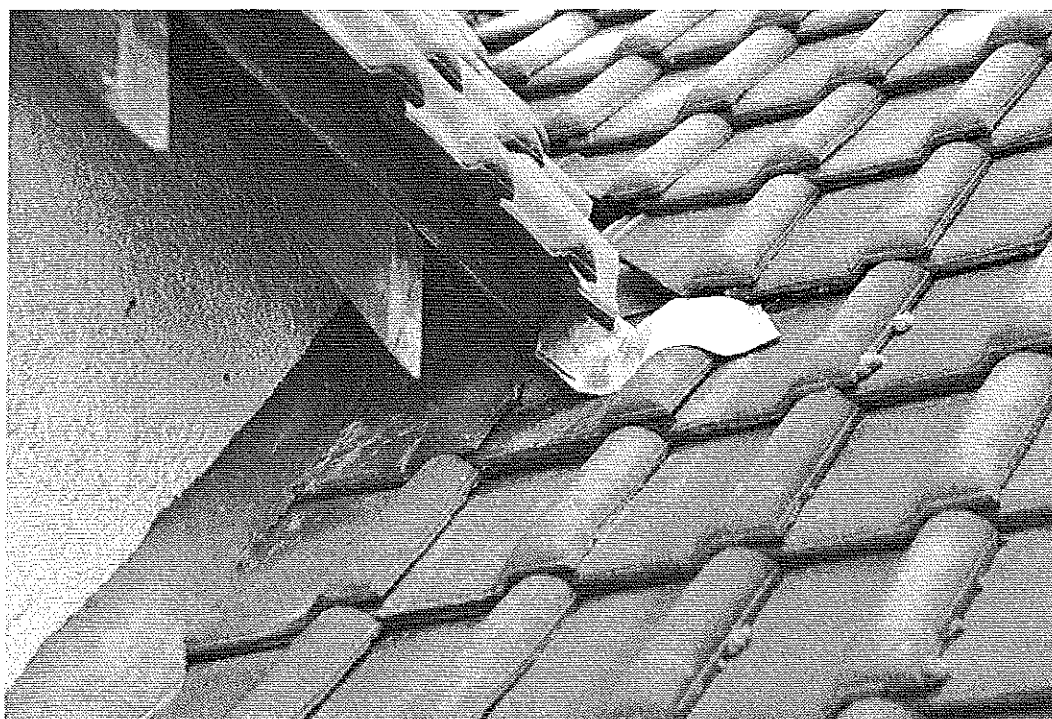


Photo 9 : Raccordement du versant de lucarne avec versant principal ne présentant pas une fiabilité suffisante vis-à-vis de l'étanchéité. © J. Putatti

PARTICULARITÉS DES RÉPARATIONS

Les défauts caractéristiques des solins non engravés ont conduit à la réfection totale de ceux-ci.

L'impossibilité pour le couvreur de retrouver des tuiles de même modèle que les tuiles existantes a conduit celui-ci à effectuer la dépose des tuiles des deux lucarnes pour les récupérer en remplacement des tuiles scellées dans les solins défectueux.

Les lucarnes dégarnies ont été refaites en couverture à l'aide de tuiles neuves vieilles d'un modèle analogue pour conserver une unité d'aspect.

Les solins et défauts signalés ont été repris dans les règles de l'art avec utilisation de bandes métalliques façonnées.

Les défauts signalés ont été repris dans les règles de l'art avec utilisation de bandes métalliques façonnées.



Les défauts signalés ont été repris dans les règles de l'art avec utilisation de bandes métalliques façonnées.



COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE

Réfection d'une toiture ¹⁾

DESCRIPTION DES DISPOSITIONS

Lors de la réfection complète d'une couverture à deux versants symétriques constituée initialement de tuiles de terre cuite à emboîtement et à glissement de modèle « grand moule », les dispositions suivantes ont été adoptées :

- Dépose complète de la couverture existante des tuiles « grand moule », pente 40 % (cf. DTU 40.21, norme NF P 31-202 de septembre 2001 - Travaux de bâtiment - Couvertures en tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales). Conformité aux règles (zone 1, site normal)²⁾.
- Dépose du litzonnage et conservation du chevonnage.
- Choix d'un modèle « petit moule » sur les « conseils » d'un représentant du fabricant.

L'examen de la fiche documentaire du modèle préconisé et choisi mentionnait :

- Tuile : 20 par m² (c'est-à-dire petit moule).
- Pente pour zone 1, site normal :
 - 1^{re} notice : 0,50 soit 50 % (conforme au DTU) ;
 - 2^e notice : 0,60 soit 60 % (rectification).
- Mention importante : **Pose impérative à joint croisés.**

Les constatations effectuées lors de l'expertise correspondent à des dispositions différentes :

- la pente n'a pas été modifiée (40 %), donc insuffisante pour la tuile ;
- la pose n'a pas respecté la mention (pose à joints alignés : cf. photo 1).



Photo 1 : Vue d'ensemble de la couverture. © J. Putatti

1) Cas d'expertise judiciaire.

2) Le DTU en vigueur au moment des travaux correspondait à l'édition de juin 1979.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

LES DÉSORDRES

Fuites nombreuses, notamment sur le versant exposé aux vents de pluie.

D'autre part, le propriétaire voulant améliorer l'isolation du comble (non habité) avait disposé un isolant type laine minérale directement cloué sur les chevrons.

L'absence de ventilation interne du toit est probablement à l'origine de condensations venant s'ajouter aux fuites entre éléments.

RESPONSABILITÉS

En premier lieu, le représentant du fabricant de tuiles qui a préconisé un modèle inadapté. Le choix d'un modèle « grand moule » eut été préférable.

En second lieu, et au même niveau, le couvreur qui n'a pas posé conformément aux indications du fabricant et qui aurait dû connaître les prescriptions (notamment relative à la pente) du fabricant.

D'autre part, il aurait dû déposer l'isolation en sous-face de versant et la remplacer par celle du comble-grenier (isolation sur plancher).



COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE

Rive d'égout - Utilisation de tuiles à emboîtement

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le désordre constaté (cf. photo 1) correspond à une altération de la poutre support en bois de la rive d'égout.

Le débord insuffisant des tuiles (type à emboîtement type Méridionale) provoque le mouillage de la partie basse de la poutre support et son altération (début de pourriture).

Ce débord est de l'ordre de quelques centimètres et ne permet pas de canaliser et d'évacuer correctement les eaux en provenance du versant.

Seule la partie haute de la poutre est protégée et intacte.

Le rabattement par le vent et la capillarité de l'eau des canaux s'effectue par une trajectoire courbe vers le bas de la poutre (cf. Fig. 1 et Fiche Solution).

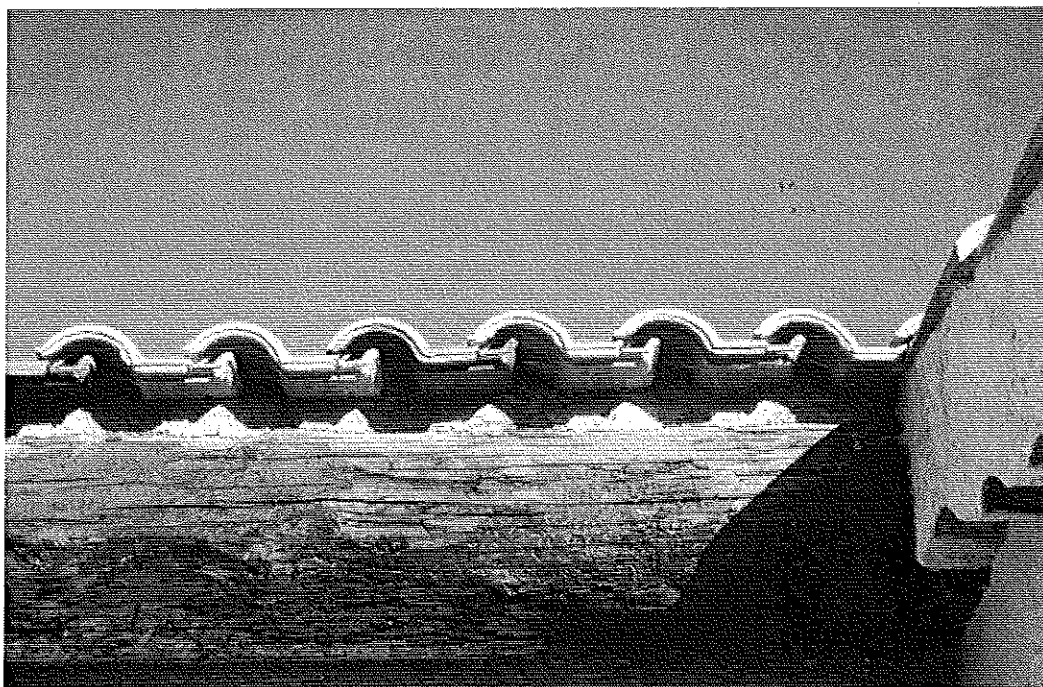


Photo 1 : Débord insuffisant des tuiles de rive d'égout. Altération de la poutre en bois. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

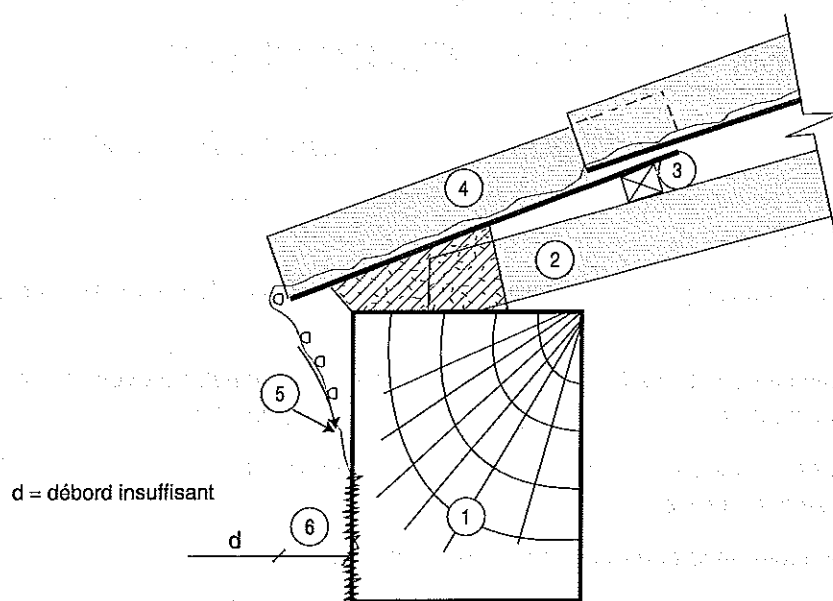
QR

ST

UV

WX

YZ



- ① Poutre sablière
- ② Chevron
- ③ Liteau

- ④ Tuile à emboîtement
- ⑤ Trajectoire eau
- ⑥ Zone altérée du bois

Fig. 1 : Coupe sur rive d'égout.

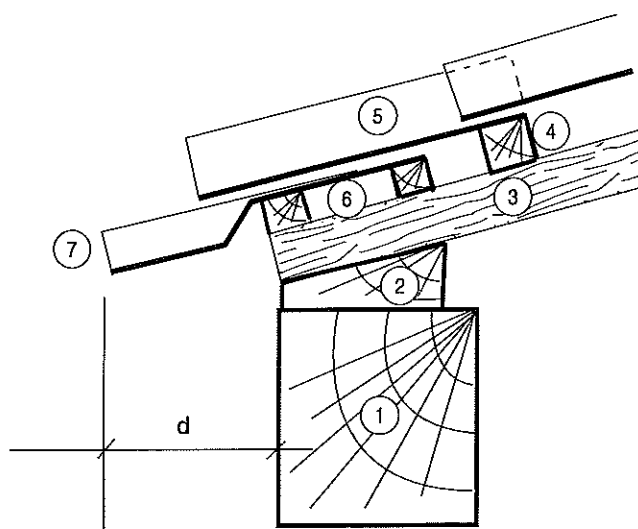


COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE

Rive d'égout - Utilisation de tuiles à emboîtement ¹⁾

Le désordre signalé par la fiche désordre peut être traité :

- préventivement par un *calepinage* prévu lors de la pose des tuiles et de leur support. Ce calepinage consiste à diviser la longueur du rampant de couverture en un nombre entier correspondant aux longueurs utiles (pureau) des tuiles et en tenant compte des dispositions de liaison en faîtière (simple versant ou double versant avec tuile faîtière) et en rive d'égout (débord de toit) par prolongement des chevrons et mise en place d'une gouttière éventuelle ²⁾ ;
- correctivement :
 - soit en modifiant la rive d'égout pour créer un débord de toit suffisant. Cette disposition nécessite la prolongation des chevrons, donc un remaniement de l'avant-toit ;
 - soit en utilisant des tuiles sablières sous réserve que ces éléments soient fabriqués avec le modèle de tuile (méridionale) utilisée afin de réaliser des emboîtements corrects (cf. Fig. 1).



- | | |
|--------------------------|--------------------|
| ① Poutre de rive d'égout | ⑤ Tuile courante |
| ② Sablière | ⑥ Liteaux spéciaux |
| ③ Chevron | ⑦ Tuile sablière |
| ④ Liteau courant | |

Fig. 1 : Coupe sur rive d'égout.

Cette conception permet d'évacuer les eaux ruisselant sur le versant uniquement par les tuiles sablières avec un débord suffisant.

1) Cf. Fiche Désordre.

2) Certaines DDE délivrant les permis de construire n'admettent pas les gouttières, notamment avec les couvertures en tuiles canal (pour des raisons esthétiques).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le toit est constitué de deux versants de 15° et 25°.

Le versant de 15° est couvert de tuiles à emboîtement.

Le versant de 25° est couvert de tuiles à emboîtement.

Le versant de 15° est couvert de tuiles à emboîtement.



Le versant de 15° est couvert de tuiles à emboîtement.

Le versant de 15° est couvert de tuiles à emboîtement.

Le versant de 15° est couvert de tuiles à emboîtement.



COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE

Rive latérale contre mur

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le désordre constaté correspond à des *infiltrations* résultant de la fissuration des bandes métalliques (plomb) assurant la liaison d'étanchéité avec la rive latérale.

CONSTATATIONS (cf. photos 1 à 4)

La rive latérale contre mur est droite.

Elle est réalisée en bandes de plomb trop minces (10/10 mm) et de trop grandes longueurs (de l'ordre de 2 m).

Les éléments sont engravés dans l'épaisseur de l'enduit.



Photo 1 : Vue d'ensemble de la rive latérale. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

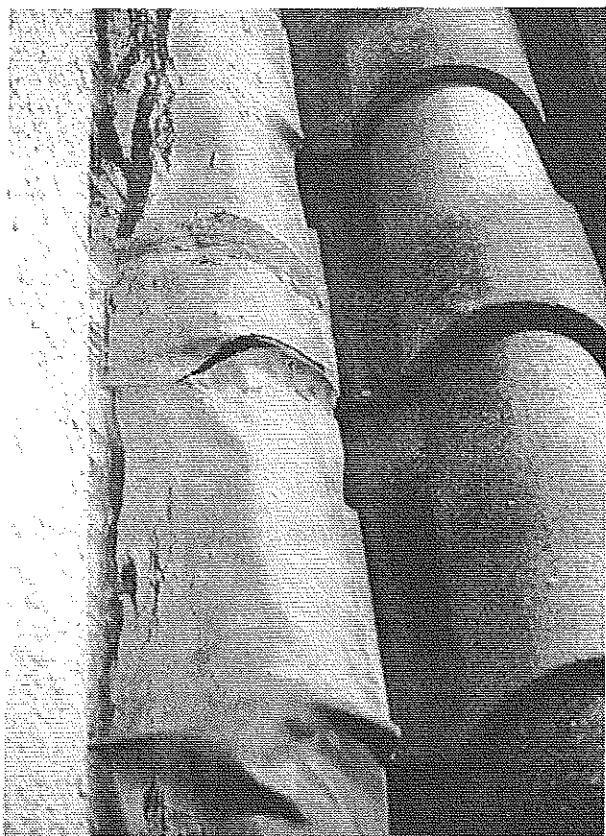


Photo 2 : Détail bande de plomb fissurée. © J. Putatti



Photo 3 : Détail amorce de fissure au droit d'un pli, décollement d'une liaison. © J. Putatti



Photo 4 : Détail de la feuille de plomb déformée au droit des recouvrements de tuile. © J. Putatti

Une cause concomitante du désordre correspond au façonnage des bandes de plomb trop minces, au droit des recouvrements de tuile. Les déformations, en affaiblissant les bandes (écrouissage), les rendent plus vulnérables aux sollicitations thermiques (dilatations-retraits).

Les travaux de réparation des toitures en tuiles de terre cuite sont effectués en plusieurs étapes. Tout d'abord, il faut identifier les zones endommagées et les remplacer par des tuiles neuves. Ensuite, il faut vérifier l'état des ardoises et les remplacer si nécessaire. Enfin, il faut vérifier l'état des gouttières et les nettoyer si nécessaire.



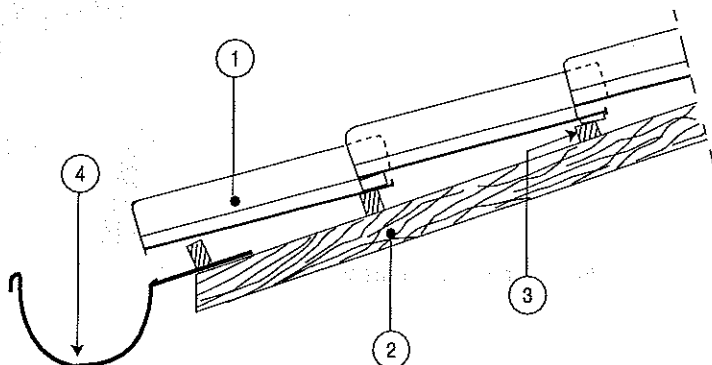
Désordre

COUVERTURES EN TUILES DE TERRE CUITE À EMBOÎTEMENT

Défauts d'écoulement dans la gouttière

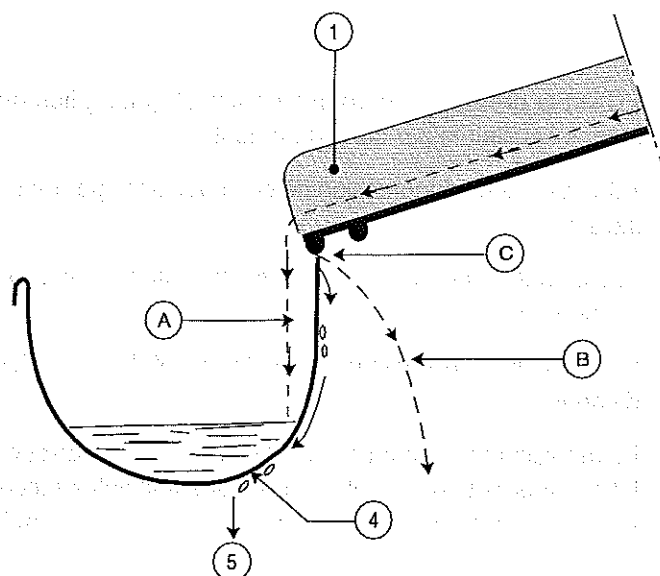
DESCRIPTION DU DÉSORDRE

La rive d'égout d'une avancée de toit se déverse dans une gouttière en PVC. Les tuiles sont du type à emboîtement et dans les conditions normales de pluie faible, les canaux des tuiles se déversent verticalement dans la gouttière (voir figure).



- ① Tuile courante à emboîtement
- ② Chevron
- ③ Linteau
- ④ Gouttière
- ⑤ Gouttes en débord extérieur gouttière
- Ⓐ Trajectoire en débit faible
- Ⓑ Déviation de la trajectoire verticale par fort débit par suite de capillarité autour de la nervure d'emboîtement
- Ⓒ Origine de la déviation (emboîtement)

(Pour la clarté du dessin, les fixations de gouttières ne sont pas représentées.)



Détail gouttière

Disposition d'ensemble.

Dans le cas de fort débit (pluie d'orage), une partie de l'eau collectée tombe dans la gouttière, mais les phénomènes capillaires interviennent grâce aux bourrelets d'emboîtement qui deviennent la trajectoire des gouttes. L'eau tombe en dehors de la gouttière, rendant celle-ci pratiquement inefficace.

La photo suivante illustre bien le phénomène : la trajectoire des gouttes s'incurve vers l'intérieur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

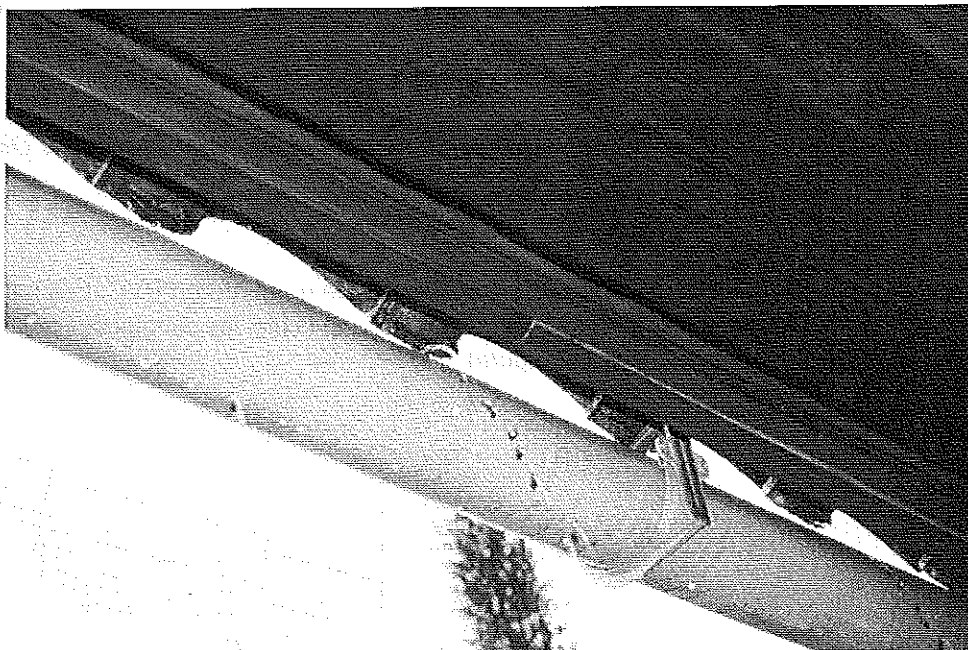


Illustration du phénomène en cours. © J. Putatti

Les effets de capillarité jouent également par le contour semi-circulaire de la gouttière en formant une série de gouttes sur la génératrice inférieure de celle-ci.

CAUSES

- C'est la présence du double bourrelet qui, au lieu de faire « goutte d'eau », facilite les phénomènes capillaires par contournement.
- Des essais de suppression de ces bourrelets par meulage « après coup » ont donné partiellement satisfaction.
- La gouttière, par son mode de fixation, se trouve trop à l'extérieur de la rive et ne peut empêcher le phénomène.
- À l'époque de la construction, le fabricant de tuiles n'avait pas conçu de tuiles spéciales pour rives d'égout.

Le rattrapage ultérieur paraît difficile du fait de l'arrêt des supports au droit du dernier liteau-chanlatte. Il faudrait pouvoir placer les tuiles spéciales raccordées au dernier rang de tuiles à l'égout en rallongeant les chevrons et en disposant un nouveau liteau pour l'appui de la nouvelle tuile.



COUVERTURES EN ZINC

Corrosion en sous-face

PROBLÈME

Constatations sur une toiture en zinc par feuilles façonnées de petits trous localisés avec, en sous-face de la feuille de zinc, des dépôts blanchâtres qui s'éliminent par simple grattage.

CAUSE

Il s'agit effectivement d'une corrosion mais qui concerne la sous-face de la feuille et non la surface normalement en contact avec l'ambiance extérieure, c'est-à-dire avec des atmosphères agressives (fumées industrielles).

La formation blanchâtre est un hydroxycarbonate de zinc dont l'origine est à rechercher :

- au niveau du support : matériau susceptible de former avec l'eau une solution agressive ;
- dans la formation : condensations en sous-face de feuilles.

REMÈDES

- Il faut se référer au texte DTU 40.41 (juin 1987).
- Supports en bois massif (art. 2-61) :
 - « les supports en bois massif des couvertures en zinc sont réalisés en sapin, épicéa, pin sylvestre ou peuplier » ;
 - « sont interdits : le chêne, le châtaignier, le red cedar, le douglas, le bouleau, le mélèze ».
- Supports en panneaux dérivés du bois (art. 2-64) : « l'emploi de panneaux de particules et de contre-plaqué, ou de panneaux composites avec isolation thermique intégrée en support direct de couverture, relève de la procédure d'Avis technique ».

COMMENTAIRES

Les avis techniques apprécient en particulier la compatibilité entre le support et la couverture zinc. En effet, le collage de certains panneaux peut comporter des colles de caractéristiques acides incompatibles pour cette utilisation.

D'autre part, la condensation en sous-face est évitée avec la ventilation des combles et du support bois en sous-face.

Les dispositions correspondantes figurent au chapitre 3-5 du DTU.

On distingue :

- les couvertures sur comble perdu : section totale de ventilation $\geq 1/5000$ de la surface projetée de la couverture ventilation assurée par :
 - entrée d'air en partie basse et sortie d'air en partie haute de la couverture, section totale répartie par moitié en partie haute et partie basse,
 - ouvertures en pignons (à condition qu'ils ne soient pas trop éloignés : ≤ 12 m) ;
- les couvertures avec isolation thermique sous rampant : section totale de ventilation $\geq 1/3000$ de la surface répartie par moitié en partie basse et en partie haute.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Un espace sera réservé entre le support de couverture et l'isolant pour permettre le libre passage de l'air :

- épaisseur 0,04 m pour rampants ≤ 12 m ;
- épaisseur 0,06 m pour rampants > 12 m.

Il y a lieu d'éviter l'interposition de feutres bitumés entre le support bois et le zinc car ces éléments retiennent l'humidité et facilitent les attaques.



Question/Réponse

COUVERTURES EN ZINC

Support en bois

QUESTION

Peut-on utiliser des panneaux dérivés du bois (panneaux de contre-plaqués CTB-X, panneaux de particules CTB-H) pour réaliser un support de couverture en zinc (feuilles façonnées) ?

RÉPONSE

La référence normative est le DTU 40.41.

Le zinc est un métal sensible aux agressions chimiques (attaques par les acides ou les bases).

Au contact d'autres métaux et en présence d'humidité, il se forme des couples galvaniques (ou électrochimiques) qui correspondent à des effets « piles » dont le zinc constitue le pôle négatif et qui, de ce fait, s'accompagne d'une destruction lente par transfert d'ions. Certains bois acides sont proscrits ($\text{pH} < 5$) :

- chêne ;
- châtaignier ;
- red cedar ;
- mélèze ou bouleau.

Le DTU 41-41 mentionne les types de bois massifs utilisables (peuplier, résineux, etc.).

Pour les panneaux dérivés du bois, les caractéristiques des colles employées pour leur fabrication interviennent. Certains produits volatils peuvent provoquer des attaques du zinc.

L'utilisation de ce type de support pour les couvertures en zinc façonné, dont certains panneaux sandwichs à l'isolation intégrée relève de la procédure d'ATec (avis technique) :

- aucun panneau de contre-plaqué CTB-X n'est admis pour cette utilisation ;
- un seul type de panneau de particules CTB-H est admis.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



COUVERTURES EN ZINC À TASSEAUX

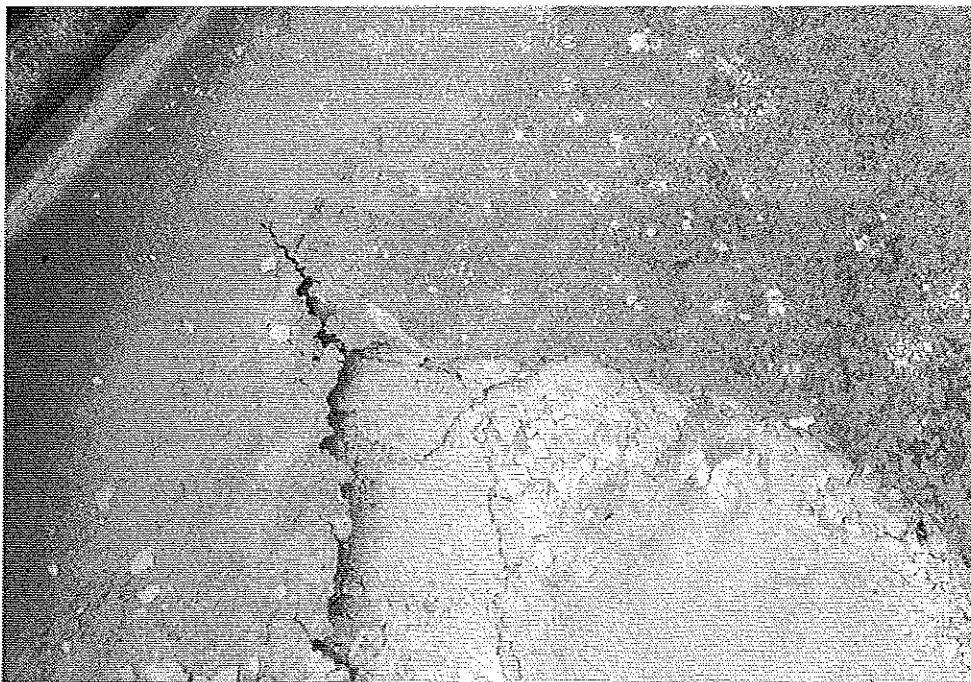
Corrosion de la feuille de zinc

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Une petite couverture à deux versants symétriques réalisée en feuilles de zinc façonnées, dite « à tasseaux » dont un versant exposition Ouest-Sud-Ouest avait été endommagé par la tempête du 26 décembre 1999, a été refaite en mars 2000.

Très rapidement, en août 2000, un phénomène de corrosion de la feuille de zinc (zones des plages) a provoqué la destruction complète de celle-ci sous forme de surfaces de formes diverses (cf. photos de plusieurs décimètres carrés de section).

Par voie de conséquence, la couverture devint fuyarde. À noter que seul le versant exposé a été atteint par ce sinistre. Certaines attaques sont de type linéaire (perpendiculaires aux lignes de tasseaux).



Destruction par le dessous de la feuille. Formation d'un oxyde de zinc pulvérulent (de couleur blanche). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

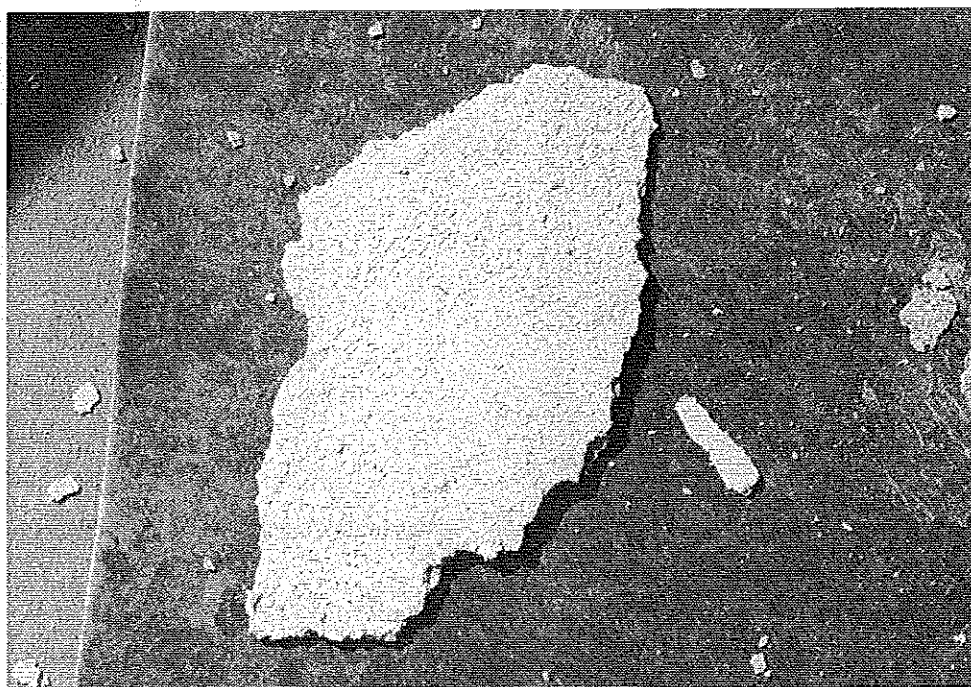
UV

WX

YZ



Après dépose de la feuille détruite par corrosion, découverte du support (panneau de particules) et accumulation d'oxyde de zinc. Présence d'une bande de pontage du joint entre panneaux. © J. Putatti



Oxyde de zinc aggloméré en plaque dégagé du dessous de la feuille corrodée. © J. Putatti



Joint transversal de panneau. Oxyde de zinc apparent entre feuille de zinc et support.
© J. Putatti

CAUSES

Deux hypothèses ont été émises au départ de l'expertise (amiable) concernant :

- la qualité du zinc (défaut de fabrication) ;
- l'attaque par réaction du support.

• La première hypothèse a été éliminée après analyse effectuée par le fabricant qui a examiné la couverture et fait des prélèvements des zones non attaquées.

Les conclusions ont été les suivantes :

« La composition du zinc analysé s'avère tout à fait conforme aux exigences de fabrication et respecte la norme EN 988 des spécifications pour produits laminés plats pour le bâtiment...

Les produits de corrosion également analysés (poudre blanche) contiennent un pourcentage significatif de CO_2 (près de 2 %), hormis le zinc. La présence de dioxyde de zinc est révélatrice d'une hydroxydation du zinc...

Le zinc a réagi avec l'oxygène en présence d'eau pour former l'hydroxyde de zinc...

La corrosion s'étant manifestée en sous-face se trouvait donc entre le zinc et son support (panneau), ce qui a provoqué le phénomène...

Une pose sur support mouillé semble l'hypothèse la plus évidente. »

- La seconde hypothèse correspond à la présence d'eau en sous-face du zinc.

L'approfondissement de cette cause auprès de l'entreprise de pose a été confirmée. Lors de la tempête de décembre 1999, l'eau de pluie a abondamment mouillé le panneau support du fait de la découverte du toit, et de sa faible pente malgré un bâchage établi rapidement mais en période d'hiver (condensations ultérieures). L'installation d'une couverture nouvelle sur un support apparemment sec

(mais encore humide à cœur) et le tirage thermique qui s'en est suivi ont fait remonter l'eau incluse sous la feuille, ce qui a entraîné les attaques et jusque dans certaines zones, la destruction complète de la couverture.

Une mise au point effectuée dans le cadre de cette expertise avec le CTBA a permis de déterminer une autre cause qui a provoqué des désordres similaires du fait du collage des panneaux de particules (nature des colles) lors de leur fabrication. Ces panneaux fabriqués à l'époque de l'installation de la première couverture ont été abandonnés désormais.

En tout état de cause, la référence aux règles de l'art (en l'occurrence le DTU.40.41) montre que l'utilisation de supports continus tels que panneaux dérivés du bois n'est pas autorisée.

Seul le voligeage jointif (qui en fait réserve des jeux de quelques millimètres entre voliges) permet une ventilation de la sous-face de la couverture en réduisant les risques de condensation.

RÉSOLUTION DU LITIGE

Compte tenu de la faible importance des coûts de réparation et des responsabilités encourues :

- le fabricant de feuilles a fait un geste commercial pour la fourniture de nouveaux matériaux ;
- le couvreur a reconstitué un support conforme aux règles DTU (voligeage jointif).



COUVERTURES EN ZINC À TASSEAUX

Défauts d'entretien - Vieillessement d'ouvrage

POSITION DU PROBLÈME

Cas concret d'un immeuble parisien.

Pour un immeuble ancien, le syndic de la copropriété se préoccupe de l'entretien périodique des ouvrages et plus particulièrement de ceux assurant le clos et le couvert.

Il demande à un expert spécialisé un diagnostic sur les travaux à réaliser (simple entretien, réparation ou réfection complète).

L'immeuble date du début du XX^e siècle et la couverture a probablement plus de 50 ans d'âge. Quelques travaux partiels tels que réfection de solins (souches, reliefs, raccords) semblent plus récents.

L'ensemble est vétuste et présente de gros risques de pénétrations d'eau comme le montre l'enquête-diagnostic suivante.

La toiture comporte un comble « à la Mansart » avec un brisis en ardoises et des versants ou terrassons en zinc, couverture à tasseaux, deux versants à pentes égales sauf sur une zone en retrait d'étage côté façade cour.

EXAMEN DE DÉTAIL

Ce diagnostic type est extrapolable à différents immeubles de même type datant de la même époque.

1. Zone de brisis (façade rue - façade cour)

Ouvrages réalisés en ardoises et comportant des lucarnes saillantes avec terrassons. Les parties apparentes en bois ne sont pas protégées (photos 1 et 2).

Les habillages et raccords zinc sont à revoir et à changer après vérification de leur état.

Vérifier la solidité du garde-corps. Reprendre l'habillage et l'étanchéité d'un châssis qui développe une corrosion gênante. Le seuil de fenêtre de lucarne est à reprendre en fonction de l'état des bois supports.

La gouttière sur entablement est à reprendre avec les ouvrages du brisis et en raccordement avec celui-ci, les soudures sur zinc vieilli posant des problèmes.

Les solins avec souche mitoyenne sont à reprendre avec l'enduit plâtre actuellement fissuré.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

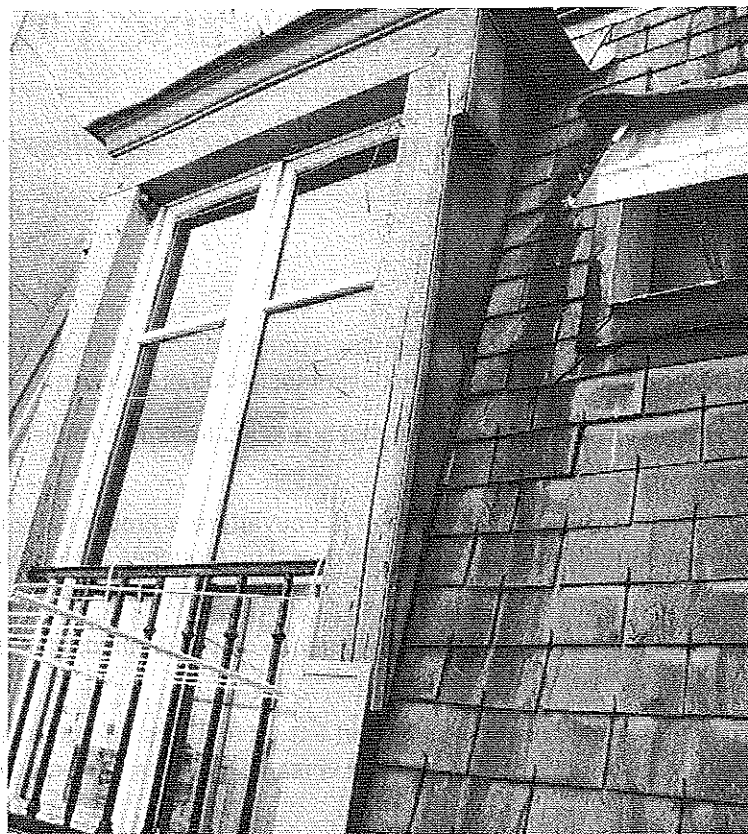


Photo 1 : Brisis sur façade cour avec lucarne saillante à terrasson.
© J. Putatti

Remarques photo 1

La façade de la lucarne est en bois apparent non protégé (sauf parties basses). La fenêtre d'un local W-C d'étage comporte un encadrement avec châssis développant une corrosion gênante pour les ardoises (ouvrage à reprendre).

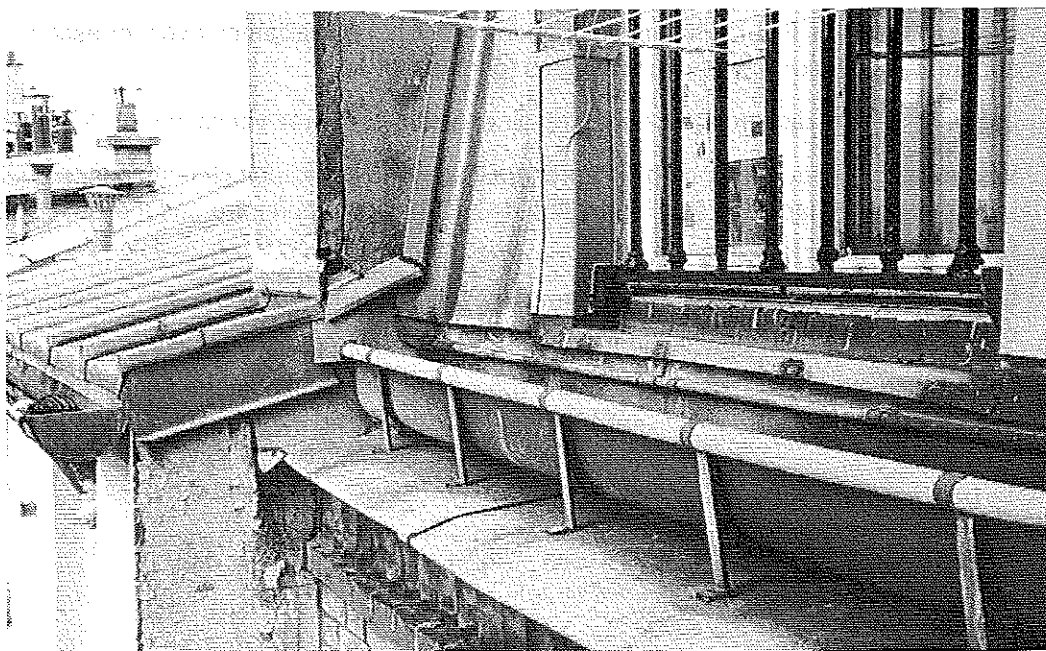


Photo 2 : Base de lucarne. Gouttière sur entablement. © J. Putatti

2. Zone de toiture contre mitoyen sud (photos 3 à 5)

- Le mur pignon est en très mauvais état (enduit plâtre fissuré) (photo 3).
- L'arêtier (photo 4) présente des défauts de raccordement avec les tasseaux (couvre-joint).
- Une souche adossée comporte un petit bassin à l'arrière limité par le faîtage (fuites probables) (photo 5).
- Le versant arrière plus penté que celui côté rue est limité par un garde-corps non protégé qui a développé une corrosion avec des taches de rouille sur la partie basse.
- Les couvre-joints sur tasseaux sont en mauvais état ainsi que leurs fixations.
- Les solins contre le mitoyen et la souche sont à reprendre après réfection des enduits.



L e
zinc
pré-

Photo 3 : Pignon contre mitoyen sud. Raccord faîtage deux versants cour/rue et arêtier côté cour.
© J. Putatti

sente un vieillissement de surface (piqûres).

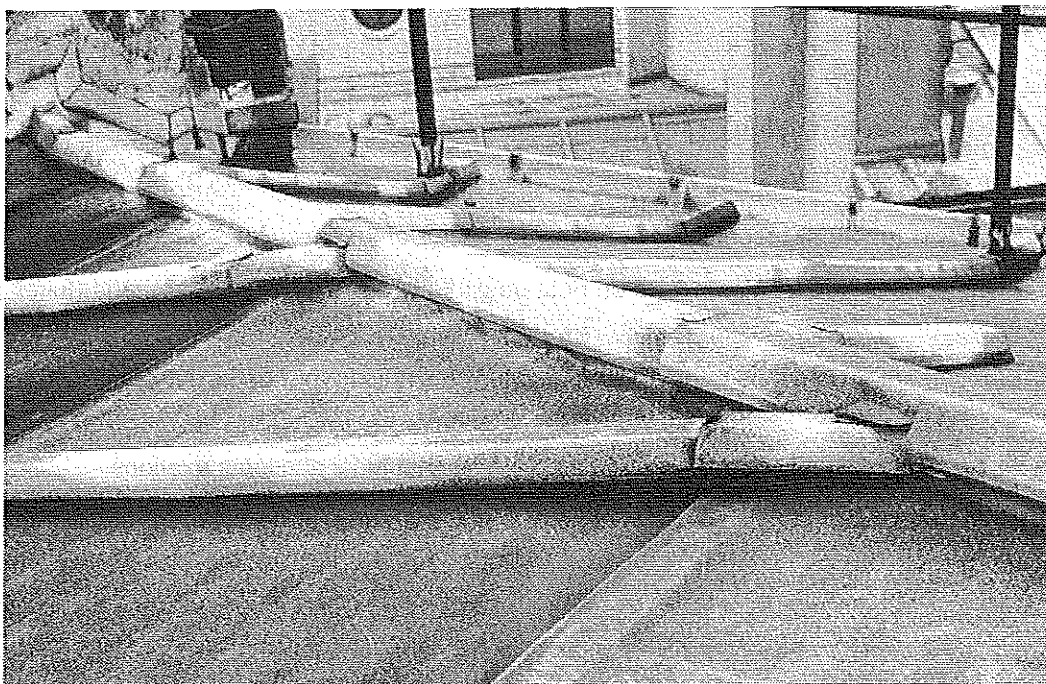


Photo 4 : Détail arêtier. © J. Putatti



Photo 5 : Détail pignon contre mitoyen sud. Présence d'une souche et d'une zone arrière de souche sans besace. © J. Putatti

3. Zone de toiture vers mitoyen nord (photos 6 à 13)

- Les couvre-joints de tasseaux courants et de faîtage sont en très mauvais état ainsi que leurs fixations et raccords (photos 6 et 7).
- La souche (photo 8) sur versant cour présente une zone de besace traitée en bassin séparé en deux parties (étanchéité douteuse).
- Les raccords des couvre-joints de tasseaux avec la faîtière ne peuvent assurer une étanchéité satisfaisante (photo 9).
- Le mur mitoyen (photo 10) est en très mauvais état côté rue.
- Le zinc des parties courantes présente de nombreux plis et ondulations (photo 11) correspondant au voligeage.
- La souche sur versant cour est en mauvais état (photos 12 et 13).



Photo 6 : Vue versant opposé sur rue (côté nord).

À noter :

- les ondulations des feuilles de zinc ;
- l'ouverture des couvre-joints de tasseaux et leur étanchéité (relative) ;
- l'état de surface du zinc. © J. Putatti



Photo 7 : Détail versant sur rue. Noter le soulèvement des couvre-joints de tasseaux (étanchéité ?) courants et ceux du faîtage et leur raccordement. © J. Putatti



Photo 8 : Versant opposé sur cour avec souche importante (mitoyen nord). Noter le dispositif d'évacuation des EP à l'arrière de la souche. © J. Putatti

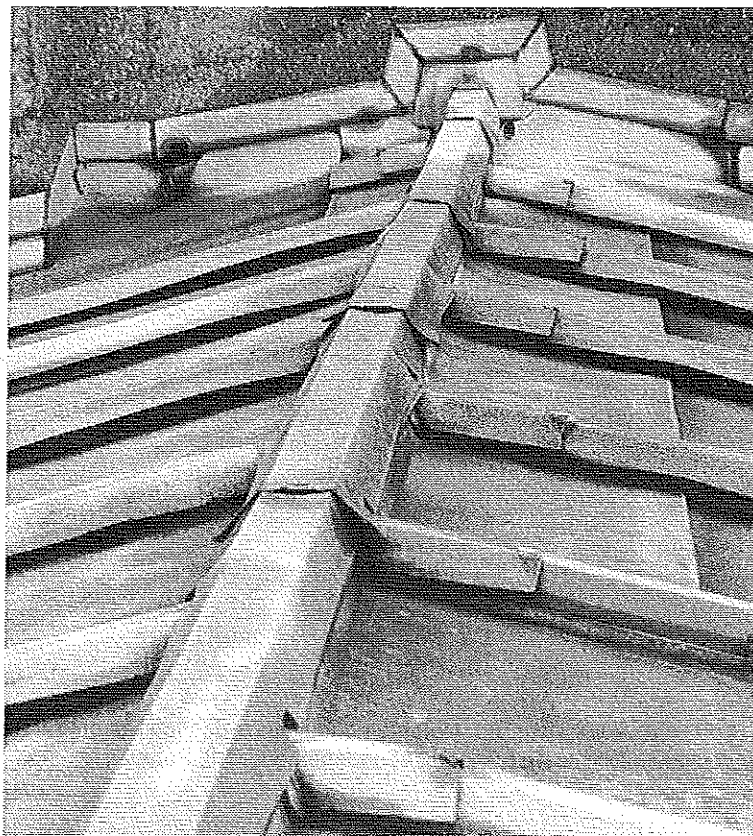


Photo 9 : Détail about faîtage contre mitoyen nord.

À noter :

- l'état des couvre-joints de tasseaux et de faîtage ;
- les jonctions de ces éléments ;
- l'étanchéité du solin contre mur mitoyen (fissures et taches d'humidité).

© J. Putatti



Photo 10 : Détail versant sur rue, partie basse. Raccord avec mitoyen. Mur en très mauvais état, absence d'enduit (défaut d'étanchéité), trace de rouille en provenance du garde-corps en rive basse.

© J. Putatti

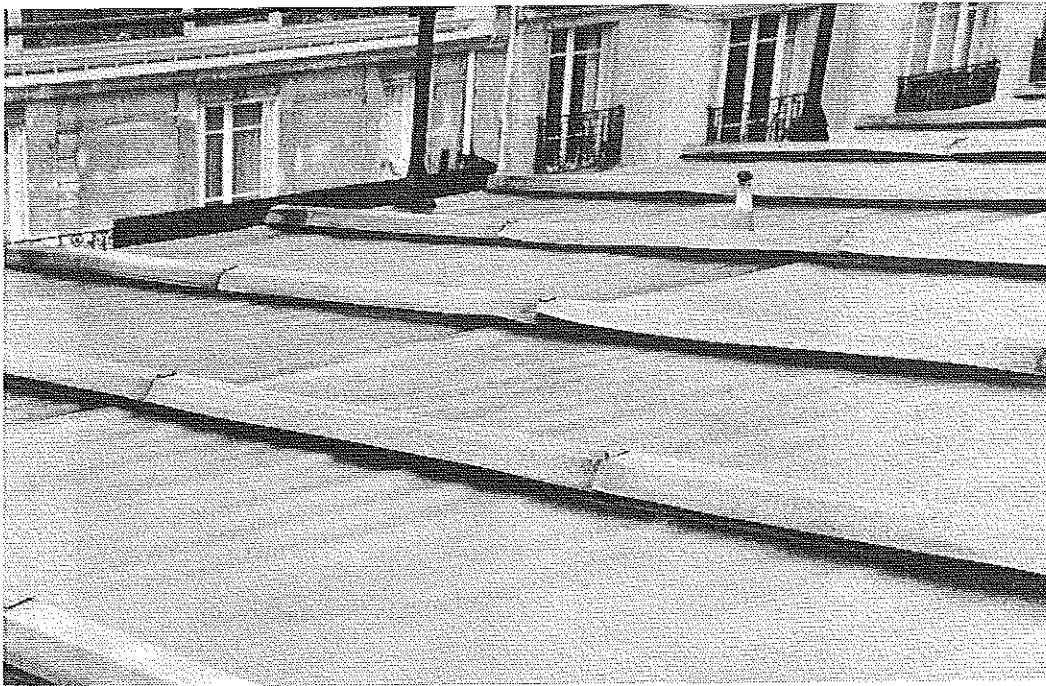


Photo 11 : Détail versant sur rue. Noter les ondulations des feuilles courantes de zinc et les déformations des couvre-joints de tasseaux et déboîtement. © J. Putatti

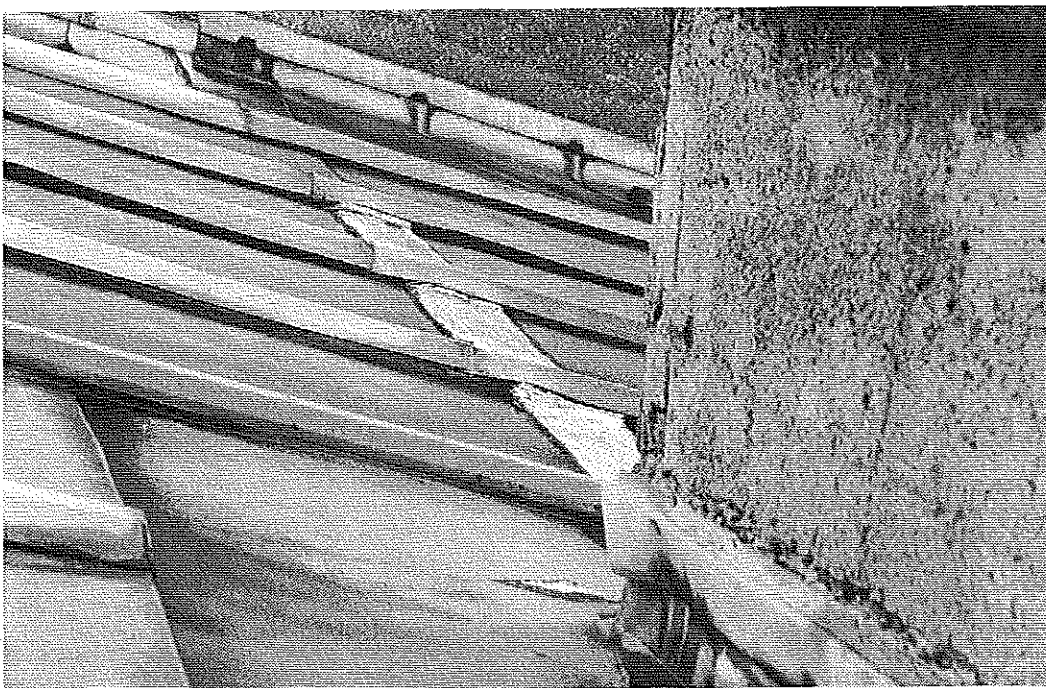


Photo 12 : Détail versant sur cour.

À noter :

- présence cheminée mauvais état (enduit) ;
- solin et zone besace ;
- réparation au droit d'un joint de feuilles par chape de bitume armé autoprotégé par feuille aluminium. © J. Putatti



Photo 13 : Détail souche sur versant cour. Maçonnerie en très mauvais état. Solin à reprendre. © J. Putattii

4. Examen du support (à partir d'une trappe de visite du comble)

- Comble encombré de débris divers.
- Bois de support (chevrons, voliges) et de charpente (pannes) présentant un aspect douteux avec des taches brunâtres ou blanches (probablement oxyde de zinc) résultant d'infiltrations dues aux défauts signalés ci-dessus concernant les couvre-joints de tasseaux et les points singuliers (photo 14).

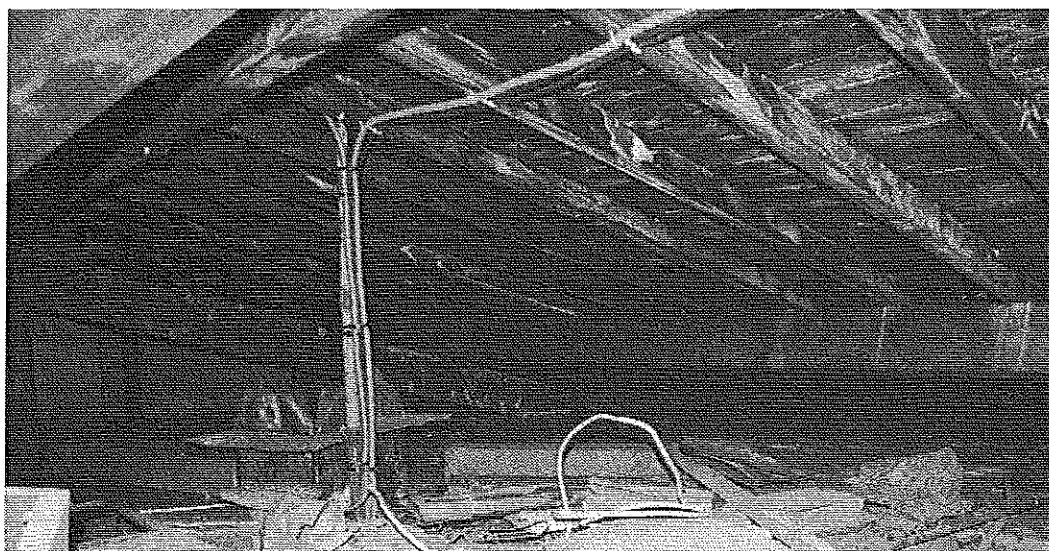


Photo 14 : Vérification état du comble. Support chevrons + voliges. Traces d'altération (fuites anciennes). © J. Putatti

CONCLUSION

Couverture en **très mauvais état** nécessitant une **réfection complète** avec après découverte, vérification du support et dépose éventuelle de celui-ci. Assurer la ventilation du comble par chatières.



COUVERTURES EN ZINC À TASSEAUX

Défauts d'exécution ¹⁾

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Une couverture en zinc à tasseaux de faible surface est placée dans un environnement urbain (cour d'immeuble).

Les dispositions d'ensemble et de détail donnent lieu à des désordres divers :

1/ Pente faible nécessitant un assemblage des feuilles à double agrafure. Ici *simple agrafure* réalisée, d'où fuites dans les zones de recouvrement.

2/ Présence d'une trémie pour lanterneau (photo 1). La besace côté amont refoule les eaux vers la jonction des feuilles, d'où fuites le long des costières du lanterneau (photo 2).

3/ Le lanterneau est bordé à l'aval par la gouttière (photo 3). Le raccordement fuyard a été complété par des bandes adhésives (photos 4 et 5). Étanchéité non assurée.

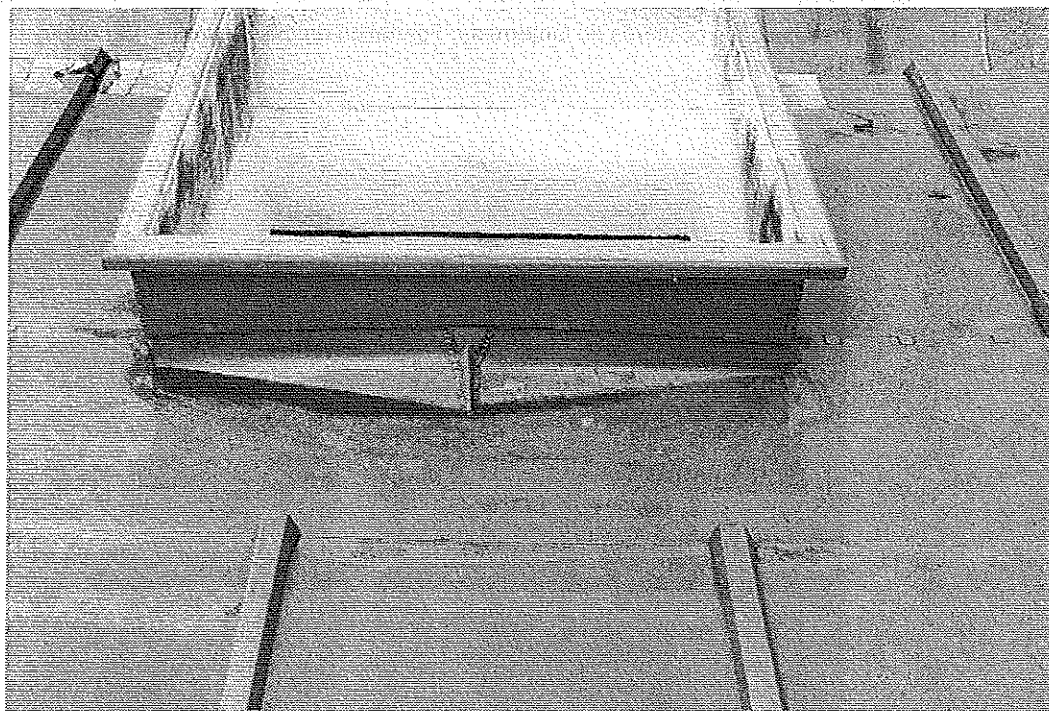


Photo 1 : Disposition à l'amont du lanterneau. Besace inefficace. © J. Putatti

¹⁾ Cas concret d'expertise.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

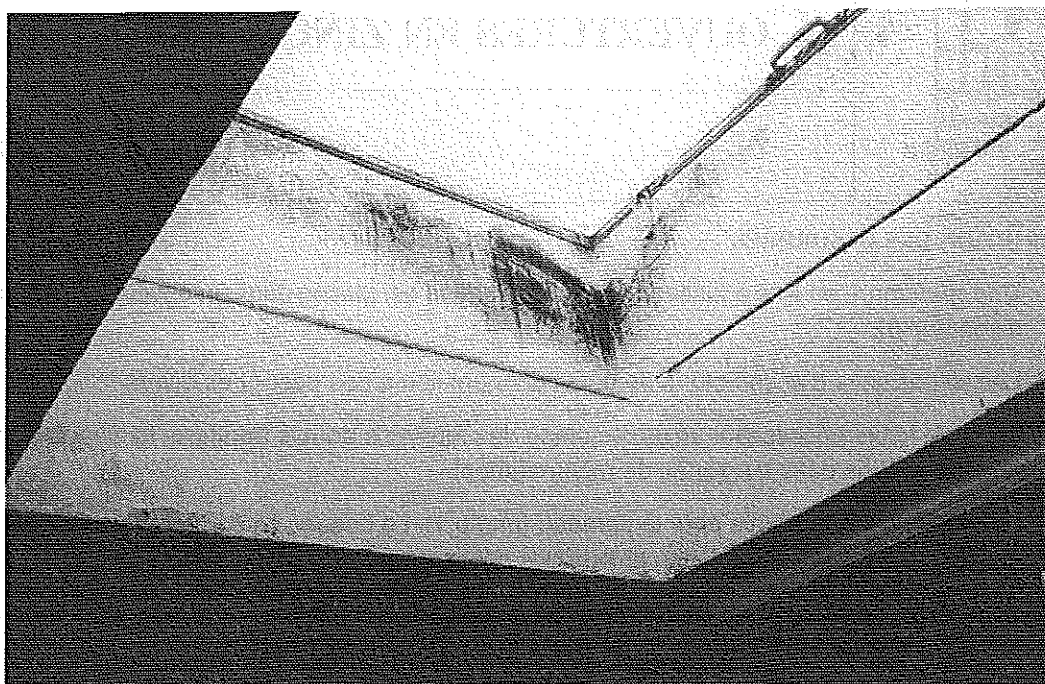


Photo 2 : Fuites dans les costières de lanterneau. Formation de moisissures. © J. Putatti

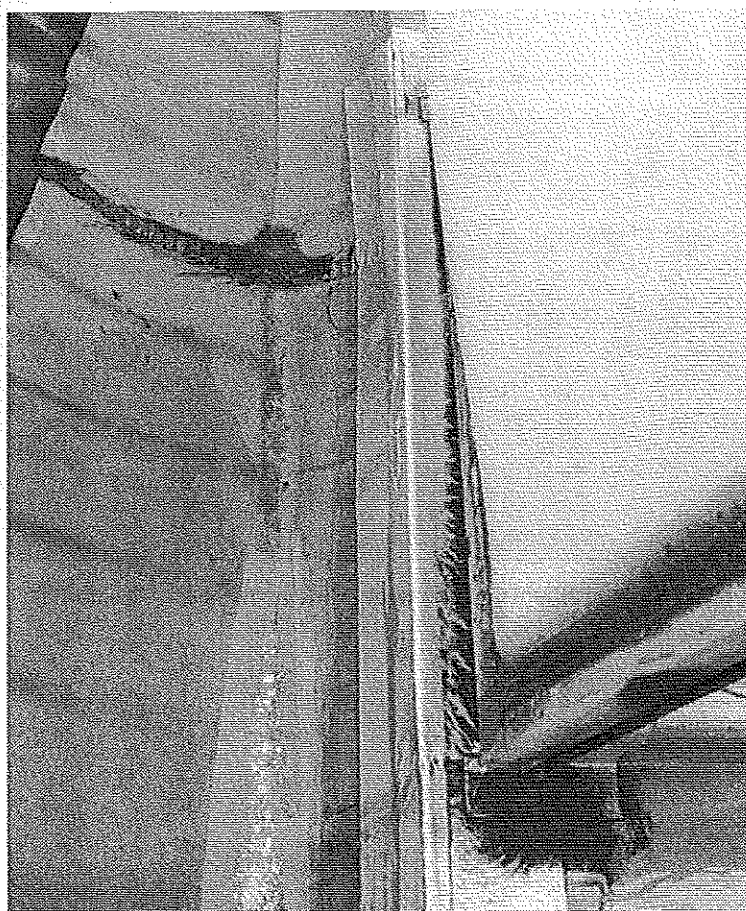


Photo 3 : Bord aval du lanterneau. Raccord par bande adhésive.
© J. Putatti

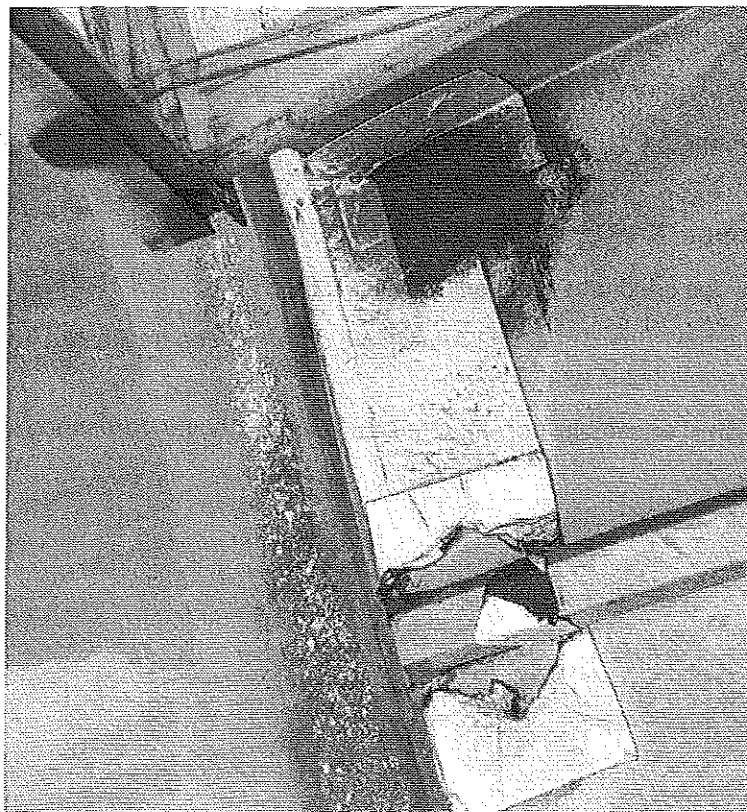


Photo 4 : Les bandes adhésives sont déchirées. © J. Putatti



Photo 5 : Soudure de gouttière de qualité « douteuse » formant saillie gênant l'écoulement des eaux. Raccordement par bande adhésive.
© J. Putatti

4/ Les désordres à l'intérieur du local sous-jacent se situent :

- en périphérie (murs limites avec enduit plâtre, solins déficients) ;
- en partie courante (cheminement par capillarité dans les zones de recouvrement).

CAUSES DES DÉSORDRES

Les causes des désordres résultent en fait :

- du non-respect des règles de l'Art (simple agrafure des feuilles au lieu de la double agrafure nécessitée par la faible pente) ;
- conception d'ensemble non adaptée au local à couvrir (présence d'un lanterneau en rive d'égout) ;
- malfaçons diverses, etc.



COUVERTURES MÉTALLIQUES EN TÔLES D'ACIER NERVURÉES

Défauts d'étanchéité d'une rive biaise ¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Un hall de stockage de palettes bois (photo 1) présente en plan une forme trapézoïdale (fig. 1).

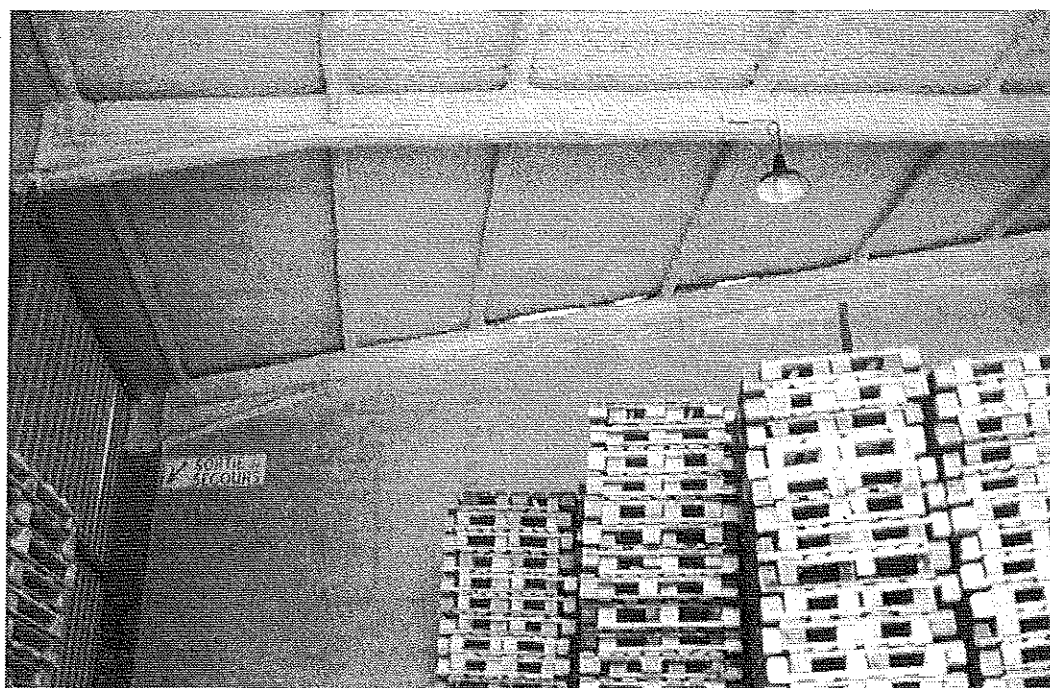


Photo 1 : Rive biaise. Vue intérieure du hall. Noter les ouvertures. © J. Putatti

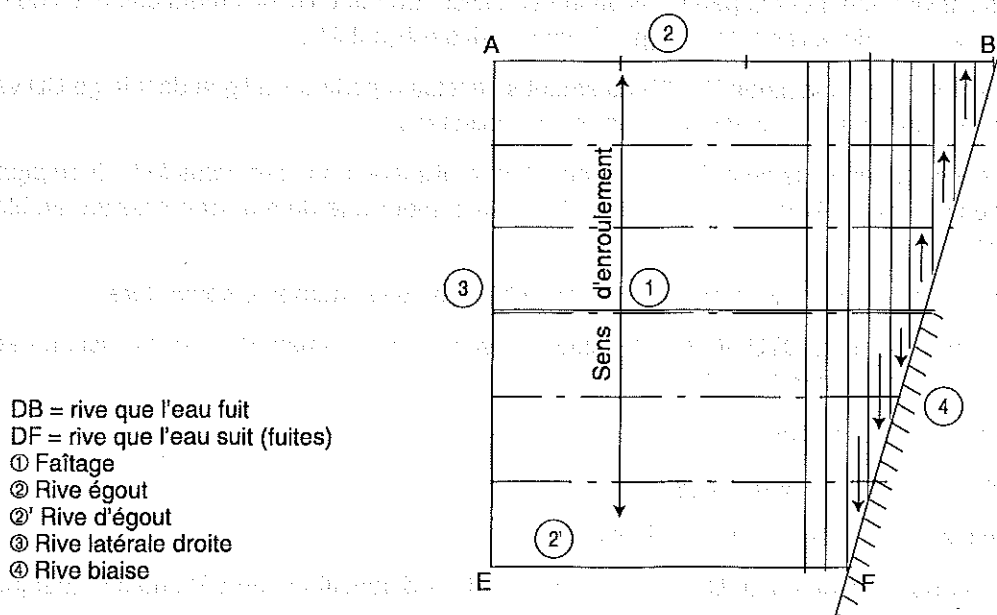


Fig. 1 : Plan du hall.

1) Cas concret d'expertise.



Photo 2 : About de la rive biaise. Fuite au droit du poteau de rive.
© J. Putatti



Figure 1 : Profil de la tôle d'acier nervurée



COUVERTURES MÉTALLIQUES EN TÔLES D'ACIER NERVURÉES

Traitement d'une rive biaise fuyarde

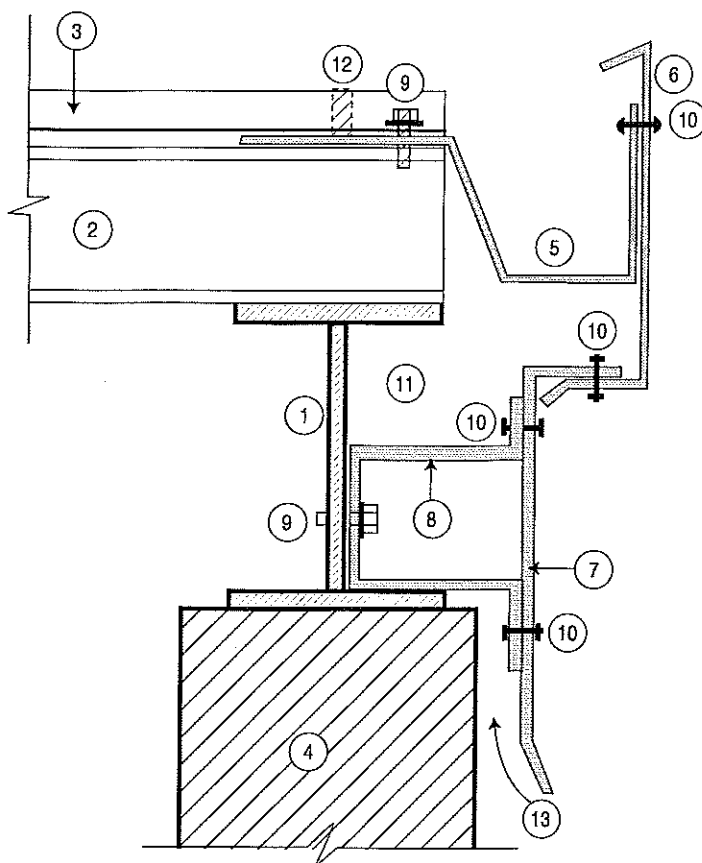
RAPPEL DES DÉSORDRES

Se reporter à la fiche Désordre - Couverture métallique en tôles d'acier nervurées (Défaut d'étanchéité d'une rive biaise).

REMEDE - SOLUTION DE RÉPARATIONS

Le principe de la solution se trouve dans la définition de la partie de rive biaise « rive que l'eau suit ».

L'absence d'ouvrage de collecte nécessite la création d'un *chéneau* pour la partie DF. D'où les dispositions suivantes pour l'aménagement de cette zone (fig. 1).



- | | |
|--|---|
| ① Structure porteuse principale | ⑧ Pattes de fixation plat 50 × 4 espacement 1 m |
| ② Structure porteuse secondaire | ⑨ Boulons de fixation |
| ③ Bac sec (plaque acier nervurée) | ⑩ Rivets POP couture |
| ④ Pignon maçonnerie | ⑪ Espace à ventiler |
| ⑤ Chéneau porteur tôle galvanisée 20/10 + peinture | ⑫ Closoir mousse biais + mastic polyuréthane |
| ⑥ Tôle acier galvanisé prélaqué façonnée 75/100 | ⑬ Ventilation |

Fig. 1 : Coupe sur rive biaise. DF.

Il apparaît que les dispositions à apporter pour réaliser correctement une rive biaise pouvant évacuer, après collecte, les eaux de pluie en provenance des tôles nervurées, sont complexes et nécessitent une préparation (façonnage de tôles pliées) et un montage précis.

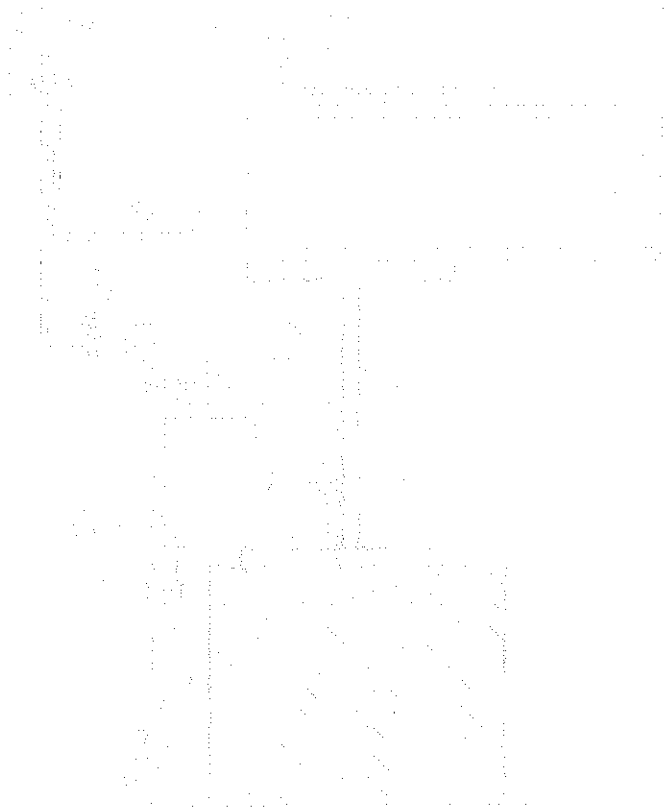
L'insertion du profil chéneau nécessite un démontage partiel des tôles biaises. La liaison des tôles pliées est réalisée à l'aide de rivets de couture type POP.

La fixation à la structure s'effectue par vis autotaraudeuses (pattes ou tôles).

La protection des tôles façonnées est assurée par galvanisation et prélaquage (origine usine).

En revanche, le chéneau collectant les eaux est autoporteur et réalisé en tôle épaisse galvanisée et peinte (peinture caoutchouc).

La protection est assurée en complément sur site par une couche supplémentaire compte tenu des conditions de pose (perçage, mise en œuvre, etc.).





COUVERTURES MÉTALLIQUES EN ZINC À TASSEaux

Défaut de liaison des feuilles ¹⁾

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Une couverture métallique réalisée à l'aide de feuilles de zinc façonnées (couverture à tasseaux) présente un certain nombre de défauts d'exécution dont :

- principalement, liaisons horizontales entre feuilles réalisées par recouvrement simple des feuilles sans agrafure (photo 1) ; les remontées capillaires inévitables apparaissent par le soulèvement de la feuille amont ;
- défauts de fixation et d'assemblage des couvre-joints sur tasseaux (photo 2), utilisation de clous (photos 4 et 5) ;
- assemblage de feuilles par clouage (photos 4 et 5) ;
- jonction des feuilles dans les zones d'égout (photos 3 et 8) ;
- raccordement d'about de tasseau avec talon réalisé sans soudure (photo 6) et de tasseaux défectueux non alignés, défectueux ;
- raccordement selon la pente dans une même travée de deux feuilles par soudure « à plat » (photo 7) et défauts divers de raccords de solins avec relevés et tasseaux ;
- raccordement de pièces et retours d'angle sans soudure (photo 9).

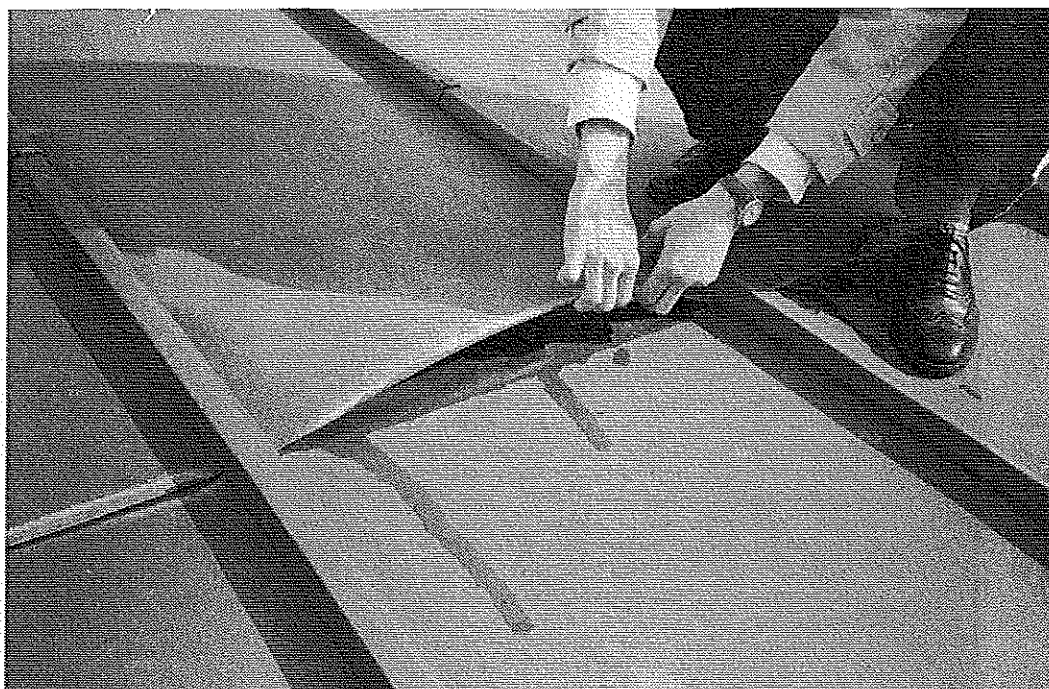


Photo 1 : Défaut d'étanchéité des zones de recouvrement. Simple recouvrement sans agrafure. Remontées capillaires dans la zone de recouvrement. © J. Putatti

¹⁾ Cas concret d'expertise.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

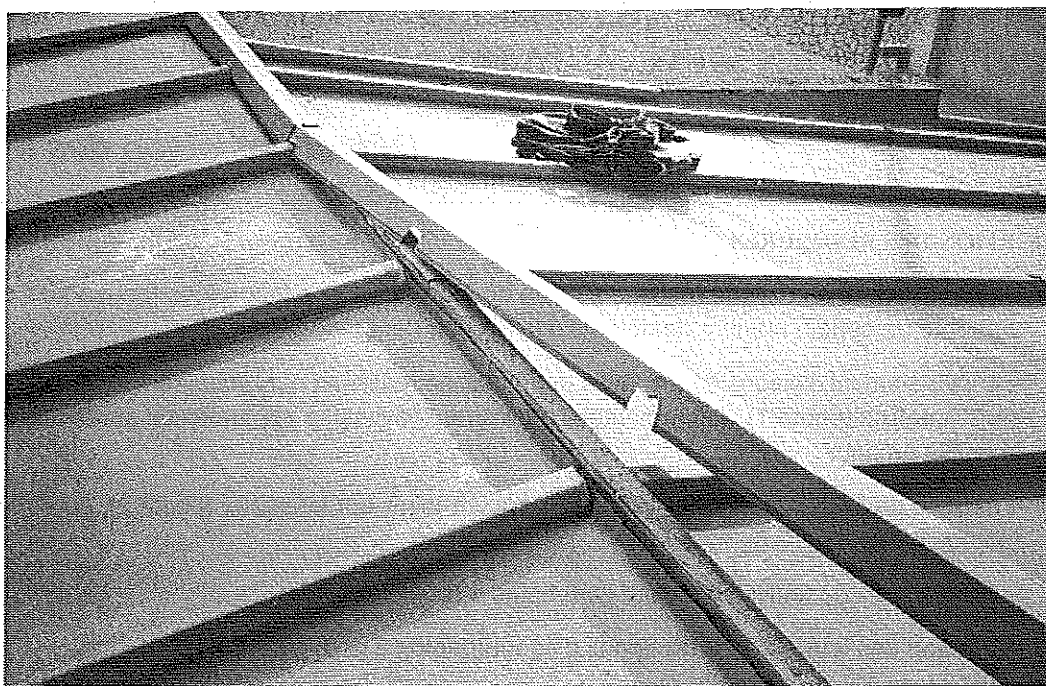


Photo 2 : Défaut de fixation du couvre-joint de tasseau de faîtage. © J. Putatti



Photo 3 : Zone de recouvrement dans une rive (ou près d'une rive) d'égout. © J. Putatti



Photo 4 : Raccordement type d'un couvre-joint de faîtage avec couvre-joint de tasseau (utilisation de clous). © J. Putatti

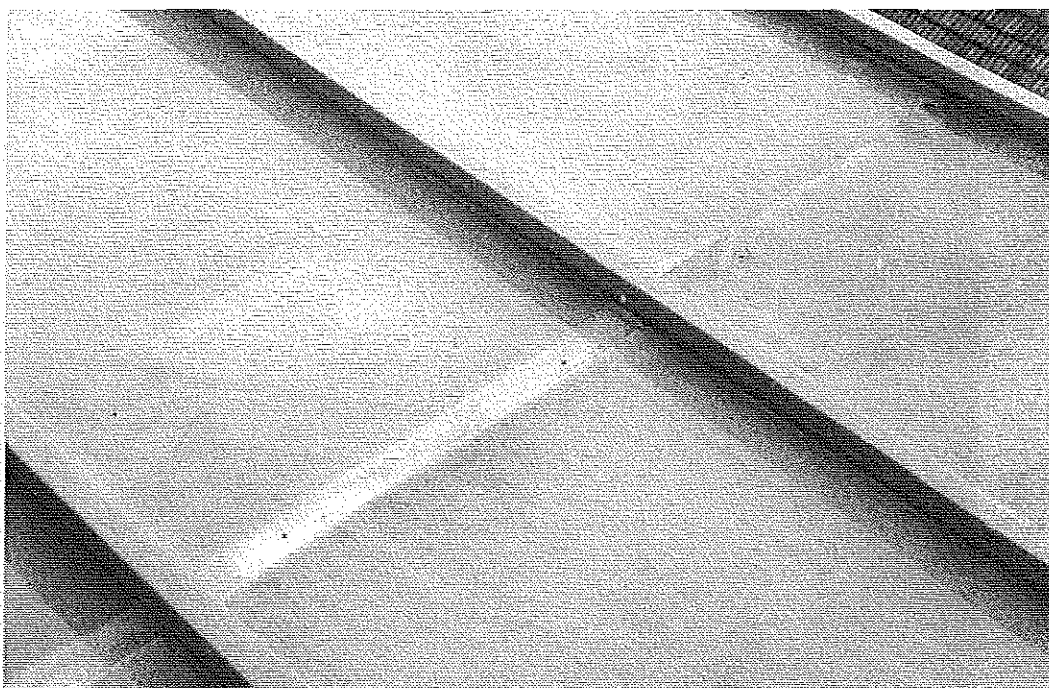


Photo 5 : Fixation des feuilles par clouage. © J. Putatti

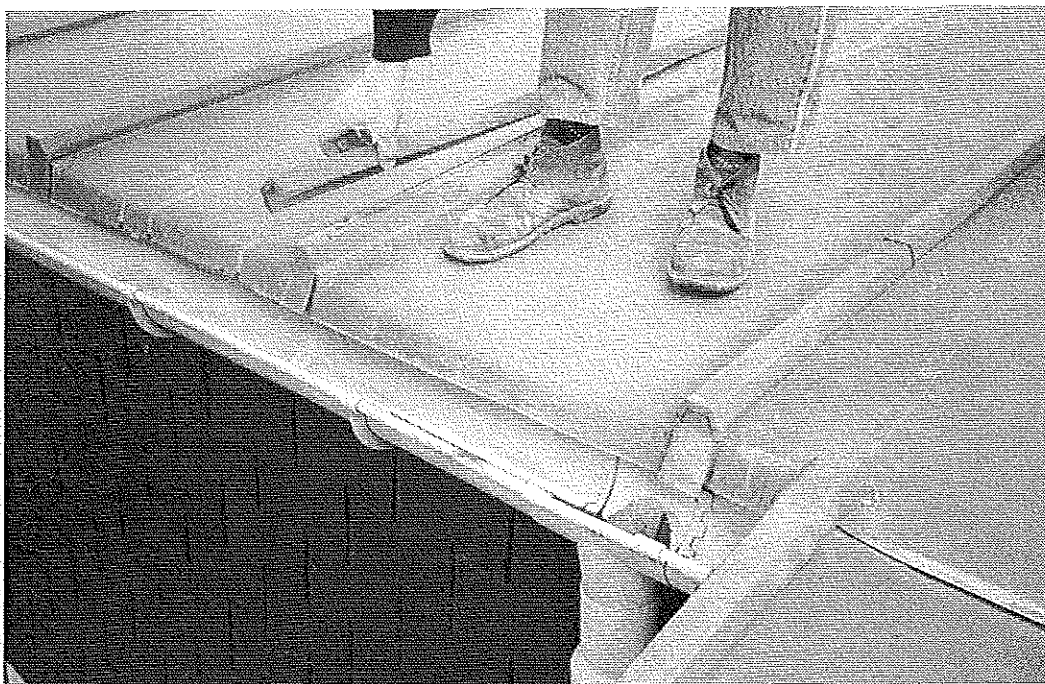


Photo 6 : Défaut de fixation du couvre-joint de tasseau. Défaut de soudure du talon ; raccord tasseau de rive (embout). © J. Putatti



Photo 7 : Défaut de raccordement de feuilles autour d'une souche ; soudure « à plat » ; solin mal réalisé. Raccordement solin/tasseau défectueux. © J. Putatti

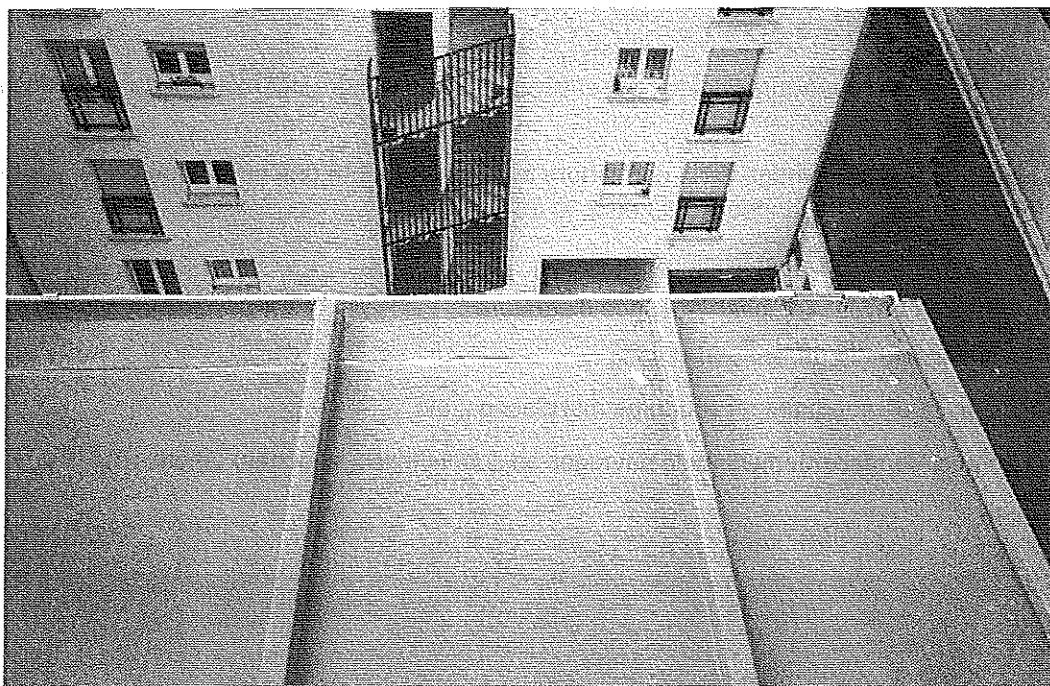


Photo 8 : Jonction de feuilles dans la zone d'égout. © J. Putatti

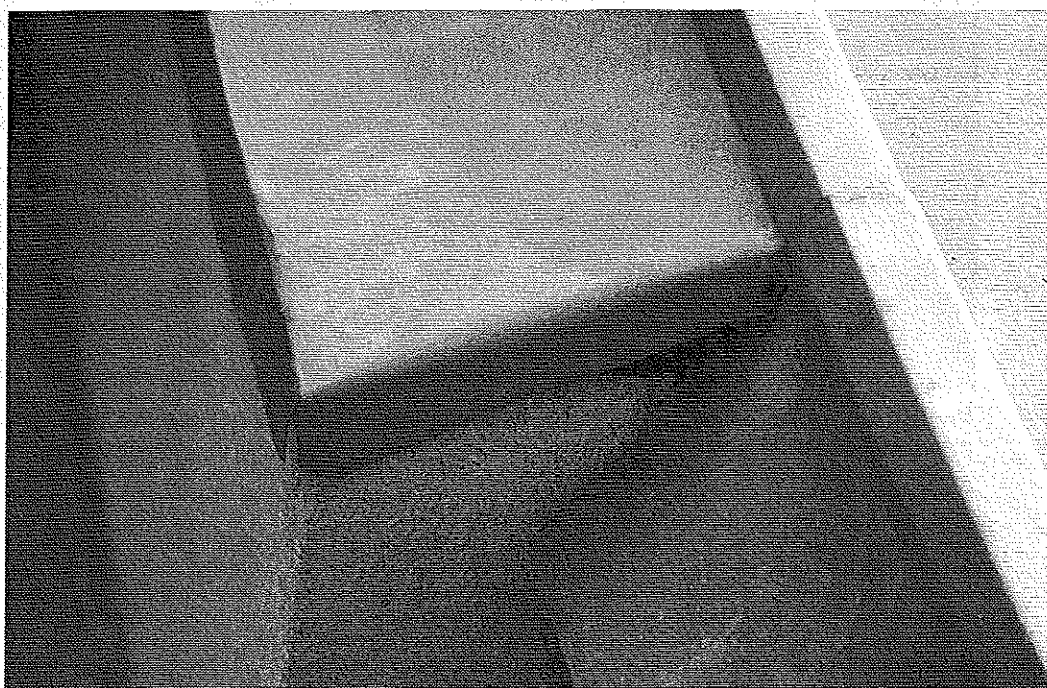


Photo 9 : Raccordement dessus de mur effectué sans soudures. © J. Putatti

CONCLUSION

L'ouvrage de couverture litigieux est entièrement à reprendre car exécuté en dépit des règles de l'Art :

- absence de calepinage de la couverture pour tenir compte des dimensions en jouant sur la largeur des feuilles façonnées (0,65 ou 0,50 m) ;
- défauts des liaisons et fixations :
 - dans les travées (plages). Absence d'agrafure ;
 - dans les reliefs (tasseaux), solins ;
- absence de soudures ou soudures mal placées, etc. ;
- défauts de raccordement avec ouvrages adjacents (rives, souches) (photo 10) ;
- etc.

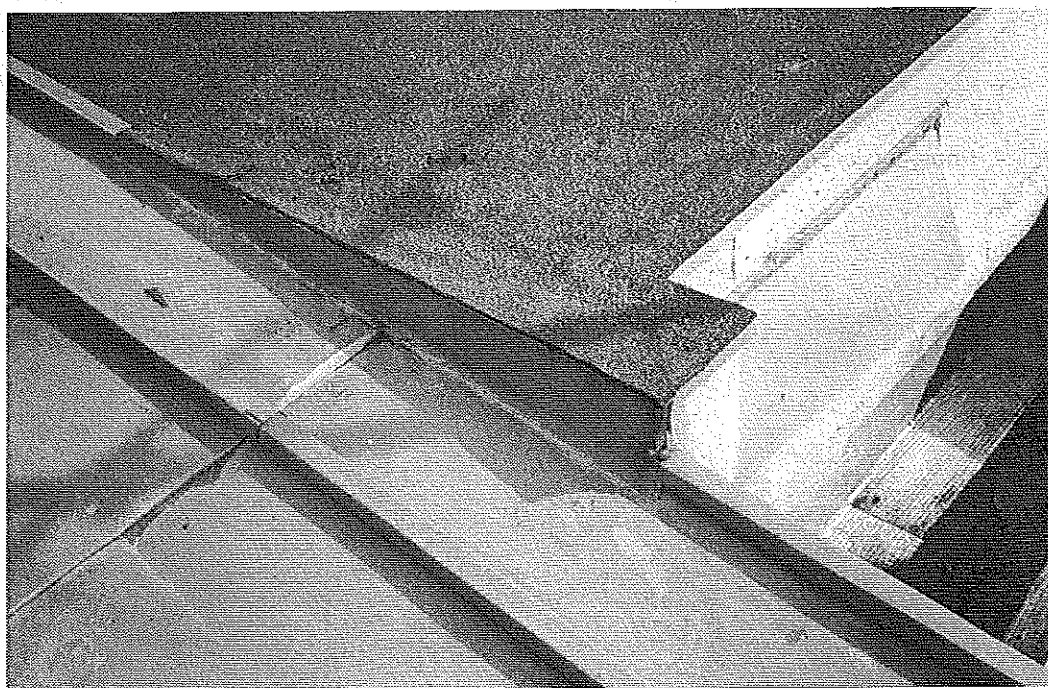


Photo 10 : Raccordement travée de rive avec ouvrage en limite (terrasse plate avec revêtement d'étanchéité). © J. Putatti.



Question/Réponse

COUVERTURES MÉTALLIQUES EN ZINC PAR FEUILLES FAÇONNÉES

Supports autres que le bois

QUESTION

Quelles sont les conditions de pose d'une couverture métallique en zinc sur des supports autres que le bois ?

RÉPONSE

Pour des supports localisés uniquement, la pose sur des supports tels que :

- mortier de ciment,
- éléments ou formes en plâtre, etc.,

nécessite l'interposition d'une membrane neutre (généralement un feutre), afin d'éviter le contact direct entre le zinc et les supports en plâtre ou en mortier de ciment susceptibles de développer des attaques du zinc.

Cette disposition n'est admise que ponctuellement, car une membrane continue limitant les phénomènes de corrosion entre le zinc et les matériaux de ces supports facilitera néanmoins les risques de corrosion par le confinement de l'humidité et la condensation sous la feuille de zinc.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le zinc est un métal qui se trouve dans la nature sous forme de minerais. Il est utilisé pour la fabrication de revêtements protecteurs, notamment pour les toitures et les clôtures. Le zinc est également utilisé dans l'industrie chimique et pour la fabrication d'alliages métalliques.

Le zinc est un métal qui se trouve dans la nature sous forme de minerais. Il est utilisé pour la fabrication de revêtements protecteurs, notamment pour les toitures et les clôtures. Le zinc est également utilisé dans l'industrie chimique et pour la fabrication d'alliages métalliques.



Question/Réponse

COUVERTURES - OUVRAGES DE COLLECTE

Chéneaux en tôle d'acier

QUESTION

Sur quelle longueur maximale peut-on disposer des chéneaux métalliques en tôle d'acier ? (tôle d'acier galvanisé ou acier inox).

RÉPONSE

Les variations dimensionnelles de ces ouvrages de collecte interviennent directement sous les effets de la température extérieure.

Le coefficient de dilatation linéaire de l'acier est de $0,012 \times 10^{-3}$.

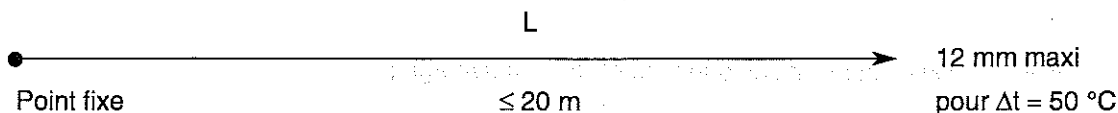
Pour une différence de température de t °C, la variation de longueur d'un élément est égale à λ ($1 + \alpha t$).

Soit pour une variation $\Delta t = 50$ °C et pour 1 m de longueur 0,6 mm et pour 10 m : 6 mm (pour le zinc, la valeur est pratiquement le double).

Le DTU 40.5 « Travaux d'évacuation des eaux pluviales » (novembre 1993, NF P 36-201) donne les limites suivantes qui dépendent de la largeur développée du chéneau.

1^{er} cas : développé ≤ 500 mm.

La longueur de libre dilatation doit être ≤ 20 m (longueur de dilatation libre à partir d'un point fixe).



2^e cas : développé > 500 mm.

L est ramené à **15 m** maxi.

Le point « fixe » peut correspondre à un moignon, à un retour d'angle ou à l'extrémité de l'ouvrage de collecte.

Les valeurs données ci-dessus correspondent à l'acier galvanisé revêtu par une peinture bitumineuse après formage.

Pour l'acier inox étamé plombé, il y a lieu de distinguer :

- l'acier ferritique PZ 8 C 17 ou PZ 8 C 17.01. Les valeurs pour :

- un développé ≤ 500 mm sont limitées à 20 m (d° acier galvanisé) ;

- un développé > 500 mm sont limitées à 15 m ;

- l'acier austénitique PZ 7 CN 18.09 et PZ 7 CN 17.11.02. Les valeurs pour :

- un développé ≤ 500 mm sont limitées à 16 m ;

- un développé > 500 mm sont limitées à 12 m.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pour les autres métaux constitutifs :

- le plomb : limité à 5 m, quel que soit le développé ; la longueur maximale est fonction de l'épaisseur du plomb et du support ;
- le cuivre :
 - développé ≤ 500 mm : $L \leq 15$ m ;
 - développé > 500 mm : $L \leq 12$ m ;
- le zinc : longueur limitée à 12 m, quel que soit le développé.

RAPPEL DE DISPOSITIONS DIVERSES

• Tout chéneau doit comporter obligatoirement un orifice de trop-plein pour éviter l'introduction de l'eau par les rives ou par les ressauts à l'intérieur du bâtiment en cas de l'obstruction totale ou partielle de l'orifice d'évacuation. La section d'écoulement de ce trop-plein doit se situer à un niveau inférieur à celui de la partie haute du ressaut le plus bas. Dans le cas d'un chéneau à ressauts, le trop-plein doit se situer à un niveau inférieur à celui de la partie haute du ressaut le plus bas.

• *Jonctions à libre dilatation.* Les types de jonctions sont :

- les ressauts (hauteur $\geq 0,05$ m) : valables pour tous les matériaux métalliques ;
- la besace double : valable pour tous les matériaux, sauf le plomb ;
- joints de dilatation avec bande souple (procédure d'Avis technique) : valable pour tous les matériaux, sauf le plomb.

• *Jonction non dilatable* des tronçons de chéneaux et gouttières :

- zinc : recouvrement de 0,03 m mini disposé dans le sens d'écoulement de l'eau. Liaison par soudure ;
- cuivre : mêmes dispositions que ci-dessus, plus rivetage ;
- acier inox :
 - développé ≤ 500 mm : jonction par soudure des parties en recouvrement sur 0,03 m mini ;
 - développé > 500 mm : jonction par soudure et rivetage cuivre ;
- plomb et acier galvanisé : le raccord intermédiaire pour assurer la libre dilatation entre jonctions n'est pas prévu par le DTU.

• *Supports des chéneaux.* Les supports doivent être chimiquement compatibles avec les matériaux constitutifs des chéneaux :

- bois :
 - convient, sauf le chêne, châtaignier, Red Cedar, pin Douglas, bouleau et mélèze pour le zinc et l'acier galvanisé ;
 - convient, sauf le cèdre pour le cuivre ;
 - convient pour le chêne et le châtaignier avec le plomb, avec interposition d'une membrane ;
- plâtre : convient pour tous métaux et pour le zinc et le plomb avec interposition d'une membrane. Support non prévu pour l'acier galvanisé ;
- béton, mortier, pierre : convient avec interposition d'une membrane pour le zinc, cuivre, acier inoxydable et le plomb. Support non prévu pour l'acier galvanisé.



Synthese

COUVERTURES PAR PETITS ÉLÉMENTS

Pathologie générale ¹⁾

Les désordres de couverture par petits éléments sont imputables, dans près de 9 cas sur 10, à des défauts de réalisation. Les points singuliers (ouvrages particuliers) représentent à eux seuls les deux tiers de ces défauts. Tous les matériaux sont concernés.

RÉPARTITION DES DÉSORDRES PAR CAUSES

Répartition des sinistres	Nombre de sinistres %	Coût de réparation %	Coût moyen KF (KE)
Défauts aux points singuliers	62	46	13 (2)
Défaut de liaison avec une pénétration	16	10	12 (1,8)
Défaut en partie courante	10	20	34 (5,2)
Vice de matériau	2	3	39 (6)
Absence ou insuffisance de ventilation en sous-face	2	4	44 (6,7)
Autre cause	9	16	33 (5)

Moyenne 18 KF : 2,7 KE

RÉPARTITION PAR CAUSE ET PAR MATÉRIAU (VALEUR EN %)

	Ardoise naturelle	Ardoise F-C	Bardeaux bitumés	Tuiles TC	Tuiles béton	Autres
Vice du matériau	2	5	3	2	1	3
Défaut/partie courante	12	13	24	10	7	22
Défaut/points singuliers	57	58	46	66	57	28
Défaut de liaison avec pénétration	18	16	11	14	21	16
Absence ou insuffisance de ventilation	1	0	12	1	2	3
Autre cause	9	8	4	7	12	28
Taille échantillon	7,6	4,8	3	63	19,2	2,4

COMMENTAIRES SUR LES CAUSES

Les tuiles de terre cuite constituent la catégorie la plus importante :

- au niveau de l'échantillon ;
- mais aussi au niveau des causes de désordres (points singuliers).

Ce type d'ouvrage est en effet réalisé par une technique de « maçon » (utilisation de mortier) et non une technique de couvreur (utilisation de bandes métalliques façonnées).

1) D'après une étude Sycodés récente, portant sur près de 4 000 désordres pour la période 1998-2000.

Les fabricants sont en partie responsables de certains types de sinistres :

- Ils ont multiplié les types de tuiles pour des raisons esthétiques. Certains modèles changent de géométrie (emboîtements) assez rapidement (au cours de la période décennale), ce qui rend difficile, sinon impossible, le remplacement de tuiles isolées. Les tempêtes de fin décembre 1999 affectant des couvertures anciennes ont souvent nécessité la reprise complète de versants du fait de l'impossibilité de trouver des tuiles anciens modèles dont la fabrication a été abandonnée. Toutefois, ce fait imputable aux fabricants a également concerné des modèles relativement récents.
- Ils ont créé et multiplié surtout les tuiles « petit moule », exigeant des pentes incompatibles avec d'anciennes toitures couvertes avec des tuiles grand moule.
- Les pièces spéciales pour ouvrages particuliers étaient (et sont encore) parfois inexistantes, non disponibles ou inadaptées ; d'où les problèmes de raccordement pour les ouvrages particuliers ¹⁾.

Par contre, la création de modèles de tuiles à « pureau variable », permettant l'adaptation à des pentes différentes par le simple jeu des recouvrements, a souvent facilité les problèmes de pose. Toutefois, certaines entreprises ont extrapolé ces possibilités pour réaliser des économies excessives en gagnant quelques rangs sur un versant par exemple.

Le risque « majeur » reste imputable aux entreprises de maçonnerie peu soucieuses de réaliser les ouvrages particuliers par des techniques de couvreurs (utilisation de mortiers de ciment trop rigides et fissurables au lieu de mortiers bâtards).

Une autre cause fréquente est le manque ou l'insuffisance de fixation des éléments au support (crochets, pannetonage, etc.), surtout en zones pentées.

L'utilisation de charpentes industrialisées à espacement extrapolé est à l'origine de déformations de versants et de fuites par siphonnage des éléments. Les défauts de matériau sont devenus très rares du fait de l'amélioration quasi générale de tous les matériaux de couverture. Le choix du type de couverture (matériau, pente, forme complexité d'ouvrages particuliers) est déterminant. Il doit être effectué en connaissance de cause, par un professionnel non seulement soucieux de l'esthétique mais aussi des règles de l'Art et des différents paramètres (climat, forme, complexité, esthétique) de l'ouvrage à réaliser, ainsi que des exigences spécifiques.

Certains ouvrages présentent des pathologies récurrentes liées à l'entretien :

- oubli de solin rejet d'eau de ruissellement (absence de protection en tête de solin) ou solin par engravure dans un enduit (souche) ;
- noue métallique de largeur insuffisante ne permettant pas le nettoyage des débris végétaux ou façonnage non conforme aux exigences ;
- présence de tranchis surtout avec les tuiles de petit module ;
- persistance de noues fermées peu compatibles avec l'entretien ;
- absence ou insuffisance de dispositif de ventilation pour les combles aménagés ultérieurement, etc.

¹⁾ Leur coût est souvent prohibitif (tuiles châtières, par exemple).



COUVERTURES TRANSLUCIDES

Matériau de synthèse

POSITION DU PROBLÈME

Les couvertures d'habitations individuelles ou de bâtiments collectifs ainsi que de bâtiments industriels ou autres (surfaces commerciales, bâtiments sportifs) utilisent, notamment pour réaliser des surfaces éclairantes, des matériaux de synthèse qui présentent une pathologie particulière.

MATÉRIAUX UTILISÉS

1. Famille des PVC

Utilisation de plaques extrudées bi ou multiparois, profilées et compatibles avec les bacs ou panneaux métalliques (couverture et bardage).

Caractéristiques

- Classement au feu M1 (d'où utilisation dans les ERP ou locaux à risques).
- Mauvais comportement aux UV par destruction des chaînes chimiques et dégagement d'acide chlorhydrique et formation de chaînes polyoléfiniques à liaison conjuguée, d'où :
 - brunissement du matériau (phénomène irréversible) ;
 - nécessité de co-extruder ou d'intégrer dans la résine une résine acrylique jouant le rôle d'anti-UV.
- Mauvais comportement à la température (point Vicat 78 °C), d'où limitation d'utilisation à 60 °C.
- Fort coefficient de dilatation (8×10^{-6} environ), d'où allongement de 0,08 mm par mètre et par degré, c'est-à-dire près de 7 fois plus que l'acier des plaques voisines (coefficient $81,2 \times 10^{-6}$ environ) ou 3,5 fois plus que l'aluminium.

2. Famille des PMMA (Polyméthacrylate de méthyle)

Deux types d'utilisation :

- plaques monolithiques épaisses (emploi similaire au verre minéral) ;
- plaques alvéolaires bi ou multiparois extrudées utilisées en montage sous feuillures dans des ossatures secondaires (profilés aluminium).

Caractéristiques

- Bon comportement aux UV. Les plaques monolithiques épaisses n'ont jamais posé de problème sur ce point. Les plaques alvéolaires sont plus sensibles et ne doivent pas être utilisées devant des éléments opaques augmentant leur échauffement sous l'effet du rayonnement solaire.
- Bon comportement en température (point Vicat 150 °C environ), d'où limitation de la température d'utilisation en service à 115 °C.
- Bonne résistance aux chocs. Cette caractéristique est peu affectée par le vieillissement.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Coefficient de dilatation élevé (7×10^{-6}), légèrement inférieur à celui du PVC mais supérieur à celui de l'aluminium et de l'acier.

Le classement au feu est variable (M4-M3-M1) en fonction des compositions et des conceptions de plaques.

3. Polycarbonate

Ce matériau tend progressivement à remplacer le PVC (plaques de même aspect initial).

Caractéristiques

- Classement au feu : M2 (limitation d'emploi pour certains locaux à risques) ou M1 pour certains profils.
- Bon vieillissement au point de vue optique, transmission bonne après 10 ans.
- Tendance à l'augmentation du module avec le temps, d'où fragilisation sous contrainte.
- Coefficient de dilatation élevé nécessitant des dispositifs compensateurs.

NATURE ET IMPORTANCE DES DÉSORDRES

1. Bris et perforations : 22 % des désordres (des éléments translucides)

- Par chute de grêle.
- Rupture fragile des plaques sous l'effet du vent (à partir des points de fixation) et du fait de la fragilisation du matériau constituant les plaques.

2. Fissurations : 25 % des cas

- *Fissurations multiples* (désordre de type esthétique). Les fissurations sont la manifestation des contraintes liées à la dilatation différentielle des plaques et plus particulièrement pour les PMMA ou les polycarbonates. Les fissurations peuvent aussi résulter de contraintes résiduelles de formage.
- *Fissurations simples* avec point de départ au droit d'une fixation. Les fissurations résultent d'un bridage au droit de la fixation :
 - trou de passage de la fixation de diamètre insuffisant ;
 - blocage de la fixation.

Ces fissurations apparaissent après quelques années de vieillissement du matériau qui devient cassant. Ce sont surtout les éléments en PVC qui sont affectés par ce type de fissurations avec désordres d'infiltrations.

3. Déformations importantes : 38 % des cas

- La cause est la même mais les déformations sont de deux types.
- Les conséquences sont des infiltrations avec dans certains cas le phénomène d'arrachement de l'élément.

- **Déformations des rives** : elles résultent de l'échauffement différentiel des rives des éléments translucides en recouvrement des éléments métalliques qui absorbent plus le flux solaire. D'autre part, le coefficient d'absorption de l'élément translucide augmente avec le vieillissement.

- **Déformations générales** ; les causes sont :

- portée excessive des éléments translucides (non-respect des prescriptions des fabricants). Ces portées sont généralement inférieures à celles des éléments métalliques ;
- échauffement et fluage de l'élément translucide liés à une pente et une ventilation insuffisantes des alvéoles. Phénomène rapidement aggravé par le brunissement du matériau (cas des PVC) entraînant une augmentation du coefficient d'absorption et donc de la température.

4. Opacification : 35 % des cas

Ce type de désordre concerne soit la totalité de la surface des éléments translucides, soit les parties en contact ou proches des éléments structurels ou de tous autres éléments de la construction, et résultent d'échauffements localisés ou généralisés liés à l'ensoleillement. Les désordres sont irréversibles et évolutifs.

Ils concernent exclusivement les éléments PVC.

5. Arrachements d'éléments - envol : 11 % des cas

Le désordre commence par un arrachement au droit des fixations et se termine par l'envol de l'élément.

1^{er} cas : mise en œuvre dans une ossature secondaire

L'arrachement résulte :

- de déformations excessives des plaques translucides ;
- des prises en feuillures insuffisantes.

Les éléments cintrés sont concernés en majeure partie (mauvais dimensionnement).

Les éléments concernés sont les PVC, les PMMA et les polycarbonates.

2^e cas : mise en œuvre sur ossature primaire

Utilisation de plaques mono ou multiparois extrudées au même profil que les plaques métalliques de couverture.

La mise en œuvre nécessite le percement de trous de diamètre très supérieur à celui des fixations afin de permettre la libre dilatation en température par rapport à l'ossature primaire et aux plaques métalliques contiguës.

Le couturage au recouvrement avec les plaques métalliques est nécessaire.

Le non-respect de ces dispositions entraîne des contraintes locales au droit des fixations.

3^e cas : mise en œuvre par pattes de liaison à l'ossature primaire

Cas des plaques multiparois dont les rives comportent des gorges destinées à recevoir un plat métallique permettant la liaison à l'ossature primaire du bâtiment.

L'arrachement est alors dû à l'insuffisance de dimensionnement de ces pattes (d'où contraintes de flexion-cisaillement).

Phénomène aggravé par le vieillissement du matériau (PVC).

6. Infiltrations : 63 % des cas (eau ou neige poudreuse)

Ce type de désordre est la conséquence directe d'autres désordres :

- fissurations ;
- déformations importantes ;
- arrachement, envol.

Remarque

Ces matériaux ne sont pas normalisés, le seul matériau translucide utilisé en couverture bardage est le PRV (polyester renforcé fibres de verre). Ils ne sont pas de technique courante ou traditionnelle.

Ils relèvent :

- soit de la procédure courante d'ATec (Avis technique) ; à partir de 1994, les Avis techniques excluent explicitement l'utilisation du PMMA ou polycarbonate en couverture ;
- soit de la procédure d'Atex (Appréciation technique d'expérimentation).



Question/Réponse

COUVERTURES TRANSLUCIDES EN PLAQUES DE PRV

Opacification

QUESTION

Comment peut-on éviter l'opacification et la salissure des plaques translucides en PRV (polyester renforcé fibres de verre) utilisées en couverture ?

RÉPONSE

Position du problème

Les plaques ondulées ou nervurées translucides en polyester renforcé par fibres de verre sont fabriquées en alternant des couches de résine polyester et des armatures en fibres de verre en dispersion.

Leur surface est telle que les fibres sont faiblement recouvertes par la résine. Cette surface n'est pas rigoureusement libre et accroche les poussières atmosphériques. L'abrasion même légère met les fibres à nu, celles-ci fixent les poussières et la surface devient pelucheuse et sale et le phénomène s'aggrave progressivement en opacifiant la plaque.

D'autre part, les fibres de verre sont des fils capillaires creux qui favorisent l'hydrolyse des fibres, c'est-à-dire leur décomposition chimique. La fibre est alors complètement désolidarisée de son enrobage résine.

La plaque à l'origine translucide devient progressivement opaque, et d'autant plus que l'accumulation des poussières est importante.

Causes de vieillissement

- Les résines ont une tenue variable au rayonnement UV.

La tendance au jaunissement s'accroît avec l'exposition.

- L'introduction de produits ignifuges pour améliorer la résistance au feu et non intégrés dans la structure moléculaire de la résine, conduit à un vieillissement rapide qui correspond à la disparition de ces adjuvants.

Remèdes

Les fabrications ont été améliorées pour obtenir une meilleure adhérence de la résine sur la fibre de verre et éviter leur désolidarisation.

- La face extérieure de la plaque reçoit en fabrication une protection permettant d'éviter ou de retarder le phénomène de défibrage.

Ce revêtement « 1 face » est un fluorure de polyvinyle (*gel-coat*).

Le revêtement peut concerner les deux faces par application d'un agent de démoulage, réticulant avec le corps de la plaque lorsque l'on coule cette dernière.

Les pertes d'épaisseur annuelles sont faibles (de 0 à 5 μm), ce qui permet aux fabricants de donner leur garantie décennale.

Le surcoût par rapport aux plaques non traitées est de l'ordre de 10 à 20 %.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

• À titre curatif : les anciennes plaques peuvent être traitées, à condition que le défilage et les salissures ne soient pas trop importantes ni trop anciennes. Un nettoyage approprié et une application de vernis translucide de type polyuréthane, acrylique ou polyester, permet de régénérer des plaques anciennes.

Cette opération est néanmoins coûteuse (main d'œuvre) et délicate car elle nécessite la dépose de la couverture.



Question/Réponse

CUVELAGES

Création d'un cuvelage dans un bâtiment existant

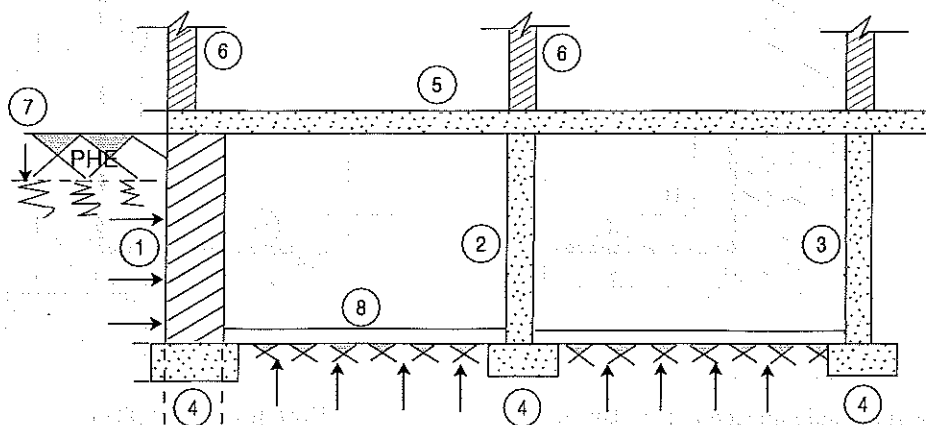
QUESTION

Afin d'éviter l'inondation répétée de locaux en sous-sol d'un bâtiment, est-il possible de réaliser « après coup » un ouvrage de cuvelage ?

RÉPONSE

Le problème est traité ici dans son principe (cas d'un bâtiment à structure porteuse simple).

Disposition initiale (fig. 1)



- ① Mur porteur façade (maçonnerie ordinaire)
- ② Murs refends (maçonnerie béton)
- ③ Murs refends (maçonnerie béton)
- ④ Fondations superficielles
- ⑤ Plancher haut sous-sol
- ⑥ Maçonneries en élévation
- ⑦ Nappe phréatique - plus haut niveau connu
- ⑧ Dallage sur terre-plein

La disposition initiale figurée ci-dessus ne permet pas de résister à l'effet des pressions extérieures de la nappe phréatique :

- soulèvement et inondation du sous-sol du dallage ;
- pénétration d'eau à travers le mur ①.

La solution en cas de remontée de la nappe phréatique consiste :

- à rabattre le niveau de la nappe jusqu'au niveau du dallage (par pompage) ;
- à évacuer les eaux d'infiltration (solution provisoire et précaire avec nécessité de pompes installées en double – à cause de pannes possibles, de regards d'épuisement et impossibilité de stockage dans les locaux enterrés.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Solution possible (cuvelage intérieur)

Créer à l'intérieur de chaque local à protéger une enceinte fermée comprenant :

- un radier posé sur le dallage ;
- des voiles verticales disposés contre les murs avec interposition d'une membrane d'étanchéité remontée jusqu'au-dessus du niveau des PHE (fig. 2).

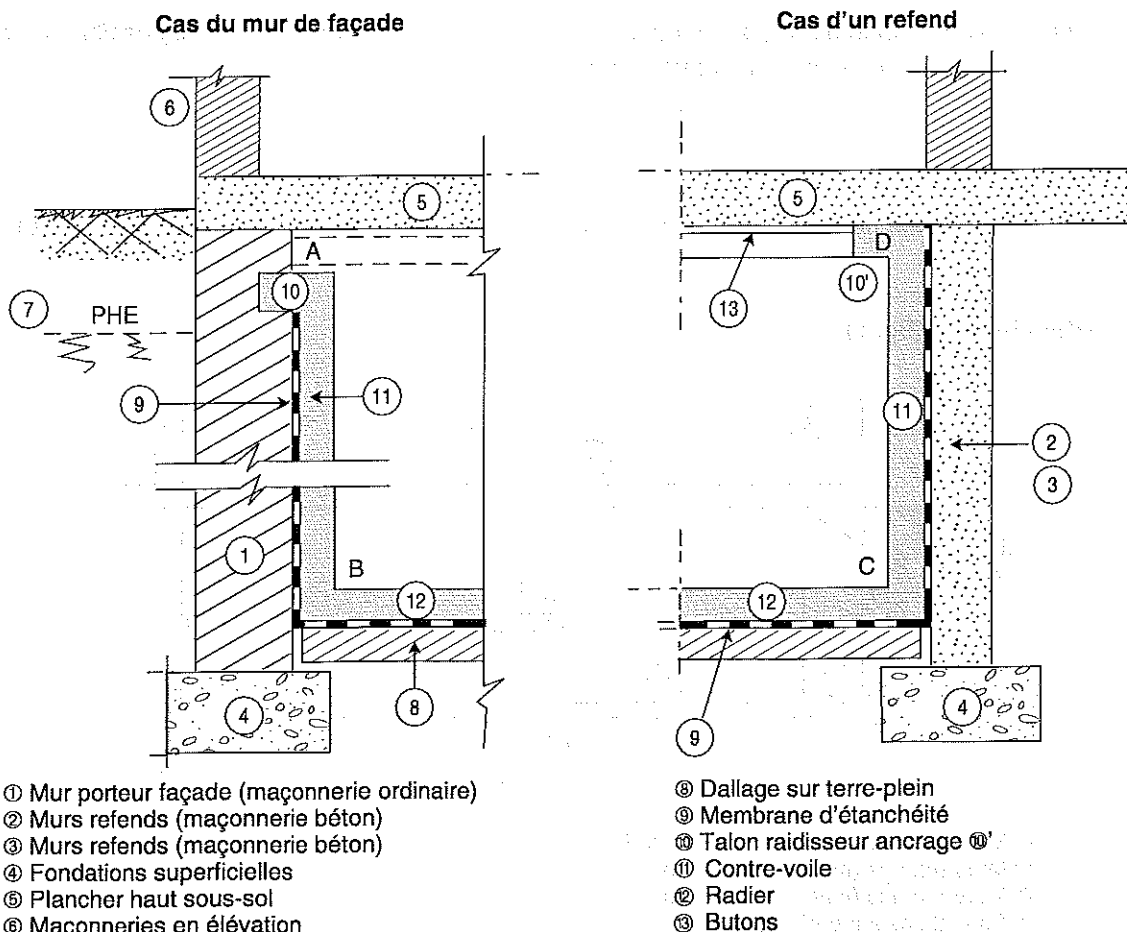


Fig. 2

Dans le gros mur de façade, on réalise un ancrage continu A (ou discontinu) pour l'encastrement d'un voile en béton armé (11) retourné sur le dallage existant (12). Une membrane d'étanchéité (9) est préalablement mise en place sur le mur existant et le dallage, avant coulage du radier et du voile vertical.

Pour le mur de refend réalisé en béton et d'épaisseur réduite, l'ancrage en D n'est pas possible.

La reprise des efforts du voile dus à la poussée hydrostatique peut se faire par des butons (13). La membrane d'étanchéité peut remonter jusqu'à la sous-face du plancher ou être arrêtée au-dessus des PHE.

Remarque

La solution décrite ci-dessus :

- réduit la hauteur des locaux en sous-sol. Une reprise en sous-œuvre préalable des murs et des fondations peut s'avérer nécessaire ;

- n'est possible que si les murs (façade) en maçonnerie sont suffisamment épais pour réaliser l'ancrage permettant la butée supérieure du voile sans affaiblir leur résistance.

Dans le cas contraire, le voile est remonté jusqu'au-dessous du plancher et l'on doit disposer des boutons pour reprendre les efforts en tête des voiles dus aux poussées hydrostatiques ;

- la largeur BC du local doit être limitée pour réduire l'épaisseur du radier rapporté à une valeur admissible, compte tenu des encastres en B et C avec les voiles latéraux ;
- doit tenir compte de certaines sujétions d'exécution :
 - parement des murs et voiles pour la mise en place de la membrane d'étanchéité (enduit éventuel nécessaire) ;
 - planéité et état du dallage ;
 - présence de canalisations contre les voiles ou murs ;
 - traversées de canalisations, etc. ;
- doit permettre l'accès à ces locaux équipés en cuvelage (portes étanches, accès par escaliers ou rampes traitées en cuvelage, etc.).

1. Description de l'installation :
L'installation est une usine de transformation de produits chimiques. Elle est située dans une zone industrielle. L'installation est composée de plusieurs bâtiments et de plusieurs réservoirs. Les produits chimiques sont stockés dans des réservoirs et sont utilisés pour la production de produits finis. Les produits finis sont stockés dans des réservoirs et sont livrés aux clients.

2. Description des risques d'incendie :
Les risques d'incendie sont liés à la présence de produits chimiques inflammables. Les produits chimiques sont stockés dans des réservoirs et sont utilisés pour la production de produits finis. Les produits finis sont stockés dans des réservoirs et sont livrés aux clients.

3. Description des mesures de prévention :
Les mesures de prévention sont les suivantes :
- Les produits chimiques sont stockés dans des réservoirs sécurisés.
- Les produits chimiques sont utilisés dans des zones ventilées.
- Les produits finis sont stockés dans des réservoirs sécurisés.

4. Description des mesures de protection :
Les mesures de protection sont les suivantes :
- Les réservoirs sont équipés de systèmes de refroidissement.
- Les réservoirs sont équipés de systèmes de détection d'incendie.

5. Description des mesures de secours :
Les mesures de secours sont les suivantes :
- Les réservoirs sont équipés de systèmes d'extinction d'incendie.



Question/Réponse

CUVELAGES

Cuvelage « économique »

QUESTION

Peut-on réaliser un cuvelage « économique » ?

RÉPONSE

Position du problème

Pour des constructions individuelles, il est parfois difficile de déterminer la présence de nappes phréatiques, du fait que lors des travaux de terrassement et de fondation, l'entreprise chargée des travaux ou l'architecte ayant établi le projet de construction n'ont pu avoir connaissance de la présence d'une nappe et plus particulièrement du niveau maximum atteint lors de périodes antérieures. Dans les cas les plus « favorables » la présence de la nappe est connue, mais son niveau « reconnu » s'établit au-dessous du niveau du dallage des caves ou au voisinage de ce dernier. Faut-il alors envisager une solution « cuvelage » ?

Solution

La solution raisonnable ne consiste pas à ignorer le problème mais à normaliser le risque :

- dans certains cas, les constructions voisines peuvent renseigner le maître d'œuvre sur la présence et le niveau maximal de la nappe ;
- dans les autres cas, si le niveau « connu » de la nappe est voisin de celui du dallage, on peut adopter les dispositions suivantes.

Considérer le dallage comme un plancher renversé subissant, en cas de remontée accidentelle de la nappe, les sous-pressions exercées par celle-ci. Si le niveau de la nappe s'établit par exemple à 0,20 m au-dessus du dallage, la sous-pression correspondra à :

$$Sp = 1 \text{ t/m}^2 \times (h+e) - \text{poids propre du dallage, soit } 250 \text{ k/m}^2 \text{ (pour un dallage de } 0,10 \text{ m d'épaisseur (e)).}$$

Avec : h = niveau de la nappe au-dessus du dallage (0,20 m) ;

e = épaisseur du dallage.

Soit donc si $1\ 000 (0,10 + 0,20) - 250 \text{ k/m}^2 = 50 \text{ k/m}^2$, l'effet de la « sous-pression » est négligeable.

Un dallage faiblement mais correctement armé (nappe supérieure) et solidaire des murs adjacents devrait se comporter correctement.

Néanmoins, pour les remontées plus importantes (et généralement non contrôlables) de la nappe phréatique, les dallages courants exécutés après les fondations, ne sont pas solidaires de celles-ci. Les maçonneries extérieures ne sont pas étanches à une eau sous pression. (Ils sont insuffisamment armés, d'épaisseur insuffisante ou comportant seulement des armatures en nappe inférieure.)

La solution « économique » qui ne correspond pas à un ouvrage de cuvelage proprement dit consiste à :

- considérer que le dallage ne peut subir que les remontées très faibles de la nappe avec des risques d'humidité en sous-sol du fait des maçonneries ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

– mettre en place des cheminées d'équilibre ou évents qui suivront le niveau du dallage en fonction de la capacité de résistance de ce dernier aux sous-pressions.

En cas de remontée de la nappe, le sous-sol pourra être inondé. Des regards prévus dans le dallage permettront d'évacuer l'eau par pompage.



Synthèse

CUVELAGES

Différents types de cuvelage

RAPPELS

Par définition, un cuvelage est un ouvrage immergé dans une nappe phréatique dont les parois extérieures en contact avec cette nappe (eau sous pression) sont conçues pour s'opposer à la pénétration de l'eau.

On distingue :

- les structures relativement étanches admettant un débit de fuite avec évacuation des eaux.
- les structures relativement étanches recevant un revêtement intérieur d'imperméabilisation.
- les structures résistantes à la pression hydrostatique, revêtues extérieurement d'un revêtement d'étanchéité.

Chaque type présente des avantages et des inconvénients résumés ci-après.

1. Structure relativement étanche (étanchéité par la masse)

Généralement, cette structure présente :

- des parois verticales extérieures, moulées dans le sol (procédé par boue à la bentonite, exécution par panneaux jointifs) ;
- un radier continu épais en béton armé ;
- des planchers intermédiaires exécutés après coup et liaisonnés aux parois.

Avantages

Procédé simple, relativement rapide et économique.

Inconvénients

Étanchéité relative, avec débit de fuite « normalisé » exigeant collecte des eaux et évacuation, tolérant les taches d'humidité.

Pathologie

Les fuites sont généralement localisées au droit des joints de panneaux de parois moulées, aux liaisons radiers-parois et parois-planchers, ou aux défauts de parois.

Les remèdes consistent à traiter les points singuliers ou à mettre en place un revêtement intérieur d'imperméabilisation.

Il faut noter que ce type de cuvelage correspond aux ouvrages à réaliser en site urbain encombré ne permettant pas l'accès à la face extérieure des parois verticales.

2. Revêtement d'imperméabilisation (face intérieure)

L'étanchéité de l'ouvrage peut être obtenue par un revêtement d'imperméabilisation disposé sur la face intérieure des parois verticales et sur le radier.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Les revêtements d'imperméabilisation sont de deux types :

- revêtement par mortier hydrofugé ;
- revêtement par film en résine polymérisables.

La structure résistante doit être conçue et calculée comme relativement étanche, c'est-à-dire en réduisant les contraintes admissibles béton et aciers de manière à éviter les fissurations. L'exécution doit être particulièrement soignée (reprises de coulage, parements...) pour l'application des revêtements d'imperméabilisation.

Avantages

Ce type de cuvelage convient pour les ouvrages construits « en limite d'emprise » pour lesquels l'accès à la face extérieure est impossible (fouille en site urbain, etc.). Il est plus économique (relativement) que celui traité ci-après, mais moins fiable, les défauts de la structure (fissures) pouvant se répercuter sur les revêtements d'imperméabilisation rapportés.

Inconvénients

- Étanchéité relative avec fuites possibles ou taches d'humidité.
- Suggestions d'application du revêtement d'imperméabilisation, notamment avec les procédés par résines.
- Difficultés de contrôle du niveau de la nappe phréatique. Scelllements impossibles « après coup ».

Pathologie

Fuites aux points singuliers difficiles à traiter (joints de structure, jonctions radier-parois verticales et parois-planchers intermédiaires), traversées de canalisation, tenue des revêtements d'imperméabilisation, difficultés de réparation.

Note

Les revêtements d'imperméabilisation peuvent être mixtes :

- radier = enduit par mortier hydrofuge (chape) ;
- parois = film résine.

3. Cuvelages par revêtement d'étanchéité extérieur

La pression de l'eau de la nappe applique un revêtement d'étanchéité continu sur la structure résistante et la sous-pression agit de même sur la membrane ou revêtement placé sous radier.

En théorie, cette solution est la seule qui puisse rendre un ouvrage complètement étanche.

Avantages

- Économie sur la structure résistante calculée d'une manière optimale pour résister à la pression hydrostatique extérieure.
- Étanchéité complexe de l'ouvrage immergé, même dans le cas d'une exécution en limite d'emprise qui nécessite un ouvrage de soutènement des parois de fouille (paroi moulée ou paroi berlinoise).

Inconvénients

Le coût est plus élevé ; sujétions d'exécution par phases gros œuvre :

- revêtement d'étanchéité, raccords, reprises, etc. ;
- nécessité d'une protection rigide du revêtement d'étanchéité du fait de son inaccessibilité ultérieure : coût élevé, impossibilité de réparation après coup sauf à créer un revêtement d'imperméabilisation.

Pathologie

- Rupture par cisaillement dans le cas de tassement d'ouvrages.
- Sujétions dans le cas de radiers fondés sur pieux se traduisant par des coûts supplémentaires.

2. Contexte

Le projet a pour objectif de développer une application web permettant de gérer les données relatives aux projets de construction. L'application sera utilisée par les équipes de projet et les gestionnaires de projet.

3. Objectifs

Les objectifs de la mission sont les suivants :
- Analyser les besoins des utilisateurs.
- Concevoir l'architecture de l'application.
- Développer les modules de l'application.



DALLAGE

Soulèvement

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Au dernier niveau inférieur d'un sous-sol à usage de parking d'un grand ensemble immobilier, un dallage exécuté sur terre-plein a été détruit par l'effet d'un soulèvement suivi de fissurations et d'un éclatement. La zone affectée correspond à une surface de plusieurs mètres carrés.



Soulèvement et éclatement d'un dallage sous l'effet d'une sous-pression. © J. Putatti

Les constatations effectuées montrent :

- une très faible épaisseur du dallage dans la zone concernée (quelques centimètres) ;
- la présence d'armatures correspondant à un treillis soudé ;
- la présence de fissures circulaires autour de la zone éclatée ;
- un espace important (15 à 20 cm) entre le dallage et le terrain sous-jacent ;
- l'absence de forme ou de hérisson.

CAUSES

Suite à de fortes pluies saisonnières, le niveau d'une nappe phréatique non décelée au moment de la construction (ou volontairement négligée) a remonté assez rapidement et a exercé une sous-pression importante. Le dallage coulé directement sur le sol n'était pas prévu pour supporter celle-ci.

Le poids propre estimé à 100 kg/m^2 (épaisseur 0,04 m environ) et l'armature nettement insuffisante, n'ont pu compenser la sous-pression. À titre d'exemple, une sous-pression correspondant à 1,00 m de remontée de la nappe exerce une poussée de 1 t/m^2 , qu'il faudrait équilibrer par un dallage d'au moins 0,40 m d'épaisseur si l'on tient compte du seul poids propre du dallage. Cette épaisseur peut être réduite en traitant le dallage qui est en fait un cuvelage devant rester étanche, comme un plancher dalle inversé (cf. schéma).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

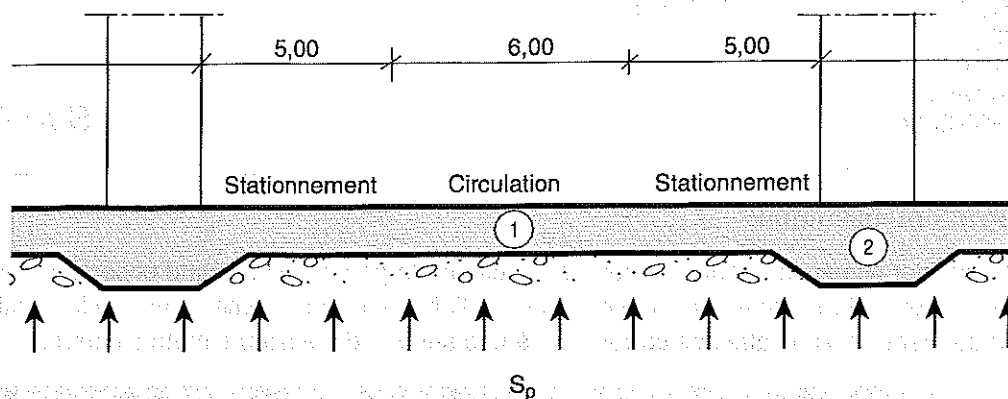
QR

ST

UV

WX

YZ



- ① Dallage cuvelage
- ② Surépaisseur poutre
- SP = sous-pression

Ce type de plancher correspondant généralement à une trame carrée est mal adapté au problème posé. La dalle épaisse doit donc être renforcée par des poutres longitudinales. En l'occurrence, dans le cas examiné, le désordre était inévitable. La connaissance de l'existence d'une nappe phréatique et de son niveau maximum de remontée est donc fondamentale pour la conception de cet ouvrage de dallage.

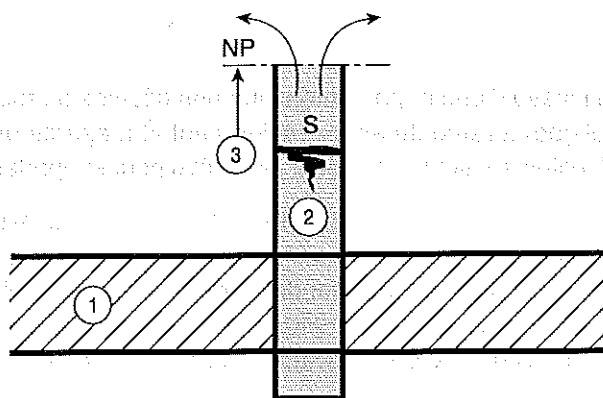
Lorsque ce niveau est inconnu ou mal connu et lorsque l'on veut faire l'impasse sur des ouvrages de cuvelage, la seule solution consiste :

1/ À admettre qu'en cas de remontée intempestive de la nappe, on *inonde le sous-sol*. Cela suppose que celui-ci est inoccupé au moment de cet événement.

Si le débit d'inondation n'est pas trop important, on peut disposer une installation de pompage qui évacue l'eau dès que le niveau de la nappe atteint celui du dallage. La mise en route des pompes doit être automatique et l'on doit disposer de deux pompes afin de prévenir la panne de l'une des deux. Il est recommandé de faire fonctionner ce matériel périodiquement.

La surveillance du niveau de la nappe peut être faite en disposant des tubes piézométriques traversant le dallage, et implantés en différents endroits du dallage (partie centrale, rives...) (cf. schéma).

2/ À prévoir des regards servant d'évacuation des eaux de surface du dallage (pluie, fonte de neige amenée par les voitures) et des eaux de lavage éventuelles. Ces regards évacuent vers l'égout ou, si celui-ci est placé trop haut, par l'intermédiaire d'une pompe de relevage. L'installation de tubes piézométriques permet de surveiller la remontée de la nappe ou son niveau par plongée d'une jauge. Elle ne supprime pas la sous-pression (idée fausse communément répandue) sauf sur la section S du tube.



- ① Dallage-radier cuvelage
- ② Tube piézométrique
- ④ Niveau maxi (connu) nappe phréatique



Question/Réponse

DALLAGE EXTÉRIEUR

Effet de la végétation - Fissuration

QUESTION

Quelles sont les causes qui peuvent être à l'origine d'une fissuration d'un dallage extérieur ?

RÉPONSE

Description du désordre

Dallage d'entrée d'hôtel établi sur terre-plein (trottoir) avec revêtement en briques pleines de terre cuite. Fissurations et déformation du dallage sous l'effet de la végétation. Destruction d'un muret.



Détail des désordres. © J. Putatti

Dans une jardinière bordant un escalier d'accès à l'entrée de l'hôtel ont été plantés des arbres ou arbustes (un palmier et des lauriers). Sous la poussée des racines de ces plantations, différents désordres se sont produits, dont :

- fissure du muret de jardinière avec mouvement de bascule ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

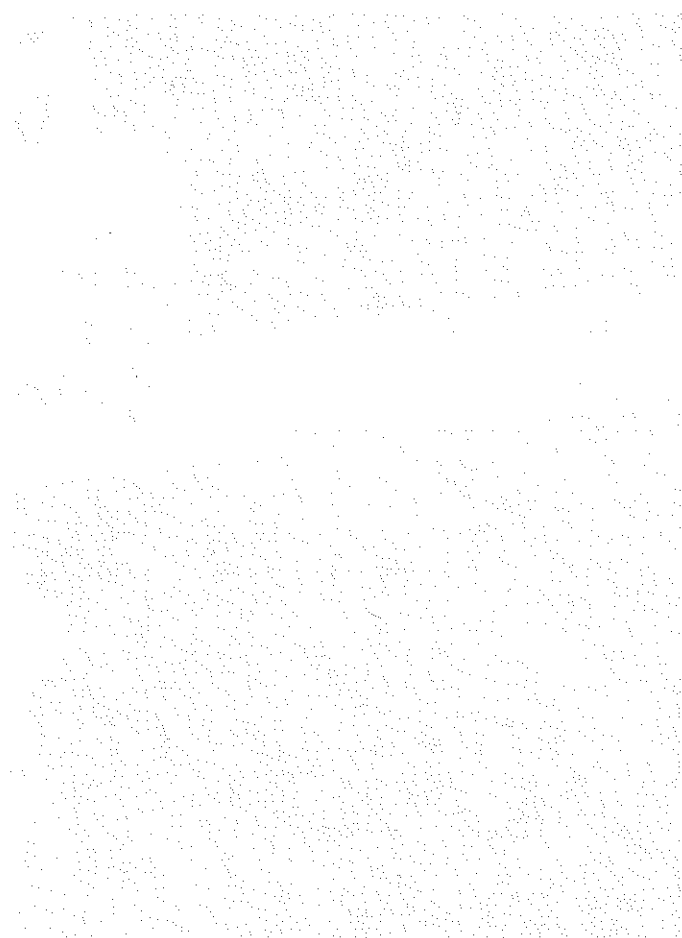
YZ

– fissure en prolongation dans le dallage et son revêtement avec dislocation de ce dernier (briques pleines de terre cuite) au niveau de la première marche.

Ces désordres risquent d'entraîner des chutes de personnes. D'autre part, les fissures laissent pénétrer les eaux de pluie et accentuent les effets de croissance de la végétation.

Remèdes

- Démolition complète des ouvrages affectés par les désordres.
- Suppression des plantations en pleine terre, avec tout le système racinaire dangereux.
- Reconstruction du dallage avec fondation sur terrain dégagé et reconstitution du revêtement.
- Si des plantations sont prévues, elles doivent être mises en place dans des bacs indépendants du dallage.





DALLAGE EXTÉRIEUR

Tassement de revêtements de sols extérieurs sur terre-plein

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Un dallage extérieur constitué de pierres naturelles posées en *opus incertum* a subi plusieurs types de désordres.

Le dallage est posé sur une forme reposant sur un terre-plein ; celui-ci correspond au remblaiement de la fouille autour de la construction comportant un sous-sol enterré (fig. 1).

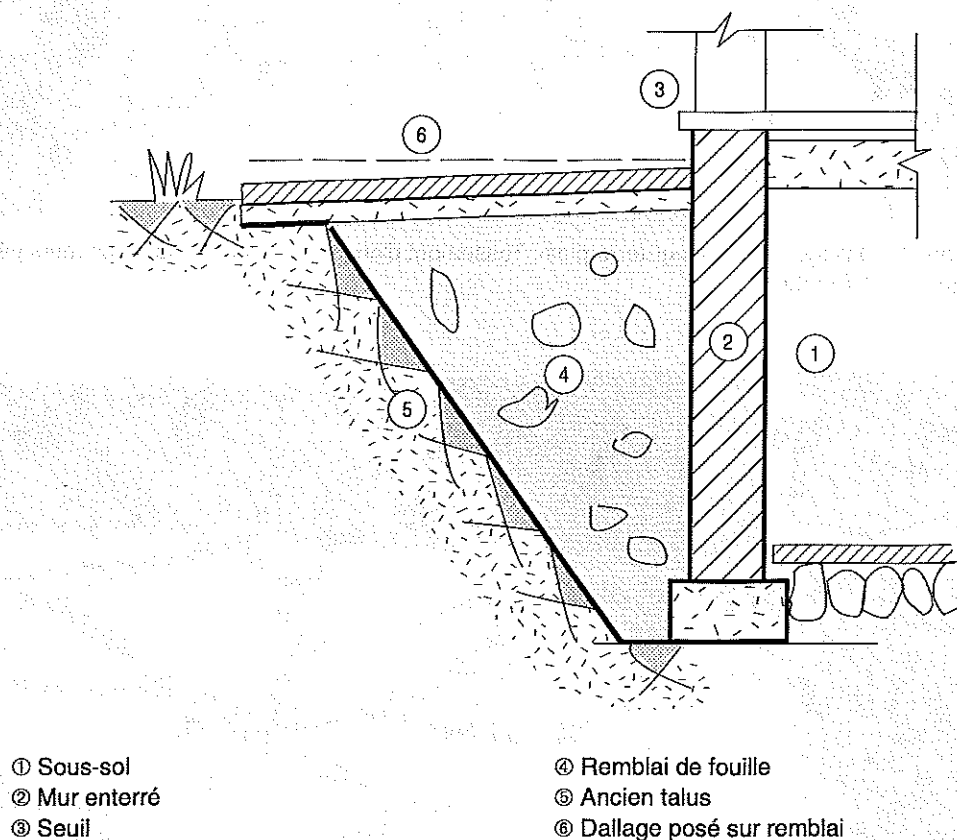


Fig. 1 : Coupe sur dallage et sous-sol.

Les désordres sont de deux types :

- tassement d'ensemble (photo 1) avec décollement des murs périphériques ;
- fissuration du dallage au droit des joints par tassement et effondrement de la forme (photo 2).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 1 : Dallage extérieur sur terre-plein. Tassement d'ensemble. Décollement des murs périmétriques. © J. Putatti



Photo 2 : Dallage extérieur ayant subi :
 – un tassement d'ensemble (pente de la droite vers la gauche) ;
 – une fissuration avec effondrement d'une zone de dallage (joints ouverts). © J. Putatti

CAUSES DES DÉSORDRES

Ce type de désordre, fréquent en construction de maisons individuelles, résulte :

- de fouilles mal remblayées, avec des sols de mauvaise qualité, non compactés par couches ;
- de fondations de dallage sommaires, en gros béton non armé ;
- de pentes insuffisantes permettant les stagnations d'eau, les infiltrations dans le remblai et les tassements.

REMÈDES

Se reporter à la fiche « Solutions » du même thème.

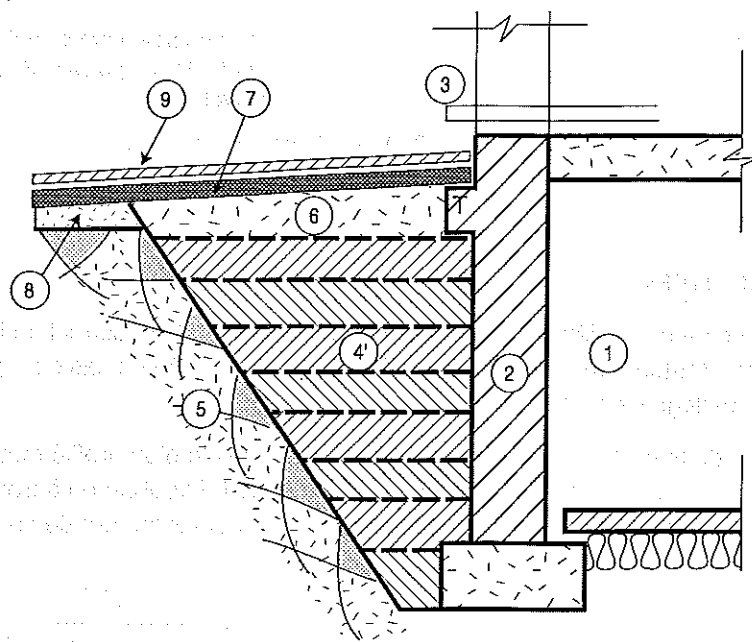


DALLAGE EXTÉRIEUR

Tassement de revêtements de sols extérieurs sur terre-plein ¹⁾

DISPOSITIONS PRÉVENTIVES

Les dispositions suivantes sont à prendre au moment de la construction et permettent d'éviter les désordres par tassements et fissuration de dallage (fig. 1).



- | | |
|---|--|
| ① Sous-sol | ⑤ Ancien talus de fouille |
| ② Mur enterré | ⑥ Couche de sable compacte |
| ③ Seuil | ⑦ Dallage béton armé coulé sur feuille de polyéthylène |
| ④ Remblai de fouille exécuté par matériaux sélectionnés et par couches compactées de 0,20 m d'épaisseur | ⑧ Gros béton pour assise du dallage |
| | ⑨ Revêtement |

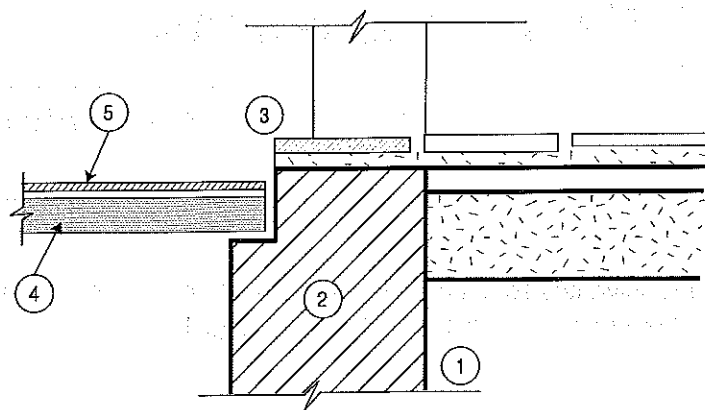
Fig. 1 : Coupe sur dallage et sous-sol.

La précaution indispensable consiste à réaliser avec le mur (par exemple avec le chaînage-plancher), un appui de la dalle support à réaliser en béton armé, l'autre appui étant constitué par un blocage ou une bêche en tête de l'ancien talus de fouille. La dalle support du revêtement extérieur repose ainsi sur deux appuis stables.

En variante, le talon (saillie de 0,05 à 0,10 m) peut être réalisé par une surépaisseur du mur de sous-sol (fig. 2).

Ceci présente néanmoins l'inconvénient de réaliser un gros mur (épaisseur 0,30 à 0,40 m) par exemple, en moellons.

1) Cf. fiche « Désordre » du même thème.



- ① Sous-sol
- ② Mur enterré
- ③ Seuil

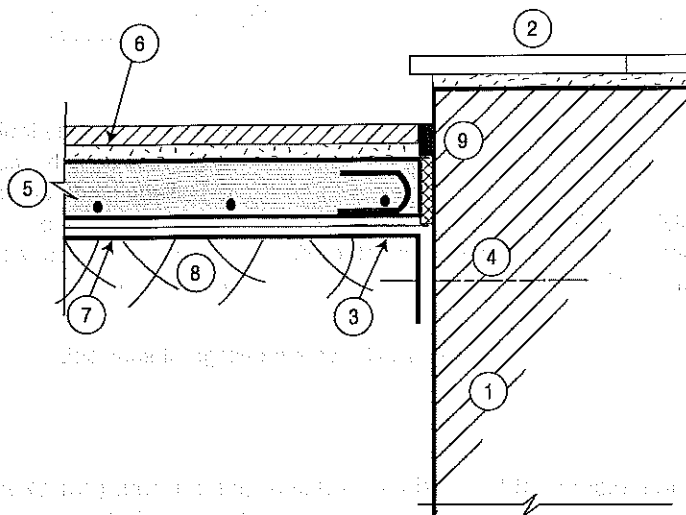
- ④ Dallage béton armé coulé sur feuille de polyéthylène
- ⑤ Revêtement

Fig. 2 : Variante pour l'appui de dalle.

DISPOSITIONS CORRECTIVES

Le talon constitue une sujétion de réalisation au moment de la construction lorsqu'elle est réalisée en maçonnerie (béton armé). Cette disposition peut être utilisée en cas de réparation après dépose complète du dallage existant.

La réalisation du talon « après coup » peut être faite à l'aide d'un profilé métallique en acier galvanisé ayant reçu une protection bitumineuse (EIF = enduit d'application à froid). Ce profilé (équerre à ailes égales ou inégales) est fixé mécaniquement à la paroi du mur de sous-sol (fig. 3).



- ① Mur sous-sol
- ② Revêtement intérieur
- ③ Équerre acier galvanisé + protection bitumineuse
- ④ Fixations mécaniques
- ⑤ Dalles support BA

- ⑥ Revêtement extérieur
- ⑦ Film polyéthylène
- ⑧ Remblai compacté + couche de sable
- ⑨ Joint mastic sur fond de joint

Fig. 3 : Détail appui de dalle du dallage extérieur.



Question/Réponse

DALLAGE INDUSTRIEL

Fissurations

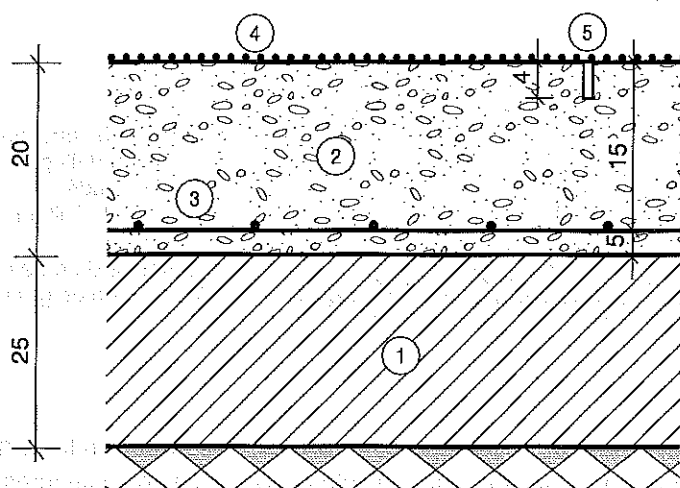
QUESTION

Quelles sont les causes de fissurations dans un dallage monolithe ?

RÉPONSE

Description de l'ouvrage

Ouvrage neuf comportant une dalle monolithe en béton de 0,20 m d'épaisseur avec une couche de finition par saupoudrage de granulats durs et talochage mécanique. La dalle a été coulée à l'intérieur d'un bâtiment couvert, sur une couche de fondation constituée par du tout-venant 0/30 correctement compacté de 0,25 m d'épaisseur (cf. figure).



- ① Couche de fondation
- ② Corps du dallage
- ③ Treillis soudé
- ④ Couche de finition
- ⑤ Joint scié

La dalle est armée par un treillis soudé $100 \times 100 - 6 \times 6$ (mailles carrées 100×100 - fils $\varnothing 6$) disposé dans le tiers inférieur de la dalle. Elle est fractionnée dans les deux sens par des joints de retrait de 0,04 m de profondeur sciés tous les 5,00 m dans les deux sens.

Description des désordres

Des fissures sont apparues rapidement en dehors des joints sciés (ouverture de l'ordre de 0,5 mm, tracé aléatoire). Pas de dénivellation entre les bords de fissures.

Causes

C'est le retrait du béton qui est en cause. Le fait que l'apparition des fissures a été constatée avant l'application des charges exclut les sollicitations excessives dues aux charges ou une défaillance de la fondation. En toute vraisemblance, il apparaît que les précautions n'ont pas été prises pour éviter ou limiter ces phénomènes de retrait, en particulier, la protection immédiate de la dalle coulée contre une évaporation trop rapide de l'eau de gâchage. Cette opération ou « cure » du béton n'a pas été décidée soit par arrosage (aspersion), application de produits de cure (résine) ou mise en place de bâches. Elle aurait freiné le départ rapide de l'eau pendant la première période du retrait.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

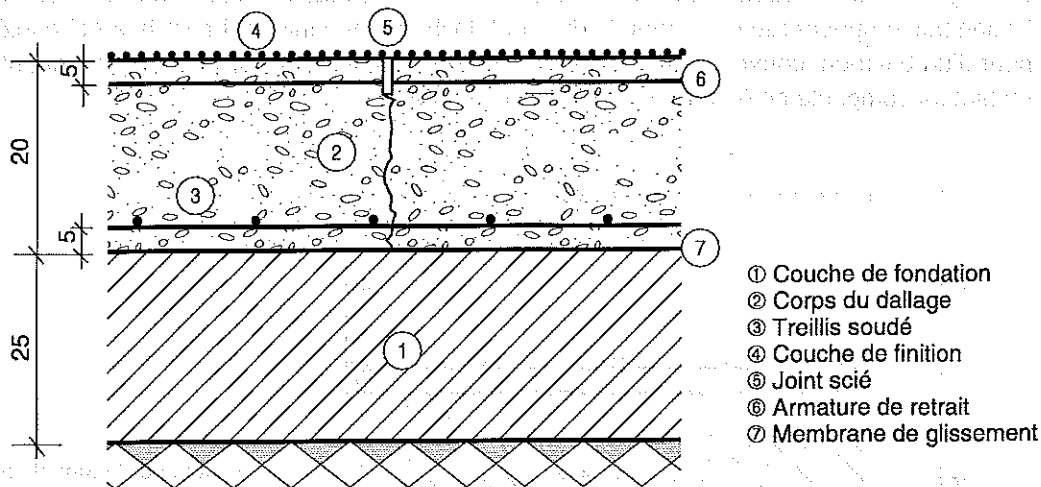
On distingue en effet :

- le retrait avant prise ou retrait « plastique » ;
- le retrait après prise (hydraulique).

Le premier est rapide et intervient dans les 3 à 6 heures qui suivent la confection du béton. Il est très important (5 à 10 fois la valeur du retrait hydraulique). Les conditions atmosphériques sont importantes (température de l'air, courants d'air...).

Il est possible que le sciage des joints opéré trop tôt, c'est-à-dire alors que le béton était en phase plastique dans sa période de durcissement, ait amorcé certaines fissures. D'autre part, pour des épaisseurs de dalle importantes, il est nécessaire de disposer en partie supérieure des armatures dites de « peau » pour répartir le retrait superficiel ; c'est en fait une armature antiretrait (cf. figure).

Enfin, le talochage fait remonter à la surface des particules fines (ciment + durcisseur) dont la présence accentue le phénomène du retrait différentiel.



Remèdes

Selon l'importance des fissures et leur développement, on peut les traiter en les élargissant au disque et en les remplissant par un mortier de résine. Toutefois l'application de charges risque d'accentuer les désordres (désordre de type évolutif). Ceci suppose qu'il n'y a pas d'autres types de désordres résultant d'une insuffisance de conception – calcul du dallage ou du sol de fondation.

Souvent, l'importance des désordres est telle que la réfection s'impose, généralement dans les zones les plus affectées. Les remèdes sont principalement d'ordre préventif.

- Conception, calcul du dallage en fonction du sol et des sollicitations prévues (charges de stockage variables, circulations d'engins, etc.) d'où détermination :

- de la fondation (épaisseur, armatures) ;
- des joints de fractionnement (types, espacements...) ;
- des compositions de béton et conditions de mise en œuvre (cure par exemple).

Quelques précautions complémentaires peuvent être prises :

- Lorsque deux nappes d'armatures sont prévues, il est nécessaire de bien positionner les nappes respectives par des calages appropriés (chaises) afin d'éviter que les deux nappes se superposent vers la partie inférieure de la dalle, lors du bétonnage de celle-ci.
- Une feuille de glissement et d'étanchéité peut être placée sur le support pour permettre les mouvements relatifs du corps de dallage avec la forme ou fondation et pour éviter les pertes d'eau du béton vers la fondation. Cette feuille (film polyéthylène 200 μ m) nécessite un support dressé préalablement à sa pose.



Question/Réponse

DALLAGES EN BÉTON

Exécution d'un dallage extérieur en période froide

QUESTION

Quelles sont les techniques d'exécution d'un dallage industriel de grande surface (épaisseur 0,15 m) en période hivernale (gel en séquences nocturnes) ?

RÉPONSE

Les deux techniques actuellement réalisables sont les suivantes :

- Utilisation d'un adjuvant

L'emploi d'un adjuvant incorporé au béton ne peut garantir de manière absolue contre les risques de gel intervenant lors des premières heures qui suivent la mise en place.

- Utilisation de bâches chauffantes

L'utilisation de bâches créant un espace clos limité à la partie de béton récemment coulée, avec un générateur d'air chaud pulsé permet de régler le problème. Il y a lieu d'utiliser deux bâches ou deux voiles en nylon (ou polyéthylène) :

- l'une posée sur le béton pour éviter l'évaporation (cure) ;
- l'autre placée au-dessus sur des tréteaux solidement arrimés pour fermer l'espace au-dessus du dallage. Cet espace sera chauffé dès que la température extérieure l'exige.

En pratique, le béton étant fragile vis-à-vis des effets du gel, il y a lieu de le maintenir au moins 72 heures à 10 °C (pour obtenir une résistance minimale de 50 dan/cm²).

Mais il ne faut pas élever la température au-delà de 30 °C, pour limiter les risques d'évaporation et pour mieux répartir la chaleur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE

Le présent questionnaire a pour objet de recueillir les informations relatives à l'exécution d'un dallage extérieur en période froide.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.

Le questionnaire est à compléter par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, en fonction de la situation.



DALLAGES DE SOUS-SOL

Phénomène « sécheresse »

DÉSORDRE (DESCRIPTION)

Le dallage du sous-sol d'un groupe scolaire s'est abaissé localement sur 4 à 5 cm.

Les zones correspondantes ont été démolies puis refaites au niveau correct initial.

Depuis une période de 1 an après remise en état, la zone refaite remonte et gêne la fermeture des portes.

Quelle est la *cause* de ce désordre ?

Quels sont les *remèdes* ?

CAUSES

L'étude du désordre a été faite à partir de quatre sondages pratiqués à la tarière à main.

Ces sondages ont révélé la présence sous le dallage :

- de remblais ;
- d'éboulis argileux.

La sécheresse des années 1990 est à l'origine du désordre :

- d'abord par diminution du volume des argiles consécutive à ce phénomène et au retrait des argiles supportant le dallage ;
- par la suite, à partir de 1992, la pluviométrie redevenue normale a provoqué le gonflement de l'argile par reprise d'eau.

La structure du bâtiment, étant fondée sur pieux, n'a subi aucun désordre. Seul le dallage fondé directement sur le sol a subi les fluctuations du niveau du sol sous-jacent.

REMÈDES

Les phénomènes « sécheresse » étant cycliques, la réparation effectuée est inefficace.

Il y a donc lieu de démolir à nouveau la zone affectée par le bombement du sol.

Procéder ensuite à un décapage du terrain d'assise sur 30 à 40 cm de profondeur.

Réaliser un *plancher* reportant les charges sur les têtes de pieux ou sur quelques micropieux et longrines pour remplacer le dallage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Annexe 1 - Bilan de l'année

10/10/2017
10/10/2017
10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017

10/10/2017



DALLAGE SUR TERRE-PLEIN

Affaissement

AB

CD

POSITION DU PROBLÈME

Dans un ensemble de maisons individuelles construites sur terre-plein, on constate que la partie centrale de certains dallages s'affaisse sur quelques centimètres, en créant des vides en partie basse des cloisons. Quelle est la (ou les) cause(s) possible(s) de ce phénomène et comment peut-on y remédier ?

EF

CAUSES POSSIBLES

1. Décapage du sol inexécuté ou mal exécuté

Les végétaux existants ou restants se décomposent et créent un espace qui sera rempli par les matériaux mis en place sur le terre-plein. La dalle armée du dallage suit le mouvement de tassement du terrain sauf sur le pourtour où la présence des fondations sous murs raidit la dalle.

GH

IJ

2. Terrain argileux

La dalle a été faite sur un terrain argileux qui subit les effets de dessiccation, étant mis à l'abri des apports d'eau extérieurs. La diminution de volume entraîne un affaissement de la dalle.

KL

3. Terrain sableux

La dalle repose sur un terrain sableux. Les eaux de circulation souterraines peuvent entraîner les fines particules et provoquer des affouillements ou des tassements.

MN

4. Remblai récent

La dalle repose sur un remblai récent, insuffisamment compacté. Les tassements dans ce cas peuvent concerner également les fondations périmétriques.

OP

INDICES

- Les tassements se produisent généralement entre 6 mois et 1 an et se stabilisent au bout de 2 à 3 ans.
- Les phénomènes « sécheresse » sont cycliques et peuvent intervenir plusieurs années après la construction.
- La stabilisation du sol dans ce dernier cas n'est jamais atteinte, le sol subissant alternativement les effets de dessiccation ou de gonflement.

QR

ST

REMÈDES

1. Préventifs

- Aménagement correct du terre-plein devant recevoir le dallage :
- décapage soigné de la terre végétale (10 à 40 cm) ;
 - drainage, si nécessaire ;
 - compactage énergétique de remblais choisis par couches successives.

UV

WX

2. Curatifs

Les injections de béton sous dallage ne doivent être envisagées qu'à titre exceptionnel si par exemple des excavations importantes étaient constatées sous dallage.

YZ

ANNEXE 1 : ÉVALUATION

13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000



DALLAGES SUR TERRE-PLEIN

Gonflement de remblais

PRÉSENTATION

Grand ensemble immobilier à usage commercial comprenant des fondations superficielles établies sur un remblai compacté.

- Sol d'origine : ancien marécage proche d'une rivière.
 - Sol profond constitué des couches suivantes :
 - terre végétale sur 0,30 m ;
 - alluvions modernes (argiles et argiles sableuses) sur 1,30 à 2,30 m d'épaisseur ;
 - alluvions anciennes (sables et graviers) sur 1,50 à 2,50 m d'épaisseur ;
 - substratum schisteux altéré en surface sur 0,30 à 0,50 m d'épaisseur.
 - Établissement de la *plate-forme* (pour dallages) :
 - décapage sur 0,30 m minimum ;
 - mise en place d'un remblai compacté de laitier frais ripé (granulométrie 0/100) sur 1,60 m environ d'épaisseur, avec en surface 0,20 m de laitier concassé (granulométrie 40/60). Compactage par couches successives de 0,30 m d'épaisseur.
 - Les plates-formes sont réalisées en 2 tranches.
- La 1^{re} tranche est conforme aux spécifications du marché.
- La 2^e tranche comporte pour la couche inférieure 100 % de scories d'aciérie.
- La nappe phréatique comporte un niveau variable mais mal connu (approximation de l'ordre de 2,00 m). En période de hautes eaux, la nappe correspond au niveau de l'ancien terrain naturel soit du fait de la mise en place de remblais de substitution et se situe à 0,50 m au-dessus de la surface du sol de fondation.

En tout état de cause, le sol est inondable.

DÉSORDRES

Ceux-ci sont de 4 types.

- 1/ Fissuration systématique du dallage selon une trame régulière concernant uniquement la 2^e tranche.
- 2/ Fissures relativement importantes avec désaffleurement du dallage de cette 2^e tranche.
- 3/ Fracturation de cette dalle avec mouvement d'ensemble de la plate-forme.
- 4/ Zones de décollement et de broyage du revêtement de sol (carrelage).

CAUSES

- *Type 1* : malfaçon dans la réalisation des joints.
- *Types 2/3* : mouvements du sol sous le dallage (gonflements - tassements).
- *Type 4* : mauvaise qualité du mortier de la chape de pose ainsi que conditions d'exploitation.

En résumé, c'est surtout la *seconde tranche* qui a subi les désordres par effet de gonflement des remblais de substitution.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La *cause essentielle* correspond à la composition du remblai constitué de scories d'aciérie.

Ces dernières proviennent de la transformation de la fonte en acier ou de l'affinage de certains aciers.

Elles sont :

- pauvres en alumine (1 à 4 %) ;
- relativement pauvres en silice (5 à 20 %) ;
- relativement riches en chaux (≈ 37 %) ;
- souvent riches en oxydes de fer (15 à 75 %).

L'excédent de chaux mal répartie entraîne la formation de nodules de chaux vive (souvent gros $\Rightarrow \varnothing \geq 1$ cm).

La scorie contient également de la magnésie dont l'hydratation est beaucoup plus lente que celle de la chaux.

MÉCANISME DU PHÉNOMÈNE

Le gonflement du remblai est essentiellement dû à l'hydratation progressive des nodules de chaux vive contenus dans les scories. Cette hydratation provoque l'éclatement des blocs-nodules.

La chaux vive s'hydrate et absorbe l'eau avec un grand dégagement de chaleur. Elle se transforme en chaux éteinte.

La masse spécifique de celle-ci est plus faible que celle de la chaux vive et il y a augmentation de volume, d'où l'expansion de la masse dès que l'eau atteint les nodules.

Ce phénomène élémentaire peut se produire un grand nombre de fois et provoque le *gonflement du remblai*.

Dans le cas du sinistre étudié avec un remblai contenant 1 % de chaux vive sous forme de nodules de 2 mm de diamètre, le soulèvement au niveau du dallage (calculé) est de l'ordre de 9 cm.

RÉPARATIONS

Le phénomène de tassement est stabilisé 6 ans après l'exécution des travaux.

Des essais de gonflement recréés en laboratoire se révèlent négatifs et permettent de conclure que le gonflement du remblai est terminé au bout de 13 ans après achèvement des travaux.

La solution de réparation concerne, pour ce cas précis uniquement, les *revêtements de sols* (carrelage + chape) dans les zones sinistrées (2^e tranche).

CONCLUSION

À titre préventif, il y a lieu de bien déterminer la composition et la qualité des remblais de substitution.

N'utiliser en principe que des *laitiers de hauts fourneaux*, matériaux fiables et hydrauliquement inertes dans les conditions courantes.

Vérifier néanmoins la formation possible d'*ettringite*, constituant essentiel des liants hydrauliques, qui peut provoquer des gonflements nuisibles à la tenue des ouvrages dans certaines conditions.



DALLAGES SUR TERRE-PLEIN

Remblais de démolitions

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Soulèvement de dallages et de revêtements de voirie résultant du gonflement des plates-formes réalisées par remblais.

Présence de sels expansifs dans les remblais.

NATURE DES REMBLAIS

- Matériaux de démolition à base de plâtre.
- Remblai contenant du gypse.
- Utilisation de sous-produits industriels à base de mâchefer (incinération d'ordures ménagères) ou de sulfures.

CAUSES DU GONFLEMENT

- Présence ou formation de sels expansifs :
 - ettringite (ou sel de Candlot) ;
 - thaumasite (combinaison d'aluminat de calcium et de sulfate de calcium) : ciment avec gypse ou plâtre en milieu humide.

L'expansion due à l'absorption d'eau correspond à une augmentation de volume de 400 % environ.

Elle s'accompagne de pressions de gonflement considérables qui provoquent des désordres graves dans les dallages et revêtements :

- fissures ;
- soulèvements (de l'ordre de 1 dm) ;
- rupture de têtes de pieux (section située à la limite de la partie armée et de la partie non armée), etc.
- Les 3 facteurs à retenir sont :
 - les aluminates (ciment, laitier) ;
 - les sulfates solubles (plâtre, gypse, etc.) ;
 - l'eau.

CAUSE « PRATIQUE »

La cause pratique résulte de l'utilisation de matériaux de démolition concassés (matériaux de recyclage) pour des raisons évidentes d'économie.

En particulier, les graves de recyclages sont obtenus à partir de matériaux concassés dont l'analyse révèle la présence (non négligeable) de sulfates, dont le broyage augmente les surfaces de contact et favorise la production de sels expansifs.

Pour les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères utilisés en sous-couches de fondation de dallage, les phénomènes de gonflement sont plus complexes.

Seuls les mâchefers déferailés, exempts de cendres volantes et de matières organiques peuvent être considérés comme stables après un stockage à l'air de plusieurs mois permettant de libérer les sels expansifs éventuels, mais ces matériaux ne sont pas aptes à réaliser des formes de dallages.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

APPARITION DES DÉSORDRES

Les désordres dus au développement des sels expansifs peuvent se produire entre quelques semaines et plusieurs mois après la réalisation des ouvrages.

RÉPARATIONS

Seule la réfection complète du dallage est à envisager avec enlèvement complet de la couche de fondation et mise en œuvre d'une grave inerte.

Les coûts de réparation peuvent être très élevés, surtout en dallages industriels.



Question/Réponse

DALLES ALVÉOLÉES EN BÉTON PRÉCONTRAIT UTILISÉES COMME ÉLÉMENTS PORTEURS DES TOITURES-TERRASSES

Avantages et inconvénients

QUESTION

Quels sont les avantages et les inconvénients relatifs aux dalles alvéolées en béton précontraint intervenant comme **éléments porteurs** des toitures-terrasses ?

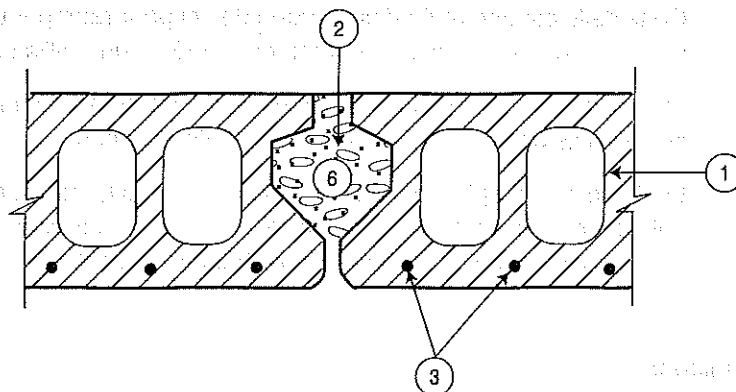
RÉPONSE

Ce type d'élément porteur correspond à la classification du DTU 20.12 (1^{re} et 2^e éditions) sous la désignation type D caractérisée comme suit :

« Élément porteur réalisé à partir d'éléments préfabriqués en béton armé ou précontraints posés jointifs et solidarisés par des clefs continues en béton (cf. Fig. 1).

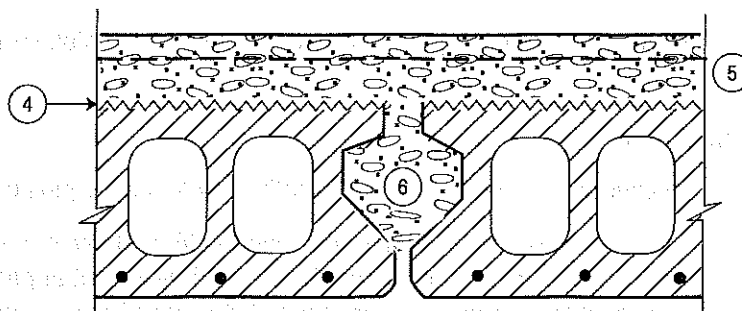
Les éléments ne sont pas complétés par une dalle rapportée en béton armé sauf une exception visée dans le type A de la classification (cf. Fig. 2) ».

Dans ce cas, la dalle rapportée est collaborante. Le DTU ne le précise pas, mais le dessus des éléments présente une surface rugueuse permettant une meilleure adhérence de la dalle rapportée coulée sur place sur les éléments préfabriqués.



- ① Élément préfabriqué béton précontraint
- ② Béton de cachetage
- ③ Fils de précontrainte

Fig. 1 : Coupe type sur élément porteur en dalle alvéolée (type D selon DTU 20.12).



- ④ Surface supérieure striée
- ⑤ Dalle coulée sur place avec treillis soudé
- ⑥ Joint

Fig. 2 : Coupe type d'un élément en dalle alvéolée avec dalle collaborante classé en type D.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Ce type de plancher est également défini dans le CPT « Planchers » titre III, 1^{re} partie (cf. Cahiers du CSTB, livraison 370, juin 1996, cahier n° 2892).

Ces planchers sont généralement conçus en travées isostatiques indépendantes pour les deux types présentés (avec ou sans dalle collaborante).

Aucune continuité n'est réalisée sur appuis intermédiaires ni aucun encastrement sur appuis de rive.

Les alvéoles sont conçus de manière que la transmission des efforts verticaux aux nervures soit assurée par effet de voûte ou de bielle.

Les dalles alvéolées sont solidarisées entre elles latéralement par des « clefs » en béton coulé sur place après pose des éléments jointifs. Le joint comprend la totalité du béton coulé en œuvre entre les faces latérales de deux dalles alvéolées jointives.

La clé est la partie « active » du joint qui assure, par sa forme, la transmission des efforts latéraux en interdisant toute déformation différentielle (effet de « touche de piano »).

Lorsqu'une dalle collaborante rapportée est prévue en béton armé entièrement coulé sur place, l'épaisseur doit être $\geq 0,05$ m.

Cette dalle est associée aux éléments préfabriqués et assure dans certaines conditions la résistance du plancher aux efforts de compression (membrure supérieure).

Le plancher réalisé de cette façon constitue un ensemble composite (béton armé + béton précontraint).

Cette dalle est différente d'une chape de sol pour rattraper une différence de niveaux ou des inégalités de surface. Elle est généralement armée d'un treillis soudé.

La conception et le calcul des planchers à dalles alvéolées, ainsi que leur fabrication et contrôle sont définis dans le CPT « Planchers » cité plus haut.

Le domaine d'emploi pour les planchers courants (portées, charges d'exploitation, etc.) et plus particulièrement pour les éléments porteurs de toitures-terrasses est défini, ainsi que les conditions de mise en œuvre dans chaque Avis technique particulier.

Avantages

Ces éléments sont généralement utilisés pour des raisons évidentes d'économie, sans dalle collaborante. Ils permettent une pose *rapide*, sous réserve de disposer d'engins de levage et de manutention adaptés, et *économique* pour des grandes portées d'utilisation.

La « finition » par le cachetage entre éléments est une opération simple et rapide permettant de disposer rapidement de la surface du plancher.

Ce type de plancher préfabriqué ne nécessite pas d'étaisements.

Inconvénients

1/ Cas des éléments *sans dalle collaborante* (cas le plus courant) :

- La précontrainte introduit dans chaque élément alvéolé une *déformation différentielle* avec courbure vers le haut. La pose jointive des éléments fait apparaître des différences (faibles mais non négligeables) de niveau entre deux dalles consécutives (défaut inévitable inhérent à la fabrication sur bancs de grande longueur. Ce défaut entraîne des ragréages par recharges pour la pose du revêtement d'étanchéité.

- Les éléments posés sur appuis sont soumis à une flexion sous poids propre et charges de service en travées isostatiques, donc avec *rotation* d'appuis inévitables. Ceci constitue une sujétion non négligeable pour les revêtements d'étanchéité du fait de l'apparition de fissures aux appuis (1 en rive, 2 sur appuis intermédiaires).

- Les réservations pour traversées de canalisation (EP, ventilation) doivent être réalisées en préfabrication, l'intervention « après-coup » sur chantier risquant, par coupure de fils de précontrainte, d'affaiblir l'élément correspondant.

- Les réservations pour dispositifs de joints plats de dilatation ne peuvent pas être obtenus avec ce type d'élément qui ne comporte pas de dalle collaborante. Or, le dispositif exige pour sa mise en place (en général) :

- un décaissé ;

- des chanfreins sur les angles des éléments.

- La position des joints de structure (dilatation-retrait ou tassement) pour les terrasses circulables peut ne pas correspondre à une modulation d'un nombre entier d'éléments alvéolés. Le recours au sciage des éléments alvéolés autorisé par les Avis techniques ne règle pas le problème.

- Les éléments alvéolés ne comportent *aucune armature transversale* entre les fils de précontrainte. Leur manutention est fragile et les fissurations au droit des alvéoles sont fréquentes.

- Les conditions d'appuis et d'ancrage des fils de précontrainte présentent des sujétions de pose avec les armatures transversales des chaînages ou des poutres aux appuis des éléments (présence de cadres).

- La transmission des efforts entre éléments jointifs par « effet voûte » ou « effet bielle » reste théorique, notamment sous l'effet des charges mobiles (dalles pour parcs-autos), au droit des joints de dilatation (plats) et plus particulièrement si l'on utilise des éléments sciés.

2/ Cas des éléments avec *dalle collaborante* (cas plus rare). L'utilisation de ce type de plancher qui nécessite une intervention complémentaire par le coulage *in situ* de la dalle collaborante atténue les inconvénients précédents :

- Les déformations différentielles résultant de la précontrainte sont absorbées par la dalle complémentaire et par la déformation compensatrice résultant du poids de cette dalle.

- Les rotations d'appuis subsistent. Elles peuvent être atténuées par des aciers de liaison pouvant absorber un léger moment de continuité, qui sont entièrement enrobées dans la dalle complémentaire.

- Les réservations pour trémies, traversées, etc., présentent la même sujétion que les éléments sans dalle collaborante.

- En revanche, les réservations pour mise en place des dispositifs d'étanchéité des joints de dilatation sont faites dans l'épaisseur de la dalle complémentaire coulée sur place.

- La modulation des éléments alvéolés en fonction de la surface à couvrir prend moins d'importance que dans le cas précédent avec un calepinage préalable qui tient compte des éléments avec réservations (pour canalisations ou autres pénétrations) et l'utilisation de demi ou quart d'élément (en fonction du nombre d'alvéoles des éléments courants) obtenus par sciage en usine de préfabrication.

- Les conditions d'appuis et d'ancrage des fils de précontrainte sont les mêmes que dans le cas précédent au niveau de la pose mais la dalle complémentaire permet une semi-continuité très relative par les aciers mis en place dans cette dalle.

- Les armatures transversales sont celles de la dalle complémentaire coulée *in situ* qui assure un meilleur monolithisme.

Je vous prie de noter les avantages et inconvénients des dalles alvéolées en béton précontraint utilisées comme éléments porteurs de toitures-terrasses.

Avantages : _____
Inconvénients : _____

Je vous prie de noter les avantages et inconvénients des dalles alvéolées en béton précontraint utilisées comme éléments porteurs de toitures-terrasses.

Avantages : _____

Inconvénients : _____

Je vous prie de noter les avantages et inconvénients des dalles alvéolées en béton précontraint utilisées comme éléments porteurs de toitures-terrasses.

Avantages : _____

Inconvénients : _____

Je vous prie de noter les avantages et inconvénients des dalles alvéolées en béton précontraint utilisées comme éléments porteurs de toitures-terrasses.

Avantages : _____

Inconvénients : _____

Je vous prie de noter les avantages et inconvénients des dalles alvéolées en béton précontraint utilisées comme éléments porteurs de toitures-terrasses.

Avantages : _____

Inconvénients : _____

Je vous prie de noter les avantages et inconvénients des dalles alvéolées en béton précontraint utilisées comme éléments porteurs de toitures-terrasses.

Avantages : _____

Inconvénients : _____



DÉFORMATIONS PONCTUELLES D'UN REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ

Revêtement d'étanchéité apparent

QUESTION

Quels risques peut présenter un revêtement d'étanchéité qui garde les empreintes de pas ?

RÉPONSE

Ce type de désordre peut survenir :

– *en cours de pose* de la première ou de la seconde couche d'un revêtement courant type bicouche, par période d'été, alors que la feuille qui vient d'être collée ou soudée à la flamme n'a pas suffisamment refroidi et conserve les marques accidentelles de pas du personnel de chantier (ou autre) (photos 1 et 2) ;

– *après circulation* sur un revêtement de toiture de type autoprotégé posé sur isolant de forte épaisseur, surtout s'il est de couleur foncée (plus absorbante du rayonnement solaire) en période d'été par très forte chaleur sur les zones exposées. Le marquage peut décoller les granulés minéraux de l'autoprotection qui restent adhérents à la semelle des chaussures. *Éviter en principe de circuler sur ce type de revêtements.*

Lorsque la marque de pas concerne la première couche, le désordre est moins grave de conséquence que s'il se produit sur la couche de surface. En effet, les empreintes disparaîtront lors de l'assemblage des deux feuilles (collage à l'EAC ou soudure à la flamme).

Pour les altérations de surface sur feuilles d'étanchéité autoprotégées, les granulés manquants pourront être remplacés en chauffant légèrement la surface et en saupoudrant la zone déficiente.

Si la marque est profonde et traverse pratiquement la feuille, il y a lieu de *réparer localement* en soudant à la flamme une pièce couvrant la surface de l'altération après avoir gratté les granulés avoisinants de manière à réaliser une bonne adhérence.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 1 : Marques de pose sur revêtement d'étanchéité. © J. Putatti



Photo 2 : Marque de pas sur un revêtement bicouche (1^{re} couche) posé par période chaude. © J. Putatti



Désordre

DÉSORDRE MAÇONNERIE

Pignon fissuré

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Dans un village du Haut-Var, un petit bâtiment adossé à une chapelle qui a subi une restauration très soignée (photo 1) présente deux fissurations principales :

- l'une au droit du faîtage de couverture, de direction verticale, régnant sur toute la hauteur du mur-pignon ;
- l'autre près de l'angle-façade faisant suite au mur restauré de la chapelle.

Ce mur a été restauré par rejointoiement soigné de sa maçonnerie de pierre et renforcé dans sa partie soubassement-fondation par une maçonnerie de même type présentant un fruit important.

En revanche, le bâtiment attenant fondé très superficiellement et par ailleurs non chaîné, a subi le déchaussement de la fondation du mur de façade.

La maçonnerie de ce bâtiment n'a pas été restaurée comme pour le mur façade de la chapelle.

Il est à craindre que le phénomène de désorganisation de la maçonnerie ne s'aggrave avec effondrement du mur de façade et ruine du bâtiment annexe.

L'absence de chaînage dans le mur pignon constitue une cause aggravante, compte tenu de l'état de la maçonnerie hourdée à l'aide d'un mortier chaux-terre.

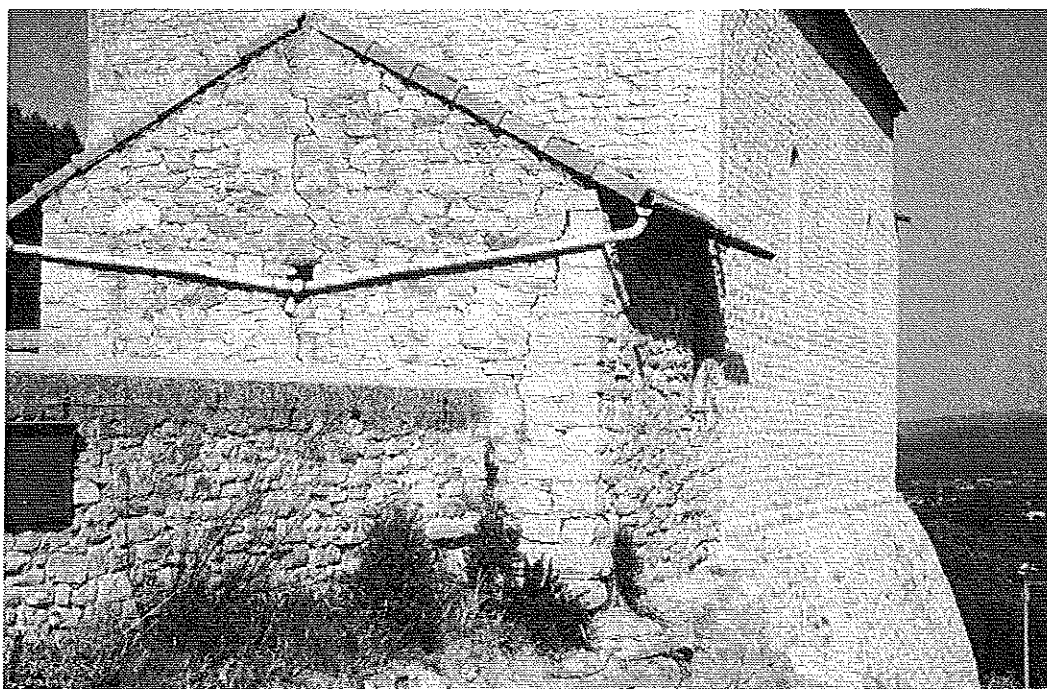


Photo 1 : Pignon adossé à la chapelle. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMÈDE

Le remède pourrait consister à procéder par reprises en sous-cœvre de la fondation du mur de façade et construction, selon l'état du sol (hétérogène dans cette zone, par la présence de blocs rocheux) d'un mur-talus fortement incliné destiné à éviter l'affouillement résultant du débordement d'une gouttière de toit de caractère symbolique.





DÉSORDRE DE FONDATIONS SUPERFICIELLES

Tassements différentiels

DÉFINITION - CONSTATATIONS

Les constructions superficielles fondées sur des terrains à faible portance telles que les anciennes zones lagunaires peuvent subir des tassements différentiels accompagnés de rotations d'ensemble des constructions, lorsque les fondations sont suffisamment rigides pour ne pas subir de désordres par fissurations ou dislocations.

C'est le cas des fondations réalisées par radiers généraux ne comportant généralement pas de sous-sol, compte tenu de la présence éventuelle de nappes phréatiques.

Deux exemples sont donnés ci-après, situés dans une même zone.

1/ Rotation d'ensemble d'un bâtiment dans le sens de la façade (photo 1).

Les deux constructions sont séparées par un joint de structure dit « de tassement » dont l'ouverture est plus forte en partie haute qu'en partie basse (effet réel et non résultant de la perspective du cliché photo).



Photo 1 : Tassements différentiels entre deux immeubles (Tunis). L'immeuble de gauche a subi une rotation d'ensemble. © J. Putatti

2/ Rotation d'ensemble arrière vers l'avant (photo 2)

Dans ce cas, le tassement est plus important sur la façade avant que sur la façade arrière.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

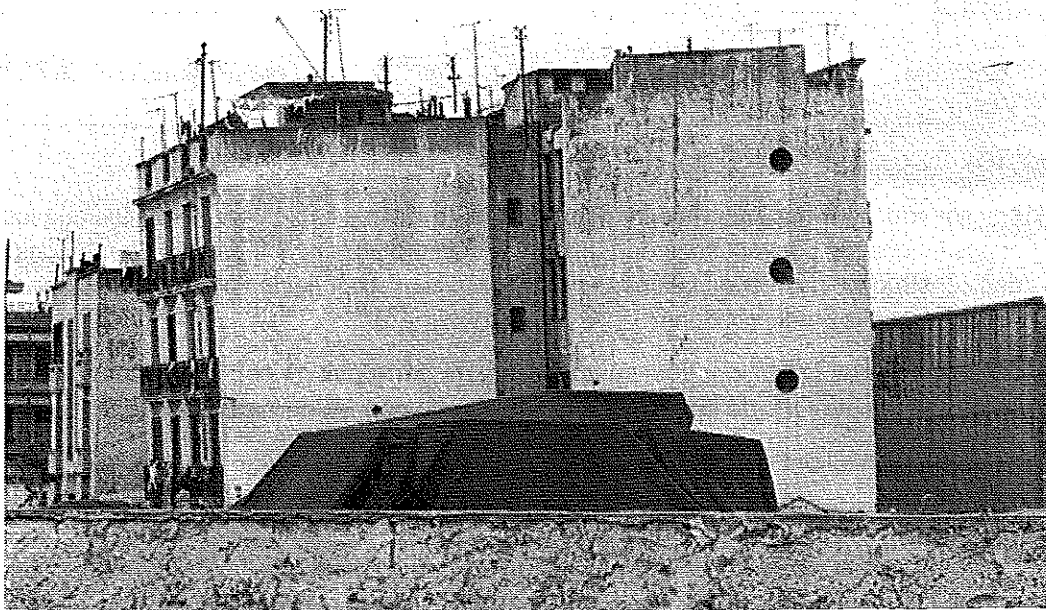


Photo 2 : Tassements différentiels d'ensemble (ville de Tunis). Les deux corps de bâtiment ont subi un tassement avec rotation de l'arrière vers l'avant. La verticale se retrouve, par référence, sur l'immeuble voisin côté gauche. © J. Putatti

La rigidité des fondations superficielles (radier général) a permis d'éviter des désordres par dislocations après fissures, néanmoins l'exploitation des habitations est rendue difficile (circulation des personnes, portes, utilisation des surfaces initialement horizontales, évacuations des eaux usées, etc.)

REMÈDES

La première question qui se pose est la suivante : le phénomène était-il stabilisé au moment de la constatation.

Dans le cas positif, la reprise par fondations profondes est impossible pour le cas présenté, les pieux fonctionnant en « frottement négatif » compte tenu de la nature des terrains et de l'épaisseur de la couche portante.

Les procédés par injections dans les sols peuvent être tentés pour stabiliser la situation, mais le coût relatif et l'incertitude du résultat sont à prendre en considération.

Dans le cas négatif, l'immeuble peut continuer à prendre du « gîte », c'est-à-dire continuer sa rotation.

La construction deviendra inutilisable et dangereuse pour ses occupants.



DÉSORDRES REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ PAR HYDROCARBURES

Toitures industrielles avec revêtement d'étanchéité

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les revêtements autoprotégés par granulés minéraux ou gravillons adhérents ¹⁾ sont très sensibles aux émanations de gaz sortant en toitures évacuant des vapeurs nocives à base d'hydrocarbures ou de solvants. Ces toitures sont de type industriel (photos 1 à 5).

Dans d'autres cas, des installations mécaniques en toiture (extracteurs) présentent des fuites d'huiles lourdes. Un problème analogue concerne les plates-formes d'atterrissage des hélicoptères sur les toitures d'immeubles. En général, des protections lourdes (dalles béton) protègent les revêtements d'étanchéité.



Photo 1 : Toiture industrielle en France. Revêtement sur support en dalles de béton cellulaire. Sorties d'extracteurs. © J. Putatti

¹⁾ Technique ancienne utilisée en France avec des gravillons de faible granulométrie agglomérés par un enduit à froid. Encore utilisée aux USA - Canada.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Autre exemple de toiture industrielle avec extracteurs. Les retombées de poussières grasses s'accumulent à proximité des appareils dans la couche de protection (graviers agglomérés).
© J. Putatti

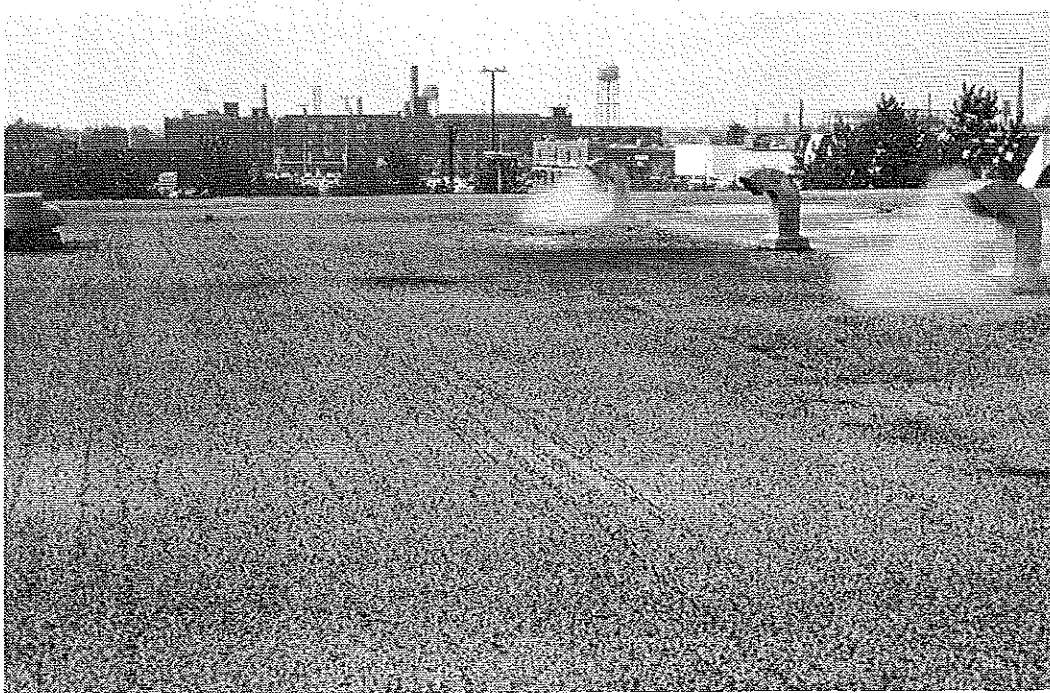


Photo 3 : Toiture industrielle aux USA (Chicago). Les extracteurs évacuent de la vapeur d'eau qui condense ainsi que des vapeurs nocives (solvants pour les bitumes) (photo 4). © J. Putatti

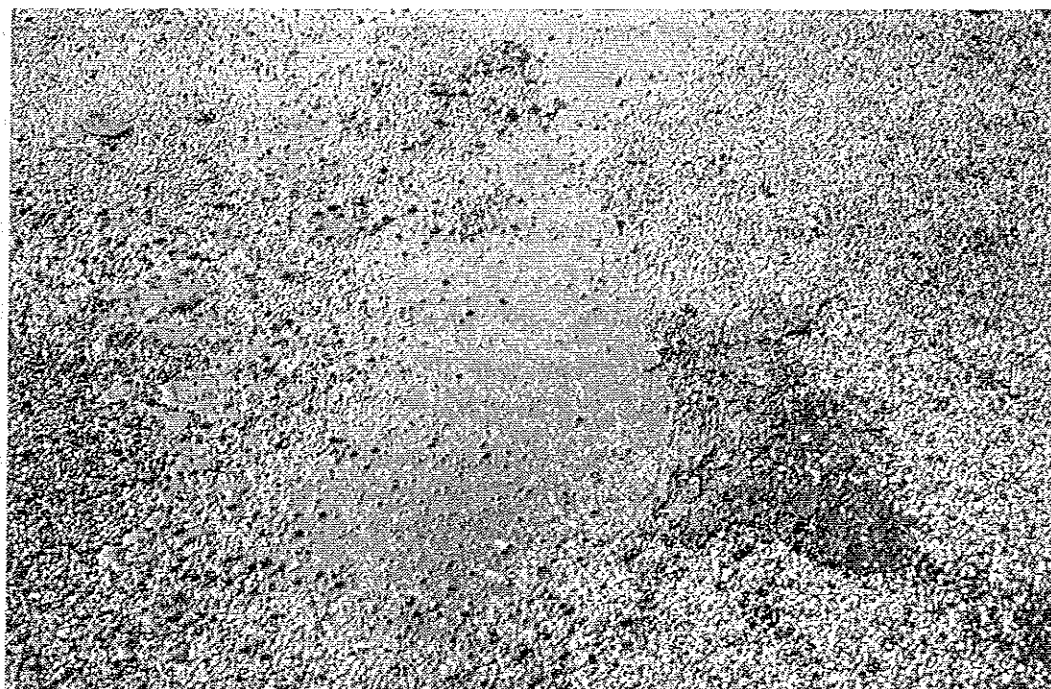


Photo 4 : Détail d'une zone concernée par les dépôts de la toiture industrielle (photo 3). © J. Putatti



Photo 5 : Toiture industrielle plate (Égypte, côté Mer Rouge). Étanchéité par membrane synthétique. Attaques par hydrocarbures après démontage d'un extracteur. © J. Putatti

Ces désordres résultent du fait que les toitures industrielles n'ont pas été traitées (conception + réalisation) selon les règles de l'Art.

Souvent, la destination de la toiture ayant changé au cours du temps, les installations nouvelles (conditionnement, traitement d'air, extraction de vapeurs nocives, etc.) ont été réalisées « après coup » :

- sans tenir compte du poids des installations, même avec des renforcements des charpentes, ne pouvant éviter les déformations et les stagnations d'eau ;

- sans réaliser les zones techniques et les accès à ces zones avec les protections adéquates :

- de type lourd ou rigide pour éviter les perforations ;

- compatibles avec les natures de produits à évacuer, c'est-à-dire sans dommage pour les revêtements.

Les chemins de circulation et d'accès sont souvent absents des terrasses à zones techniques.

Les consignes de sécurité réservées au personnel technique ayant accès à ces terrasses ou zones techniques ne sont pas souvent rappelées sur les ouvrages d'accès.

Un dernier exemple (photo 6) montre que si l'on ne dispose pas au droit de la sortie des condensats de ventilation et au niveau de l'étanchéité, une protection dure, le revêtement subit le désordre correspondant à l'impact des gouttes qui entraîne à terme le percement du revêtement.

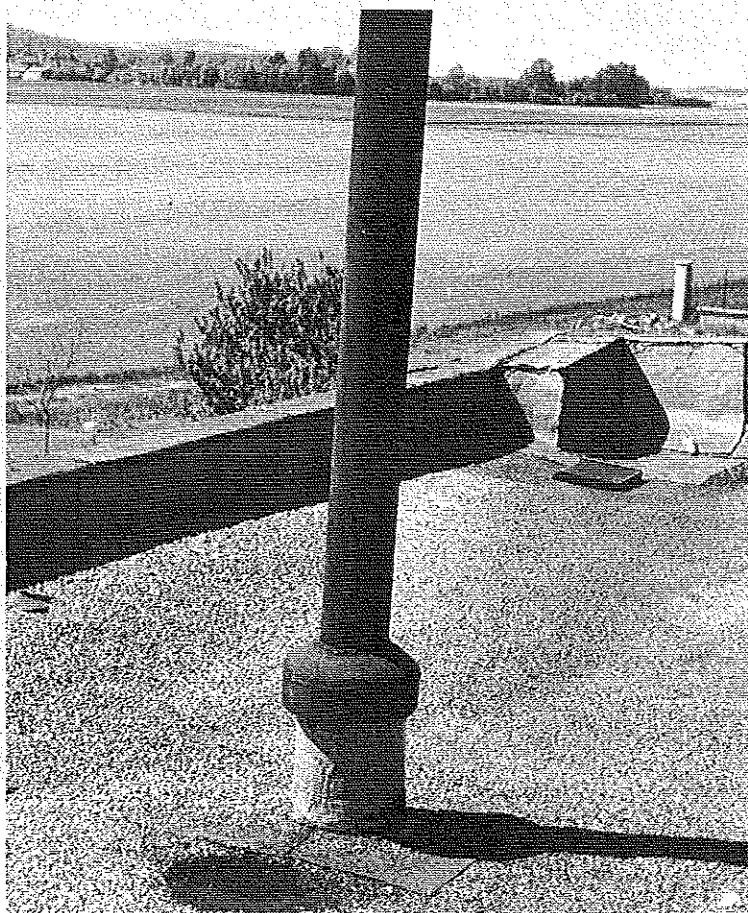


Photo 6 : Altération caractérisée par destruction localisée du revêtement d'étanchéité au droit d'une ventilation de locaux industriels.

© J. Putatti



DÉSORDRE SÉCHERESSE

Désordres divers (dallages, murs porteurs, etc.)

ILLUSTRATION DES DÉSORDRES DE TYPE SÉCHERESSE SUR UNE MAISON INDIVIDUELLE

Les désordres concernent :

- Les ouvrages extérieurs :
 - dallages : fissurations et tassements (photos 1, 2 et 3).
- Les maçonneries porteuses :
 - fissures d'angle (appui de linteau) ;
 - déformation bâti porte (photos 4 et 5).
- Les déformations de bâtis : fissures diverses (photo 6).
- Les désordres divers à l'intérieur : fissures plafonds, cloisons, revêtements de sols et de murs (plissement dans les papiers peints, fissures revêtements, décollements de carrelage, etc.).

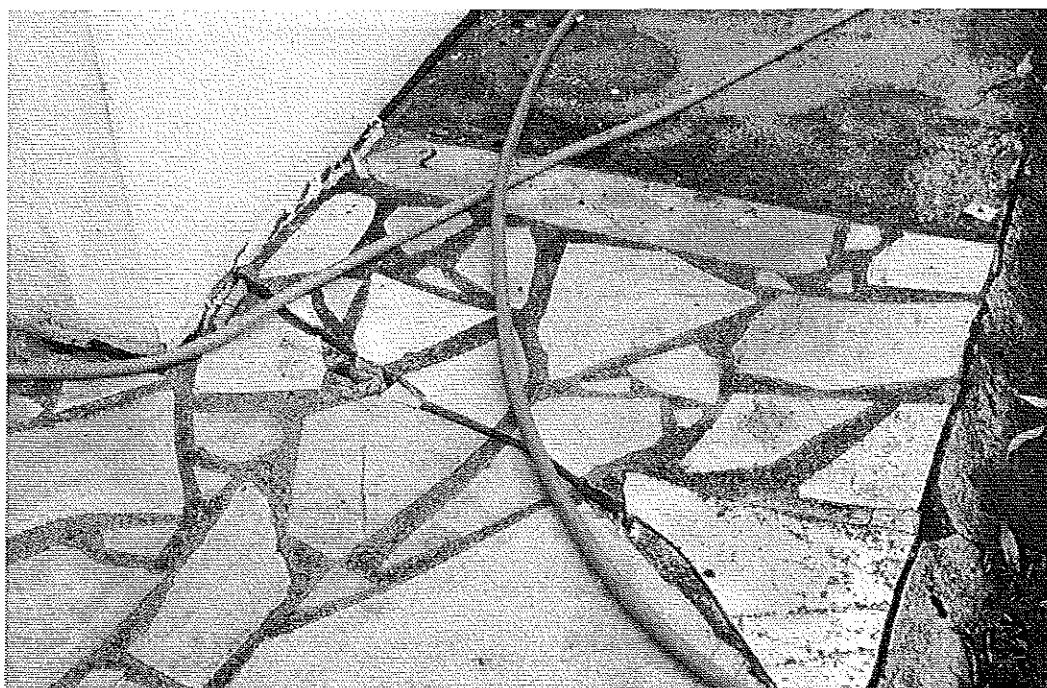


Photo 1 : Rupture d'un dallage (angle). Tassement-décollement du mur. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Tassement du dallage par rapport à la fondation. © J. Putatti



Photo 3 : Fissuration dans un angle de dallage (tassement différentiel).
© J. Putatti

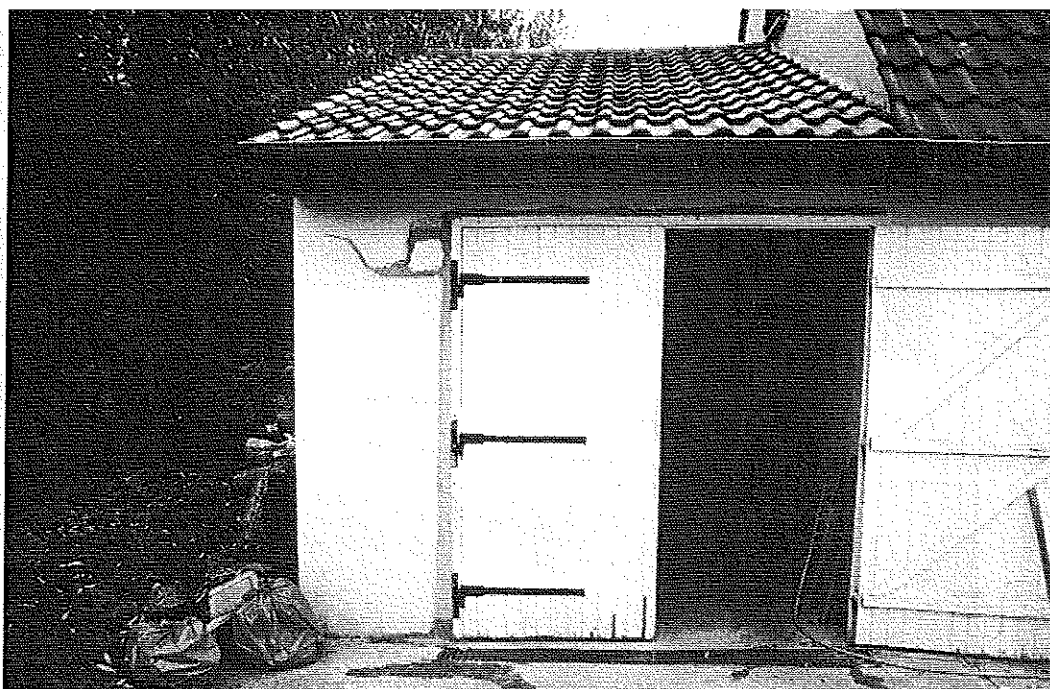


Photo 4 : Fissuration appui de linteau + mouvement du tableau. © J. Putatti

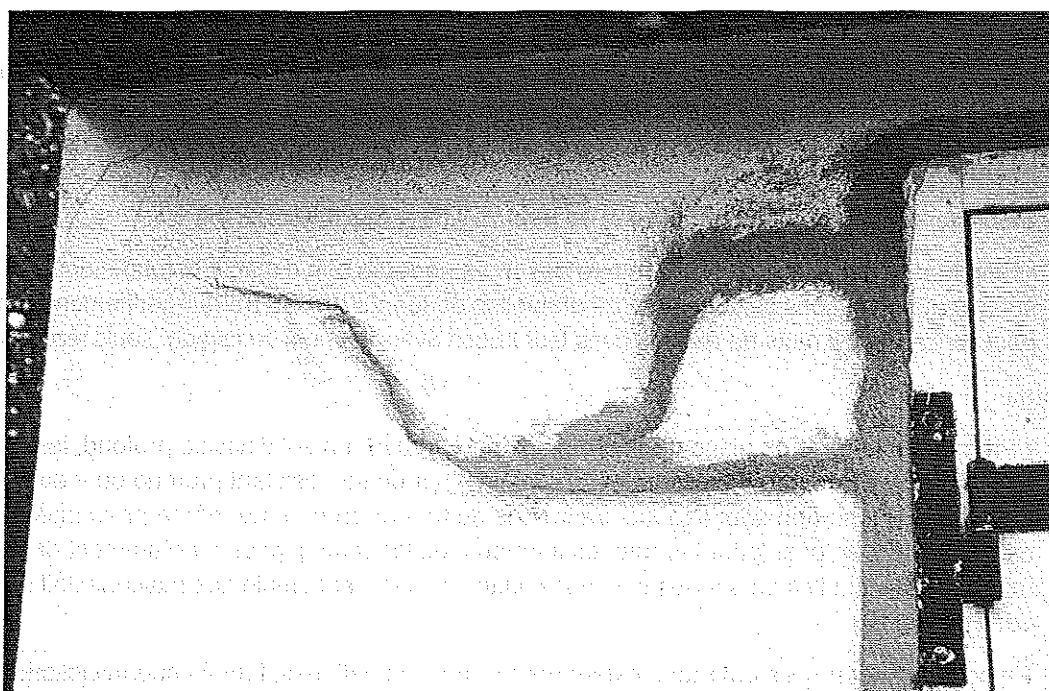


Photo 5 : Détail angle bâti-linteau porte (fissures réparées). © J. Putatti



Photo 6 : Déformation bâti : traverse inférieure. © J. Putatti

REMÈDES PROPOSÉS

Les désordres étant évolutifs, les réparations des ouvrages apparents tels que murs (fissures, photos 4 et 5) ne peuvent être considérées qu'à titre provisoire.

Le principe de réparation doit concerner les ouvrages de fondations.

Selon la nature des terrains d'assise, on peut :

- Effectuer des reprises en sous-cœuvres des murs porteurs afin d'établir la fondation sur un sol non soumis aux variations saisonnières ou annuelles de teneur en eau (retrait-gonflement). La difficulté peut concerner les murs de refends dans leur liaison avec les murs de façade, seuls repris en général.

ou

- Procéder à la mise en place de micro-pieux pour trouver un sol d'assise profond, les micro-pieux pouvant éventuellement fonctionner « en pointe » sur un sol résistant profond ou « en frottement » dans une couche non soumise aux variations de teneur en eau. Le même problème que dans le cas précédent se pose pour les refends intérieurs ou les murs pignons, notamment dans le cas de maisons individuelles en bandes continues. Dans ce cas, l'ensemble des maisons doit subir les travaux de reprise.

En ce qui concerne les ouvrages extérieurs tels que les dallages, fondés superficiellement sur des couches instables, la réparation des fissures ou des revêtements ne pourra constituer qu'un traitement provisoire.

Néanmoins, ces ouvrages devront être maintenus afin de protéger le terrain sous-jacent des variations importantes de la teneur en eau. Ces ouvrages devront être pentés vers l'extérieur et complétés, le cas échéant, par une tranchée drainante.



Question/Réponse

DÉSORDRES TOITURE-TERRASSE

Fuites, pénétrations d'eau

QUESTION

Quelles sont les investigations que l'on peut effectuer sur une toiture qui présente des défauts d'étanchéité (fuites, présence d'eau, etc.) ?

RÉPONSE

Ce type d'investigation correspond à la mission de l'expert qui doit déterminer « l'origine des désordres », c'est-à-dire :

- la localisation géographique de l'introduction de l'eau atmosphérique (ou autre cause) ;
- la cause physique de ces introductions.

Il aura ensuite à déterminer l'étendue ou l'importance des désordres, c'est-à-dire :

- la localisation des zones dégradées ;
- les remèdes et leur coût.

Selon que l'expert intervient pour l'assureur du demandeur ou pour le tribunal, la seconde partie ne sera généralement pas prise en considération de la même façon.

1/ Dans un premier temps, l'expert doit recueillir toutes les informations nécessaires à sa mission, c'est-à-dire mener son enquête à partir de documents écrits ou d'éléments recueillis auprès des parties :

- constitution de la toiture ;
- période de construction ou de réfection précédente ;
- périodes des infiltrations ;
- exposition aux facteurs climatiques (pluies et vents dominants) ;
- ouvrages d'étanchéité (parties courantes, reliefs, ouvrages particuliers, protections, etc.) ;
- destination de la toiture : inaccessible ou accessible (type d'accessibilité), etc.

2/ Ensuite, il pourra avoir recours à des investigations :

- de type non destructif :
 - mise en eau (cf. fiche « Épreuve à l'eau ») ;
 - investigations non destructives (mise en œuvre d'appareillages) ;
- de type destructif limité : sondages permettant de vérifier les hypothèses déduites des recherches précédentes.

MISES EN EAU

Cette méthode (épreuve à l'eau) fait l'objet d'une fiche spécialisée.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Elle présente surtout des *inconvenients* avec des risques d'accumulation d'eau dans les isolants et des fuites ultérieures. Elle ne permet pas de déterminer le ou les points de pénétration avec précision, les cheminements d'eau pouvant s'effectuer à travers les différentes couches d'une façon lente et complexe.

INVESTIGATIONS NON DESTRUCTIVES

Cette solution ne comporte en principe :

- pas d'apport d'eau (mise en eau) ;
- pas de perforation dans le revêtement d'étanchéité (sondage) ;
- pas d'intervention en sous-face (sauf démontage de faux-plafond).

En réalité :

- la sous-face devra généralement être dégagée (dépose partielle de faux-plafond), afin de déceler le (ou les) point(s) d'infiltration (fissures du gros œuvre, par exemple) (photo 1). Cas courants :
- joints entre prédalles ;
- joints entre éléments préfabriqués (dalles alvéolées) ;
- on pourra trouver le point de passage en sous-face, mais l'origine dans le revêtement d'étanchéité pourra nécessiter des investigations très lourdes.

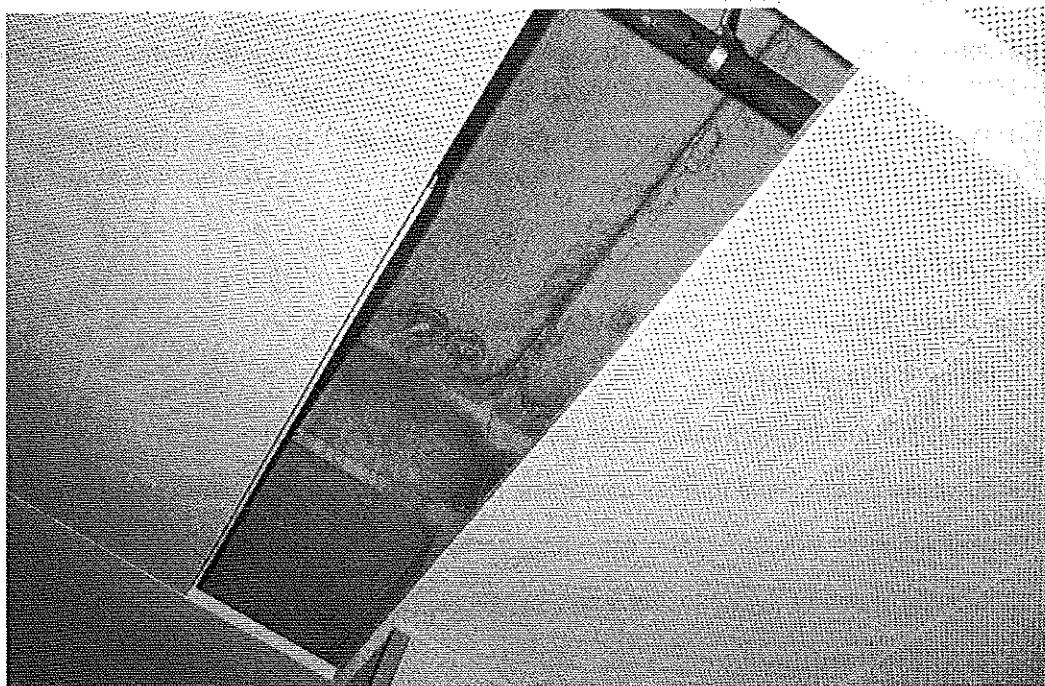


Photo 1 : Repérage d'une fuite linéaire du gros œuvre (joint de dalles alvéolées). Traces en sous-face après démontage du panneau de faux-plafond. © J. Putatti

Dans le cas présenté, la terrasse concernée était une dalle-terrasse jardin établie sur une salle d'ordinateurs ! ...

La recherche de l'origine des fuites du complexe étanche a nécessité la dépose des aménagements de terre par sondages successifs (revêtement d'étanchéité percé par des tuteurs lors de la mise en place de ces derniers...).

Les investigations non destructives permettent de déterminer :

- les zones d'isolants mouillés ;
- les points d'infiltration.

MÉTHODES UTILISÉES

Cinq méthodes sont utilisées.

1. Conductivité électrique

Cette méthode est basée sur l'augmentation de la conductivité électrique des matériaux en fonction de leur teneur en eau.

Les appareils utilisés sont généralement des humidimètres à pointe.

Cet appareillage ne convient que pour des éléments continus, ce qui n'est pas le cas d'un complexe toiture constitué de matériaux juxtaposés en couches successives.

2. Thermographie IR (infrarouge)

Cette méthode est basée sur la différence de température de surface des parois dont la conductivité thermique présente des hétérogénéités dans le plan. La conductivité variant avec la teneur en eau, on peut obtenir une image noire (avec densité variable) ou en couleur.

La réalité présente des difficultés pour un ouvrage de toiture.

Une photo d'une toiture entière doit être faite (caméra infrarouge) :

- de *nuit* de préférence pour éliminer l'influence parasite des ombres portées (arbres, constructions voisines) et de l'incidence des rayons solaires ;
- par *hélicoptère* pour avoir une vue totale de l'ouvrage (valable en site dégagé seulement), ou à partir d'un bâtiment plus élevé s'il en existe à proximité.

L'interprétation est très difficile (problème d'étalonnage pour comparer deux ouvrages semblables).

Différents facteurs peuvent intervenir (vent, pluie, température extérieure, etc.). Les rétentions superficielles qui ne correspondent pas à une présence d'eau interne interviennent dans les mesures, etc.

Les renseignements obtenus dans les meilleures conditions sont seulement qualitatifs.

3. Détection neutronique

Cette méthode est basée sur le ralentissement des atomes d'hydrogène de neutrons rapides émis par une source radioactive. L'appareil compte les neutrons ralentis : leur nombre est fonction de celui des atomes d'hydrogène.

Cependant, l'appareil détecte les atomes d'hydrogène des autres matériaux de la toiture (cas du bitume). On utilise le rapport :

$$\frac{\text{masse hydrogène}}{\text{masse moléculaire}} \quad \left(\text{pour l'eau } \frac{1}{9} \right).$$

Le béton de structure comporte également beaucoup d'atomes d'hydrogène. L'analyse d'une toiture par ce procédé consiste à établir un maillage aussi serré que possible et à choisir des seuils d'équicomptage.

On peut, à partir d'un sondage déterminant la présence d'eau, déterminer ces seuils. Mais la présence d'un bon pare-vapeur pourra révéler de l'humidité sans eau sans pour autant déterminer une fuite caractéristique.

Cette méthode présente d'autres inconvénients et ne pourra éviter les sondages pour lever les incertitudes des mesures :

- lenteur des mesures ;
- maillage limité (0,5 à 2 m) ;
- première mesure à 0,50 m des obstacles ;
- mesure sur revêtement sec direct ;
- détection de l'eau ou du bitume indistinctement, d'où difficultés du fait :
 - des recouvrements ;
 - de la surépaisseur du bitume de collage ;
- personnel spécialisé ;
- coût élevé ;
- sondages inévitables.

4. Mesure d'impédance

Le principe de cette méthode est basé sur la mesure de l'évolution de l'impédance des matériaux soumis à un flux de signaux électroniques de basse fréquence en fonction de leur teneur en eau : un flux de signaux est émis par l'intermédiaire de deux électrodes éloignées d'une dizaine de centimètres : si le matériau est non conducteur, les signaux sont isolés et il n'y a pas de courant ; si le matériau est conducteur (par nature ou du fait de sa teneur en humidité) un courant s'établit d'autant plus intense que le matériau est plus conducteur. Le signal devrait s'établir sur une profondeur de 5 à 7 cm. En fait, en pratique, l'efficacité ne dépasse pas 3 cm.

En pratique, on procède en deux temps :

- mesure rapide pour déterminer l'échelle des sensibilités ;
- puis analyse fine en reprenant les zones à réponse forte, moyenne ou faible.

Cependant, ce principe a des limites d'emploi :

- le système ne fonctionne pas sur revêtement conducteur (métal sur, dans ou sous le revêtement, EPDM ou butyl) qui fait court-circuit ;
- surface du revêtement sèche ;
- dépose de la protection lourde trop épaisse ;
- il n'y a détection que si l'eau est liquide au contact de la sous-face du revêtement : donc, le système ne fonctionne pas :
 - si des poches d'eau avec de l'air en surface, ou des TAN dont les creux de nervure sont remplis d'eau, pas de détection ;

- si des condensations se forment sous le revêtement, un écran mouillé peut détecter une fausse fuite ;
- si de l'eau se trouve sous l'isolant ou dans sa face inférieure ;
- l'épaisseur du revêtement intervient sur la sensibilité de la mesure.

5. Utilisation des ultra-sons

Principe : l'émetteur ultra-sons est disposé sous la toiture dans le local situé sous terrasse, placé dans l'air ambiant.

Les ultra-sons se propagent de façon préférentielle dans les milieux humides en suivant les traces d'humidité et en particulier les fuites d'eau liquide.

Un détecteur sur toiture détecte les passages d'ultra-sons, donc les points de passage d'eau.

En pratique il faut :

- accéder au local sous-jacent pour faire la mesure ;
- une continuité absolue du circuit de l'eau entre la face inférieure et la face extérieure du toit, donc intervenir un jour de pluie ou lors d'une mise en eau à saturation, ce qui présente le risque d'aggraver les désordres.

En fait, on détecte les points de passage de l'eau (entrée, sortie) mais on ne détermine pas le *tra-jet*, ni les *zones mouillées*.

D'autre part, le maniement des appareils à ultra-sons peut être dangereux pour la santé des opérateurs.

LES SONDAGES

Intervention destructive mais généralement limitée.

Le choix du sondage est parfois difficile et peut ne rien apporter, ce qui nécessite une ou plusieurs autres interventions.

A priori choisir :

- les particularités du revêtement (cloques, décollement de feuilles) ;
- les points bas ou les zones voisines des rétentions ;
- les points singuliers.

Les règles professionnelles de réfection des toitures mentionnent le pourquoi et le comment des investigations par sondages. Les entreprises connaissent la procédure et les dispositions à prendre pour la remise en état après sondage.

1. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions climatiques particulières ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

2. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de ventilation ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

3. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de circulation ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

4. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de stockage ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

5. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de maintenance ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

6. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de protection ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

7. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de sécurité ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

8. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de confort ?

oui / non / pas de réponse
si oui, préciser : _____

9. La toiture terrasse est-elle soumise à des conditions particulières de santé ?



Question/Réponse

DOUBLE VITRAGE

Choix d'un double vitrage

QUESTION

Comment choisir un double vitrage ?

RÉPONSE

Le double vitrage résulte principalement de la nécessité d'isoler les parois verticales et de diminuer l'écart d'isolation thermique entre les parties vitrées et les parties opaques.

- Un simple vitrage a un coefficient de transmission thermique K de $5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, c'est-à-dire 10 fois plus environ qu'une paroi opaque correctement isolée.
- Un double vitrage traditionnel comportant 2 lames de verre de 4 mm d'épaisseur séparées par une lame d'air de 6 mm (4-6.4) présente un coefficient K de $3,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, ce qui améliore le rapport d'isolation par rapport à un simple vitrage mais qui reste néanmoins insuffisant. Le fait de doubler l'épaisseur de la lame d'air (4-12.4) n'apporte pas d'amélioration suffisante.

Tout en restant dans le domaine de l'isolation thermique, on a cherché à améliorer ces matériaux :

– par un dépôt d'oxydes métalliques très fin sur une face d'une des glaces orientée vers la lame d'air : le vitrage émet en effet beaucoup moins vers l'extérieur.

Le facteur solaire très élevé laisse pénétrer la chaleur (gratuite) du soleil.

L'éclairement n'est pas diminué.

Les déperditions occasionnées par le vent (convection) sont diminuées.

Il s'agit d'un VIR = vitrage à isolation renforcée pour lequel :

$$K \leq 2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

Exemple : vitrage peu émissif (4-12.4)

$$\rightarrow K = 1,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

(certification CEKAL)

– si l'on remplace l'air de la lame intercalaire par un gaz rare (argon), le coefficient K diminue encore de $0,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (soit $1,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$).

L'effet de paroi froide et les risques de condensation sont fortement diminués.

- Au point de vue acoustique

Le double vitrage thermique constitué de deux glaces de même épaisseur n'apporte qu'une atténuation acoustique relative avec une chute d'isolement correspondant à la fréquence de résonance.

Pour obtenir un résultat efficace, il faut empêcher cette résonance et éviter la symétrie, c'est-à-dire prévoir des épaisseurs différentes pour chacune des glaces (cas d'un site moyennement exposé aux bruits aériens extérieurs).

Pour encore plus d'efficacité, remplacer l'une des glaces par une glace feuilletée avec un intercalaire spécial phonique (cas d'un site fortement exposé).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Protection contre l'effraction

On utilise pour la glace exposée (extérieure) une glace feuilletée avec un autre type d'intercalaire.

- Vitrages doubles de sécurité

On utilise une glace trempée à meilleure résistance mécanique, limitant les blessures en cas de bris, disposée côté intérieur.



Question/Réponse

EAUX (ÉPREUVE D'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU D'UN OUVRAGE)

Expertise

QUESTION

Pourquoi effectuer une épreuve à l'eau ?

RÉPONSE

Plusieurs problèmes se posent pour pouvoir répondre à cette question :

- quel est le type d'ouvrage à « éprouver » ?
- quel est le but de l'essai : est-ce pour démontrer que l'ouvrage est fuyard ou est-ce pour déterminer l'origine d'une fuite ?
- comment procéder pratiquement pour réaliser l'essai, à condition que celui-ci soit réalisable et non susceptible de causer des dommages ultérieurs ?

L'expert doit se méfier de ce type de demande, certains types d'ouvrages ne pouvant subir une épreuve d'eau qui ne correspond pas à la réalité des conditions climatiques ou des conditions d'exploitation.

1. Cas des couvertures

Certains pratiquent l'essai dit « à la lance » d'arrosage. Moyennant une certaine pression et en dirigeant le jet d'une certaine façon, on arrivera toujours à provoquer des infiltrations dans une couverture qui n'a jamais présenté de fuites. **Cette méthode doit être refusée catégoriquement.**

L'examen visuel correct consiste à examiner la couverture par sa face intérieure en période de fortes pluies continues.

Le problème réside alors :

- dans l'accessibilité au comble et à la sous-face de la couverture, notamment dans le cas d'une sous-toiture avec ou sans isolant ;
- dans la présence de l'expert lors des fortes précipitations pour effectuer les constatations.

2. Cas des menuiseries

Un exemple concret, illustré par les photos jointes (photos 1 et 2), montre que l'essai d'arrosage à l'aide d'un tuyau est possible mais dangereux, car le trajet de l'eau qui arrive à s'infiltrer ne peut être repéré (même avec des eaux colorées).

Les investigations doivent porter sur les liaisons (étanches ou non) entre le bâti de menuiserie et le gros œuvre, c'est souvent là que l'on arrive à déterminer une faiblesse (fissure du mortier de pose, défaut de calfeutrement, insuffisance de rejingot, etc.).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

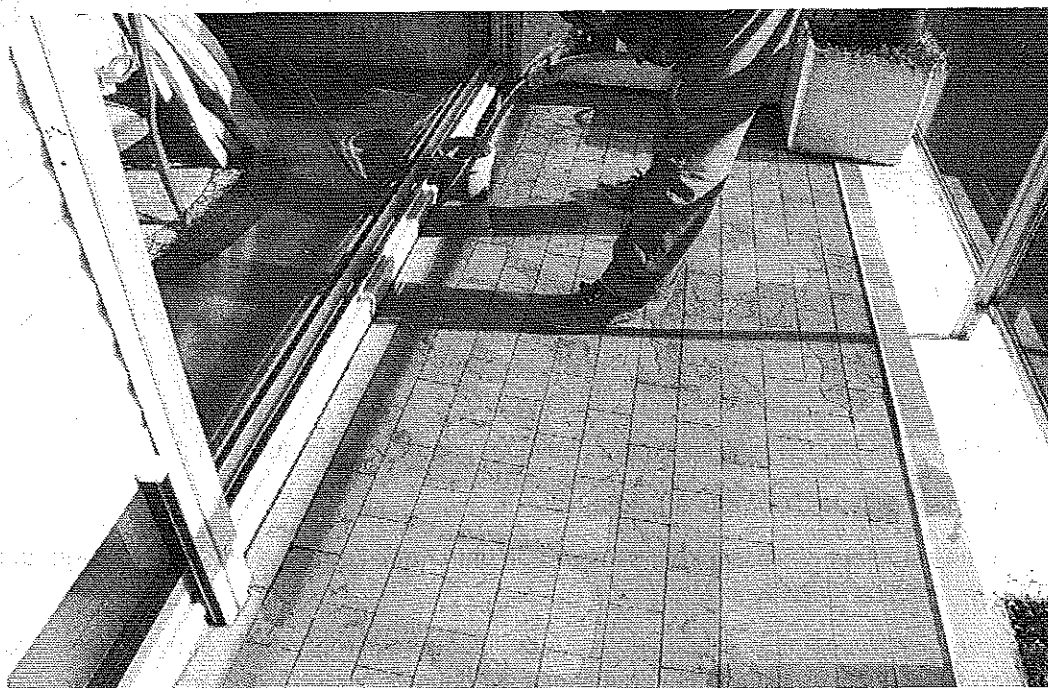


Photo 1 : Essai d'eau à la lance d'arrosage sur une dalle de balcon. L'eau arrive à s'infiltrer mais on perd sa trace (qui peut se révéler ailleurs, mais plus tard...), donc essai infructueux. © J. Putatti

Le simple démontage de la parclose dans le cas précité (photo 2) a montré l'existence d'une fissure au même niveau que le carrelage. L'eau de pluie passait sous la parclose à chaque forte pluie, poussée par le vent, et s'infiltrait dans la fissure non repérable.

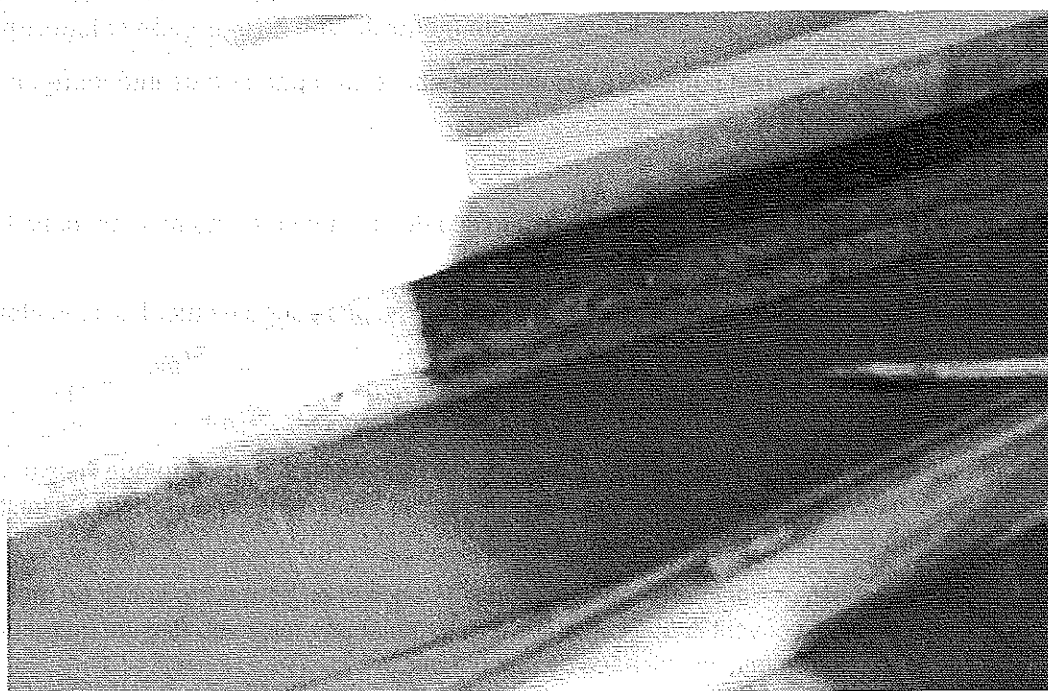


Photo 2 : Dépose de la parclose. Repérage d'une fissure à la jonction bâti-carrelage. © J. Putatti

Sur une autre façade moins exposée du même appartement, le défaut de calfeutrement apparaissait plus nettement (photo 3). **Dans ce cas, l'essai d'eau est inutile et dangereux.** Il peut non seulement accentuer les désordres existants, mais en créer d'autres.

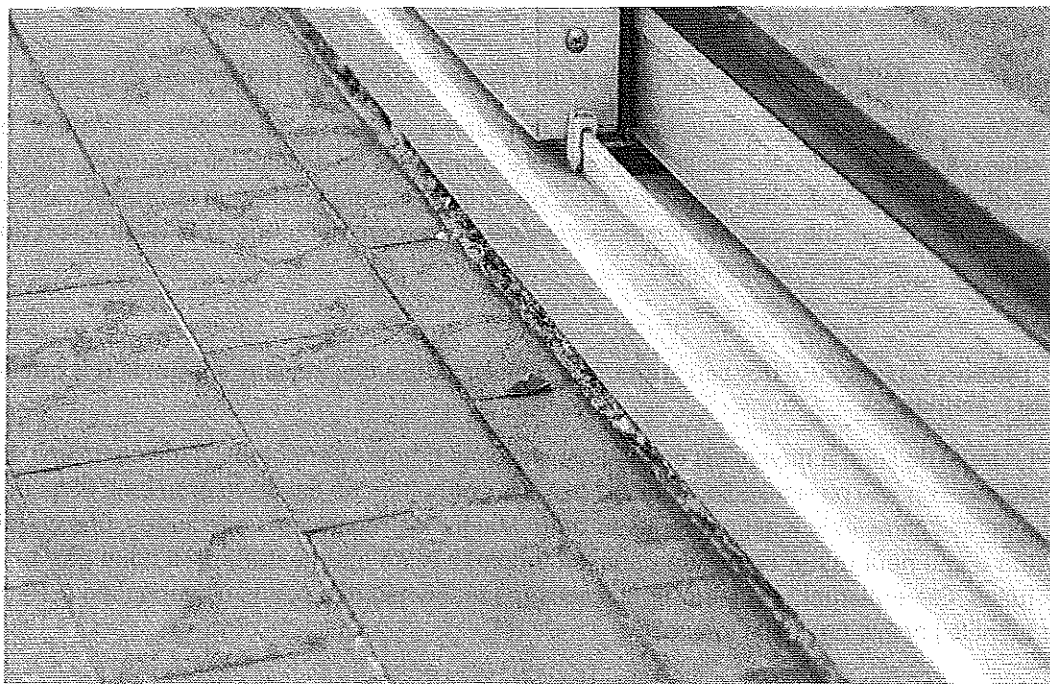


Photo 3 : Jonction bâti-carrelage défailante, mauvais calfeutrement. © J. Putatti

3. Cas des toitures-terrasses

L'épreuve d'eau est souvent inutile du fait des stagnations quasi permanentes de beaucoup de toitures par défaut de planéité ou d'horizontalité. L'eau stagne sans créer de fuite dans des zones du fait de l'impossibilité de s'évacuer par les dispositifs existants (EP ou trop-plein).

Les fuites ponctuelles décelées en sous-face de plafond sont très difficiles à localiser pour les raisons suivantes qui correspondent à différents cas de figure.

• 1^{er} cas : toiture plate inaccessible, pente nulle. Revêtement autoprotégé par granulés minéraux

S'il s'agit d'une toiture neuve ou récente, un simple examen visuel permettra de déceler les points faibles et les défauts de surface : percements accidentels, amorces de décollement entre feuilles, décollement des reliefs, défauts de raccordements aux eaux pluviales. Toutefois les panneaux isolants étant collés par plots et les revêtements d'étanchéité étant posés en semi-indépendance, la localisation d'un défaut superficiel ne correspondra pas à un point de fuite intérieur du fait des cheminements de l'eau infiltrée à travers les couches du complexe étanche. Néanmoins, une mise en eau par secteur (par batardeaux) permettra de localiser l'origine par zones plus restreintes.

• 2^e cas : toiture plate inaccessible, pente nulle. Revêtement protégé et lesté par une protection lourde meuble

Ce cas diffère du précédent par le fait que le revêtement d'étanchéité est posé en indépendance complète et que l'eau peut stagner dans le complexe à partir d'un point d'entrée décelable, après dépose de la protection meuble, sur la surface dégagée du revêtement. Toutefois, si la planéité de

l'élément porteur est mauvaise, des accumulations d'eau peuvent se produire loin du point d'entrée. Néanmoins, les mises en eau par bassins batardés, avec colorant (éosine, fluorescéine...) permettent de localiser les zones.

• **3^e cas : toiture plate accessible avec pente et revêtement circulaire protection lourde dure**

Il s'agit généralement de petites surfaces. Les essais par mise en eau colorée et l'examen des dispositifs d'évacuation des EP, ainsi que les reliefs, permettent de déceler les désordres. Généralement, du fait des cheminements entre couches, on arrive à la conclusion que la réfection de la terrasse s'impose. Les plantations sur terrasse peuvent également contribuer à la destruction des protections lourdes et des revêtements.

• **4^e cas : toitures ayant subi des réfections avec conservation des anciens supports tels que formes de pente fractionnées**

Le trajet de l'eau à travers les couches et les joints (formes panneaux...) est complexe. Les essais de mise en eau par eau colorée et par bassins permettent de cerner le problème et de trouver l'origine des fuites et le trajet probable de l'eau. Malgré les réparations effectuées, une certaine quantité d'eau peut rester contenue dans le complexe et se manifester après coup par de nouvelles fuites. Généralement, celles-ci sont localisées au niveau des points d'évacuation (EP) qui constituent les points bas de la toiture.

EN CONCLUSION

Il faut :

– savoir si l'essai est possible et représentatif, sans créer de nouveaux risques de désordres ;

– savoir s'il n'y a pas d'autres moyens pour déterminer l'origine des fuites.



Question/Réponse

EAUX (FUITES ET DÉGÂTS DES...)

Dégâts provoqués par des fuites d'eau en plafond d'un rez-de-chaussée d'immeuble d'habitation

QUESTION

Quelle est l'origine de fuites provoquant des dégâts des eaux dans des bureaux (cas concret d'expertise judiciaire) ?

RÉPONSE

Problème

Dans un immeuble résidentiel, le niveau du rez-de-chaussée est occupé par des bureaux disposant de toute la surface de l'immeuble. Ces bureaux sont fortement équipés en matériel de traitement informatique particulièrement sensible à l'humidité (inondations, fuites...). L'équipement des étages de l'immeuble (appartements, studios) comprend :

- les alimentations en eau froide et en eau chaude ;
- les évacuations des eaux usées et eaux vannes, ainsi que des eaux de pluie sous forme de canalisations verticales en fonte avec raccordements à chaque étage ;
- les installations de chauffage (alimentation par radiateurs).

Chaque appartement ou studio étant raccordé à ces canalisations verticales disposées dans des gaines, l'espace disponible au rez-de-chaussée ne pouvait accepter l'encombrement lié à ce type de canalisations, d'où la déviation des réseaux d'évacuation (EU, EV, EP) des étages courants, en sous-face de plancher haut du rez-de-chaussée. L'espace disponible entre la sous-face du plancher et le faux plafond du rez-de-chaussée, ainsi que l'encombrement des différents réseaux n'autorisait que des pentes très faibles, voire insuffisantes, notamment pour les eaux usées.



Désordre en faux-plafond, fuites du réseau de canalisation disposé en sous-face de plancher

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

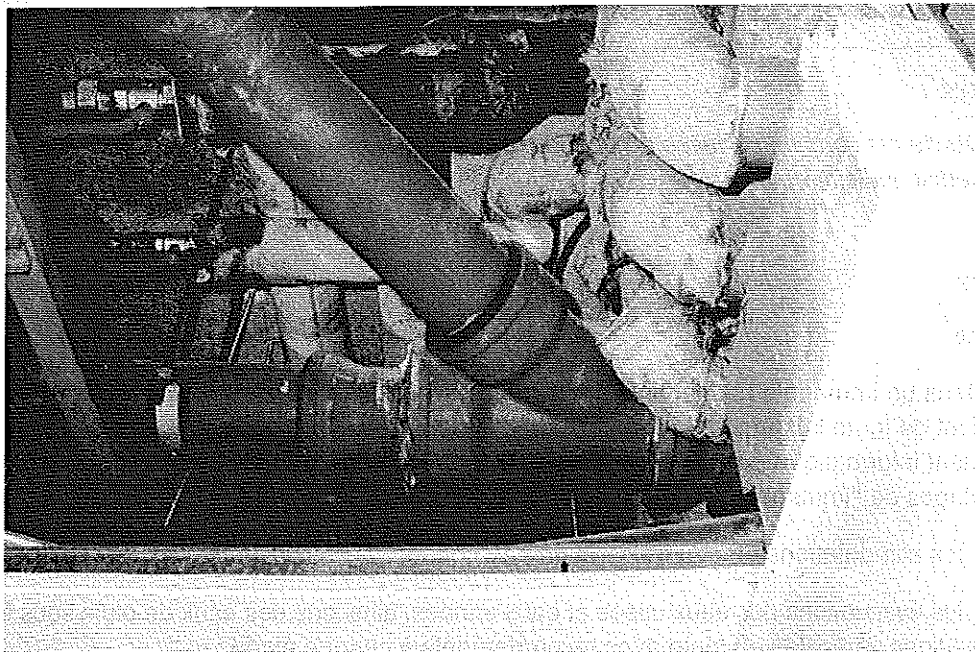
UV

WX

YZ

Désordres

L'insuffisance des pentes a conduit à une obturation progressive des canalisations EU tant en partie courante que dans les points singuliers (coude, raccords).



Canalisations disposées en réseau horizontal entre le plancher et le faux-plafond. Noter l'encombrement de l'espace disponible



Après dépose de certaines canalisations, constater l'importance des dépôts

Les dépôts des parties courantes cheminent faiblement du fait des évacuations ponctuelles qui ne constituent pas des « chasses » suffisantes. Les pertes de charges dues aux points singuliers (culottes, coudes) provoquent l'accumulation de ces dépôts pouvant, à la limite, créer des mises en charge des canalisations.

QUESTION/RÉPONSE

EF - Eaux (fuites et dégâts des...) : Dégâts provoqués par des fuites d'eau en plafond d'un rez-de-chaussée d'immeuble d'habitation - page 2

Les fuites constatées se produisent aux jonctions des éléments de canalisations (emboîtements), et provoquent des taches et altérations dans les plaques de faux-plafond – la première photo illustre ce phénomène – puis des passages d'eau (polluée) au « goutte à goutte ».

Remèdes

L'installation existante n'a pu être modifiée du fait de l'impossibilité d'augmenter les pentes d'écoulement. Les canalisations principales obturées ont été déposées et remplacées par des fontes neuves. (L'avant-dernière photo comme celle ci-dessous illustrent cette situation.)



Détail d'un coude (2 coudes au 1/8). Dépôt couvrant la presque totalité de la section

Des « chasses » par eaux sous pression ont été provoquées pour l'élimination de bouchons éventuels, permettant ainsi de vérifier, avant réparation du faux plafond, l'étanchéité du réseau d'évacuation des eaux usées.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, Loi sur l'accès à l'information.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, Loi sur l'accès à l'information.



Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, Loi sur l'accès à l'information.



Question/Réponse

EAUX PLUVIALES

Dégâts des eaux sur une terrasse

QUESTION

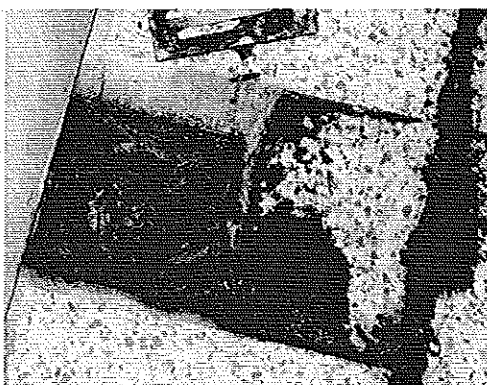
Quels sont les éléments qui sont à la source de dégâts provoqués par des eaux pluviales d'une terrasse privative d'étage en retrait (cas concret d'expertise judiciaire) ?

RÉPONSE

Désordre

On observe :

- au niveau de la terrasse, une inondation du sol carrelé de la terrasse privative par fortes pluies prolongées, l'évacuation étant insuffisante ;
- une pénétration d'eau par les relevés d'étanchéité dans le mur en retrait ;
- un engorgement de l'évacuation déviée par une canalisation horizontale sous gaine en plafond à l'étage inférieur, fuites par joints, dégâts en gaine plafond.



Évacuation insuffisante



Déviation de la canalisation en plafond

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Causes

Les causes sont les suivantes :

- insuffisance de pente du revêtement carrelage de la terrasse en retrait, entraînant :
 - la stagnation des eaux pluviales dans la zone de l'EP ;
 - une dégradation des joints de carrelage sous l'effet des eaux atmosphériques chargées en CO_2 ;
 - des dépôts de calcite à l'orifice de l'évacuation et une réduction progressive et importante de la section d'évacuation ;
- insuffisance de pente au niveau de la déviation horizontale en plafond, perte de charge résultant du coude situé après l'entrée d'eau ;
- calfeutrement insuffisant des joints de canalisation ;
- condensations à l'intérieur de la gaine en plafond, notamment en période froide.

Remèdes

Il faut :

- reprendre le revêtement de la terrasse en retrait, ainsi que le revêtement d'étanchéité ;
- effectuer la réfection des entrées EP et des raccords de canalisation (platine raccordée avec le revêtement et le relevé contre mur) ;
- vérifier tous les raccords, notamment dans les zones de déviation.

La difficulté au niveau de la toiture en retrait d'étage réside dans les seuils de portes-fenêtres donnant accès à cette terrasse.

Pour les condensations sur canalisations en gaines fermées, il y a l'possibilité, après démontage de la gaine, de réduire la condensation superficielle (effet de paroi froide) par projection de *fibres isolantes*.



Question/Réponse

EAUX USÉES (ÉVACUATION DES...)

Corrosion de canalisation

QUESTION

Quels sont les éléments qui provoquent le percement des siphons métalliques pour évier (laiton ou alliage de cuivre) ?

RÉPONSE

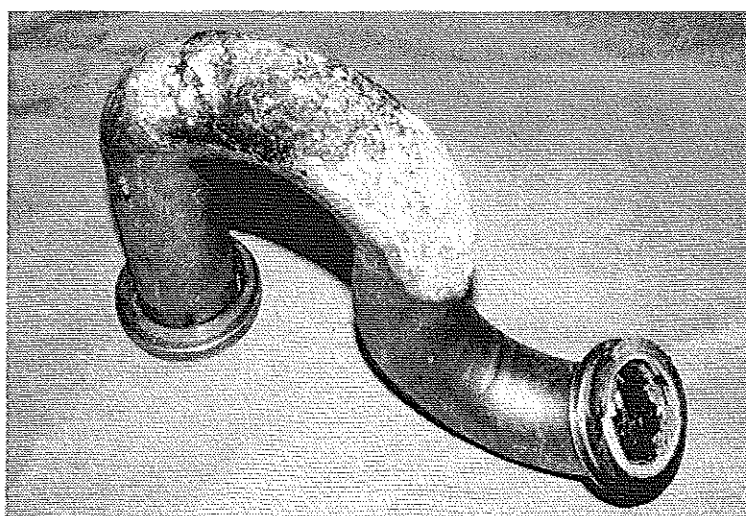
Désordre

La corrosion correspond à la partie basse du siphon, c'est-à-dire à la partie noyée en permanence. Elle se manifeste par des concrétions blanchâtres sur l'extérieur de la canalisation dans un premier stade (corrosion extérieure).

La corrosion intérieure se développe parallèlement à la corrosion extérieure, et conduit à la perforation de la canalisation complète dans la partie la plus basse du siphon où des dépôts peuvent se produire. Le percement est complet en phase finale.



Corrosion interne et externe d'un siphon d'évier de cuisine



Corrosion externe avec concrétions, fissure de la canalisation

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Causes

Les causes de corrosion sont multiples, notamment avec les eaux usées (cas illustré), provenant des eaux de lavage de linge avec déversement dans l'évier de cuisine. Les produits de nettoyage, la température de l'eau (utilisation d'eau chaude), l'aération différentielle du siphon à chaque « vidange » de ce dernier sont les facteurs les plus courants. La qualité (c'est-à-dire la pureté) des métaux utilisés, et plus particulièrement le cuivre, intervient également ainsi que l'épaisseur des tubes, en particulier pour le cas présenté. D'autre part, l'utilisation de produits de débouchage « instantané » très corrosifs accélère le processus d'attaque.

Remèdes

Actuellement, les canalisations d'évacuation du type exposé ci-dessus sont remplacées par des raccords ou éléments en matériaux de synthèse qui présentent un comportement correct vis-à-vis de la corrosion. Seuls les joints d'étanchéité au raccordement des pièces sont susceptibles d'attaques ou de destruction prématurées.



Désordre

ÉCRANS DE SOUS-TOITURE

Pathologie

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les écrans de sous-toiture sont principalement destinés à protéger les combles, habités ou non, de la pénétration des poussières et surtout de la neige poudreuse qui, en cas de simple comble ventilé, peut s'accumuler à l'intérieur sur le plancher ou le faux-plafond, avec les conséquences inévitables lors de la fusion de la neige :

- d'infiltrations à travers le plancher ou le faux-plafond ;
- d'effondrement dans le cas d'un simple plafond en plâtre cartonné par exemple (fig. 1).

- ① Plafond ou plancher support de l'isolant
- ② Isolant thermique
- ③ Couverture
- ④ Charpente
- ⑤ Neige poudreuse
- ⑥ Neige poudreuse accumulée sur plafond
- ⑦ Effondrement du plafond
- CV = comble ventilé

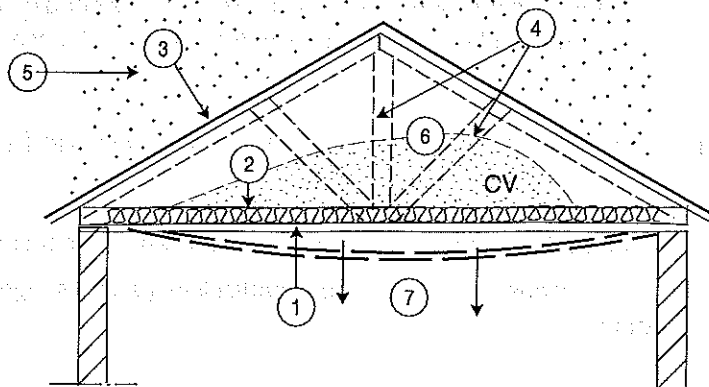


Fig. 1 : Effondrement dans le cas d'un plafond en plâtre cartonné.

Ce sinistre est survenu il y a quelques années sur des ensembles pavillonnaires lors d'une tempête de neige poudreuse. Les couvertures en tuiles perméables à l'air et aux poussières, donc à la neige poudreuse, ont permis l'accumulation dans le comble perdu de masses de neige à faible masse volumique, mais dont l'ensemble rassemblé en partie centrale a surchargé le faux-plafond en plâtre cartonné fixé sur les entrails des fermettes industrialisées. L'humidité résultant de la fonte de la neige accumulée en détruisant des plaques à faible portance a entraîné l'effondrement du faux-plafond.

Les écrans de sous-toiture doivent par ailleurs permettre l'équilibrage des pressions du vent différentes de chaque côté de l'écran. La pose tendue de ce dernier empêche les battements qui fatiguent la membrane au droit des fixations du fait des variations plus ou moins brusques des pressions.

La pathologie des écrans de sous-toiture vise essentiellement les *écrans souples* qui correspondent au type le plus répandu actuellement.

1^{ER} TYPE DE DÉSORDRES : DÉCHIRURE DE L'ÉCRAN, DONC PERTE D'EFFICACITÉ

Il y a lieu de tenir compte d'une troisième fonction admise implicitement par les DTU qui définissent l'écran de sous-toiture en tant que matériau intégré (mais non exigé) aux couvertures : c'est la *diminution de la pente minimale* correspondant aux couvertures posées sans écran (diminution de 15 % de la valeur minimale de la pente). Cette disposition confère au dispositif d'écran la qualité de complément d'étanchéité (fonction mal définie).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La déchirure de l'écran ne peut être constatée que de l'intérieur du comble. Si ce dernier est aménagé, il faudra donc déposer le plafonnage sous l'isolant ainsi que celui-ci pour repérer les zones défaillantes.

La déchirure de l'écran peut être due :

- soit à une accumulation de neige importante, notamment si l'écran a été posé non tendu ;
- soit à une manutention accidentelle amorcée lors de la pose, par exemple un pas de personnel de chantier appuyé entre deux chevrons ;
- soit encore à une utilisation provisoire de l'écran comme *mise « hors d'eau »* avec insuffisance de fixations mécaniques (clous avec amorces de déchirures).

La réparation ponctuelle est difficile voire impossible (impossibilité de se raccorder correctement à une membrane en place). Seule la prévention permet d'éviter ce type de désordre. Le choix d'un écran présentant une bonne résistance à la déchirure au clou est primordial. L'utilisation en matériel de mise hors d'eau expose l'écran à des sollicitations extérieures (pluie et vent) qui ne correspondent pas toujours aux performances que l'on peut exiger d'un tel dispositif, surtout s'il est posé de manière sommaire et provisoire (choix à déterminer en fonction des différents matériaux ayant un ATEC).

2^E TYPE DE DÉSORDRE : DISCONTINUITÉ DE L'ÉCRAN APRÈS POSE OU LORS DE LA POSE

Ce deuxième type de désordre apparaît :

- en partie courante : absence ou insuffisance des recouvrements ;
- en liaisons avec les ouvrages particuliers (faîtages, égout, noues, pénétrations telles que souches, etc.).

En partie courante

L'absence de continuité est le cas le plus courant. Les lés sont posés perpendiculairement à la ligne de plus grande pente, avec un recouvrement variable suivant l'inclinaison du versant. L'écran est tendu et cloué sur les chevrons par les contre-liteaux. Toutefois, en fonction des conditions climatiques (effet du vent, température...), le matériau de l'écran subit un fluage qui creuse les travées entre chevrons en augets, si le recouvrement n'est pas respecté, la neige poudreuse peut pénétrer au droit des recouvrements et l'eau pénétrer lors de la fonte de la neige. La pose des lés doit être faite à partir de l'égout de manière à ce que le lé supérieur recouvre le lé inférieur, sinon le problème est aggravé lorsque la pose démarre du faîtage.

Au faîtage

Normalement, l'air entrant à l'égout doit ressortir au faîtage. Cet ouvrage nécessite une disposition en chicane assurant le passage de l'air provenant de l'égout mais ne permettant pas le passage de la neige poudreuse. On peut utiliser des dispositifs par closoirs continus qui assurent cette exigence.

Liaison à l'égout, au droit des souches fenêtres de toit

Ces liaisons correspondant à l'étanchéité à l'air doivent être assurées.

- À l'égout, de nombreux cas de fuite sont constatés après la fonte de la neige, au droit du mur de façade, à l'intérieur de l'habitation (absence de liaison entre l'écran et la bande métallique à larmier). L'écran doit venir en recouvrement sur 0,10 m au moins sur le métal, avec liaison par bande adhésive ou cordon de colle.

- Souches : les fabricants donnent peu de détails de réalisation des liaisons avec ce type d'ouvrage. En fait, peu de liaisons sont correctement assurées, ce qui entraîne des fuites, notamment en cas d'accumulation de neige poudreuse derrière une cheminée. L'écran doit relever contre la souche avec une liaison par bande adhésive autocollante à froid. On peut également utiliser un feuillard métallique fixé dans la maçonnerie et maintenant l'écran.

EN RÉSUMÉ

Ce composant de couverture, qui est devenu un élément fonctionnel surtout avec les combles habitables, n'est pas un ouvrage dont la pérennité sera assurée aussi longtemps que la couverture elle-même. Il faut en effet tenir compte du vieillissement du matériau constituant l'écran. Le remplacement de ce matériau ne pourra se faire qu'en totalité lors d'un remaniement complet de la couverture ou d'une réfection.

Tenir compte aussi du fait qu'il permet la réduction des pentes des éléments de couverture, ce qui entraîne une hétérogénéité au niveau de la durabilité de la couverture et de sa fonction étanchéité.

1. L'absence de ventilation mécanique provoque une hyperthermie et une tachypnée, ce qui entraîne une détérioration de l'état du patient.

2. La présence d'une ventilation mécanique provoque une hypothermie et une bradypnée, ce qui entraîne une détérioration de l'état du patient. (

(100% - 2)

3. La présence d'une ventilation mécanique provoque une hyperthermie et une tachypnée, ce qui entraîne une détérioration de l'état du patient.

4. La présence d'une ventilation mécanique provoque une hypothermie et une bradypnée, ce qui entraîne une détérioration de l'état du patient.



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Déclenchements aléatoires affectant un même circuit

Des déclenchements répétitifs se produisent sur un circuit particulier ou sur un ensemble de plusieurs circuits protégés par un même appareil. Ces déclenchements n'interdisent pas le réenclenchement, ce qui montre le caractère fugitif du défaut qui les provoque, mais leur répétition constitue une gêne intolérable pour le fonctionnement continu de l'installation.

Plusieurs cas sont possibles :

- les déclenchements sont espacés dans le temps, répétitifs, sans qu'une loi en fonction du temps puisse être établie ;
- les déclenchements sont réguliers et semblent correspondre à un événement dans le programme de fonctionnement d'un processus ou de l'évolution d'une installation ;
- les déclenchements sont tout à fait aléatoires et semblent inexplicables. La cause de leur manifestation paraît indécélable.

La recherche est d'autant plus malaisée que la cause, *a priori*, de ces déclenchements répétés est elle-même fugitive.

Dans certains cas, le défaut se répète de plus en plus fréquemment et l'exploitation est de plus en plus souvent interrompue. Il s'agit d'un défaut qui s'aggrave avec le temps sans pour cela rendre la recherche plus facile.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Déclenchements aléatoires affectant un même circuit

La cause de ces déclenchements est à rechercher parmi les suivantes :

- surcharge momentanée ;
- isolement défectueux d'un appareil ou d'une partie de circuit ;
- échauffement localisé anormal ;
- démarrage simultané de plusieurs machines ;
- dysfonctionnement d'un appareil de protection ;
- surtension importante sur le réseau.

INVESTIGATION

Il faut rechercher l'appareil d'utilisation ou la partie du circuit provoquant ces déclenchements, et procéder par élimination. Plusieurs moyens d'investigation sont possibles :

- effectuer des mesures d'isolement sur les appareils à l'arrêt ;
- disposer des enregistreurs en plusieurs points du circuit concerné (grandeurs à prendre en compte : tension par rapport à la masse, intensité, etc.) ;
- observer chaque appareil et machine branchés sur le circuit concerné : voir s'il y a coïncidence entre une séquence de fonctionnement et un déclenchement.

Si l'exploitation devient de plus en plus difficile et que les mesures et observations n'aboutissent pas, il faut procéder par élimination, soit en remettant en service un par un les appareils, soit en déconnectant l'un après l'autre les appareils sur lesquels on a un doute.

EXEMPLES DE DÉFAUTS

Sur le schéma ci-dessous, l'appareil de protection général en tête de l'ensemble des circuits peut se déclencher seul éventuellement, si le total des courants de fuite (somme des DI) dépasse son seuil de réglage sans que ce seuil soit dépassé sur chacun des appareils de protection des circuits divisionnaires.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

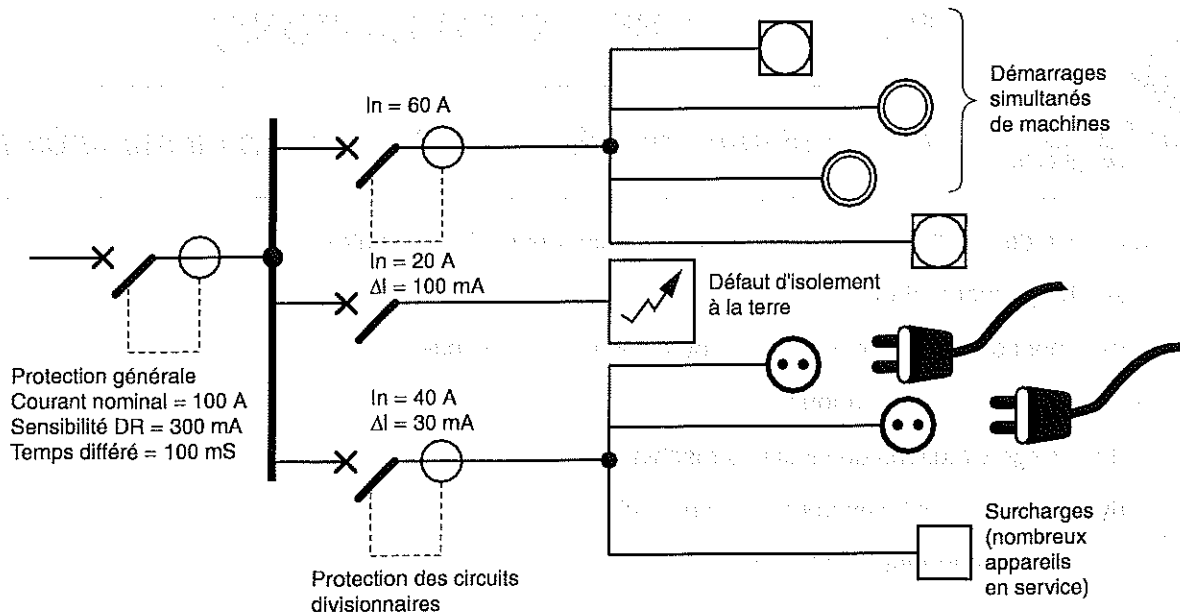
QR

ST

UV

WX

YZ



Exemple de défauts susceptibles de déclencher des circuits divisionnaires et/ou la protection générale



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Déclenchements aléatoires affectant un même circuit

La cause des déclenchements répétés étant connue à la suite du diagnostic, la solution paraît évidente : supprimer la cause ou modifier l'installation.

SURCHARGE MOMENTANÉE

À la suite de modifications ayant entraîné une augmentation de puissance consommée, il est judicieux d'augmenter la capacité du circuit d'alimentation et le calibre de l'appareil de protection.

Si la surcharge est due à une surconsommation accidentelle, il est raisonnable d'en supprimer la cause (exemples : moteur surchargé, chauffage électrique sans gestion programmée d'énergie consommée, etc.).

ISOLEMENT DÉFECTUEUX

Le défaut est pernicieux. Il est supprimé en adoptant les mêmes solutions que celles préconisées pour les déclenchements subits consécutifs à un défaut à la terre :

- remplacer la partie de conducteur dont l'isolant est détérioré ;
- surisoler au moyen de rubans isolants ;
- augmenter la distance entre partie active et masse.

ÉCHAUFFEMENT ANORMAL

Les solutions sont multiples et dépendent de la cause d'échauffement. Se reporter aux fiches traitant de l'échauffement anormal.

DÉMARRAGE SIMULTANÉ DE PLUSIEURS MACHINES

Dans le programme d'un processus, il est souvent possible de décaler dans le temps le démarrage des moteurs dont le couple au démarrage crée un appel d'intensité variable entre trois et huit fois l'intensité nominale.

SURTENSION SUR LE RÉSEAU

Les surtensions importantes ont pour origine des fronts d'onde dus au foudroiement sur des lignes aériennes ou à la succession de connexions et déconnexions de machines de grande puissance industrielle sur le même réseau. Si ces surtensions sont fréquentes, il faut exiger du distributeur (EDF ou autre) une meilleure stabilité de la tension fournie.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

(QUESTIONNAIRE) SOLUTIONS



Le candidat doit répondre à toutes les questions.

Les questions sont à choix multiples. Une seule réponse est correcte.

Les questions sont à choix multiples. Une seule réponse est correcte.

QUESTIONNAIRE

Le candidat doit répondre à toutes les questions.

Les questions sont à choix multiples. Une seule réponse est correcte.

QUESTIONNAIRE

Le candidat doit répondre à toutes les questions.

Les questions sont à choix multiples. Une seule réponse est correcte.

Les questions sont à choix multiples. Une seule réponse est correcte.

Les questions sont à choix multiples. Une seule réponse est correcte.

QUESTIONNAIRE

Le candidat doit répondre à toutes les questions.

QUESTIONNAIRE

Le candidat doit répondre à toutes les questions.

QUESTIONNAIRE

Le candidat doit répondre à toutes les questions.



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher

L'appareil de protection en tête d'alimentation d'un circuit a fonctionné.

Le réenclenchement impossible indique que le défaut a un caractère persistant et que toute tentative de rétablir l'alimentation sera impossible tant que le défaut subsiste.

L'appareil de protection est l'un des types suivants :

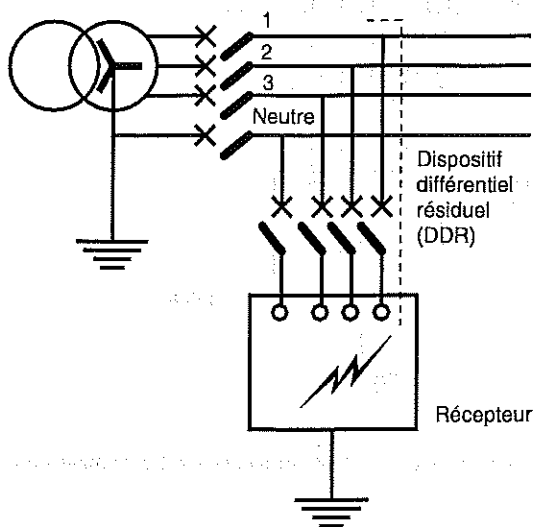
- déclencheur à courant différentiel-résiduel (DDR) ;
- détecteur de surintensité (court-circuit ou surcharge).

La cause du déclenchement est donc soit un défaut à la terre, soit une surintensité inhabituelle.

Concernant le défaut à la terre, l'appareil de protection est soit un DDR, soit un détecteur de surintensité suivant le mode de liaison du point neutre à la terre à l'origine de l'installation (branchement au réseau public). Les trois cas sont les suivants.

RÉGIME TT - SCHÉMA CONVENTIONNEL

Les appareils de protection contre un défaut à la terre sont du type DDR dont la gamme des seuils normalisés est la suivante : 10 mA – 30 mA – 50 mA – 100 mA – 300 mA – 500 mA – 1 A.



La liaison pointillée représente le trajet d'un défaut entre la phase 1 et la masse du récepteur

RÉGIME TN - SCHÉMA CONVENTIONNEL

Les appareils de protection contre un défaut à la terre sont du type « surintensité », un défaut à la terre étant considéré comme un court-circuit à travers le conducteur de terre PE ou PEN (fig. ci-après).

Le courant de court-circuit présumé à travers ce conducteur doit être calculé très soigneusement pour assurer une réelle protection et la résistance ohmique de ce circuit à la terre est vérifiée au cours des visites périodiques dans le cadre du Code du travail.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

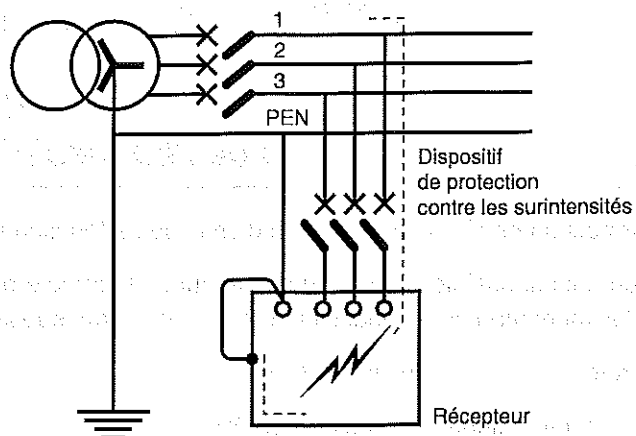
QR

ST

UV

WX

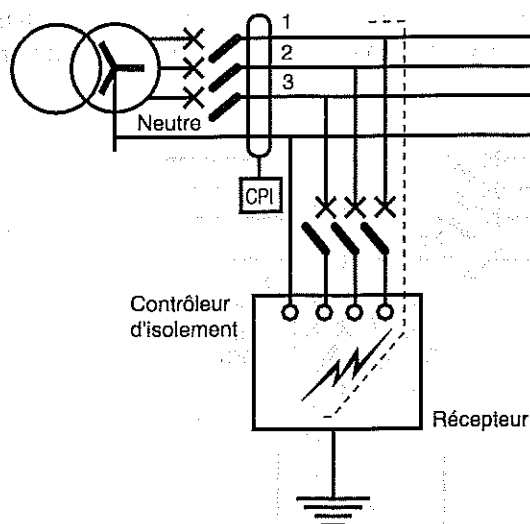
YZ



La liaison pointillée représente le trajet d'un défaut entre la phase 1 et la masse du récepteur

RÉGIME IT - SCHÉMA CONVENTIONNEL

Il n'y a pas de déclenchement au 1^{er} défaut à la terre : cette disposition est voulue pour des raisons impératives de sécurité. Mais ce défaut est signalé par un « contrôleur permanent d'isolement » (CPI). On doit impérativement intervenir pour supprimer ce défaut, sans délai, conformément au Code du travail.



La liaison pointillée représente le trajet d'un défaut entre la phase 1 et la masse du récepteur

Remarque

Le conducteur PEN est défini ainsi : conducteur mis à la terre, assurant à la fois les fonctions de conducteur de protection et de conducteur neutre. La désignation PEN résulte de la combinaison des deux symboles PE, pour le conducteur de protection, et N, pour le conducteur neutre. Dans certains cas et dans des conditions spécifiées, les fonctions de conducteur neutre et de conducteur de protection peuvent être combinées en un seul conducteur (dénommé conducteur PEN). Le conducteur PEN est utilisé dans le schéma TN-C, sauf indication contraire.



Diagnostic

ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher

Les essais de réenclenchement de l'appareil de protection sont sans effet. Ne pas répéter plus de deux fois : le défaut est persistant et on doit l'éliminer. Les défauts possibles sont :

- court-circuit ;
- surcharge anormalement élevée ;
- défaut d'isolement.

INVESTIGATION

Le circuit dans lequel s'est produit le défaut étant identifié, la recherche consiste à examiner le long de ce circuit les matériels, machines, connexions, etc., générateurs possibles du défaut.

Il est plus commode de rechercher un défaut persistant, par des mesures ou un examen visuel, qu'un défaut fugitif qui ne réapparaît que d'une manière aléatoire (cf. fiche Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique dans la rubrique Terre (mise à la terre...)).

Par l'observation ou par des mesures (d'isolement et de tension), ou par élimination (en reconnectant un par un les appareils et machines le long du circuit) on découvre assez rapidement la cause du déclenchement.

Si l'appareil déclencheur est un DDR, il s'agit d'un défaut d'isolement (défaut à la terre), si c'est un appareil de protection contre les surintensités, il peut s'agir d'un court-circuit, d'une surcharge exceptionnelle et durable ou d'un défaut à la terre dans le cas d'un régime TN.

Commentaire

Sur les installations vétustes ou très étendues, le défaut est assez souvent dû à une dégradation d'isolement ou un mauvais contact entre borne et conducteur. La recherche est souvent difficile.

Pour aider à la recherche du défaut à éliminer, on peut relever le niveau de réglage de l'appareil de protection assurant le déclenchement, soit en modifiant la sensibilité « différentiel-résiduel » (défaut à la terre), soit en augmentant le réglage de surintensité. Attention, cette solution présente un danger et elle ne peut être que provisoire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROCES-VERBAL



Le 10/01/2012

A 14h00

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012

Le 10/01/2012



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher

Le défaut étant identifié par le diagnostic, s'il s'agit d'un défaut d'isolement, celui-ci doit être reformé proprement et durablement ; s'il s'agit d'un phénomène de surintensité, le défaut doit être supprimé totalement (cas de court-circuit) ou éliminé par réparation (cas de surcharge anormale).

DÉFAUT D'ISOLEMENT

Le défaut d'isolement est généralement dû à une dégradation de nature mécanique :

- détérioration partielle de l'enveloppe d'un conducteur ;
- dégradation de ruban isolant aux bornes d'un appareil ;
- contact fortuit d'une partie active avec une masse voisine.

La solution consiste à remplacer la partie de conducteur abîmé, ou à surisoler par un ruban isolant. Dans certains cas, on augmente la distance entre masse et partie active.

Dans les pays chauds et humides, des défauts à la masse sont provoqués par l'introduction d'insectes à l'intérieur des boîtiers électriques, ceux-ci établissant un contact entre le boîtier métallique et une borne à l'intérieur du boîtier.

COURT-CIRCUIT

Il affecte généralement un enroulement de machine, de transformateur ou d'appareil. L'élément ou l'appareil complet est à remplacer.

Il peut s'agir d'un corps étranger conducteur introduit accidentellement entre deux bornes. Même si l'objet étranger est supprimé, il y a lieu de surisoler les parties actives ou d'en augmenter la distance.

SURCHARGE

La surcharge durable est provoquée par une surconsommation d'intensité provoquée par l'une des causes suivantes :

- résistance mécanique anormale opposée à un moteur ;
- fonctionnement simultané de machines ou appareils qui travaillent en alternance dans les conditions normales.

La solution est de supprimer la cause de freinage mécanique dans le premier cas, et de répartir dans le temps le fonctionnement simultané d'un nombre trop grand d'équipements dans le second cas.

Il se peut que le phénomène de surcharge soit dû à l'augmentation de puissance consommée à la suite de transformations. Dans ce cas, il y a lieu d'augmenter la capacité des circuits d'alimentation et le calibre des appareils de protection.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

SOLUTIONS



1. Analyse de la situation

Le tableau ci-dessous résume les données de l'exercice.

On considère un circuit électrique alimenté par une source de tension $E = 24 \text{ V}$ et une résistance $R = 10 \text{ }\Omega$. Le courant I est mesuré à l'aide d'un ampèremètre.

2. Calcul du courant

La loi d'Ohm permet de calculer le courant I qui circule dans le circuit.

On a donc : $I = \frac{E}{R} = \frac{24}{10} = 2,4 \text{ A}$.

Le courant I est donc de $2,4 \text{ A}$.

3. Calcul de la puissance dissipée

La puissance dissipée dans la résistance R est donnée par la formule : $P = R \cdot I^2$.

On a donc : $P = 10 \cdot (2,4)^2 = 57,6 \text{ W}$.

4. Conclusion

Le courant I est de $2,4 \text{ A}$ et la puissance dissipée dans la résistance R est de $57,6 \text{ W}$.

5. Réponse à la question

6. Réponse à la question

7. Réponse à la question

8. Réponse à la question

9. Réponse à la question

10. Réponse à la question

11. Réponse à la question



Désordre

ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Défaut à la terre

CONSTATATIONS

Un déclenchement se produit par l'action d'un dispositif de protection (à courant différentiel résiduel ou de surintensité). Si l'installation doit être maintenue en service pour des raisons de sécurité ou de productivité, on est averti d'un défaut d'isolement par le contrôleur permanent d'isolement (CPI).

CAUSES

Il y a fuite de courant entre une partie active et la masse d'un appareil. Si le défaut est franc (équivalent à un court-circuit) il y a lieu d'y remédier immédiatement. Si le courant de fuite est faible, dû à un isolement insuffisant par suite d'humidité, de vieillissement d'une gaine isolante, ou de l'interposition accidentelle d'un corps étrangers entre la masse et la partie active, la recherche du défaut peut être entreprise sans interrompre l'installation, mais sans délai comme l'exige le décret du 14 novembre 1988.

INVESTIGATION

La recherche du défaut est conduite d'une manière systématique sur les circuits et appareils situés en aval de l'appareil de protection ou du contrôleur d'isolement :

- soit par mesure de la valeur d'isolement des appareils et circuits, à l'arrêt ;
- soit par mesure de la tension entre bornes et masses des appareils en service.

Seule la première méthode permet une évaluation sûre et précise. Elle se pratique généralement au départ du circuit immédiatement en aval de l'appareil de protection, ouvert pour mettre le circuit hors tension, puis de proche en proche jusqu'aux appareils et prises de courant alimentés par le circuit concerné.

COMMENTAIRES

Les dispositifs de protection contre les défauts à la terre ou le contrôleur d'isolement sont choisis, conformément aux règles de sécurité, en fonction du régime de liaison du joint neutre à la terre (schémas normalisés type TT, TN ou IT, décret du 14 novembre 1988 et NF C 15-100).

Les dispositions sont les suivantes.

1. Schéma TT

Emploi obligatoire de dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR). Le seuil de réglage des DDR est choisi entre 30 mA et 500 mA suivant les risques présentés par le milieu (*cf.* schéma).

2. Schéma TN

Emploi de protections contre les surintensités dont le calibre de réglage est très soigneusement calculé en fonction du courant de fuite équivalent à un courant de court-circuit, conformément au schéma de base (*cf.* schéma).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

3. Schéma IT

Installation obligatoire d'un contrôleur permanent d'isolement (CPI). Du fait de l'isolement volontaire du point neutre par rapport à la terre, un défaut d'isolement n'est pas détecté par DOR ni par surintensité. Mais dès l'avertissement donné par le CPI, le défaut doit être recherché et supprimé sans délai (décret du 14 novembre 1988), car un deuxième défaut produirait un court-circuit dangereux (cf. schéma).

Schéma type TT avec dispositif de protection DDR. La flèche brisée représente le courant de fuite entre phase 1 et masse du récepteur.

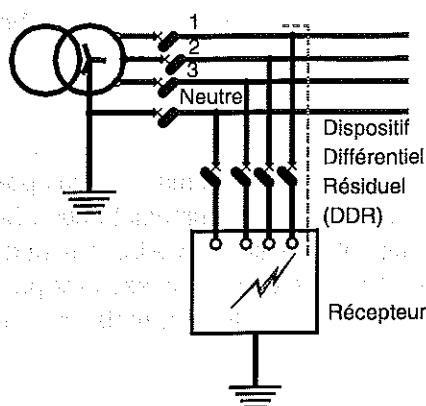


Schéma type TN avec dispositif de protection contre les surintensités. La flèche brisée et le circuit en trait pointillé représentent le courant de fuite qui se referme entre la phase 1 et le point neutre du transformateur par le conducteur PEN.

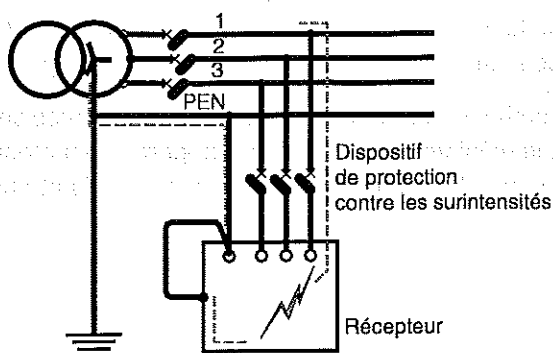
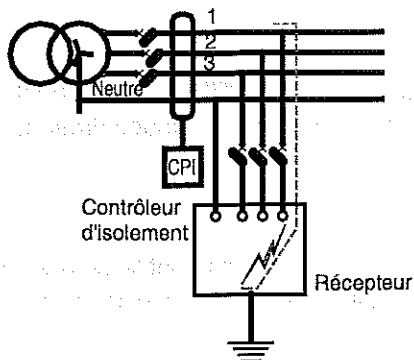


Schéma type IT avec contrôleur d'isolement (CPI) avertissant d'un défaut d'isolement (ici entre phase 1 et masse du récepteur).





Question/Réponse

ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Dégradation apparente de l'appareillage

À l'intérieur des armoires électriques et dans les montages groupés sur tableaux ou pupitres, les appareils peuvent présenter un aspect anormal qui évolue avec le temps ou présenter des anomalies de fonctionnement ou dérives des grandeurs de réglage. Ces défauts ont une cause dont l'origine est à rechercher.

ASPECT JAUNÂTRE OU GRISÂTRE DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Un tel aspect de changement de la couleur originelle qui fonce avec le temps en devenant irrégulier est dû au vieillissement de la matière plastique formant enveloppe ou à la sensibilité aux rayons UV pour les appareils exposés à la lumière naturelle.

Il peut être dû également à un échauffement très important de l'appareil.

Vieillessement de l'appareil

La situation n'est pas dangereuse tant que l'on n'observe pas de dérive des réglages ou de dégradation des contacts. Il suffit d'exercer une surveillance attentive.

Échauffement important

Il y aura sans tarder des conséquences dangereuses. On vérifie l'état en touchant l'enveloppe extérieure : en situation normale celle-ci doit être tiède ou à peine chaude.

La solution consiste à ventiler efficacement, à espacer les appareils et, le cas échéant, remplacer l'appareil par un autre de calibre plus élevé.

ÉTAT POUSSIÉREUX

Une couche poussiéreuse sur des appareils doit être considérée comme inadmissible à cause des risques potentiels de défaut de contact et de dysfonctionnement.

Si les appareils sont enfermés en armoire, il y a lieu de rendre celle-ci étanche aux entrées de câbles et à la porte, et de la ventiler avec de l'air filtré. Lorsque c'est possible, on peut la mettre en surpression.

DÉGRADATION À CAUSE D'UNE INFLUENCE EXTÉRIEURE

Les principaux faits les plus courants sont : humidité, un environnement corrosif et l'éventualité de chocs mécaniques.

Les influences extérieures sont répertoriées et évaluées en importance au chapitre 32 de NF C 15-100 (cf. fiche IP Protection à la rubrique I).

DÉRIVE DE RÉGLAGE

Une dérive de réglage se manifeste lorsqu'un appareil, de protection généralement, fonctionne en dehors du seuil pour lequel il a été réglé.

Par exemple :

– un déclencheur à courant différentiel-résiduel (DDR) fonctionnant d'une manière aléatoire ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

– un relais à temps différé (minuterie par exemple) dont le temps de maintien devient variable quel que soit le réglage affiché ;

– un relais de protection contre les surintensités fonctionnant d'une manière aléatoire.

Il est facile de tester ces appareils pour les DDR et les relais à temps différé, mais le test des déclencheurs de protection contre les surintensités est plus délicat : il implique de réaliser les conditions réelles de surintensité, ce qui n'est pas toujours possible. Le plus souvent, ces derniers sont testés par simulation ou pour des réglages inférieurs à celui de leur fonctionnement normal.



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Échauffement anormal

CAUSES

On distingue quatre causes principales d'échauffement du matériel électrique.

1/ L'échauffement dû à une surcharge, qui affecte les enroulements de machines, les câbles et conducteurs, les circuits magnétiques.

2/ L'échauffement dû à une mauvaise ventilation, qui affecte les appareils contenus en armoire, les appareils et machines dans des locaux insuffisamment aérés.

3/ L'échauffement localisé dû à un mauvais contact entre conducteurs ou entre conducteurs et bornes de raccordement.

4/ L'échauffement dû à un court-circuit accidentel entre les parties actives.

Suivant l'importance des températures atteintes et le réglage des dispositifs de protection installés, ces dispositifs déclenchent les circuits concernés, ou avertissent des dangers existants.

SOLUTIONS

1. Surcharge

Elle est prévisible si l'on connaît la puissance consommée, comparée à celle qui était prévue à la conception de l'installation. Si la surcharge est momentanée et de courte durée, elle ne nécessite pas de révision immédiate de l'installation. Si elle devient habituelle, par exemple si on a augmenté la puissance utile des récepteurs, l'installation doit être modifiée.

2. Température élevée à l'intérieur de coffrets ou d'armoires

On juge de l'importance d'un échauffement anormal lorsqu'on ouvre l'armoire et qu'au toucher les appareils sont chauds (sans être brûlants). Il y a lieu d'augmenter le débit d'air de ventilation (celui-ci peut être défaillant), ou de diminuer la densité de remplissage soit en augmentant le volume de l'armoire, soit en répartissant l'appareillage dans deux armoires.

3. Mauvais contacts entre pièces actives

La surface des parties en contact est insuffisante ou il y a desserrage des pièces en contact. Ce défaut est très pernicieux car il y a pas d'augmentation d'intensité susceptible de provoquer le déclenchement d'un appareil de protection ; en revanche la température atteinte peut être très élevée et provoquer un début d'incendie.

4. Court-circuit

Dans le cas général, il est très violent par l'augmentation rapide et élevée de l'intensité (rapport dI/dt). Le déclenchement de l'appareil de protection en tête du circuit concerné est immédiat. Cependant, si cette protection fonctionne en temps différé, pour une raison de fiabilité par exemple, un début d'incendie est possible.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

COMMENTAIRES

Le danger réel d'incendie au départ d'un tableau électrique ou d'une armoire est le plus souvent provoqué par un mauvais contact entre pièces conductrices : borne desserrée par suite de vibrations ou écrasement sous la vis d'un conducteur de faible section.



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Perturbations de tension

NATURE DES PERTURBATIONS

1/ Le réseau peut, accidentellement, véhiculer l'énergie sous une tension très supérieure à la tension normale.

Ces surtensions sont transitoires (de faible durée) mais dangereuses du fait de leur amplitude élevée, capable d'endommager l'isolation des matériels et de provoquer des courts-circuits destructeurs.

Les installations doivent être protégées contre ces aléas par des appareils spécifiques (les installations domestiques ne sont généralement pas protégées).

2/ *A contrario*, une installation peut être sujette à une baisse anormale de tension du fait d'une surcharge transitoire anormalement élevée ou d'une insuffisance de section des conducteurs d'alimentation.

Cette anomalie peut provoquer l'arrêt de machines ou d'équipements insuffisamment alimentés, sans danger pour les personnes dans le cas général. Cependant, il y a lieu de prendre des dispositions sécurisantes, si au retour de la tension normale, une machine ou un équipement est susceptible de redémarrer d'une manière aléatoire.

EFFET DES SURTENSIONS

1/ Si la surtension est importante (effet de foudrolement le plus souvent), il y a déclenchement de l'appareil de protection au niveau de l'installation, s'il y en a un, et au niveau du réseau suivi du réenclenchement automatique programmé par l'appareillage spécifique du distributeur.

Pour les installations domestiques sans protection, le constat est la destruction des matériels électroniques sensibles (téléviseurs, chaînes Hi-Fi, ordinateurs, etc.).

2/ Si la surtension est en deçà du seuil de destruction des isolants, on observe une brutale augmentation d'éclairage des lampes, néfaste à la longue pour les matériels électriques.

EFFETS DES BAISSSES DE TENSIONS

Les effets sont directement observables sur l'éclairage et le dysfonctionnement des machines et équipements. Ceux-ci peuvent être déclenchés par l'effet d'appareil de protection contre les baisses de tension.

Des dispositifs d'interdiction de mise en service automatique doivent être prévus pour éviter des situations dangereuses.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Perturbations de tension

ORIGINE DES SURTENSIONS

1. Origine atmosphérique

Le foudroiement des lignes aériennes provoque un front d'onde qui se propage le long du réseau et peut atteindre plusieurs milliers de volts au branchement des installations.

2. Surtensions de manœuvre

Ces surtensions ont leur source dans les processus industriels :

- mise sous tension ou ouverture de circuits de puissance, de grande impédance selfique ;
- défaut provoquant le déclenchement subit de machines, etc.

ORIGINE DES BAISSES DE TENSION

Les baisses de tension sont rarement imputables au réseau, sauf cas de déclenchement subit d'une source dans la partie de réseau alimentant l'installation. L'interconnexion nationale, et maintenant européenne, fait qu'une baisse de tension sur le réseau est généralement de faible valeur et de courte durée. En revanche, les coupures brèves (assimilables à des baisses de tension maximales) sont fréquentes.

Les baisses de tension affectant une installation ont leur origine assez souvent dans l'installation elle-même :

- surcharge momentanée ;
- démarrage d'un équipement de puissance ;
- insuffisance de capacité des canalisations électriques qui sont cause de chutes de tensions chroniques.

DÉTECTION

Les variations de tensions peuvent être mises en évidence par un appareil enregistreur. On observe alors des défauts de surtensions ou des baisses de tension.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

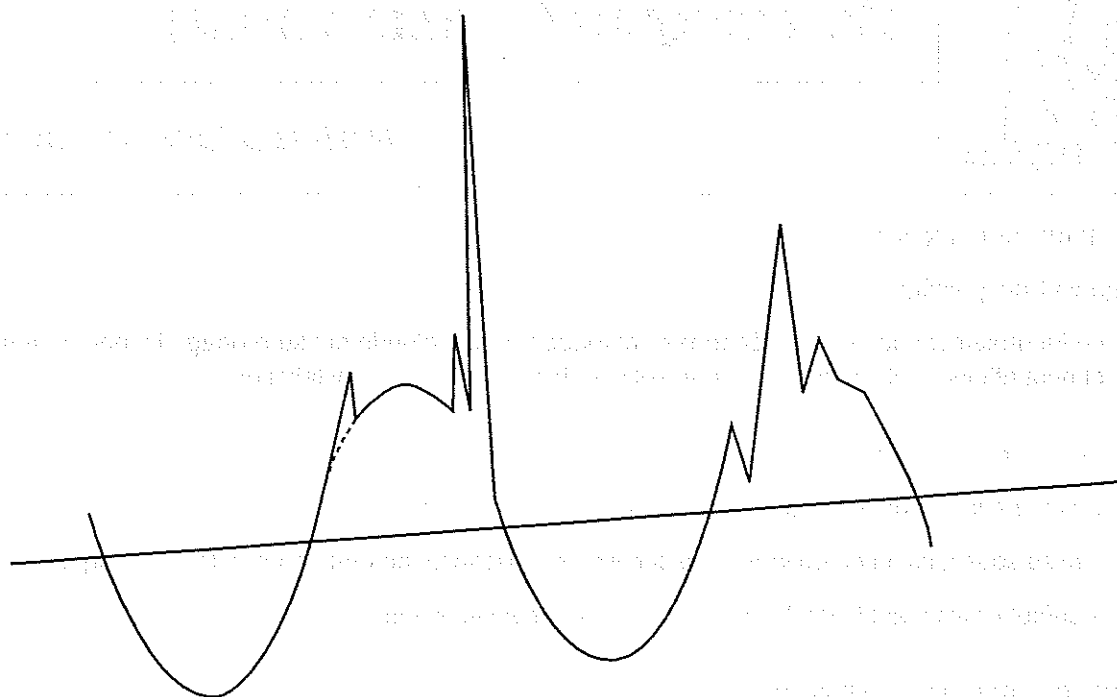
QR

ST

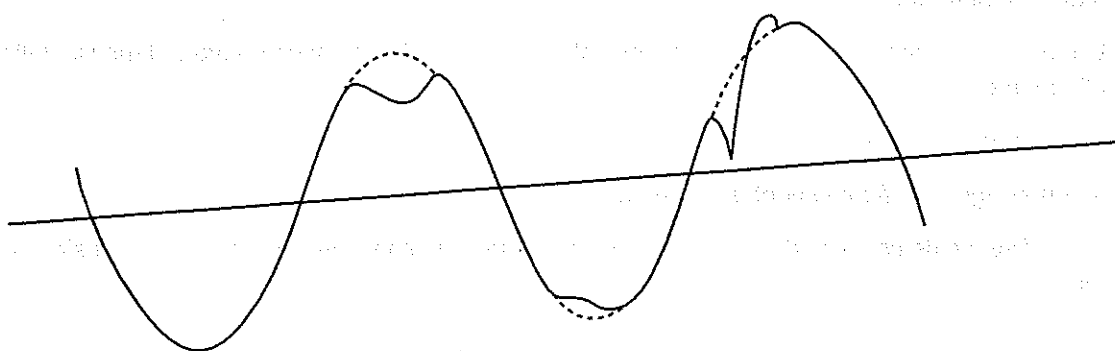
UV

WX

YZ



Forme d'onde du réseau avec des pics de surtension



Forme d'onde dans une installation avec des perturbations de tension dues à des surcharges



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Perturbations de tension

PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS DESTRUCTRICES

Ces surtensions sont celles véhiculées par les lignes aériennes.

1/ Lorsque l'installation est alimentée par un réseau souterrain basse tension, l'amplitude des fronts d'onde est amortie naturellement par l'impédance des câbles enterrés et aucune protection n'est nécessaire.

2/ Lorsque l'installation est alimentée par une ligne aérienne, il suffit d'une partie souterraine de 150 m entre la ligne aérienne et l'origine de l'installation pour constituer une atténuation suffisante des surtensions (commentaire NF C 15-100 à l'article 443.2.8).

3/ Lorsque l'alimentation est totalement aérienne, les surtensions atmosphériques doivent être annihilées par l'installation de parafoudres.

LIMITEURS DE SURTENSION

Ces limiteurs, appelés conventionnellement parafoudres, sont installés à l'origine de l'installation et reliés entre les conducteurs et la terre dans les conditions suivantes.

- Régime du neutre TN ou TT (cf. fiche Électriques (installations) - Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher) :

- entre chaque conducteur de phase et la terre, si le neutre est relié à la terre à l'origine de l'installation ;
- entre chaque conducteur de phase et le neutre, d'une part, et la terre d'autre part, si le neutre n'est pas relié à la terre à l'origine de l'installation.

- Régime du neutre IT (cf. fiche Électriques (installations) - Déclenchement subit suivi de l'impossibilité de réenclencher) : entre chaque conducteur de phase et la terre et entre le neutre et la terre si le neutre est distribué.

Remarque

Le fonctionnement des parafoudres peut provoquer le déclenchement des appareils de protection de l'installation situés en amont, du fait que la durée de passage du courant écoulé par le parafoudre après la détection de surtension peut atteindre 20 ms (ce courant est appelé « courant de fuite »). Si l'on veut éviter cet inconvénient, on peut retarder, par construction, le déclenchement des appareils de protection situés en amont, à condition que ce retard volontaire ne nuise pas aux conditions de sécurité.

PROTECTION CONTRE LES BAISES DE TENSION

Une protection est requise si des baisses répétées ou durables sont dommageables pour les matériels alimentés. Dans ce cas, pour les moteurs, on installe des « relais à baisse de tension » qui ont pour rôle d'avertir ou d'interrompre l'alimentation. Pour du matériel sensible tel que des ordinateurs, on peut installer une alimentation autonome.

Consigne de sécurité

Si lors du rétablissement de la tension normale, des moteurs ou des équipements sont susceptibles de redémarrer automatiquement, ces redémarrages doivent être interdits pour ne pas créer de situation dangereuse pour les personnes ou les biens.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET D'INSTALLATION D'UN SYSTÈME DE SÉCURITÉ



1. OBJETIF DU PROJET

Le but principal de ce projet est d'installer un système de sécurité efficace pour protéger les biens et les personnes de l'entreprise. Le système doit être capable de détecter toute intrusion non autorisée et d'alerter immédiatement les responsables de la sécurité. Le système doit également être capable de filmer les zones à risque et de conserver les images pendant une durée déterminée. Le système doit être facile à installer et à utiliser, et doit être compatible avec les autres systèmes de sécurité existants de l'entreprise.

2. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet consiste à installer un système de sécurité composé de caméras de surveillance, de détecteurs de mouvement, de sirènes et d'un système d'alarme. Les caméras seront installées dans les zones à risque, les détecteurs de mouvement seront installés dans les zones d'entrée et de sortie, les sirènes seront installées dans les zones à risque, et le système d'alarme sera installé dans le bureau du responsable de la sécurité. Le système sera alimenté par une batterie et sera capable de fonctionner pendant une durée déterminée en cas de panne de courant. Le système sera installé dans les locaux de l'entreprise et sera accessible à tout moment par un ordinateur ou un téléphone.

3. BUDGET

Le budget du projet est estimé à 10 000 €. Les dépenses principales sont les équipements (caméras, détecteurs, sirènes, système d'alarme) et les frais d'installation. Les dépenses secondaires sont les frais de maintenance et les frais de formation du personnel. Le budget est réparti sur une durée de 12 mois.

4. PLAN D'ACTION

Le plan d'action du projet est le suivant : 1. Définir les besoins et les objectifs du projet. 2. Choisir les équipements et les fournisseurs. 3. Installer les équipements. 4. Tester le système. 5. Former le personnel. 6. Mettre le système en service.

5. CONCLUSION

Le projet d'installation d'un système de sécurité est un projet important pour l'entreprise. Il permet de protéger les biens et les personnes de l'entreprise et de prévenir les risques de vol et d'incendie. Le projet est réalisable et rentable.



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Régimes du neutre - Choix du schéma le mieux adapté

Cette fiche permet de répondre aux questions suivantes :

- le régime du neutre existant est-il adapté à l'exploitation et présente-t-il toutes les garanties de sécurité des personnes ?
- dans quelles conditions peut-on faire coexister des régimes différents ?

COMMENTAIRES

La première question peut se poser particulièrement dans les cas suivants :

- régime TT : le déclenchement sur défaut unique est-il adapté aux impératifs de l'exploitation et de sécurité ?
- régime TN : en sus de l'observation faite pour le régime TT (ci-dessus), le choix du régime TN est généralement conditionné par l'économie sur l'installation de dispositifs à courant différentiel-résiduel (DDR). En outre, les conditions de l'installation doivent être réunies, soit :
 - impédance des conducteurs de protection,
 - seuil de réglage des protections contre les surintensités,
 - vérifications et mesures périodiques complètes ;
- régime IT : état de fonctionnement sans défaillance du contrôleur permanent d'isolement (vérifications périodiques). Compétence du personnel technique de maintenance et disponibilité de ce personnel pour intervention sans délai à la suite d'un « premier défaut ».

Remarque

Cette fiche est à compléter par celle plus technique « Régimes du neutre : schémas et caractéristiques ».

PRÉAMBULE À UN PROJET DE MODIFICATIONS CONCERNANT LE RÉGIME DU NEUTRE

Le choix du régime du neutre le plus approprié à une installation est guidé par des conditions impératives de l'exploitation. Sur le plan de la protection des personnels, les trois régimes sont équivalents si l'on respecte toutes les règles d'installation et d'exploitation.

Si l'installation est alimentée directement en basse tension (BT) par le réseau public, le distributeur (EDF) impose le régime TT réalisé au niveau du poste de transformation dont il est propriétaire. Dans ce cas, l'exploitant, s'il veut un régime différent, doit installer en tête de son installation un transformateur BT/BT grâce auquel il réalise le schéma de son choix au secondaire de son transformateur (cas de nécessité d'un régime IT sur une partie de l'installation).

La définition du régime du neutre ne peut que résulter d'une concertation entre l'utilisateur et le concepteur du réseau (installateur, bureau d'études, conseiller). Le choix est guidé en premier lieu par les impératifs d'exploitation (continuité de service par exemple, ce qui impose un régime IT) et par la qualité d'un service d'entretien (compétence et disponibilité du personnel électricien). En second lieu, le choix est guidé par les caractéristiques particulières de l'installation et des récepteurs.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Dans certains cas, le régime du neutre est imposé par des textes réglementaires. Exemples : salles d'opération des établissements de soins, éclairage de sécurité de certains établissements : le régime IT est imposé par décrets ou arrêtés.

Un régime différent de celui de l'ensemble du réseau peut être réalisé localement dans une partie d'installation, au moyen d'un transformateur de séparation entre cette partie d'installation et le réseau.

AVANTAGES COMPARÉS DES TROIS SCHÉMAS FONDAMENTAUX

1. Régime TT

Ce régime est imposé par le distributeur dans les alimentations BT. Il est imposé par ailleurs dans tous les cas où il n'existe pas de personnel technique compétent susceptible d'intervenir rapidement et de surveiller en permanence l'installation. C'est le cas des logements, locaux commerciaux et artisanaux, établissements scolaires, petits ERP, etc.

Il faut accepter la condition du déclenchement automatique par DDR ou défaut unique, sauf à recréer localement et pour un circuit très restreint (alimentation d'ordinateur par exemple) un régime IT localisé.

2. Les avantages comparés des schémas TN et IT

Le schéma TN présente l'avantage de l'économie d'un conducteur puisque l'on peut confondre en un seul le conducteur neutre et le conducteur de protection (liaison des masses), à partir de 10 mm² de section. L'appareillage de protection ne comporte que trois pôles. En revanche, s'il y a nécessité de maintenance (non déclenchement au premier défaut) seul le schéma IT est valable. Enfin, dans la même installation, on peut utiliser les deux régimes puisqu'il suffit d'installer un transformateur pour la partie d'installation obligatoirement faite en IT. Si le schéma TN est économique à l'installation, il nécessite un calcul très soigné des impédances des liaisons équipotentielles et du seuil de déclenchement des appareils de protection contre les courts-circuits. Cependant, en multipliant les équipotentialement locales, on se garantit de l'efficacité sur le plan sécurité.

3. Qualités comparées des trois régimes fondamentaux

Le schéma TN représente une économie d'installation ainsi qu'une certaine facilité de maintenance. Il est le plus convenable dans les installations présentant des courants de fuite importants, tel que l'alimentation de fours ou de matériels électroniques.

Le schéma TT est le plus simple d'exploitation, il ne requiert pas un personnel compétent. Il est limité aux installations peu étendues à cause des protections différentielles obligatoires.

Le schéma IT permet la continuité d'exploitation, puisqu'il n'y a pas de déclenchement au premier défaut. Pour cette raison, ce régime a été longtemps considéré comme la panacée dans le tertiaire, jusqu'à l'époque (début des années 80) où le schéma TN, qui n'a été autorisé en France qu'à partir de 1973, a révélé ses qualités d'économie et de facilité de maintenance et d'exploitation.

Par ailleurs, le schéma IT implique une technicité plus grande que le schéma TN ou TT et son coût est élevé.

En dehors des cas où le schéma IT est réglementaire (salles d'opération, éclairages de sécurité) les informaticiens affectionnent ce régime puisqu'il permet de ne pas déclencher au premier défaut. Cependant, cette idée est controversée par certains constructeurs de matériels informatiques pour qui le régime IT impose aux composants une rigidité diélectrique plus importante.

CONDUITE POUR UN PROJET DE CHANGEMENT DE TYPE DE RÉGIME DE NEUTRE

- Vérifier si la législation impose un régime (décrets ou arrêtés) ou le recommande vivement. Les principaux cas où un régime est imposé sont illustrés par le tableau ci-après.
- Considérer la continuité de service (pas de déclenchement au premier défaut). Si cette continuité est impérative et que l'entretien est assuré par un personnel qualifié susceptible d'intervenir sans délai, le seul régime convenable est celui du schéma IT. La continuité de service n'est pas un critère primordial. Deux cas se présentent :
 - on dispose d'un personnel qualifié et disponible : les trois types de régime sont satisfaisants ;
 - on ne dispose pas d'un personnel suffisamment qualifié ou insuffisamment disponible : seul le régime TT est admissible.
- Considérer les cas particuliers de sensibilité des récepteurs, la nature du réseau et certains risques spécifiques. Les critères d'orientation sur un régime de neutre adapté à chaque situation sont résumés par le tableau ci-après.

Cas où le régime de neutre est imposé par un texte réglementaire

Type d'installation	Régime de neutre
Bâtiment d'habitation	Neutre à la terre (schéma TT)
Installations alimentées par le réseau BT de distribution publique	
Établissement d'enseignements secondaire ou technique	
Mines et carrières	Neutre à la terre (TT) ou neutre isolé (IT)
Salles d'opération ou d'anesthésie des établissements de soins	Neutre isolé (schéma IT)
Éclairage de sécurité des établissements recevant du public ou soumis au Code du travail	

Remarque

Le régime TN n'est imposé par aucun texte réglementaire.

Dans le cas général d'installation importante et d'activités diversifiées, aucun régime ne peut être présenté comme le meilleur dans tous les cas. Il faut comparer les avantages et les inconvénients de chacun. Le choix définitif dépend, en principe, de la continuité de service désirée ou imposée et de la qualité d'un service électrique qualifié et disponible. Le critère d'économie ne doit être considéré que pour choisir entre deux régimes également satisfaisants. En pratique, la juxtaposition de plusieurs régimes est réalisable dans une même installation. Ceci est particulièrement intéressant lorsque localement un régime IT est imposé.

CONSIDÉRATION DE SÉCURITÉ DES PERSONNES

1. Règle générale

La réalisation de la protection se fait en fonction de la nature de la boucle de défaut dans un réseau. Le défaut d'isolement considéré est la conséquence d'un contact fortuit entre phase et masse. Le défaut accidentel est représenté (cf. figure) par une flèche établissant un contact direct entre la phase 1 et le boîtier métallique d'un récepteur. Si cette situation subsiste, la masse de l'appareil peut être portée à un potentiel dangereux (au maximum celui de la phase) et provoquer un accident grave à la personne qui toucherait cette masse. Le courant de défaut est représenté par la ligne pointillée formant une boucle qui va de l'origine du défaut (le boîtier du récepteur) au point neutre du secondaire du transformateur par l'intermédiaire de la terre et des prises de terre. La protection est réalisée en fonction du régime du neutre.

2. Protection en régime TT

En régime TT, le courant de défaut n'est limité que par la faible impédance des prises de terre (celle de la masse concernée et celle du point neutre) et c'est le fonctionnement de l'interrupteur à courant différentiel résiduel placé dans le circuit d'alimentation du récepteur qui assure, en coupant l'alimentation, une protection immédiate dès l'apparition du défaut.

3. Protection en régime TN

En régime TN, le courant de défaut circule de l'origine du défaut au point neutre par l'intermédiaire du conducteur PEN ou PE ; il y a quasiment court-circuit et le fonctionnement de la protection de surintensité coupe l'alimentation dans le circuit du récepteur.

4. Protection en régime IT (cf. Usage et choix des contrôleurs permanents d'isolement (CPI))

En régime IT, le courant de défaut ne peut être que très faible puisque le point neutre est isolé (ou relié à la terre par une impédance qui est au minimum de 1 500 ohms). Le « premier défaut » n'a donc pas de conséquence dangereuse, mais il doit être éliminé sans délai.



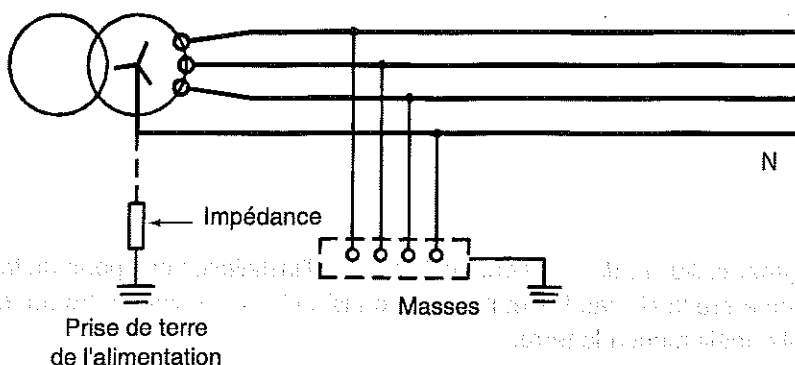
ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Régimes du neutre - Schémas et caractéristiques

La fiche synthèse *Régimes du neutre - Choix du schéma le mieux adapté* propose des options de régime du neutre en fonction de l'application.

COMMENTAIRES

Par construction, le point neutre des réseaux de distribution est à potentiel nul parce qu'il est la somme des trois phases, décalées dans le temps de la valeur $2/3$ du courant alternatif. Cependant, si ce point n'est pas relié à la terre, il peut être porté à un potentiel différent de zéro par rapport à celle-ci.



Afin de stabiliser les valeurs de chaque phase par rapport à la terre, le point neutre (somme des phases), des générateurs et des transformateurs des centrales de production et des réseaux de distribution, est mis soit au potentiel de référence de la terre, soit au potentiel zéro, par liaison à des prises de terre efficaces.

Pour plusieurs raisons, et particulièrement pour la sécurité des usagers, le même point neutre des installations électriques est relié à la terre au niveau du branchement au réseau, sauf dans des cas spécifiques où au contraire on désire isoler l'installation par rapport à la terre.

Il existe plusieurs méthodes de lier ou non lier à la terre les installations d'abonné et chaque méthode ou régime de liaison du neutre présente des caractéristiques différentes vis-à-vis de la sécurité des personnes et de la maintenance d'énergie électrique.

Chaque schéma type de liaison neutre-terre des installations est décrit ci-après pour ses caractéristiques : avantages et inconvénients. Le choix du schéma type convenant aux résultats recherchés est étudié ensuite avec des exemples concrets.

SCHEMA CONVENTIONNEL TYPE TT

Ce schéma constitue la solution la plus simple d'exploitation lorsqu'il n'y a pas d'impératif de continuité absolue d'alimentation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

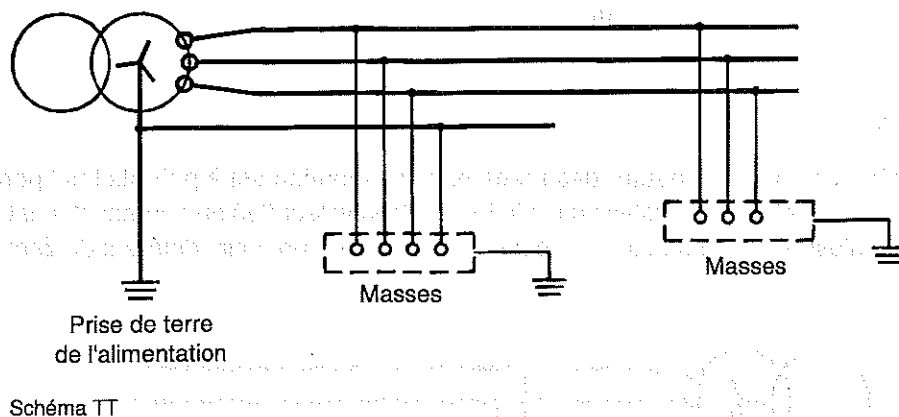
UV

WX

YZ

1. Définition

Ce type de liaison à la terre est appelé « neutre direct à la terre ». La norme NF C 15-100 le définit ainsi (chapitre 312-2.2) : « Le schéma TT a un point de l'alimentation relié directement à la terre, les masses de l'installation électrique étant reliées à des prises de terre électriquement distinctes de la prise de terre de l'alimentation. »



2. Commentaires

Dans le cas général, illustré dans la figure précédente, l'installation comporte un transformateur servant d'interface entre le réseau HT et l'installation BT. C'est le point neutre du transformateur qui est relié intentionnellement à la terre.

Les masses de l'installation sont également reliées à des prises de terre indépendantes de celle de l'alimentation.

- La particularité de ce schéma est qu'un défaut de contact contre une phase et une masse génère un courant le long d'une « boucle de défaut » qui comprend généralement la terre sur une partie de son parcours. L'intensité de ce courant de défaut est inférieure à celle d'un court-circuit mais peut être suffisante pour provoquer l'apparition d'une tension dangereuse.

Les prises de terre des masses et celle du point neutre peuvent être reliées par une liaison électrique directe. Dans ce cas, le schéma ressemble à un schéma TN. Cependant, il reste réglementairement un schéma TT si toutes les règles du schéma TN ne sont pas respectées.

- Dans le cas des installations alimentées directement par le réseau public (logements, petits commerces, locaux artisanaux, etc.) le distributeur (EDF ou autre) impose ce régime TT au niveau du branchement.

La protection des usagers est alors impérativement réalisée au moyen d'un appareil « à courant différentiel-résiduel » judicieusement situé dans l'installation. Un défaut « phase-masse » provoque un déclenchement rapide dès l'apparition du défaut par le moyen de cette protection. Si l'utilisateur désire un schéma de distribution suivant un autre régime (IT ou TN), il a la possibilité d'insérer un transformateur BT/BT entre le réseau et son installation. Il réalise ainsi la liaison choisie entre le point neutre du secondaire de son transformateur et la terre.

3. Caractéristiques du schéma TT

Il ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation. Seul un contrôle périodique des dispositifs différentiels peut être nécessaire. La présence des différentiels permet en plus la prévention des risques d'incendie lorsque leur sensibilité est < 300 mA.

Dans une installation étendue, il est intéressant de pratiquer une sélectivité, en temporisant le déclenchement du dispositif à courant différentiel résiduel (DDR) placé en tête (50 ms par exemple), et en installant en tête des circuits divisionnaires des DDR instantanés d'un seuil inférieur à celui placé en tête.

4. Incidence d'un défaut phase-masse

Chaque défaut d'isolement entraîne une coupure. Cette coupure est limitée au circuit en défaut par l'emploi de plusieurs différentiels sélectifs. Les récepteurs ou parties d'installation qui sont la cause, en marche normale, de courants de fuite importants, doivent faire l'objet de mesures spéciales pour éviter les déclenchements intempestifs. Il faut alors alimenter les récepteurs par transformateurs de séparation (régime IT) ou utiliser des différentiels à seuil élevé, compatibles avec la résistance de la prise de terre des masses (*cf.* Usage et choix des dispositifs à courant différentiel-résiduel (DDR)).

La coupure a lieu dès l'apparition du défaut d'isolement. Le seuil de fonctionnement de ces appareils est réglementé. Il est de 500 mA pour les appareils en tête des installations alimentées directement par le réseau public en basse tension (BT). Suivant les cas et les risques présentés dans une installation étendue, ce seuil peut être de 300 mA, 30 mA ou 10 mA.

Le fonctionnement du dispositif DDR est l'objet de la fiche « Choix du type de protection DDR ».

SCHÉMA CONVENTIONNEL TYPE TN

Le schéma TN représente une économie d'installation ainsi qu'une certaine facilité de maintenance. Il est le plus convenable dans les installations présentant des courants de fuite importants, tel que l'alimentation de fours ou de matériels électroniques. Les schémas TN ne sont utilisés généralement que dans les établissements industriels où le service maintenance est techniquement très compétent.

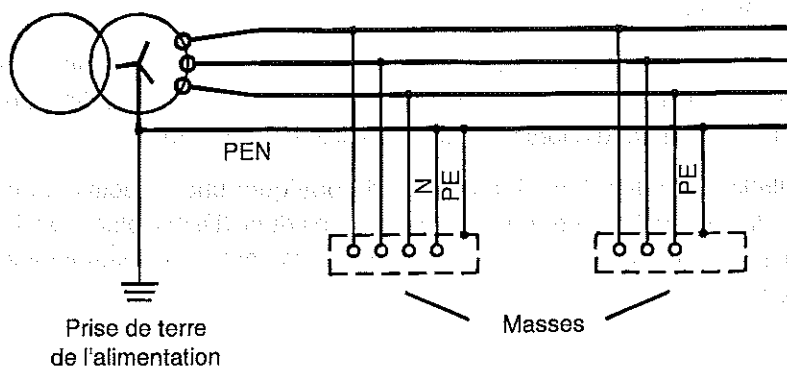
1. Définitions

Ce type de liaison à la terre est appelé « mise au neutre ». Il a deux variantes que la norme NFC 15-100 définit ainsi (chapitre 312-2.1) : « les schémas TN ont un point relié directement à la terre, les masses de l'installation étant reliées à ce point par des conducteurs de protection. »

Dans la variante TN-C, les fonctions de neutre et de protection sont combinées en un seul conducteur dans l'ensemble du schéma.

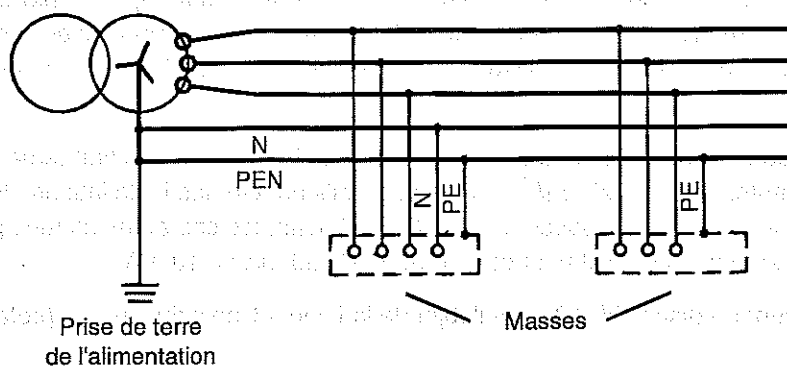
Dans la variante TN-S, un conducteur de protection distinct est utilisé dans l'ensemble du schéma.

Les deux variantes peuvent coexister dans une même installation. Le schéma qui en résulte est appelé TN-C-S. Dans ce dernier cas, les fonctions de neutre et de protection sont combinées en un seul conducteur dans une partie du schéma.



Fonctions de neutre et de protection combinées en un seul conducteur dans l'ensemble du schéma

Schéma TN-C



Conducteurs neutres et de protection distincts dans l'ensemble du schéma

Schéma TN-S

Remarque

Dans les schémas figurés, le conducteur désigné PE est le conducteur de protection, le conducteur désigné PEN assure à la fois les fonctions de protection et de conducteur neutre.

2. Commentaires

- Dans ces schémas, les masses de l'installation sont reliées directement au point neutre. Un défaut de contact entre phase et masse provoque un courant de court-circuit dont la boucle est constituée de conducteurs actifs (phase) et de protection (liaison des masses).

La coupure (déclenchement de l'installation ou du circuit concerné) a lieu dès l'apparition du défaut d'isolement, au moyen des appareils de protection contre les courts-circuits qui doivent être pour cela soigneusement réglés pour le seuil de déclenchement.

- Ce régime de neutre, quelle que soit la variante, nécessite une étude très soignée du seuil de déclenchement des protections contre les courts-circuits, ainsi que des sections des conducteurs PE et PEN. Au cours des contrôles périodiques et du contrôle avant mise en service de ces types

d'installation, les résistances électriques de ces conducteurs sont vérifiées afin d'être certain qu'un courant de défaut éventuel atteigne bien la valeur « de court-circuit » capable du déclenchement de l'appareil de protection intéressé. Le cas échéant, on double les conducteurs de protection et on relie ces conducteurs à de nombreuses prises de terre réparties dans l'installation pour diminuer la résistance des liaisons à la terre.

3. Conditions de réalisation

- Le schéma TN-C est le plus simple, mais lorsque les conducteurs sont de faible section, inférieure à 10 mm^2 , le conducteur neutre et le conducteur de liaison des masses doivent être distincts.

Par ailleurs, ce schéma peut faire apparaître une économie à l'installation (suppression d'un pôle d'appareillage et d'un conducteur). Il implique l'utilisation de canalisations fixes et rigides (chapitre 413.2.5 de la norme NF C 15-100). Il nécessite un personnel d'entretien très compétent. L'économie réalisée à l'installation est souvent compensée par des frais supplémentaires à l'étude et en exploitation :

- détérioration possible de certains récepteurs ;
- interventions plus fréquentes pour l'appareillage donc, dans le cas des fusibles, remplacements plus nombreux ;
- contrôles périodiques de la continuité du conducteur de protection.

- Avec le schéma TN-S

Le conducteur neutre et le conducteur de protection (liaison des masses) sont distincts. Ce schéma est obligatoire pour des sections inférieures à 10 mm^2 . Le conducteur neutre est symbolisé par N et le conducteur de protection par PE.

- Lorsque la réalisation est une combinaison des deux variantes, le schéma à 4 fils (TN-C) doit toujours être en amont du schéma à 5 fils (TN-S). En schéma TN-C, la fonction « conducteur de protection » est primordiale sur la fonction « neutre ». Ainsi un conducteur PEN doit être raccordé à la borne de terre des récepteurs ainsi qu'à la borne neutre au moyen d'un pont.

4. Conditions de sécurité

La protection des personnes nécessite que soit rendue impossible la montée en potentiel des masses. Pour cela, on doit réaliser un système équipotentiel en reliant le conducteur PE ou le conducteur PEN à de nombreuses prises de terre.

La vérification des déclenchements sur premier défaut d'isolement doit être effectuée si possible à l'étude par le calcul, et obligatoirement à la mise en service par des mesures. Cette vérification est la seule garantie de fonctionnement de ce régime aussi bien au moment de la réception qu'en exploitation et après toute intervention (modification, extension) sur le réseau.

Le schéma TNC nécessite des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation. Il accentue les risques d'incendie du fait des forts courants de défaut.

Pour toutes ces raisons, les schémas TN ne sont utilisés généralement que dans les établissements industriels où le service maintenance est techniquement très compétent.

SCHÉMA CONVENTIONNEL TYPE IT

La priorité avec ce type d'installation est, avant tout, la continuité d'alimentation d'énergie électrique. C'est le cas des salles d'opération et équipements de survie dans les hôpitaux, ainsi que des équipements de calculs des salles d'informatique et de certains processus industriels qu'il serait plus grave d'interrompre que de supprimer un défaut à la terre.

1. Définition

Ce type de schéma est appelé, suivant les cas, « neutre isolé » ou « neutre impédant ». La norme NF C 15-100 le définit ainsi (chapitre 312-2.3) : « dans ce schéma, toutes les parties actives sont isolées de la terre ou, un point est relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance, les masses de l'installation électrique étant mises à la terre ». Le neutre peut être ou ne pas être distribué.

2. Commentaires

Dans ce schéma, aucune liaison n'est réalisée directement entre le point neutre et la terre. Le point neutre est donc soit isolé par rapport à la terre, soit relié à celle-ci à travers une impédance Z de l'ordre de 1 500 à 2 000 ohms. Les masses de l'installation sont reliées à une prise de terre.

Cette disposition est voulue, afin qu'un défaut phase-masse ne provoque pas un déclenchement comme avec les schémas TT et TN. Ce dispositif nécessite des contraintes sévères de surveillance et de compétence du personnel technique d'entretien.

3. Caractéristiques de ce type de régime du neutre

Un défaut de contact entre phase et masse génère un courant dont la boucle comporte une impédance importante (du fait que le point neutre est non relié à la terre, ou par l'intermédiaire d'une impédance Z). De ce fait, le courant de défaut est suffisamment faible pour ne provoquer aucun incident. Cependant, il doit être signalé dès son existence par un appareil spécifique afin que le service d'entretien recherche et supprime ce « premier défaut ». En effet, l'apparition d'un second défaut provoquerait un court-circuit pour lequel il n'est pas prévu de protection adaptée comme dans les schémas TT et TN (*cf.* Usage et choix des contrôleurs permanents d'isolement (CPI)).

4. Protection des usagers et contraintes d'exploitation

Dans le schéma IT, la protection des personnes est garantie par la faiblesse du courant de défaut au premier défaut. L'intérêt de placer une impédance entre le point neutre et la terre est de fixer le potentiel d'un réseau de faible importance (réseau court) par rapport à la terre. Dans tous les cas cependant, le réseau n'est jamais très isolé, du fait de sa capacité par rapport à la terre et des fuites inévitables. Ainsi un réseau de 1 km, isolé, présente en réalité une impédance de l'ordre de 3 à 4 000 ohms. Compte tenu de cela, l'impédance placée volontairement ne présente pratiquement pas d'intérêt.

En dehors des cas où le IT est réglementaire (salles d'opération, éclairages de sécurité), les informaticiens affectionnent ce régime puisqu'il permet de ne pas déclencher au premier défaut. Cependant, cette idée est controversée par certains constructeurs de matériels informatiques pour qui le régime IT impose aux composants des rigidités plus importantes.

Le premier défaut d'isolement ne provoque pas de coupure de l'installation. Le point neutre n'étant pas relié directement à la terre, l'impédance de la boucle de défaut n'admet qu'un courant très faible et non dangereux. Le défaut doit être signalé dès son apparition au moyen d'un « contrôleur permanent d'isolement ». La recherche et l'élimination du défaut doit être faite sans délai.

La coupure a lieu dès l'apparition d'un second défaut par le fonctionnement des appareils de protection contre les courts-circuits. En effet, après l'apparition d'un premier défaut, l'installation se trouve dans les conditions d'un schéma TN (court-circuit entre deux phases).

Remarque

Le contrôleur permanent d'isolement (CPI) est l'objet de la fiche « Usage des CPI ».

5. Conclusion sur les propriétés de ce schéma

Le schéma IT :

- est la solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation ;
- nécessite un personnel d'entretien pour la surveillance en exploitation et un bon niveau d'isolement interne, ce qui implique la fragmentation du réseau si celui-ci est très étendu, et l'alimentation des récepteurs à courant de fuite important par transformateurs de séparation.

La signalisation du premier défaut d'isolement, suivie de sa recherche et de son élimination, permet une prévention systématique contre tout risque d'électrocution. La vérification des déclenchements pour 2 défauts simultanés doit être effectuée si possible à l'étude par les calculs, et obligatoirement à la mise en service par des mesures.



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

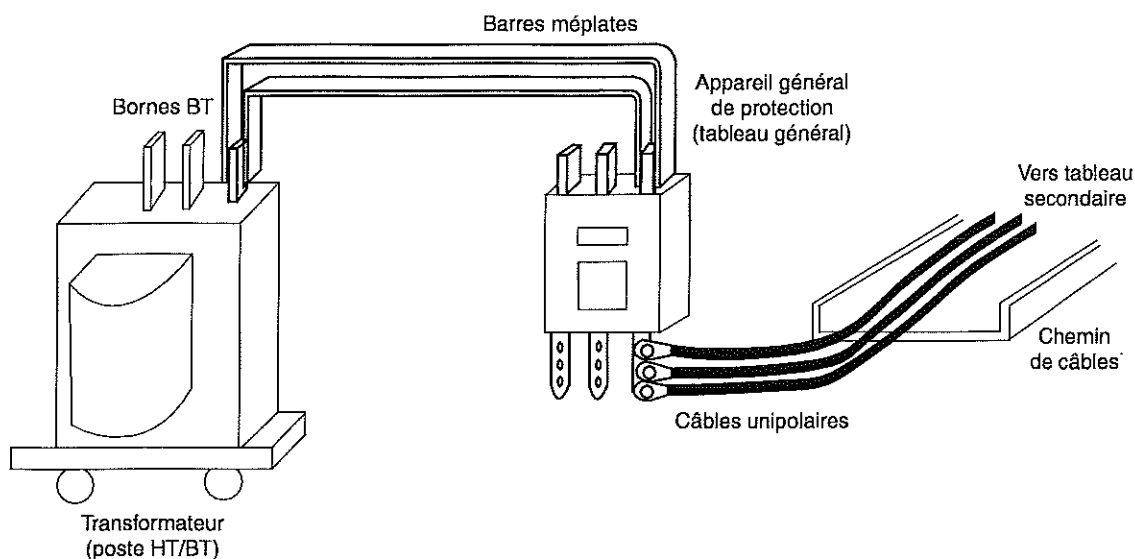
Répartition inégale des courants dans les conducteurs en parallèle d'une même phase

Lorsque la puissance transportée est importante, plusieurs conducteurs (barres méplates ou câbles unipolaires) sont mis en parallèle pour chaque phase d'un même circuit. On s'attend naturellement à ce que l'intensité globale soit également répartie entre les conducteurs qui ont la même section et la même longueur entre leurs points de raccordement. La figure ci-après illustre un cas courant où la même polarité comporte, dans l'exemple choisi, deux barres méplates entre transformateur et tableau général, puis trois câbles unipolaires entre ce tableau et un tableau de répartition éloigné.

CONSTAT

L'échauffement de l'un des câbles ou barres est nettement supérieur à celui des deux autres. L'intensité mesurée sur chacun des câbles montre des écarts pouvant atteindre 10 %. La chute de tension globale est supérieure à celle présumée aux calculs.

Les vérifications de longueur de chaque conducteur et de qualité de serrage des connexions montrent que ces défauts importants ont une autre origine.



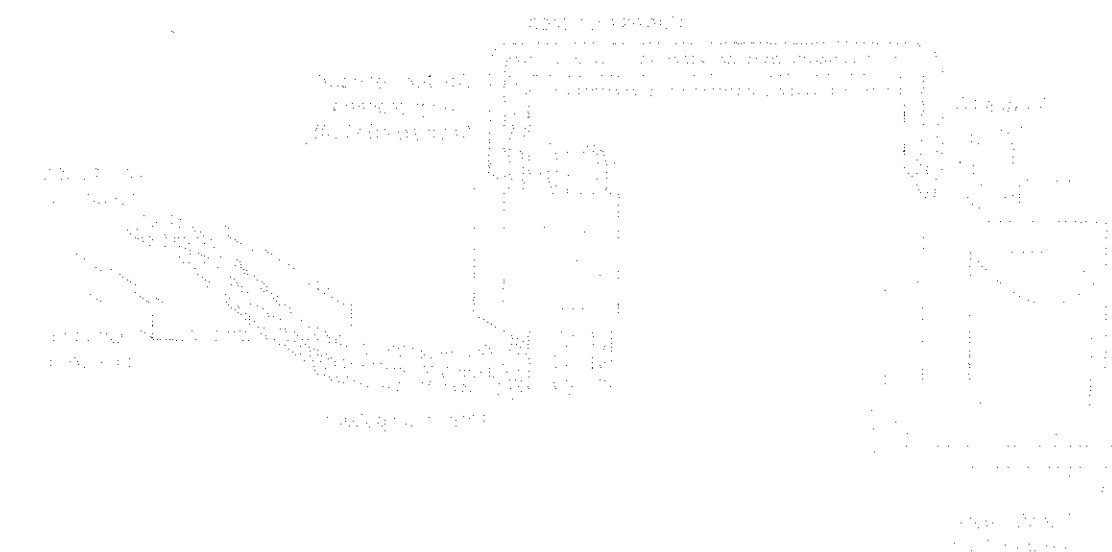
Liaisons homopolaires basse tension - une seule phase est représentée

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)



1. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 2. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 3. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 4. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 5. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 6. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 7. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 8. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 9. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 10. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.

1. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 2. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 3. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 4. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 5. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 6. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 7. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 8. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 9. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.
 10. Les conducteurs sont en cuivre ou en aluminium.





ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Répartition inégale des courants dans les conducteurs en parallèle d'une même phase

Les intensités mesurées avec précision sur chaque conducteur (de la même phase) ont un écart pouvant atteindre 10 % (quelquefois plus) par rapport à l'un des autres conducteurs. Ces écarts ne sont pas dus à une différence de longueur ou à un défaut de connexion. Les câbles sont généralement plus affectés que les barres.

L'échauffement est sensible si la section des conducteurs n'a pas été surdimensionnée pour tenir compte des surcharges momentanées. La chute de tension, supérieure à celle prévue, est préjudiciable à la qualité de l'éclairage et peut affecter le fonctionnement de certains équipements.

ÉLÉMENT DE THÉORIE

L'induction mutuelle entre les conducteurs en parallèle est la cause d'une intensité induite qui s'ajoute et affecte inégalement les conducteurs, suivant leur position relative dans le groupement. Cet effet est inévitable et d'autant plus grand que les conducteurs sont plus rapprochés et les longueurs plus importantes.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REPARTITION INEGALE DES COURANTS

1/20/2018
10:00

(

(

(

(



ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Répartition inégale des courants dans les conducteurs en parallèle d'une même phase

RÉGLEMENTATION

La norme NF C 15-100, article 523-6 précise : « Lorsque plusieurs conducteurs sont reliés en parallèle sur la même phase ou la même polarité, des mesures doivent être prises pour assurer que le courant se répartisse également entre eux.

Cette prescription est considérée comme satisfaite si :

a) Les conducteurs en parallèle se trouvent dans le même câble multiconducteur ou sont des conducteurs isolés ou câbles monoconducteurs torsadés ;

b) Lorsque les conducteurs en parallèle sont des conducteurs isolés ou câbles monoconducteurs non torsadés, des dispositions spéciales doivent être prises lorsque la section des conducteurs est supérieure à 50 mm² en cuivre ou 70 mm² en aluminium : ces dispositions doivent être adaptées à chaque cas.

Dans tous les cas, les conducteurs doivent être de même nature, de même section, de longueur sensiblement égale, et ne doivent comporter aucune dérivation sur leur parcours. »

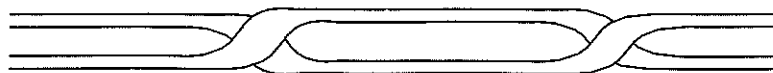
SOLUTIONS DU TORSADAGE OU CROISEMENT DES CONDUCTEURS

Le torsadage des conducteurs à l'intérieur d'un câble est réalisé industriellement par des machines automatiques.

Dans les installations faites à la demande en fonction de puissances importantes, le torsadage est effectué manuellement et au moyen d'outils spécifiques pour les barres.

Barres méplates

Les longueurs sont généralement courtes et réservées à l'intérieur d'un local électrique. Sur une longueur rectiligne les barres sont croisées pour occuper tour à tour chacun des plans. Il n'est pas nécessaire d'effectuer de nombreux croisements mais les longueurs sur chaque plan doivent être égales autant que possible.



Croisement de deux barres parallèles

Câbles juxtaposés

Ceux-ci doivent être disposés, sur la totalité de leur longueur, de manière à occuper à tour de rôle des positions identiques par rapport aux supports de leurs parcours. Par exemple sur un chemin de câbles, chacun occupera un tiers de leur longueur au centre et à chaque rive extérieure. Le torsadage réalisé manuellement est irrégulier. L'important est qu'aucun d'eux n'occupe la même situation sur une longueur trop grande.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Torsadage de câbles le long d'un parcours

RÉSULTATS

En fonction d'un travail soigné de croisement ou de torsadage, les écarts d'intensité entre conducteurs sont ramenés à une valeur de 1 à 3 %.



Question/Réponse

ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Vérification de la grandeur du courant de court-circuit possible dans un circuit

QUESTION

Est-on convenablement protégé par l'appareil de protection contre les surintensités, en cas de court-circuit franc dans un circuit déterminé ?

RÉPONSE

Conception schématique de la protection sélective des circuits

Dans une armoire ou un tableau électrique, les appareils de protection de surintensité (disjoncteurs ou fusibles) sont installés en tête des circuits ou groupes de circuits qu'ils ont pour rôle de protéger.

Par principe de sélectivité, les circuits sont réservés autant que possible à l'alimentation d'un nombre limité d'équipements.

La sélectivité verticale est réalisée par retardement du temps de fonctionnement pour les appareils à courant différentiel-résiduel. Dans ce schéma, chaque disjoncteur est réglé pour déclencher dans un temps minimal sur un circuit franc qui se produirait à ses bornes, c'est-à-dire dans un circuit présentant l'impédance la plus faible. Cette impédance est celle représentée par les parties de circuits situées en amont du point où se produirait le court-circuit le plus violent présumé. L'exemple donné plus loin aide à comprendre cette interprétation.

Effet des courts-circuits

Le court-circuit est le résultat d'un contact direct entre phases ou entre phase et neutre par la rupture d'un isolant, une erreur de connexion ou toute autre cause mettant en contact direct deux parties actives qui ont un potentiel différent. L'effet du court-circuit est grave car la montée rapide de l'intensité n'est diminuée que par la réserve de puissance du réseau et l'événement ne prend fin qu'avec la destruction des parties conductrices concernées, si la protection n'a pas fonctionné.

L'échauffement croît théoriquement avec le carré de l'intensité. Si le dépassement d'intensité est grand par rapport à l'intensité nominale, la destruction par fusion des parties conductrices peut être très rapide (principe du fusible). L'effet électrodynamique provoque la déformation mécanique des pièces conductrices et des conducteurs d'une même canalisation. Cet effet se manifeste particulièrement dans le cas de court-circuit franc. Il peut provoquer la rupture mécanique des machines.

Seuil de réglage des appareils de protection

L'objectif est que l'appareil installé déclenche le circuit qu'il alimente dans le délai nécessaire (compris entre 1/100 et moins de 1/10 seconde) pour le courant de court-circuit maximal présumé sans détérioration de ses éléments ni du circuit protégé.

Le point où on doit effectuer le calcul du court-circuit maximal présumé est choisi au plus près des bornes secondaires de l'appareil de protection. La connaissance de cette grandeur est nécessaire pour la conception d'une installation et la détermination des dispositifs de protection : pouvoir de coupure des appareils, tenue des câbles à la valeur de ces surintensités, sélectivité, etc. Ces vérifications doivent être effectuées lorsque des modifications ont eu lieu dans l'installation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le calcul de la « valeur présumée » des courants de court-circuit doit être faite aux différents points du réseau où sont installés les dispositifs de protection.

Pour assurer leur rôle efficacement, les appareils de protection doivent être situés à l'origine des canalisations (soit au départ des tableaux ou des armoires électriques) ainsi qu'à l'origine des dérivations d'une canalisation principale.

Le calibre de réglage des appareils est déterminé en fonction de plusieurs critères dont les principaux sont :

- la section des conducteurs ;
- les conditions de pose (encastré, apparent, en goulotte, etc.) ;
- la température ambiante ;
- le régime du neutre pour ce qui concerne la protection des personnes.

Exemple de calcul de courant de court-circuit en un point d'installation

On recherche la valeur maximale possible appelée « courant de court-circuit présumé » (expression normalisée NF C 15-100, art. 434-2). Le symbole est I_{cc} .

La valeur du I_{cc} aux différents points du réseau peut être déterminée par l'un des moyens suivants :

- calcul par une méthode appropriée ;
- étude sur modèle de réseau ;
- mesure effectuée sur l'installation ;
- informations précises fournies par le distributeur d'énergie.

Dans le cas général, c'est par calcul qu'on détermine généralement I_{cc} .

Dans l'exemple que nous choisissons, nous supposons qu'un défaut se produise quelque part entre la machine représentée en bout de ligne et l'appareil de protection représenté par le disjoncteur DJ.

On conduit le calcul en supposant que ce court-circuit ait lieu au point C où l'impédance en aval de l'appareil de protection est plus faible (puisque'elle ne tient pas compte du câble qui alimente la machine, ni de cette machine).

La théorie est la suivante : au point C, l'impédance à prendre en compte est la somme des impédances de l'ensemble du réseau situé en amont. Le courant de court-circuit triphasé est alors :

$$I_{cc} = \frac{U_0}{\sqrt{Z_1}}$$

U_0 : tension entre phases à vide au secondaire du transformateur. Cette tension est de 400 V pour un réseau de 380 V et 230 V pour un réseau de 220 V.

Z_1 : impédance totale par phase (ohm) du réseau en amont du point C.

Le point délicat du calcul est de déterminer les différentes impédances composant l'impédance globale Z_1 . Ces impédances sont constituées par celles que représentent :

- la partie de réseau haute tension en amont du transformateur ;
- le transformateur ;
- les jeux de barres et câbles entre le transformateur et le point C ;
- les dispositifs de protection et leurs connexions.

Pour chaque partie, l'impédance à considérer est exprimée par la relation $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ dans laquelle R est la résistance ohmique de la partie de circuit et X la réactance composée par la self-inductance et la capacitance.

Note importante : on ne doit pas calculer Z pour chaque partie et en faire la somme ; calculer d'abord R pour chaque partie, puis X pour chaque partie et faire les sommes séparément : $R_t = \sum R$, $X_t = \sum X$ et l'impédance globale Z_t est alors : $Z_t = \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}$ par phase.

Un tel calcul est affaire de spécialiste, car les calculs de R et de X dans chaque partie exigent des connaissances spécifiques dans le domaine électrotechnique. Toutefois, nous donnons les informations suivantes :

1/ Impédance en amont du transformateur

Cette valeur est donnée par le distributeur d'énergie (EDF dans le cas général), qui seul connaît les caractéristiques de son réseau. Dans cette partie, il est quelquefois superflu de distinguer R de X, car R représente souvent moins de 10 % de X.

2/ Impédance du transformateur

Les valeurs R et X sont données par le constructeur du transformateur. Comme pour le réseau, la valeur de X est prépondérante sur celle de R.

3/ Impédance du disjoncteur général de distribution (en aval du transformateur)

Cette impédance est très faible, comparée à celles des autres parties du circuit. Elle représente, en effet, la résistance des contacts du disjoncteur fermé.

4/ Impédance du jeu de barres

Les barres sont généralement courtes et de section importante. Pour cette raison, on peut négliger la résistance et ne prendre en compte que la réactance.

Les constructeurs donnent l'impédance par mètre de longueur de leurs barres préfabriquées.

Éventuellement, on peut estimer la résistance à $X_d = 0,15 \text{ m ohm/mètre}$.

5/ Impédance du câblage entre le jeu de barres et le disjoncteur DJ

À l'inverse des autres parties du réseau, la résistance est plus importante que la réactance.

Les constructeurs donnent les valeurs de R et X pour leurs produits, par mètre de longueur. Toutefois, le calcul direct se fait par application de la formule :

$$R = \rho \frac{l}{S} \text{ dans laquelle } \rho \text{ est la résistivité du métal (cuivre ou aluminium), } l \text{ la longueur des câbles,}$$

S la section des conducteurs.

Conclusion

L'exemple choisi est le cas général pour lequel on peut avoir un doute concernant les appareils de protection des différents circuits au départ d'une armoire secondaire.

Certaines installations industrielles sont plus complexes parce qu'elles comportent des alimentations autonomes par groupes électrogènes ou des parties haute tension.

Dans tous les cas, un calcul de vérification du seuil de réglage d'un disjoncteur ou fusible doit être confié à un spécialiste.

La valeur de la résistance de la bobine est de 100 Ω.

La bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.

On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V. On suppose que la bobine est alimentée par une source de tension continue de 120 V.



Question/Réponse

ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Vérification de la valeur de réglage des protections de surintensité dans une installation définie en régime TN

QUESTION

Est-on convenablement protégé dans une installation en régime TN en cas de défaut à la terre dans un circuit ?

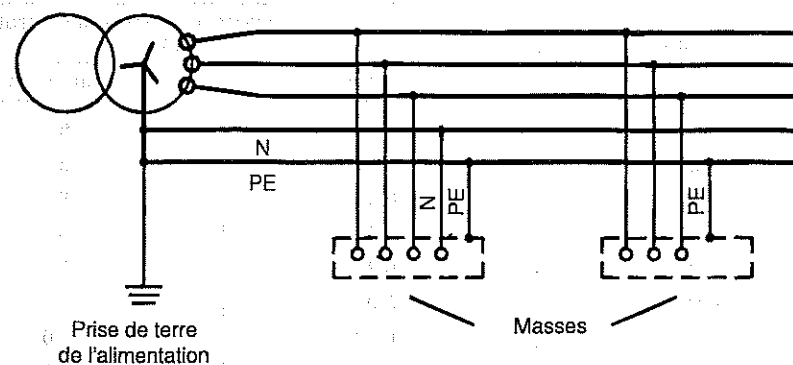
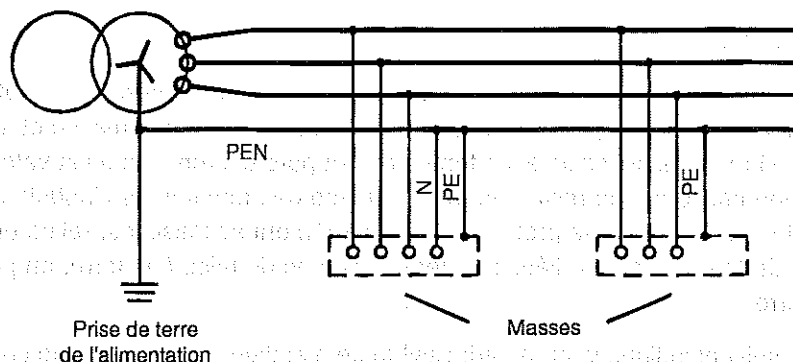
RÉPONSE

Conception schématique de la protection contre les courants de fuite dans une installation en régime TN

Contrairement aux installations conçues en régime TT, les circuits ne comportent pas de déclencheur à courant différentiel-résiduel (DDR) pour assurer la coupure d'alimentation en cas de défaut à la terre.

Le câblage des circuits dans une installation TN est réalisé de sorte qu'un courant de fuite soit assimilé à un courant dont la valeur est proche de celle du court-circuit capable de provoquer le fonctionnement de la protection de surintensité concerné.

Dans la figure qui suit, on a volontairement réuni les conducteurs de liaison des masses avec le conducteur neutre.



Principe du schéma TN suivant 2 variantes

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Deux types de réalisations sont possibles :

- en TN-C, les masses sont reliées directement au conducteur neutre ;

- en TN-S, les conducteurs reliant les masses sont distincts du conducteur neutre, les liaisons communes étant réalisées au niveau de la prise de terre générale (celle du point neutre au niveau du poste de livraison).

La variante TN-S est considérée comme plus sécurisante et est imposée dans certains bâtiments ou parties d'installation.

Principe de la protection par la détection de surintensité

Le Code du travail (décret du 14 novembre 1988) et la NF C 15-100 imposent que la protection des personnes contre les contacts indirects soit assurée par un dispositif de protection qui sépare automatiquement de l'alimentation le circuit ou le matériel qu'il protège (contre les contacts indirects) en vue d'éviter le maintien d'une tension de contact qui est présumée :

- supérieure à 50 V en courant alternatif (valeur efficace) ;

- ou à 120 V en courant continu lisse.

La tension de contact est celle à laquelle serait soumise une personne qui toucherait une masse portée à un potentiel non nul par rapport au sol.

Remarque

Dans le cas où la personne est très bien isolée du sol par des chaussures isolantes ou un plancher de bois et si elle ne touche aucun autre élément conducteur, elle se trouve protégée.

Règlement NF C 15-100

Le principe d'une protection efficace est que l'alimentation soit coupée automatiquement dès qu'apparaît une tension supérieure à la tension limite U_L entre une masse et la terre ou une autre masse simultanément accessible. Le temps de coupure est fonction de la valeur U_L . Cette mesure de protection implique une mise à la terre efficace des masses de l'installation, qui doivent être reliées à des conducteurs de protection, simultanément accessibles, reliés eux-mêmes à une ou des prises de terre qui sont reliées au même système de mise à la terre, en pratique à une même prise de terre.

Le tableau suivant indique la durée admissible de maintien de la tension de contact de la valeur de cette tension (valeur présumée par calcul).

Durée maximale de maintien de la tension de contact (NF C 15-100, article 413.1.1.1)

Tension de contact présumée (volt)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (seconde)	
	Courant alternatif	Courant continu
< 50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10

Le défaut contre lequel la protection doit agir (défaut de contact indirect) est représenté par la figure suivante.

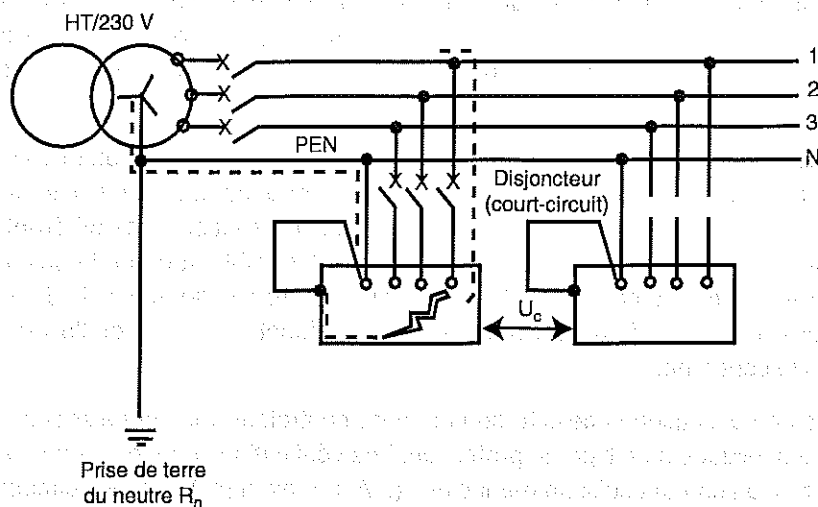


Image du courant de défaut dans une installation en schéma TN (représenté en pointillé gras)

Sur cette image, un défaut d'isolement, représenté par une flèche entre la phase 1 et la masse, produit un courant de défaut qui se referme directement au point neutre de l'alimentation par le conducteur commun PEN (schéma TN-C) ou PE (schéma TN-S). On voit que la tension U_c entre la masse en défaut et les autres masses voisines ou bien les autres éléments conducteurs, peut atteindre une valeur dangereuse. Le déclenchement dès l'apparition du défaut est obligatoire. Le courant de défaut, représenté par le pointillé gras est proche de la valeur de court-circuit et donc suffisamment élevé pour faire fonctionner la protection de surintensité concernée par la boucle de défaut qui est le disjoncteur d'alimentation de l'appareil en défaut.

La norme NF C 15-100 prescrit les conditions de réalisation dont le résultat doit être le suivant, conformément à l'article 413.1.3.3 : s'il se produit en un endroit quelconque un défaut d'impédance négligeable entre un conducteur de phase et le conducteur de protection ou une masse, les caractéristiques des dispositifs de protection et les impédances des circuits doivent effectuer la coupure automatique en un temps au plus égal à la valeur spécifiée. La condition suivante doit satisfaire cette prescription :

$$Z_s \times I_s \leq U_0$$

Z_s : impédance de la boucle de défaut comprenant la source, le conducteur actif jusqu'au point de défaut et le conducteur de protection entre le point de défaut et la source.

I_s : courant assurant le fonctionnement du dispositif de coupure automatique dans le temps défini en fonction de la tension nominale U_0 ou dans un temps non supérieur à 5 secondes.

Temps de coupure maximaux dans le schéma TN (NF C 15-100, article 413.1.3.3)

Tension nominale U_0 (volt) ¹⁾	Temps de coupure (secondes)
102,127	0,8
220,230	0,4
380,400	0,2
> 400	0,1

¹⁾ Ces valeurs sont basées sur la publication 38 de la CEI.

Vérification des conditions de protection

Pour l'application efficace de ce mode de protection, spécifique au régime TN, toutes les masses de l'installation doivent être reliées au point de l'alimentation mis à la terre, qui est généralement le point neutre, par des conducteurs de protection qui doivent être mis à la terre à proximité de chaque transformateur d'alimentation ou de chaque génératrice. Si un point neutre n'est pas disponible ou accessible, il faut mettre à la terre un conducteur de phase qui, en aucun cas, ne doit servir de conducteur PEN.

Les vérifications périodiques réglementaires (dans le cadre du Code du travail) consistent à vérifier que l'impédance des liaisons à la terre soient telles que, dans tous les cas, une liaison équipotentielle entre deux masses appartenant à des circuits de sections très différentes ne risque pas de provoquer, dans le conducteur de protection de plus faible section, le passage d'un courant de défaut provoquant une contrainte thermique supérieure à celle admissible dans ce conducteur, et surtout que le courant de défaut provoque bien le fonctionnement de l'appareil de protection de surintensité concerné.

Ce genre de vérification nécessite de la part du contrôleur une connaissance parfaite de l'électrotechnique appliquée à ce type de protection. Les vérifications sont effectuées au moyen d'un appareil générant un courant suffisamment élevé (2 A, par exemple) dans les circuits dont on veut mesurer l'impédance (circuits de liaison entre masses et entre masse et prise de terre).

Méthodes préventives dans les installations existantes

La difficulté d'apprécier dans certains cas l'efficacité des connexions et des liaisons entre masses, fait que l'on est conduit à réaliser, en cas de doute, des liaisons équipotentielles dites « supplémentaires », conformément aux prescriptions de NF C 15-100.

On pense que l'établissement de liaisons équipotentielles supplémentaires permet d'éviter les dangers du point de vue de la protection contre les contacts indirects si, en cas de défaut, la coupure ne se produit pas suffisamment rapidement.

Quel que soit le type de schéma, des liaisons équipotentielles supplémentaires peuvent être jugées nécessaires entre deux masses ou éléments conducteurs. La liaison équipotentielle supplémentaire doit comprendre tous les éléments conducteurs simultanément accessibles, qu'il s'agisse des masses des matériels fixes ou des éléments conducteurs, y compris dans la mesure du possible, les armatures principales du béton armé, utilisés dans la construction des bâtiments, dont la liaison peut être assurée sur les armatures facilement accessibles ou de préférence réalisée pendant la construction du bâtiment. À ce système équipotentiel doivent être reliés les conducteurs de protection de tous les matériaux, y compris ceux des prises de courant.

La liaison efficace des masses n'est pas obligatoirement assurée par des conducteurs mais dans certains cas par des parties métalliques. Ainsi dans un bâtiment, on distingue :

- le conducteur principal de protection ;
- le conducteur principal de terre ou borne principale de terre ;
- les canalisations d'alimentation à l'intérieur du bâtiment, par exemple celles qui concernent l'eau et le gaz ;
- les éléments métalliques de la construction, canalisations de chauffage central et de conditionnement d'air dans la mesure du possible. Lorsque de tels éléments conducteurs proviennent de l'extérieur du bâtiment, ils doivent être reliés aussi près que possible de leur pénétration dans le bâtiment.

La liaison équipotentielle principale doit concerner les gaines métalliques des câbles de télécommunication, avec l'autorisation des propriétaires ou des utilisateurs de ces câbles.

Conclusion

Le régime TN ne doit être admis que si l'on est certain que la protection contre les contacts indirects est dans tous les cas assurée par les appareils de protection contre les surintensités. Les vérifications sont très délicates et en cas de doute, on disposera des appareils à courant différentiel-résiduel comme pour un régime TT, au moins pour les circuits dont on n'est pas certain d'être convenablement protégé par la détection de surintensité.

Date : / /

(

(

(

(



Question/Réponse

ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Vérification de la valeur du courant de défaut possible dans une installation définie en régime TT

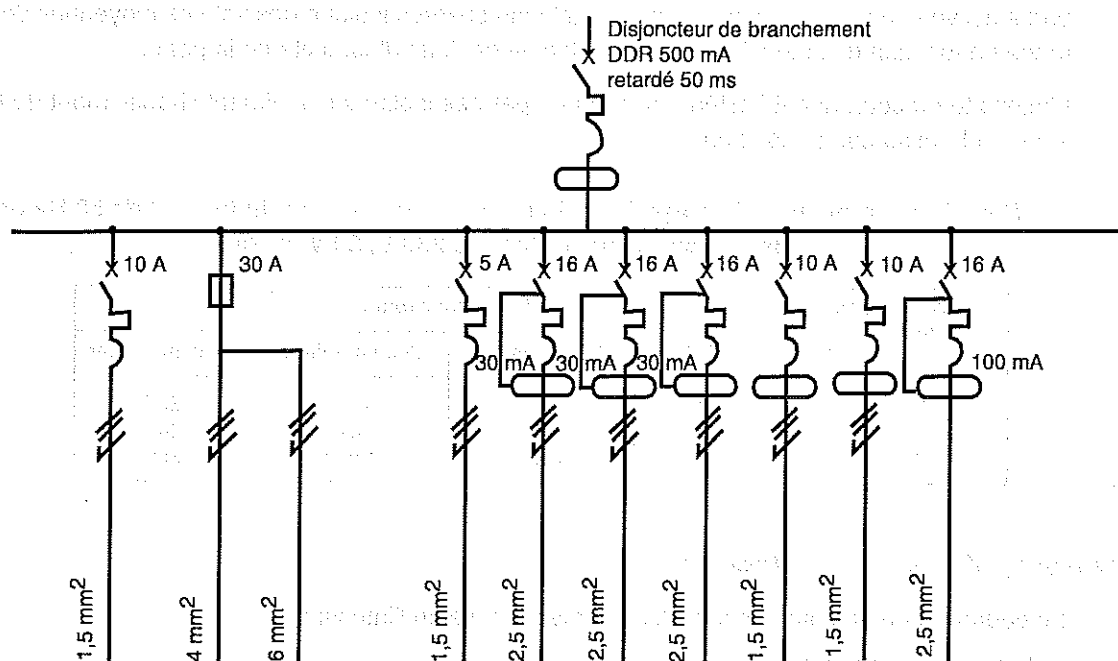
QUESTION

Est-on convenablement protégé par l'appareil de protection à courant différentiel-résiduel installé en tête des circuits et dans un environnement spécifique ?

RÉPONSE

Conception schématique d'une installation protégée par DDR

La figure suivante représente le tableau d'une petite installation (petit commerce, bureau, logement) branchée sur un réseau BT dont le régime du neutre est celui du schéma type TT imposé par le distributeur (voir fiches spécifiques sur les différents régimes du neutre).



Exemple d'installation de petite puissance

La protection générale est assurée par un DR à temps différé (50 ms) pour assurer une sélectivité vis-à-vis des autres DR situés en aval. Certains circuits sont protégés individuellement par des DR à haute sensibilité (30 mA ou 100 mA, suivant le type d'équipement alimenté ou la nature du local alimenté).

Effets physiologiques du courant

Contrairement à certaines idées reçues, c'est le courant électrique, intensité mesurée en ampères, et non la tension, mesurée en volts, qui provoque des désordres biologiques. Ainsi, un générateur de 5 000 V dont la puissance est limitée par le fait d'une grande résistance interne et ne débitant que quelques milliampères ne présente aucun danger.

Cependant, le réseau public ayant une puissance très grande (celle de l'ensemble des centrales interconnectées ou en pratique, celle délivrée par le transformateur de branchement au réseau), on considère que des valeurs de tension sont dangereuses parce que la résistance du corps humain est elle-même considérée comme une constante (bien que dans des limites variables) et que le rapport U/R_i donne pour i une valeur directement proportionnelle à U .

Le courant qui traverse le corps sous une tension constante est fonction de la résistance du corps au passage du courant. Tous les individus ont des résistances ohmiques différentes. Cette résistance dépend en grande partie de la composition liquide des cellules, qui est (quoique très peu) différente pour chacun. Mais de plus, suivant l'activité et les moments de la journée, cette résistance est elle-même variable (épaisseur de la peau, sudation, état de fatigue, etc.). La connaissance même du danger peut influencer. Un individu averti qui touche en cours de travail une partie sous tension est moins « secoué » et présente une meilleure défense que s'il est mis en contact par surprise avec le même niveau de potentiel.

Valeurs moyennes de résistance du corps humain

La résistance opposée au courant dépend principalement de l'état de la peau en contact avec une partie active et de la tension appliquée. Le tableau ci-après indique des valeurs moyennes de résistance en fonction de la tension dite de contact et de l'état d'humidité de la peau.

L'intensité du courant est limitée, par ailleurs, par des isolants constituant l'habillement de la personne (chaussures, gants, etc.).

Résistance moyenne du corps humain soumis à un courant industriel de 50 Hz pour des tensions de contact de 230 V, 50 V, et 25 V

Tension de contact (volt)	Résistance (ohm)			
	Peau sèche	Peau humide	Peau mouillée	Peau immergée
230	1 500	1 000	650	320
50	4 000	2 000	870	440
25	5 000	2 500	1 000	500

Gravité des phénomènes d'électrocution

Le courant a un effet sur les muscles. Il provoque, selon l'intensité :

- de simples secousses ;
- la téτανisation qui est une contraction prolongée d'un muscle ;
- la fibrillation qui est une série de contractions violentes et désordonnées des fibres musculaires et peut entraîner la mort. C'est le muscle cardiaque qui est particulièrement sujet aux fibrillations.

Le cas type de danger le plus général et souvent le plus grave est celui causé par un courant traversant directement des parties musculaires du corps. Il est dû au contact soit avec une partie active (sous tension) soit avec une partie normalement isolée. Il est d'autant plus pernicieux qu'il est inattendu et imprévu. C'est contre ce dernier type de défaut que les techniques de protection sont généralisées à tous les niveaux d'une installation.

D'autres manifestations peuvent avoir lieu plus ou moins directement :

- brûlure par l'effet thermique du courant à travers la peau ou les tissus ou par le rayonnement ultraviolet des arcs électriques ;
- secousse à la suite d'un contact, provoquant la chute du corps ou un mouvement désordonné.

Considérations de fréquence et de durée de passage du courant

Les effets nocifs du courant ont été étudiés en fonction de la fréquence. Plus celle-ci est élevée, plus le seuil dangereux est éloigné.

Pour les hautes fréquences, à partir de 1 000 périodes/seconde, le seuil de courant dangereux est beaucoup plus élevé qu'à la fréquence industrielle.

Pour les courants de fréquence industrielle (50 ou 60 p/s) et une durée continue jusqu'à 30 ms, les courants et leurs effets sur un individu moyen restent sans danger.

La durée considérée comme dangereuse dépend donc de la fréquence du courant. Dans le cas général, cette fréquence est celle du courant directement fourni par le réseau, soit 50 p/s en Europe et la plupart des pays du monde, et 60 p/s dans les pays du continent américain.

Définition des seuils de danger

Les seuils de courant dangereux correspondent à une durée continue de passage du courant. Les dispositifs de protection sont conçus pour interrompre rapidement de tels courants. Si la coupure intervient en 2 centièmes de seconde après la naissance du courant, celui-ci peut atteindre 0,5 A sans être dangereux. En dessous de 1 centième de seconde de maintien du courant, ce seuil dangereux peut être pratiquement doublé.

Le tableau qui suit donne les tensions susceptibles d'être appliquées au corps humain, suivant les conditions extérieures (caractéristiques de conductibilité du local), sans constituer un danger ; les valeurs normalisées (NF C 15-100) sont des tensions limites conventionnelles dont la définition donnée par NF C 15-100 est : « La tension limite conventionnelle U_L est la valeur maximale de la tension de contact qu'il est admis de pouvoir maintenir indéfiniment dans des conditions spécifiées d'influences externes. Dans certains textes réglementaires, cette grandeur est désignée par "tension limite de sécurité". »

Valeur de la tension limite conventionnelle U_L

Cas général	$U_L = 50 \text{ V}$
Chambre ou local de bureau	$U_L = 50 \text{ V}$
Buanderie, ateliers ou laboratoires	$U_L = 25 \text{ V}$
Salle d'eau ou piscine	$U_L = 12 \text{ V}$

Prévention élémentaire

Indépendamment de sa résistance interne, l'individu peut s'affranchir d'un courant dangereux en portant des gants et des chaussures isolantes (accessoires obligatoires pour les ouvriers électriciens). Ces accessoires dont la résistance est de plusieurs milliers d'ohms permettent de travailler sous tension. Dans la vie courante, un plancher en bois interposé sous les pieds permet (avec toutefois de multiples précautions) de travailler sous la tension domestique de 230 V. Cependant, une seule partie du corps (une seule main par exemple) peut être en contact avec une partie sous tension.

Vérification du seuil de protection des DDR

Suivant la nature à protéger et suivant la situation du dispositif DDR dans l'installation, la sensibilité du dispositif est comprise entre quelques milliampères et 1 ampère (cas les plus courants). Sur le marché, on trouve la série de sensibilités suivantes :

- 10 mA, 30 mA pour les dispositifs à haute sensibilité ;
- 300 mA, 500 mA pour les installations industrielles et domestiques ne présentant pas de risques particuliers ;
- 500 mA pour les disjoncteurs de tableau d'abonné BT des logements individuels.

Recommandation relative aux logements

L'installation d'un logement est globalement protégée par le DDR 500 mA du tableau d'abonné. Pour une plus grande sécurité, il est recommandé de protéger l'alimentation de la salle de bains par un DDR intermédiaire de 30 mA, ainsi que le garage, l'atelier et la buanderie. L'alimentation de chaque machine à laver peut être protégée par un DDR 10 mA. Outre la haute sécurité dont bénéficie l'utilisateur, un tel DDR détecte la moindre fuite ou défaut de la machine avant qu'une aggravation la rende indisponible.

Installation de DDR à haute sensibilité

Les dispositifs à 30 mA et 10 mA sont extrêmement sensibles. Or, la longueur des circuits ou une trop grande quantité de récepteurs provoque une fuite due à l'effet capacitif par rapport à la terre. Ou bien, la somme des fuites normales à travers les isolants peut dépasser 10 mA ou même 30 mA sur des longs circuits. Les DDR de cette sensibilité doivent donc être installés au plus près de l'équipement à protéger et ne protéger qu'un seul ou très peu d'équipements. Les prises de courant situées dans les locaux particulièrement conducteurs doivent être protégées par un DDR 30 mA.

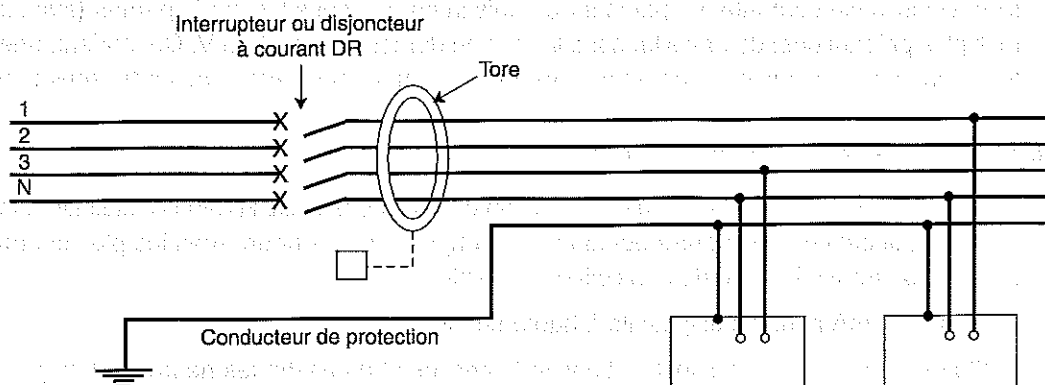
Sélectivité verticale

Si deux dispositifs DDR se trouvent en cascade dans une installation, le DDR en amont doit être d'un seuil de sensibilité nettement supérieur à celui ou ceux situés en aval, et il doit être temporisé d'au moins 50 millisecondes pour la sélectivité en cas de défaut.

Principe du fonctionnement d'un dispositif DDR

L'appareil est constitué d'une bobine en forme de tore qui enferme la totalité des conducteurs du circuit à protéger, soit les 3 phases plus le neutre (ou la phase et le neutre en monophasé). Tel quel, ce montage constitue un transformateur dans lequel les conducteurs traversants sont le bobinage primaire, et le tore, le bobinage secondaire.

En fonctionnement normal, sans défaut et sans fuite de courant, la somme des courants alternatifs dans l'ensemble des conducteurs formant primaire est nulle. Le secondaire (tore) n'est donc sujet à aucun courant induit. S'il y a défaut d'isolement concernant le circuit ou un appareil branché sur ce circuit, le courant de fuite transite par le conducteur de protection pour rejoindre la prise de terre. La somme des courants dans les conducteurs formant primaire n'est alors plus nulle. Il y a un courant résiduel, égal au courant de fuite. Ce courant induit dans la bobine, formant secondaire, est un courant proportionnel à celui du primaire (principe du transformateur). Cette énergie développée dans le secondaire est utilisée à provoquer le déclenchement d'un interrupteur ou d'un disjoncteur situé en amont. L'ensemble constitue l'appareil DDR.



Principe de la protection par dispositif à courant différentiel-résiduel



Question/Réponse

ÉLECTRIQUES (INSTALLATIONS)

Vérifications périodiques réglementaires

OBLIGATION DU CHEF D'ÉTABLISSEMENT

Le Code du travail, décret du 14 novembre 1988, prescrit que soient effectués au moins annuellement des examens et mesures dans le but de vérifier le maintien des dispositions relatives à la sécurité des personnes et des biens.

Ces vérifications périodiques doivent être effectuées par une personne agréée ou par une personne appartenant éventuellement à l'établissement dont le nom est communiqué au directeur régional du travail et de l'emploi ou au chef régional de l'inspection du travail (article 53 du décret du 14 novembre 1988). Toutefois, étant donné la complexité et les connaissances techniques spécifiques exigées pour ces vérifications, il est pratiquement indispensable d'utiliser une personne ou un organisme agréé.

RAPPORT DES VÉRIFICATIONS

Chaque organisme de contrôle a un modèle de rapport type dans lequel sont notés les résultats des mesures et des examens. Ce rapport remis au chef d'établissement contient également des conclusions à l'usage du chef d'établissement et du service entretien. Ce rapport doit être tenu à disposition de l'inspecteur du travail et des commissions de sécurité, le cas échéant.

NATURE DES VÉRIFICATIONS

Toutes les vérifications qui ont été faites avant mise en service (installations neuves) dans le cadre du CONSUEL ne sont pas refaites systématiquement, sauf si des travaux importants conduisent à considérer comme neuve une partie d'installation.

Concernant les vérifications ultérieures, les prestations suivantes, au moins, sont obligatoires :

- mesures d'isolement par vérification des résistances entre chaque conducteur actif et la terre ;
- efficacité des dispositions prises pour la protection contre les contacts indirects, c'est-à-dire la coupure automatique d'alimentation en cas de défaut ;
- contrôle des dispositifs de protection contre les surintensités, par essais fonctionnels suivant une méthodologie établie ;
- contrôle des dispositifs de connexions des conducteurs ;
- examen des pièces affectées à la coupure des arcs.

RESPONSABILITÉS

Le chef d'établissement est responsable des accidents et aléas qui peuvent se produire dans l'établissement.

Par ailleurs, le contrôleur est responsable en ce qui le concerne d'accidents consécutifs à un défaut ou une malfaçon qu'il n'aurait pas signalés.

La responsabilité de ce dernier peut s'étendre à des matériels ou à des installations hors du domaine de ses vérifications, s'il s'avère qu'en « homme de l'art » expérimenté il a eu (ou il aurait dû avoir en y prêtant attention) connaissance d'une défaillance visible ou devinable au cours de ses visites, d'un événement dangereux, même si celui-ci est hors du cadre de sa mission ou du domaine de ses investigations.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ENTRETIEN DANS LE CADRE DE LA SÉCURITÉ

Le décret du 14 novembre 1988 et la NF C 15-100 (chapitre 63) précisent que « les installations doivent être maintenues constamment en bon état ».

Ceci est le rôle du service entretien et, le cas échéant, du contrôleur qui doit signaler les anomalies et défaillances constatées au cours des visites périodiques.

L'attention doit être apportée particulièrement :

- lorsque des dispositifs de protection contre les surintensités ou les chocs électriques fonctionnent sans cause connue (cf. fiche Déclenchements aléatoires affectant un même circuit) ;
- lorsque des modifications ou rénovations d'installation sont faites dans une partie d'établissement.

Il y a lieu de veiller en particulier (NF C 15-100, chapitre 63) :

- au maintien des dispositions mettant hors de portée les parties actives ;
- aux connexions et à l'état des conducteurs de protection ;
- à l'état des câbles souples alimentant les appareils mobiles, ainsi qu'à leurs dispositifs de connexion ;
- au réglage correct des dispositifs de protection.

PRINCIPES DE SÉCURITÉ

Toute installation ou partie d'installation qui apparaîtrait dangereuse doit être immédiatement mise hors tension et ne peut être remise en service qu'après réparation satisfaisante.

Toute défectuosité ou anomalie de l'état d'un matériel ou de son fonctionnement doit être signalée à la personne chargée de la surveillance de l'installation.



Question/Réponse

ENDUIT CIMENT

Enduit ciment sur mur en pierre calcaire

QUESTION

Peut-on exécuter un enduit à base de liants hydrauliques sur un mur en pierre calcaire ? Quelles sont les précautions à prendre ?

RÉPONSE

Ce type de revêtement de façade est peu utilisé sauf dans le cas de réhabilitation d'anciennes constructions.

- Le problème essentiel à résoudre est celui de l'adhérence de l'enduit sur un support généralement peu compatible notamment sur un vieux mur lisse :

- présentant en surface une couche de calcin peu adhérente et souvent salie par les atmosphères urbaines (le calcin résulte de la transformation du carbonate de calcium au contact de l'air) ;

- présentant des zones salpêtrées (attaques en profondeur dues à l'acidité de l'air et des pluies ruisselantes) ;

- sur lequel l'enduit se décolle. La première couche a été « grillée » du fait d'une porosité excessive de la pierre qui, en pompant l'eau de l'enduit, a empêché sa parfaite hydratation.

Dans les deux premiers cas, l'enduit a disparu par plaques par défaut d'adhérence.

- Si ce travail doit être entrepris, il convient :

- de préparer le support de manière à l'assainir :

- par décapage de la pierre jusqu'à obtenir un support sain et propre,
- par décapage et dégarnissage des joints de façon à réaliser un meilleur accrochage,
- d'humidifier le mur afin de ne pas « griller » l'enduit et à le protéger du soleil durant son application ;

- de réaliser l'enduit de manière traditionnelle (cf. DTU 26.1 - NF P 15-201) :

- couche d'adhérence en gobetis de 0,005 m d'épaisseur richement dosée en ciment avec une adjonction d'un adjuvant à base d'acétate de polyvinyle qui imprègne la surface et facilite l'adhérence,
- corps d'enduit en mortier bâtard ou mortier de chaux plus compatible (coefficient de dilatation voisin de celui de la pierre),
- couche de finition.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*

PROJET : *PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT*



Question/Réponse

ENDUIT DE PAREMENT PLASTIQUE

Enduit de parement plastique sur enduit ciment faïencé

QUESTION

Peut-on appliquer un enduit de parement plastique sur enduit faïencé à base de liants hydrauliques ?

RÉPONSE

Les enduits de parement plastique sont généralement une fonction d'ordre esthétique ou décoratif (couche de finition).

Ils ne peuvent en aucun cas assurer par eux-mêmes l'étanchéité (ou plus précisément l'imperméabilisation) d'une paroi. Ces ouvrages renouvelables ne bénéficient d'ailleurs que d'une garantie biennale.

Le problème posé consiste d'abord à déterminer si le mur en maçonnerie (cas de parpaings) qui a reçu un enduit de mortier de ciment appliqué en deux couches et qui, du fait du retrait, a subi un léger faïencage, correspond à un mur dont la fonction ou exigence d'imperméabilité à l'eau est satisfaite.

Les produits de type « enduit de parement plastique » pourront satisfaire l'exigence esthétique consistant à masquer le faïencage. Il n'est toutefois pas certain qu'après un certain temps le nouveau revêtement subisse à son tour le faïencage de son propre support (enduit). Les résines utilisées subiront sans aucun doute les effets du vieillissement et, en durcissant, deviendront moins souples pour « ponter » les microfissures du faïencage qui évoluera vers une fissuration généralisée avec ses conséquences :

- risque de pelage et de décollement de l'enduit ;
- risque de pénétration de l'eau si le mur est exposé.

Si ce risque est réel, la solution de l'enduit de parement plastique sera inefficace. Le recours à d'autres types de revêtements dits « d'imperméabilité », à base de polymères, s'avère alors nécessaire.

Le DTU 42.1 (NF P 84-404) de septembre 1993, dans son guide d'emploi, définit plusieurs types de travaux d'imperméabilité en fonction des défauts en partie courante.

Dans le cas précis de défauts de porosité, faïencage, microfissures d'ouverture $\leq 0,2$ mm, le revêtement minimal prescrit est de type I1 et comporte :

- 1 couche d'impression
- + 1 couche de finition

L'épaisseur sèche théorique totale minimale est de 0,2 mm (cas d'un support lisse type mortier taloché fin).

Compte tenu des variations d'épaisseur liées à l'application, des épaisseurs inférieures (- 20 % pour classe I1) à cette valeur minimale peuvent être acceptées ponctuellement.

Les revêtements utilisables font l'objet de normes spécifiques :

- P 84-401 (juin 1989) : Façades - Revêtement à base de polymères utilisés en réfection de façades en service - Définitions-vocabulaire ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

— P 84-402 (juin 1989) : Façades - Revêtement à base de polymères utilisés en réfection de façade - Méthodes d'essais ;

— P 84-403 (juin 1989) : Façades - Revêtement à base de polymères utilisés en réfection de façade -

Caractéristiques et performances :

- maintien de l'aspect décoration,
- imperméabilité,
- isolation thermique.



Question/Réponse

ENDUITS EXTÉRIEURS SUR MUR EN MAÇONNERIE

Maçonnerie de terre

QUESTION

Est-il possible de réaliser un enduit sur un mur en pisé ¹⁾ ?

RÉPONSE

Le cas particulier de maçonnerie de terre correspondant au pisé tient au fait que la terre est mise en place dans les coffrages par lits horizontaux et que le maintien de ces coffrages nécessite des entretoises laissant des trous apparents.

Les raccords entre lits et le rebouchage des trous sont faits avec un mortier de chaux grasse, d'où des traces de couleur blanche sur les parements du mur.

Ce type de mur, souvent utilisé pour des clôtures, doit être protégé contre l'érosion résultant de la pluie et du ruissellement (utilisation de tuiles de grand modèle).

L'épaisseur des murs (0,50 à 0,60 m) correspond à un coefficient de déperdition thermique ($\lambda = 1,1 \text{ W/m.K}$) de l'ordre de $1,5 \text{ W/m}^2.\text{°C}$, ce qui est insuffisant pour ce type de paroi, malgré l'avantage présenté par l'inertie thermique et les capacités importantes d'absorption et de relaxation de la vapeur d'eau. D'où un confort intérieur intéressant qui a été utilisé aux USA dans les États du Sud et au Mexique.

Le mur subit, du fait des variations d'humidité, de très légères variations de volume (gonflement en hiver, retrait en été).

C'est l'inverse de ce qui se passe dans la couche de surface d'un enduit courant de mortier de liants hydrauliques.

Le problème de la tenue de l'enduit éventuel se situe à l'interface où des contraintes de cisaillement vont se manifester sous forme de défauts d'adhérence ; ceux-ci sont détectables au son rendu sous l'effet de petits chocs.

Néanmoins, ce type de maçonnerie est vulnérable du fait de sa sensibilité à l'eau de pluie, notamment sous forme de ruissellement.

Les enduits de protection susceptibles d'être appliqués sur le parement extérieur de telles maçonneries doivent être particulièrement adaptés.

- Choisir des *enduits à faible module d'élasticité*, c'est-à-dire présentant une souplesse à la déformation résultant des effets hygrothermiques.

Proscrire les enduits traditionnels à base ciment trop rigides.

Utiliser les enduits à base de chaux grasse codifiée (cf. NF P 15-311 de janvier 1996 - Chaux de construction - Définitions, spécifications et critères de conformité). Ces enduits présentent également l'avantage d'une grande perméabilité à la vapeur d'eau, facilitant ainsi les échanges entre l'intérieur et l'extérieur des parois.

¹⁾ Cf. Fiche « Maçonneries de terre ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Toutefois, la chaux grasse utilisée sur chantier avec du sable est délicate à utiliser du fait de son absence de prise hydraulique. Il y a donc lieu de réaliser un mortier bâtard en incorporant une faible quantité de liant hydraulique (ciment prompt) et en réalisant des essais préalables.

La réaction de prise aérienne de la chaux par carbonatation à l'air ne se fera qu'au bout de plusieurs années, bien que la dureté initiale soit relativement faible.

- Des *mortiers prêts à l'emploi* spécialement conçus pour ce type de maçonnerie existent et suivent la procédure normale de l'Avis technique.

Les pathologies relatives à ce type de maçonnerie sont significatives.

Exemple : fissuration résultant d'un tassement de sol entraînant l'éclatement de l'enduit (cf. photo 1).

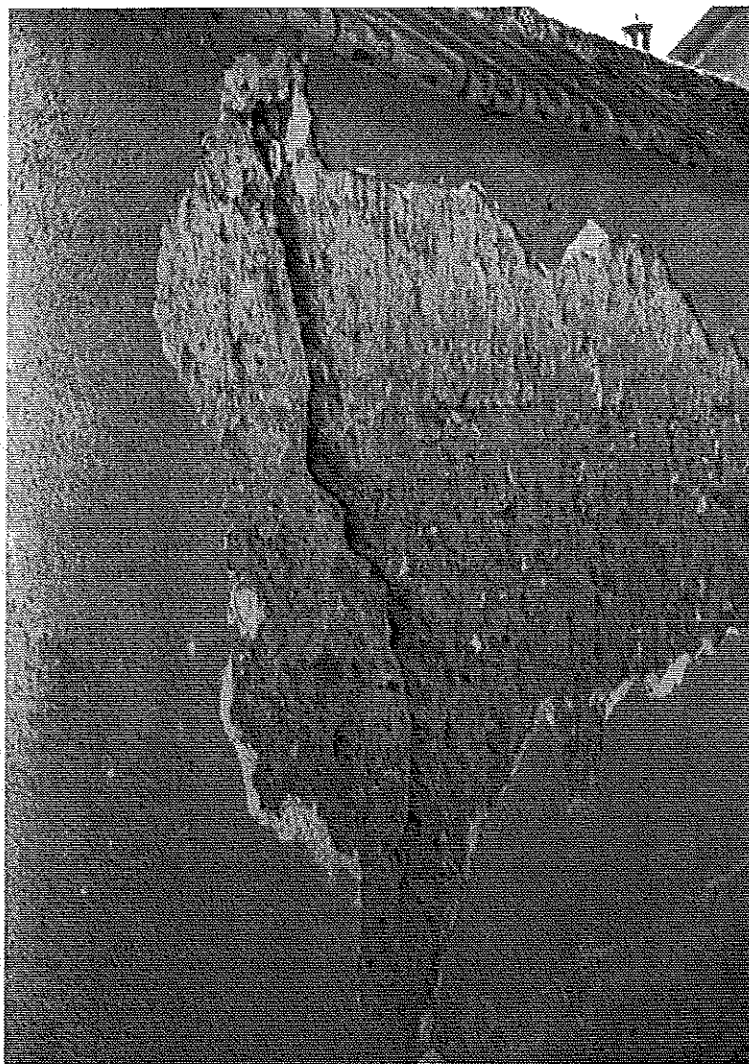


Photo 1 : Fissuration dans une maçonnerie en pisé (tassement de sol) entraînant l'éclatement de l'enduit. © J. Putatti

- Réfection des enduits après désordres

Généralement, les désordres d'enduits correspondent à des décollements localisés ou généralisés.

Lors des réfections, l'adhérence sur ce type de maçonnerie peut nécessiter des dispositions particulières, notamment si l'enduit appliqué a entraîné des parties de mur, ce qui nécessite de reprendre les défauts de planéité par des surépaisseurs.

Il y a lieu de créer dans ces zones des ancrages ponctuels, généralement constitués par des gros clous galvanisés de charpentier, dont la tête est inclinée vers le haut, selon une ou plusieurs lignes horizontales (selon la hauteur à traiter).

Ces clous permettent l'accrochage d'un double lit de grillage galvanisé. L'enduit à deux couches est ensuite appliqué :

- gobetis en première passe ;
- corps d'enduit.

Les zones particulièrement fragiles doivent être fractionnées en surfaces réduites séparées nettement par des joints, des parties voisines. Cette disposition est destinée à prévenir ou réduire le risque de fissuration.

Ces joints ne doivent concerner que les joints verticaux. Les joints horizontaux (par profils spéciaux) doivent être évités surtout si la façade est soumise aux vents de pluie.

D'autre part, on doit éviter d'appliquer sur du pisé des enduits ou revêtements étanches qui pourraient entraver les migrations de vapeur d'eau nécessaire à la bonne conservation du pisé (cf. Fig. 1) (cf. Fiche pathologie des maçonneries en pisé).

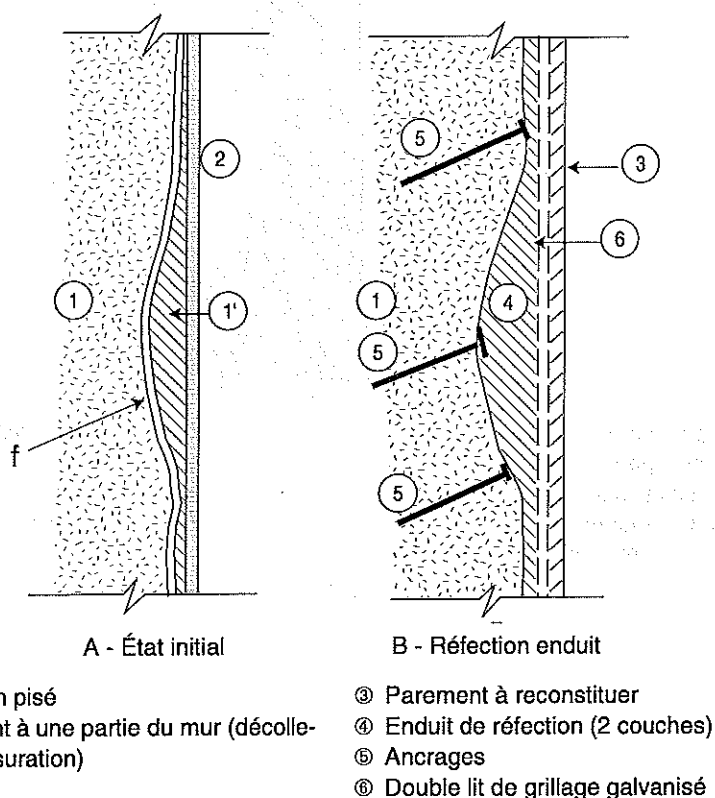
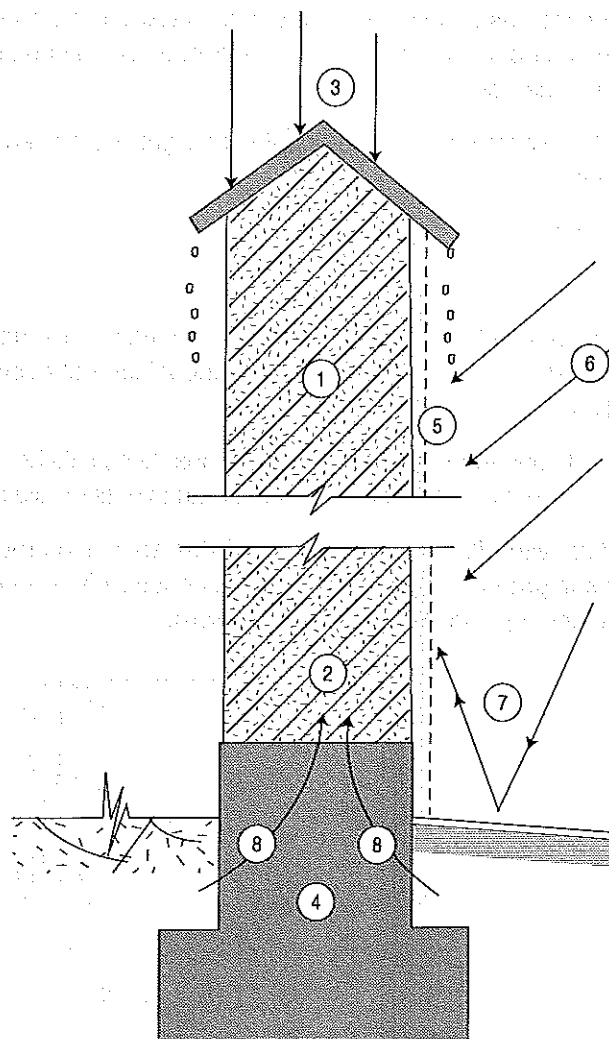


Fig. 1 : Réfection d'un enduit sur mur en pisé.

À titre de précautions, on devra surveiller, pour ce type de mur :

- les infiltrations par ruissellement direct dans les parties hautes des murs, notamment pour les murs de clôture en cas de défaillance des protections (cf. Fig. 2) ;
- les remontées capillaires au niveau des soubassements, qui pourraient provoquer le cloquage de l'enduit éventuel ou la dégradation du mur par excès d'humidité et érosion (eaux de rejaillissement).



- | | |
|--|----------------------------------|
| ① Mur pisé partie supérieure | ⑤ Protection par enduit éventuel |
| ② Mur pisé partie inférieure | ⑥ Vents de pluie |
| ③ Protection couronnement (tuiles mécaniques)
Cas d'un mur de clôture | ⑦ Rejailissement |
| ④ Fondation et soubassement béton | ⑧ Remontées capillaires |

Fig. 2 : Risques d'infiltration dans un mur en pisé.



Question/Réponse

ENDUITS INTÉRIEURS

Cloisons en briques plâtrières

QUESTION

Est-il possible d'appliquer un enduit en mortier bâtard sur une cloison en briques plâtrières ?

RÉPONSE

Par définition, une brique plâtrière est une brique creuse de terre cuite comportant une seule rangée verticale d'alvéoles, et d'épaisseur comprise entre 3,5 et 5 cm.

La désignation brique « plâtrière » correspond au montage de ces éléments à l'aide de plâtre pour réaliser des cloisons intérieures séparatives ou de doublage.

L'application d'un enduit sur ce type de cloison est soumise à des règles (cf. DTU 20.1).

- Pour des cloisons de distribution (séparatives), l'application d'un enduit sur les deux faces nécessite que l'enduit soit de même composition sur chacune des faces (enduit bâtard par exemple).

Cette règle correspond à la prise en compte des contraintes mécaniques induites par le retrait de l'enduit.

- Dans le cas où l'enduit doit être appliqué sur une seule face, seul l'enduit plâtre est admis.

- Pour les cloisons de doublage ne nécessitant qu'un enduit sur une seule face, l'application d'un enduit à base de liants hydrauliques est possible :

- pour les briques d'épaisseur $\leq 0,07$ m comportant une seule rangée d'alvéoles ;
- à condition de disposer des attaches de fixation à la paroi qui est doublée, à raison d'une attache par mètre dans les deux sens (horizontaux et verticaux).

Pour des hauteurs d'étage de 2,50 m, une file d'attaches à mi-hauteur (une par mètre) est nécessaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Il est à compléter pour l'ensemble des matières enseignées.

Page 1/2

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Page 2/2

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.

Le questionnaire est à remplir par l'élève.



Question/Réponse

ESCALIERS EN BÉTON ARMÉ

Escaliers préfabriqués

QUESTION

Quelles sont les surcharges (charges d'exploitation) à prendre en compte pour le calcul des marches ou volées des escaliers préfabriqués ?

RÉPONSE

1. Types d'escaliers

On distingue les escaliers préfabriqués :

- a) droit à double limon recevant des marches (avec ou sans) contremarches préfabriqués ;
- b) droit à limon central (marche en porte à faux) ;
- c) circulaire à noyau central ;
- d) circulaire ou demi-circulaire à volée balancée (ou non) ;
- e) droit à paillasse préfabriquée.

2. Référence à la norme NF P 06-001

- Escalier pour immeuble de bureaux : 400 kg/m².
- Escalier pour immeuble d'habitation : 250 kg/m².

3. Application

Les marches d'escalier, bien que pouvant recevoir le poids de plusieurs personnes, ne sont pas soumises à des charges réparties mais à des *charges concentrées*.

Le cas de chargement le plus défavorable pour les escaliers à marches préfabriquées a) b) c) correspond :

- pour cas a) :
 - à des charges en milieu de portée : moment flexion maxi,
 - à des charges en bout de marches (consoles) : moment de flexion maxi,
 - à des charges près de l'appui (effort tranchant maxi) ;
- pour cas b) :
 - à des charges en bout de marches (consoles) : moment de flexion maxi,
 - à des charges près de l'appui (effort tranchant maxi).

On devra tenir compte également des charges exceptionnelles pouvant intervenir lors d'opérations de déménagement ¹⁾ (armoires, etc.).

Une étude rapide basée sur cas défavorable conduit à prendre une charge ponctuelle de 200 kg environ appliquée sur une surface de 10 cm² y compris dans les endroits critiques.

¹⁾ Ces opérations tendent de plus en plus à être effectuées directement par les façades à l'aide d'engins spécialisés.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE DÉCRET

sur l'escalier

Le 15 mai 2014

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret sur l'escalier.

Le 15 mai 2014

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret sur l'escalier.

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le 15 mai 2014

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le 15 mai 2014

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret sur l'escalier.

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret sur l'escalier.

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret sur l'escalier.

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret sur l'escalier.

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret sur l'escalier.

Le ministre de la Santé, de la Sécurité et des Services sociaux



Question/Réponse

ÉTANCHÉITÉ (TECHNIQUES NOUVELLES)

Utilisation des SEL en ouvrages d'étanchéité

QUESTION

Qu'appelle-t-on SEL ? Comment peut-on les utiliser ?

RÉPONSE

Un SEL est un « Système d'étanchéité liquide » qui est constitué par un film mince (épaisseur de l'ordre du millimètre) adhérent au support et mis en œuvre à partir d'une résine en phase liquide (résine + solvant) ou pâteuse par le mélange de deux composants (base + durcisseur) qui effectuent leur polymérisation par réaction chimique ou dans le premier cas par évaporation du solvant.

Les SEL s'appliquent en une ou plusieurs couches avec incorporation éventuelle d'armatures généralement à froid.

Les conditions d'application sont très strictes :

- exigences climatiques (température, présence d'eau ou d'humidité) ;
- nature et qualité du support.

Les familles chimiques de produits utilisés correspondent aux époxy, polyuréthanes, et certaines formulations acryliques. Les utilisations les plus anciennes et admises dans le cadre des textes codifiés sont les :

- revêtements d'imperméabilisation de cuvelages, par revêtements filmogènes appliqués sur la face intérieure des cuvelages soumis à des sous-pressions hydrostatiques (cf. DTU 14.1 « Travaux de cuvelage ») ;
- revêtements d'étanchéité des sols (intérieurs) (cf. DTU 52.1, annexe 2). Ce texte codifié traite des étanchéités par produits hydrocarbonés (asphalte multicouche à base bitume) et cite les procédés à base de résines synthétiques.

Une procédure d'Avis Technique (groupe spécialisé n° 5) a admis actuellement deux procédés pour des étanchéités extérieures :

- l'un à base de résines polyester mises en œuvre sur un non-tissé polyester ;
- l'autre à base de résines polyuréthane partiellement armé ;

Le domaine d'utilisation en toitures plates est très limité et soumis à des conditions d'exécution très rigoureuses. En fait, le problème de ce type d'étanchéité comporte plusieurs ambiguïtés.

1/ Dans le domaine des cuvelages, les SEL sont admis comme revêtements d'imperméabilisation et non d'étanchéité. C'est le cas des cuvelages pour lesquels la structure porteuse doit être conçue, calculée et réalisée de manière à limiter les risques de fissuration.

Il est évident que pour ces revêtements minces, peu souples et adhérents au support, c'est-à-dire à la structure, les fissurations de celle-ci sous les sollicitations entraîneront celles du film d'imperméabilisation (film adhérent).

Certaines structures de cuvelage sont d'ailleurs conçues pour être relativement étanches et recevoir en complément un revêtement d'imperméabilisation. Pour ces structures, il est d'ailleurs admis un certain « débit de fuite ». Le terme « d'étanchéité » est donc impropre.

2/ Il en est de même pour les revêtements intérieurs (salles ou locaux humides) pour réaliser l'étanchéité des sols.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Toutefois, le DTU 52.1 ne traite que des procédés par produits hydrocarbonés normalisés (asphalte, multicouches). Le problème retrouve son acuité avec les revêtements par résines synthétiques présentant un film mince adhérent au support, c'est-à-dire à la structure porteuse, en l'occurrence un plancher en béton armé soumis à des contraintes de flexion, donc avec un risque de fissuration.

Seules de petites surfaces (salles d'eau, cuisines) établies sur des structures rigides peuvent être traitées par ces procédés à base de SEL.

Pour les grandes installations (cuisines collectives, etc.) il est préférable de choisir une étanchéité par membrane bitumineuse (systèmes bicouches).

3/ L'extrapolation des SEL aux ouvrages extérieurs doit être faite dans le cadre de leurs règles de l'art spécifiques.

• Normes Afnor (expérimentales) correspondant à des essais de caractéristiques ou comportements :

- XP P 84-371 : comportement dans l'eau d'un SEL ;
- XP P 84-372 : cycles d'exposition à la chaleur, au froid et à l'humidité ;
- XP P 84-373 : essai de poinçonnement statique ;
- XP P 84-374 : essai de réparabilité d'une membrane ¹⁾ d'étanchéité liquide ;
- XP P 84-375 : essai d'adhérence à sec après immersion des revêtements céramiques collés sur des SEL ;
- XP P 84-376 : essai d'adhérence après cycle de gel-dégel des revêtements céramiques collés.

• Règles professionnelles concernant les travaux d'étanchéité réalisés par application de systèmes d'étanchéité liquide sur des planchers extérieurs en maçonnerie dominant des parties non closes du bâtiment (édition 09/1999).

Il semble que la désignation de ces règles soit à la fois ambiguë et restrictive :

- il s'agit de travaux d'étanchéité ;
- les supports sont des planchers extérieurs en maçonnerie (définition imprécise ouverte à beaucoup de possibilités) ;
- les planchers extérieurs dominant des parties non closes de bâtiment, soit :
 - dalles de balcon,
 - dalles sur galerie ou coursives.

Cette restriction du domaine d'emploi ne définit pas explicitement les conditions du support en tant qu'ouvrage extérieur soumis aux conditions climatiques (intempéries, variations dimensionnelles).

D'autre part, les produits classés SE1, SE2, SE3 par ces règles ne semblent pas concerner les fabricants qui n'y font pas référence.

En fait, le traitement des ouvrages visés tels que balcons, coursives est possible avec le SEL du fait qu'il s'agit généralement de petites surfaces recoupées par des joints de structure ou des joints « diapason », et de supports en béton avec ou sans revêtement (chape ciment ou carrelage).

L'examen des prescriptions des règles professionnelles peut permettre de déterminer les conditions d'application des procédés SEL.

Il en est de même des Avis Techniques déjà délivrés :

- 5/95. 1104, procédé Triflex (résines polyester + armatures) ;
- 5/98. 4312, procédé Revetanche (résines polyuréthane).

¹⁾ Le terme « membrane » semble extrapolé ; « film » conviendrait mieux.



Question/Réponse

ÉTANCHÉITÉ DE FAÇADE

Revêtement de carrelage

QUESTION

L'étanchéité d'une façade vis-à-vis de la pénétration de l'eau peut-elle être assurée par un revêtement en carrelage ?

RÉPONSE

Il faut distinguer :

- l'étanchéité à l'eau d'une façade sous l'effet du ruissellement et de la pression exercée par un vent de pluie. Cette exigence est *absolue* ;
- et l'imperméabilisation d'une façade qui, par sa constitution et le revêtement extérieur éventuel, peut, sous les mêmes effets, laisser pénétrer l'eau en surface, mais qui par l'alternance des périodes de pluie et d'ensoleillement, élimine l'eau infiltrée par évaporation.

Le phénomène de la pénétration de l'eau de pluie à travers une façade a fait l'objet de nombreuses études qui ont abouti :

- à un premier DTU (20.11) qui, en fonction de la situation, de la zone climatique et d'autres facteurs, a permis de déterminer les épaisseurs de murs en maçonnerie susceptibles de s'opposer à la pénétration de l'eau de pluie ;
- à la révision de ce DTU (20.1) qui a repris les mêmes bases d'appréciation ;
- pour les murs constitués de voiles en béton banché, au DTU 23.1, en déterminant les épaisseurs minimales et les dispositions telles que les armatures de peau, etc.

Certaines maçonneries nécessitent un enduit traditionnel à base de liants hydrauliques, type DTU 26.1, ou un enduit d'imperméabilisation à base de liant hydraulique (type monocouche) selon la procédure d'Avis technique et actuellement celle de la certification.

Les revêtements rapportés tels que les carrelages (scellés ou collés) ne peuvent **en aucun cas** assurer l'étanchéité du support.

Si l'étanchéité est à réaliser, elle doit être exécutée préalablement à la pose du carrelage.

Comme mentionné plus haut (DTU 20.1, DTU 23.1) *c'est le support qui doit assurer l'étanchéité*, c'est-à-dire en fait, les conditions pour lesquelles l'eau ne peut pénétrer au travers de la paroi.

En tout état de cause, même si les carreaux étaient individuellement étanches à l'eau, celle-ci passerait par les joints dont le linéaire peut être important compte tenu des dimensions tolérées en revêtement vertical.

Le revêtement carrelage, au même titre qu'un enduit d'imperméabilisation de façade participe à « l'étanchéité » de la paroi sans assurer à lui seul cette fonction.

La seule façon d'assurer l'étanchéité au sens défini par le DTU est d'appliquer un traitement « curatif » à base de polymères type I.4 défini par le DTU 42.1 (NF P 84-404) « Réfection des façades en service par revêtement d'imperméabilité à base de polymères ».

En fait, ce texte concerne le traitement de façades existantes et non des ouvrages neufs.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CONCLUSION

Il faut savoir quelle est l'exigence à réaliser vis-à-vis de la pénétration de l'eau : est-ce l'imperméabilisation de la paroi ou son étanchéité ?

Pour cette dernière exigence, il n'y a pas de traitement « préventif » du fait que l'on ne connaît pas le vieillissement de la paroi (formation de fissures par exemple). Il n'existe qu'un traitement curatif. C'est d'ailleurs la particularité du DTU 42.1 qui concerne des travaux de réfection alors que l'ensemble des DTU traite des ouvrages neufs.



ÉTANCHÉITÉ DES MURS EN MAÇONNERIE

Revêtement extérieur en pierres attachées

QUESTION

La mise en place d'un revêtement en pierres dures attachées sur un mur nécessite-t-elle que la maçonnerie extérieure soit enduite ?

RÉPONSE

Les dispositions relatives à ce type de revêtement font l'objet du DTU 55-2.

Le problème le plus important pour la pose de ce type de revêtement est celui de la compatibilité du revêtement et de son mode de fixation avec la nature du support.

Le mémento de conception du DTU 55-2 fixe 3 conditions simultanées pour les revêtements avec attaches scellées (sans polochon) ou fixées mécaniquement. Ce mode de pose a quasiment remplacé la pose par agrafes et polochons.

Il est nécessaire :

- que les plaques voisines ne soient pas solidarisiées de façon rigide ;
- qu'un mouvement relatif soit possible entre plaques et attaches et que l'on puisse tenir compte de la flexibilité propre des attaches ;
- que la compatibilité avec le support et la sous-couche éventuelle (isolant extérieur) soit vérifiée.

Il y a lieu de distinguer :

- les attaches scellées au mortier dans le support ;
- les attaches fixées mécaniquement (généralement chevilles à expansion).

La nature du support (mur) et de la sous-couche isolante éventuelle peut réduire les possibilités de pose par attaches.

En particulier avec les maçonneries constituées de blocs creux de granulats courants, et pour les attaches scellées avec ou sans sous-couche isolante, il est possible, exceptionnellement sur mur non porteur et sur une hauteur inférieure ou égale à 6,00 m et sous réserve que l'entrepreneur de maçonnerie ne compromette pas l'isolation thermique, d'exécuter avec soin les trous, sans fissurer les parois, d'ancrer les attaches au mortier de ciment et filasse et sur une profondeur minimale de 2 alvéoles.

Le problème de l'étanchéité du mur à la pénétration de l'eau de pluie qui pourrait justifier l'application d'un enduit sur la face extérieure du mur, avec pose du revêtement attaché, se pose d'une façon différente. En effet, le DTU 55-2 impose qu'une lame d'air d'au moins 20 mm d'épaisseur soit réservée entre la face interne du revêtement pierre attachée et le support ou la sous-couche isolante éventuelle.

Cette disposition correspond à une exigence de ventilation minimale effective de la lame d'air, ainsi que de coupure capillaire. Les joints de pose peuvent en effet rester libres, ce qui, compte tenu de leur largeur effective (qui correspond à l'épaisseur des pattes des attaches), constitue un obstacle à la pénétration de l'eau de pluie. Les très faibles quantités d'eau traversante peuvent ruisseler sur la face interne du revêtement, sans atteindre la couche isolante éventuelle, ceci sous réserve que l'épaisseur de la lame d'air soit continue et suffisante (notamment avec les isolants fibreux).

Si toutes ces conditions sont satisfaites, la mise en place d'un enduit d'imperméabilisation sur la face extérieure de la maçonnerie d'élément avant pose du revêtement attaché, n'est pas nécessaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMARQUES

..... Seul un sondage préalable permet de déterminer le type de bloc creux qui peut comporter, dans l'épaisseur, plusieurs rangées d'alvéoles.



Question/Réponse

ÉTANCHÉITÉ DES PLANCHERS INTERMÉDIAIRES

Réalisation d'une étanchéité pour salle de bains ou salle d'eau - Utilisation de feuilles de plomb

QUESTION

Existe-t-il des règles techniques codifiées pour la pose de feuilles de plomb dans les locaux sanitaires ?

RÉPONSE

Le seul texte codifié traitant de l'étanchéité des sols de planchers intermédiaires est le DTU 52.1 (NF P 61-202) « Revêtements de sol scellés » - CCT - Annexe A (normative), août 1994.

Toutefois, ce texte ne traite que des produits hydrocarbonés.

Pour réaliser l'étanchéité par la technique des feuilles de plomb, il y a lieu de se référer aux Règles professionnelles établies par le Centre d'information du plomb.

Règles générales d'application

Les règles suivantes doivent être respectées.

- Réaliser une chape en un seul tenant, les différentes feuilles de plomb utilisées étant assemblées par soudure.
- Isoler le plomb par rapport aux matériaux voisins au moyen de feutre bitumineux.
- Recouvrir la feuille de plomb d'une couche suffisante de matériau pour assurer sa protection mécanique et thermique.
- Réaliser comme sous-couche pour le plomb une surface lisse sans relief excessif ni contours aigus.
- Effectuer, si possible, les soudures entre les différentes parties de la chape par soudure autogène (utilisation du même métal pour les cordons de soudure), ce qui permet d'avoir une chape homogène. Les rives à souder doivent avoir un recouvrement ≥ 50 mm.
- Utiliser soit du plomb doux raffiné, soit du plomb cuivreux (200 à 400 ppm de cuivre).
- Effectuer des relevés de part et d'autre de la chape en partie courante d'une hauteur supérieure au niveau possible d'accumulation de l'eau dans la pièce d'eau.
- Dans les zones de plis et de recouvrement (angles), faire des soudures afin d'éviter les fuites capillaires.
- Utiliser des feuilles de 20/10 mm lorsque les déformations ne sont pas à craindre et de 30/10 mm dans les cas où une sécurité absolue est exigée.

Détails de réalisation

Les détails de cette réalisation d'étanchéité sont schématisés dans les figures suivantes.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

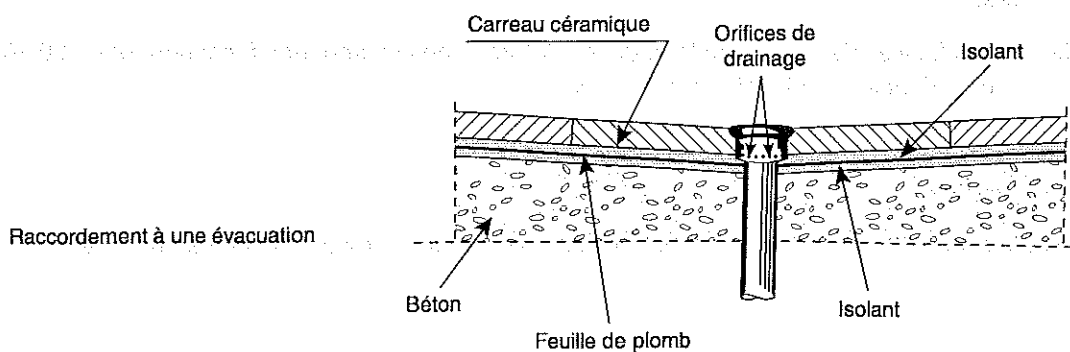
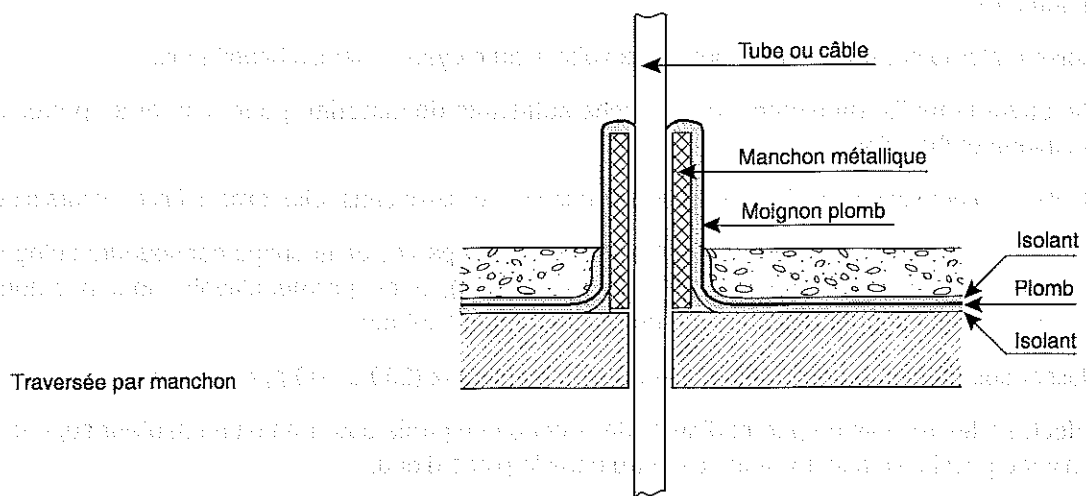
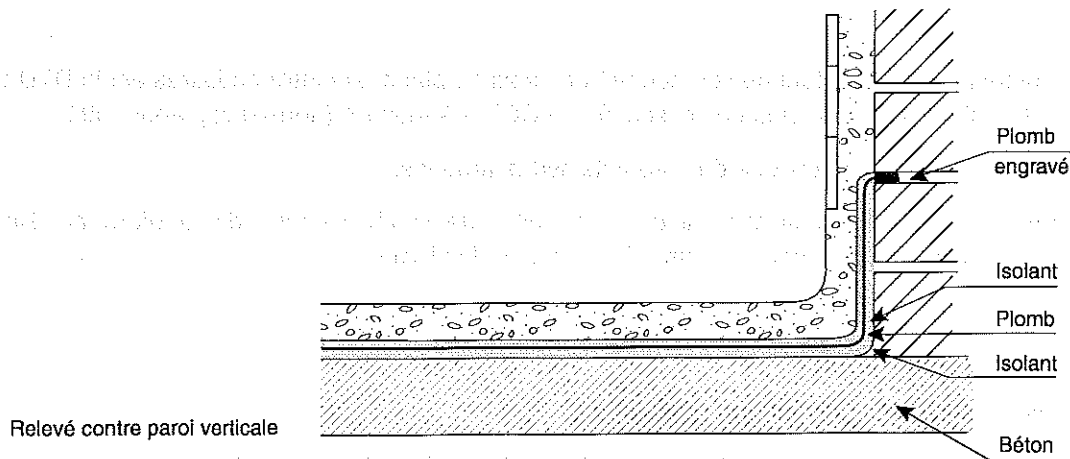
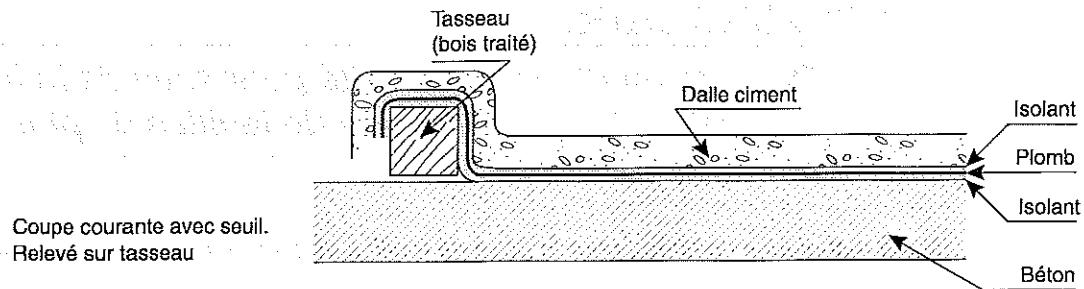
QR

ST

UV

WX

YZ





Question/Réponse

ÉVACUATION DES EAUX PLUVIALES

Cas d'une terrasse-jardin

QUESTION 1

Peut-on réduire le diamètre des tuyaux d'évacuation des eaux pluviales d'une terrasse-jardin ?

QUESTION 2

Peut-on raccorder sur une évacuation d'eaux pluviales de terrasse-jardin une évacuation provenant d'une toiture voisine (couverture ou toiture-terrasse) ?

RÉPONSE 1

La norme NF P 30-201 reprise par le DTU 60.11 « Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales » est basée sur un débit maximal de 3 litres/m² et par minute.

La règle ancienne était simple à appliquer et correspondait à une certaine sécurité : une canalisation de section s en cm² pouvait évacuer une surface de couverture (projection horizontale) ou une surface de terre plate S mètres carrés si elle était raccordée par un moignon cylindrique et de $1,4 S$ 1) mètres carrés si elle était raccordée à un moignon tronconique.

Cette règle a été modifiée par le DTU 60.11 :

- Pour les couvertures : diamètre minimal Ø 60 mm. Les valeurs des surfaces sont arrondies par excès (cf. Tab. 1).

Tab. 1 : Diamètre des canalisations par rapport à la surface des toitures

Diamètre intérieur des tuyaux (cm)	Surface en plan des toitures desservies (m ²)
6	40
7	55
8	71
9	91
10	113
11	136
12	161
13	190
14	220
15	253
16	287

Exemples :

- diamètre : 80 mm ;
- section : 50 cm² environ ;
- surface de couverture admise (cf. Tab. 2) : 71 m² (sans précision du type de moignon). En fait cela correspond à un moignon tronconique mais convient aussi à un moignon cylindrique ;
- diamètre : 100 mm ;
- section : 78,5 cm² ;
- surface de couverture admise : 113 cm².

1) $1,43 = \frac{1}{0,7}$

Pour les diamètres supérieurs à 170 mm, la distinction est faite entre les moignons cylindriques et les moignons tronconiques (cf. Tab. 2).

Tab. 2 : Surface de couverture admise

Diamètre intérieur des tuyaux (cm)	Surface en plan des toitures desservies (m²)	
	Si le tuyau est raccordé au chéneau ou à la gouttière par un moignon cylindrique	Si le tuyau est raccordé par un large cône ou une cuvette
17	287	324
18	287	363
19	287	406
20	314	449
21	346	494
22	380	543
23	415	593
24	452	646
25	490	700
26	530	758
27	570	815
28	615	880
29	660	945
30	700	1 000
31	755	
32	805	
33	855	
34	908	
35	960	
36	1 000	

La règle ancienne s'applique :

Exemple :

- Ø 200 mm ;
- section : 314 cm² ;
- surface de couverture collectée par moignon cylindrique : 314 cm² ;
- surface de couverture collectée par moignon tronconique $\frac{314}{0,7}$ ou $\times 1,43 = 449 \text{ m}^2$.

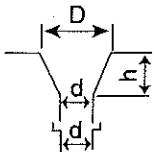
• Pour les toitures-terrasses, l'ancienne règle simplifiée s'applique, mais les diamètres 60 et 70 mm sont réservés à des petites surfaces telles que les balcons. Le tableau 3 suivant qui figure dans le DTU 20.12 et dans la norme NF P 40-202 (DTU 60.11) correspond à ces règles de calcul.

Exemple :

- Ø 200 mm ;
- section : 314 cm² ;
- surface collectée maximale à diamètre normal (moignon cylindrique) : 314 m² ;
- surface collectée à diamètre majoré : $\frac{314}{1,50^{1)}} = 209 \text{ m}^2$;
- moignon tronconique : $\frac{314}{0,7} = 449 \text{ m}^2$;
- à diamètre majoré : $\frac{449}{1,5^{1)}} = 300 \text{ m}^2$.

1) Le coefficient est variable selon les sections.

Tab. 3 : Surfaces de couvertures desservies par les descentes d'eaux pluviales

Entrée d'eau avec moignon cylindrique			Entrée d'eau avec moignon tronconique				
Surface en plan collectée (m ²) par une entrée d'eau		Diamètre minimal (cm) du tuyau d'évacuation ou du moignon	Surface en plan collectée (m ²) par une entrée d'eau dont le moignon est tronconique				
à Ø normal	à Ø majoré		à Ø normal	à Ø majoré ¹⁾	D (cm)	d (cm)	h (cm)
28		6	40	37		6	
38		7	55	37		7	
50	53	8	71	47		8	
64	43	9	91	61		9	
79	53	10	113	75		10	
95	63	11	136	91		11	
113	75	12	161	107		12	
133	88	13	190	127		13	
154	103	14	220	147		14	
177	118	15	253	168		15	
201	134	16	187	191	D = 2 d environ	16	h = 1,5 d
227	151	17	324	216		17	
254	169	18	363	242		18	
284	189	19	406	270		19	
314	209	20	449	300		20	
346	230	21	494	329		21	
380	253	22	543	362		22	
415	277	23	593	394		23	
452	302	24	646	460		24	
490	327	25	700	466		25	
530	400	26	758	570		26	
570	472	27	815	680		27	
615	550	28	880	785		28	
660	625	29	945	890		29	
700	700	30	1 000	1 000		30	
755	755	31					
805	805	32					
855	855	33					
908	908	34					
960	960	35					
1 000	1 000	36					

1) Les diamètres majorés concernent les évacuations des EP raccordées à des toitures avec revêtement d'étanchéité sur TAN ou à élément porteur en bois.

En conclusion, les seules règles applicables sont celles énoncées ci-dessus. Elles ne dépendent pas de la destination de la terrasse. En particulier pour les terrasses-jardins, il n'y a pas intérêt à réduire les diamètres, notamment lorsque les épaisseurs de terre sont variables. Les périodes de fortes pluies peuvent gorger le terrain, ce qui ne conviendra pas à certaines espèces peu avides d'eau.

Le terrain, selon son épaisseur et sa composition, formera rétention ; toutefois, il faut tenir compte du colmatage progressif du feutre-jardin et de la couche drainante.

RÉPONSE 2

Il est possible de raccorder une évacuation d'eaux pluviales en provenance d'une toiture voisine. Il suffira de se raccorder par une canalisation enterrée présentant une pente longitudinale et de diamètre adapté au débit à évacuer (calcul en collecteur) à un regard enterré de la terrasse-jardin.

Selon le type de raccordement du regard avec la canalisation d'évacuation, on pourra jouer sur le gain de 40 % sur la surface collectée en remplaçant un moignon cylindrique par un moignon tronconique.



FAÇADE (STRUCTURE)

Panneaux lourds préfabriqués à double peau

DÉFINITION

La peau extérieure du panneau est considérée comme librement dilatable et liaisonnée au panneau porteur en 1 seul point.

Dans ce but, on utilise une attache centrale de type métallique en acier inox qui traverse l'isolant.

DÉSORDRE

Lors d'une visite de contrôle effectuée par un organisme agréé, ce dernier a constaté que *l'attache était excentrée* et présentait des armatures de répartition contre l'isolant.

Des sondages pratiqués sur les panneaux déjà posés sur chantier ont montré que le phénomène n'était pas isolé, d'où une recherche systématique qui a abouti à constater 60 % environ d'éléments défectueux.

Il faut noter que la recherche a été faite par attaque au burin du bord du cylindre d'attache. Le pachomètre ne réagit pas à l'acier inox austénitique (non sensible au magnétisme).

REMÈDE

Un système de réparation a été mis au point par l'entreprise de gros œuvre. Le cylindre est dégarni intérieurement et rempli par un mortier de ciment alumineux fondu.

L'ensemble est perforé après durcissement pour y sceller une tige filetée en inox de 20 mm de diamètre, scellée par une cartouche chimique.

Cette tige reçoit une plaque de répartition et un écrou. L'ensemble est cacheté au mortier de ciment alumineux.

Remarques

Ce type de panneau doit suivre la procédure d'Avis technique (GS 1) avec suivi de fabrication confié à un organisme agréé (contrôleur technique).

Ce cas de désordre a nécessité des mises au point avec les constructeurs et leur prise de conscience du caractère très dangereux de ce type de panneaux.

L'ensemble des panneaux à peau librement dilatable est susceptible d'être suspecté, et des campagnes de recherche systématiques devraient être faites.

L'utilisation de méthodes non destructives est souhaitable (profomètre : appareil mesurant les courants de Foucault).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

(

(

(



FAÇADE (STRUCTURE)

Support pour isolation

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Une façade en maçonnerie devant recevoir une isolation par l'extérieur doit présenter les caractéristiques suivantes.

1. Le support doit être sain

L'examen des désordres existants tels que fissures du support proprement dit (maçonnerie d'éléments ou béton banché) ou des revêtements (enduits, carrelages, etc.) devra déterminer la cause probable et le cas échéant nécessiter un traitement spécifique si le désordre est stabilisé.

La fissuration dépend :

- de la nature des matériaux et de leur comportement :
 - retrait (béton, mortier, enduits, etc.),
 - gonflement (terres cuites),
 - vieillissement (enduit),
 - effet du gel, etc. ;
- de la dilatation thermique des éléments d'ouvrages ;
- du sol de fondation (tassements) ;
- de la déformation du support ;
- de l'hétérogénéité des matériaux constituants, etc.

2. Le support doit être sec

L'humidité provient :

- du ruissellement de l'eau sur les façades ;
- de la pénétration de celle-ci par les défauts de la paroi (fissures, trous, joints divers, etc.) ;
- des condensations superficielles ou internes ;
- des remontées capillaires (niveaux inférieurs).

Le *diagnostic* portera donc :

- sur la détermination de l'humidité dans la paroi ;
- sur la résistance de celle-ci et plus particulièrement de son aptitude à recevoir des fixations mécaniques (chevilles spéciales) pour les plaques isolantes ;
- sur l'adhérence ou l'état de surface permettant la pose complémentaire par collage des panneaux.

3. Les caractéristiques géométriques et particulières de la façade doivent être prises en considération

- Aplomb, faux aplomb.
- Décalage des niveaux.
- Présence d'éléments saillants (bandeaux d'étage, corniches, balcons, etc.).
- Appuis et tableaux de baies et sous-face linteaux.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Grilles d'aération.

- Canalisation d'évacuation des eaux pluviales, etc.

Certains ouvrages pourront être déplacés ou modifiés (appuis de baies).

D'autres (bandeaux, corniches) créeront des ponts thermiques ou maintiendront les ponts existants (balcons).



Question/Réponse

FAÇADE (REVÊTEMENT EN CARRELAGE)

Étanchéité

QUESTION

Un revêtement de façade en carrelage peut-il assurer l'étanchéité de la façade ?

RÉPONSE

La fonction principale d'un revêtement de façade en carrelage est une fonction décorative.

Les dispositions d'exécution des revêtements muraux collés extérieurs, par mortiers colles, relèvent de la procédure d'Avis techniques et font l'objet d'un Cahier de prescriptions techniques¹⁾.

« Le revêtement associé à son produit de collage ne peut, en aucun cas, assurer l'étanchéité du support ».

Si cette étanchéité est à réaliser, elle doit être exécutée préalablement à la pose du carrelage.

C'est le support qui doit assurer l'étanchéité, c'est-à-dire :

- béton réalisé conformément aux dispositions du DTU 23.1 « Parois et murs en béton banché » (édition février 1990) par considération du type de parois et des conditions d'exposition ;
- maçonnerie d'éléments (pierre, briques creuses, briques pleines ou perforées, blocs perforés en terre cuite, blocs en béton), revêtue²⁾ :

- soit d'un enduit traditionnel conformément au DTU 26.1 (enduits au mortier de liants hydrauliques), dosage global en liant $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ de sable sec avec dosage en ciment $\geq 250 \text{ kg/m}^3$;
- soit d'un enduit d'imperméabilisation de façade à base de liant hydraulique faisant l'objet d'un ATec favorable et mis en œuvre conformément au Cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en œuvre des enduits d'imperméabilisation de mur à base de liant hydraulique³⁾.

Les caractéristiques minimales suivant la classification CSTB (cf. Cahier 2401, mars 1990) sont :

- $E \geq 4$;
- $R \geq 4$.

Par ailleurs, le collage doit être effectué sur un enduit dressé et non sur un enduit gratté.

1) Cf. Cahier CSTB n° 2234, avril 1988.

2) Réf. DTU 20.1.

3) Cahier CSTB n° 2477, mars 1991.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

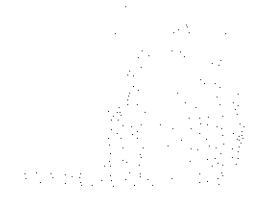
ST

UV

WX

YZ

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



FAÇADE (REVÊTEMENT EXTÉRIEUR)

Revêtement en pierres attachées

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

- Apparition d'*épaufrures* et de *fissures* dans un revêtement de façade deux ans après la réalisation.
- La pierre utilisée a 0,03 m d'épaisseur et les joints entre éléments ont été laissés ouverts.
- Les fixations sont des attaches mécaniques fixées sur la structure en béton armé.
- Les dalles ont 0,40 × 0,80 m et sont maintenues par quatre ergots pénétrant dans des trous ménagés dans les chants verticaux.

CONSTATATIONS

- La réalisation de l'agrafage (ou attache) des pierres a été faite correctement, avec un manchon coulissant sur un ergot et calage sur l'ergot opposé.
- La largeur du joint ménagé entre les pierres successives correspond exactement à l'épaisseur de la patte.
- Des cales métalliques de réglage ont été oubliées et sont bloquées entre certaines dalles.
- Les trous dans lesquels les ergots pénètrent sont ovalisés et sont pas axés sur le chant des pierres.

CAUSES

Les constatations ont permis de déterminer les causes des désordres :

- cale oubliée : du fait de la dilatation des dalles les unes par rapport aux autres, blocage horizontalement par les plats des attaches. Les chocs thermiques sur les pierres et les dilatations ou contractions entraînent des contraintes mécaniques de compression au droit des attaches qui forment butée ou point fixe ;
- perçages non centrés qui rendent la pierre fragile au droit des attaches.

REMÈDES

L'enlèvement des cales oubliées ne présente pas de difficultés particulières.

En revanche, le blocage des pierres qui a amorcé le désordre nécessite la dépose quasi complète du revêtement avec recoupe éventuelle de dalles pour reconstituer un jeu de l'ordre de 2 mm destiné à compenser les effets de dilatation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

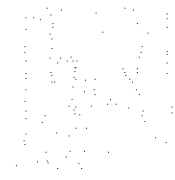
ST

UV

WX

YZ

DESIGNATION DES TRAVAUX



(

(

(

(



FAÇADE (REVÊTEMENTS VERTICAUX)

Pathologie générale

PRÉSENTATION

1. Désordres résultant du comportement du seul revêtement

Matériaux constituant le revêtement présentant un vice.

- Dilatation hygroscopique des revêtements céramiques.
- Enduits prêts à l'emploi (première génération).
- Enduits extérieurs d'imperméabilisation à base de plâtre projeté.
- Cas particulier d'enduit prêt à l'emploi trop friable.

Revêtements inadaptés

- Revêtement de teinte trop foncée exposée à l'ensoleillement.
- Enduits applicables sur béton cellulaire autoclavé.
- Utilisation d'enduits en soubassement inadaptés.

Désordres résultant de la mise en œuvre

- Absence ou insuffisance de préparation des supports.
- Prescriptions erronées ou insuffisantes.
- Improvisation de la mise en œuvre.
- Spécifications non respectées.
- Désordres dans les revêtements muraux attachés en pierre mince.
- Désordres dans les enduits à base de liants hydrauliques :
 - décollements d'enduits ;
 - fissures d'enduits ;
 - enduits trop friables.

Désordres dus à des causes multiples

Rôle des revêtements organiques

- Peintures.
- Revêtements semi-épais.
- Revêtements d'imperméabilité à base de polymères.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2. Désordres dus au comportement intrinsèque de la paroi-support du revêtement

Absence ou insuffisance de préparation de la paroi support

- Cas des parois en béton trop lisse.
- Cas des parements en béton autres que les parements lisses.
- Cas des supports très absorbants.
- Cas des maçonneries de blocs de béton cellulaire autoclavé.
- Cas des revêtements faisant partie d'un système d'isolation thermique par l'extérieur.

Paroi constituée de matériaux comportant des défauts

- Maçonnerie d'éléments manufacturés comportant un vice :
 - produits de terre cuite ;
 - blocs de béton manufacturés ;
 - blocs de béton cellulaire autoclavé.
- Paroi en béton coulé sur place.

Paroi constituée de plusieurs matériaux différents

- Paroi comportant plusieurs matériaux dans son épaisseur.
- Parement extérieur de la paroi constitué de plusieurs matériaux de nature différente.



FAÇADES EN BÉTON

Présence de pyrites près d'un parement

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le désordre décrit ici (voir photo) correspond à la face intérieure d'un voile d'acrotère haut de toiture-terrasse. La présence de deux granulats de pyrite près du parement est à l'origine de l'expansion et de l'oxydation en présence de l'humidité et de l'oxygène de l'air. Cette expansion s'est produite malgré la présence d'un film de peinture plastique ; le composé résultant (géothite) de la décomposition des granulats a provoqué les traînées brunâtres constatées.



Traînées brunâtres résultant de deux granulats de pyrite.
© J. Putatti

La superposition des deux granulats alignés sur une même verticale est fortuite mais a favorisé l'élargissement de la traînée. La décomposition des granulats se poursuivra jusqu'à disparition complète. Le fait que le phénomène se soit produit sur la face intérieure de l'acrotère constitue un élément moins préjudiciable pour la façade.

Le traitement consiste à desservir les granulats du reste du béton et à réparer après purge des cavités avec un mortier de résine type époxy. Au point de vue de l'aspect, le film de protection peinture ou RPE doit être refait après élimination de la traînée.

Cf. également fiche Façades en béton - « Taches - Traînées de couleur rouille ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

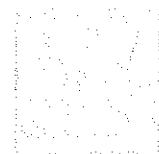
ST

UV

WX

YZ

VOLEUR DE VIVRE



La science n'est pas une science exacte, elle est une science humaine.

Le monde est un grand livre, et la science est une lecture.

La science n'est pas une science exacte, elle est une science humaine. Elle est une science qui se construit, qui évolue, qui s'adapte. Elle est une science qui est faite par des hommes, et qui est donc soumise à leurs erreurs, à leurs limites, à leurs passions. Elle est une science qui est faite pour servir l'humanité, et qui est donc soumise à ses besoins, à ses aspirations, à ses rêves.

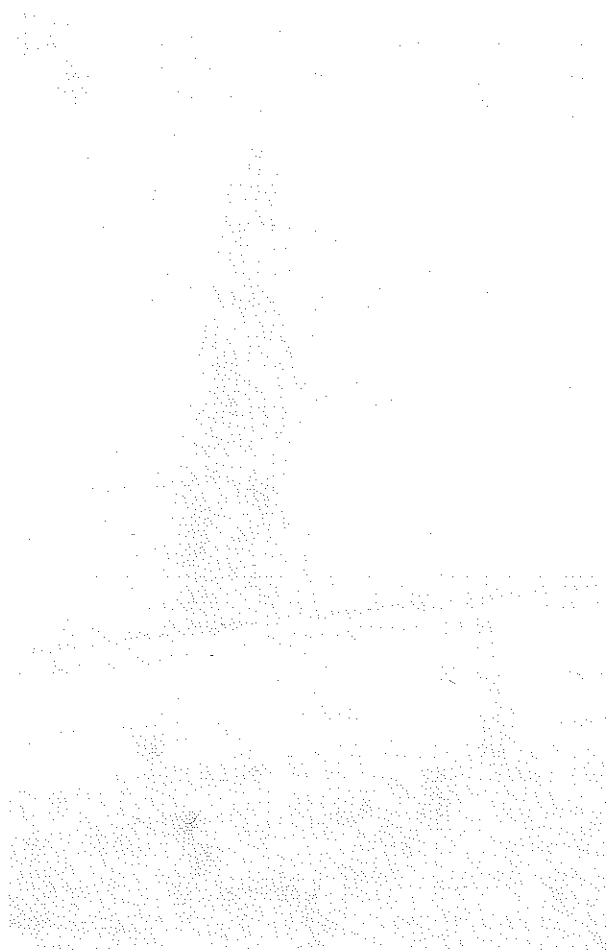


Image de la surface d'un matériau, montrant la présence de pyrites.

La science n'est pas une science exacte, elle est une science humaine. Elle est une science qui se construit, qui évolue, qui s'adapte. Elle est une science qui est faite par des hommes, et qui est donc soumise à leurs erreurs, à leurs limites, à leurs passions. Elle est une science qui est faite pour servir l'humanité, et qui est donc soumise à ses besoins, à ses aspirations, à ses rêves.

La science n'est pas une science exacte, elle est une science humaine. Elle est une science qui se construit, qui évolue, qui s'adapte. Elle est une science qui est faite par des hommes, et qui est donc soumise à leurs erreurs, à leurs limites, à leurs passions. Elle est une science qui est faite pour servir l'humanité, et qui est donc soumise à ses besoins, à ses aspirations, à ses rêves.

La science n'est pas une science exacte, elle est une science humaine. Elle est une science qui se construit, qui évolue, qui s'adapte. Elle est une science qui est faite par des hommes, et qui est donc soumise à leurs erreurs, à leurs limites, à leurs passions. Elle est une science qui est faite pour servir l'humanité, et qui est donc soumise à ses besoins, à ses aspirations, à ses rêves.

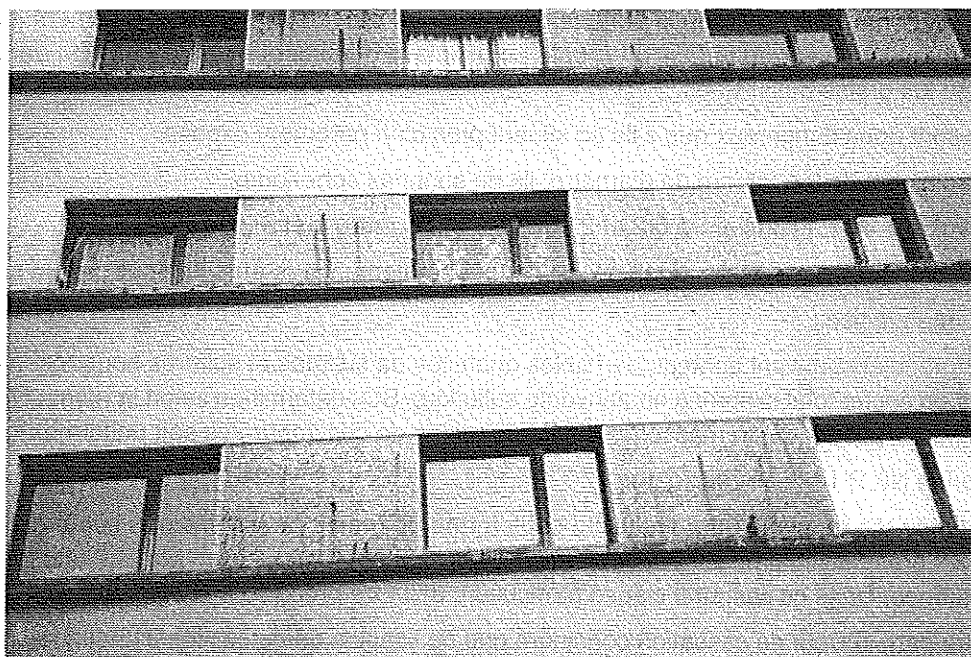


FAÇADES EN BÉTON

Taches - Traînée de couleur rouille

QUESTION

Après plusieurs années apparaissent des traînée verticales de couleur rougeâtre (rouille ?) dont l'origine se situe près du parement (intérieur ou extérieur) d'un voile de façade (acrotère ou allège). La concentration de la tache se situe autour de l'origine du désordre et la répartition est aléatoire.



Traînée de rouille. © J. Putatti

RÉPONSE

Causes possibles

Les deux causes suivantes peuvent être avancées.

1/ Présence de granulats ferreux (pyrites de fer) dans le béton constituant le voile façade (préfabriqué ou coulé sur place), ces granulats étant placés contre le parement seulement revêtu d'une peinture ou d'un RPE.

2/ Contact d'une armature, par exemple une épingle disposée dans le sens transversal de l'élément en béton armé (enrobage insuffisant). Ce cas se rencontre plus rarement.

La cause essentielle est la présence de granulats ferreux composés métalliques (pyrites de fer-marcaissites).

On les rencontre en très faible quantité dans des terrains sédimentaires dans quelques carrières de France (craie en Champagne...).

Il s'agit le plus souvent de grains de 1 à 20 mm de sulfures de fer FeS_2 :

- pyrites cristallisant dans le système cubique ;
- marcaissite cristallisant dans le système orthorhombique.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Leur densité varie de 4,8 à 5,2 g/cm³, c'est-à-dire deux fois plus que les granulats classiques silico-calcaires.

On les retrouve donc, en principe, lors de la mise en place du béton frais dans les moules (préfabrication) ou les coffrages de façon préférentielle en fond de moule.

Pour les éléments préfabriqués de façade, ils peuvent être proches de la surface extérieure (cas des acrotères préfabriqués ou de béton coulé sur place en coffrage soigné. Ces éléments vont, en présence d'humidité et d'oxygène de l'air, donner un composé FeOOH (géothite) qui fera apparaître à la surface du béton des traînées brunâtres voire jaunâtres. De l'acide sulfurique résulte de la réaction et il se produit avec la portlandite Ca(OH)₂ du gypse qui, en réagissant à son tour avec l'aluminate de calcium hydraté, donnera de l'ettringite secondaire gonflante, d'où des traînées rougeâtres caractéristiques des cratères au fond desquels on trouve les grains à l'origine du phénomène.

Ce sont les grains proches de la surface extérieure qui se transformeront rapidement. Les autres, plus profonds, ne seront jamais attaqués. Le pH élevé du ciment hydraté contenu dans le béton protège les grains métalliques.

Ils ne sont donc dangereux que s'ils se situent près d'un parement exposé.

Les grains ont de 2 à 20 mm de diamètre, ils ne sont pas sphériques.

Leur volume est compris entre 0,2 et 2 cm³ et le poids entre 1 et 5 à 10 g.

Ils ne sont pas magnétiques, donc ne peuvent généralement pas être éliminés par un aimant.

La norme précise :

« Les granulats peuvent contenir de faibles quantités de sulfates et sulfures sous réserve que leur teneur en soufre total exprimée en anhydrite sulfurique SO₃ déterminée selon la norme NF P 18-582 ne dépasse pas 0,4 % en masse et que la répartition de ces impuretés soit uniforme. »

La norme NF P 18-301 précise que :

« La présence de pyrite ou marcassite sous forme de grains de dimensions supérieures à 2 mm rend les granulats impropres à la confection de bétons pour lesquels on attache une importance à l'apparence. Dans ce cas, une clause particulière doit être précisée à la commande ».

D'autre part, la Cour de cassation considère que de simples défauts esthétiques ne sont pas susceptibles d'engager la responsabilité décennale des constructeurs (arrêt du 9 octobre 1991).

Il y a lieu de remarquer que les phénomènes peuvent intervenir plusieurs années après selon la vitesse de carbonatation à partir de la surface libre qui varie avec la porosité du béton.



FAÇADES EN BÉTON

Taches - Traînées de couleur rouille

REMÈDES - RÉPARATIONS

Dispositions préliminaires

Le phénomène une fois constaté doit être suivi dans son évolution qui peut, à partir d'un certain moment, se réduire ou se stabiliser. Le phénomène est freiné par un temps sec et accéléré en période humide. Les nouvelles apparitions devraient être moins fréquentes.

Procéder à des prélèvements à l'emplacement d'un grain attaqué afin de déterminer :

- la grosseur de l'élément ;
- sa position par rapport au parement.

Les grains sont prélevés seuls ou dans une carotte et examinés ensuite en laboratoire. On peut ainsi déterminer la profondeur carbonatée du béton.

Réparation

- Purger la façade en enlevant les grains métalliques à l'aide d'une pointerolle.
- Reboucher.
- Enlever les taches ou traînées de rouille en imprégnant le béton pendant quelques heures avec une solution aqueuse contenant 100 g d'acide oxalique par litre d'eau.
- Brosser la surface du béton et laver à grande eau.

La protection consiste à éviter la diffusion de l'humidité et du CO₂ de l'air à l'intérieur du béton et à stopper le phénomène. On applique à la surface du béton une barrière par produit hydrofuge efficace à base de résine acrylique en phase solvant.

Ce type de protection a une efficacité de 100 % pendant dix ans. Toutefois, quelques points peuvent réapparaître.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

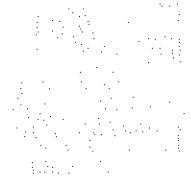
ST

UV

WX

YZ

PROJET DE TRAVAUX



Objet : Travaux de réparation et de maintenance des façades en béton.

Le présent projet a pour but de réparer et d'entretenir les façades en béton de l'immeuble situé à l'adresse suivante : [Adresse]. Les travaux consistant à éliminer les taches et les traînées de couleur rouille, à réparer les fissures et les dégradations, et à effectuer des travaux de peinture et de finition.

Les travaux seront réalisés en plusieurs étapes :
1. Diagnostic et évaluation des dégâts.
2. Préparation des surfaces (nettoyage, décapage, etc.).
3. Réparation des fissures et des dégradations.
4. Application d'un traitement anti-rouille.
5. Peinture et finition.

Le budget prévisionnel des travaux est de [Montant]. Les travaux seront réalisés par la société [Nom de la société], spécialisée dans les travaux de réparation et de maintenance des façades en béton.

Le présent projet est soumis à l'approbation du conseil d'administration de l'immeuble. Les travaux seront réalisés sous le contrôle de la société [Nom de la société].

Le présent projet est soumis à l'approbation du conseil d'administration de l'immeuble. Les travaux seront réalisés sous le contrôle de la société [Nom de la société].

Le présent projet est soumis à l'approbation du conseil d'administration de l'immeuble. Les travaux seront réalisés sous le contrôle de la société [Nom de la société].

Le présent projet est soumis à l'approbation du conseil d'administration de l'immeuble. Les travaux seront réalisés sous le contrôle de la société [Nom de la société].



FAÇADES LOURDES (MAÇONNERIE)

Pathologie générale

DÉFINITIONS

L'étanchéité à l'eau de pluie des façades lourdes est un problème qui se pose différemment de celui des toitures (technique couverture ou technique revêtement d'étanchéité).

En effet :

- sur les terrasses et plus particulièrement sur les terrasses plates (dont la majeure partie est à pente nulle), l'eau de pluie peut stagner. Seul un revêtement d'étanchéité continu, performant, peut empêcher l'eau de traverser la paroi « terrasse » ;
- sur les couvertures, l'eau de pluie s'écoule normalement vers les ouvrages de collecte et d'évacuation. Les dispositions des éléments de couverture permettent d'éviter les remontées capillaires. L'étanchéité à l'eau est réalisée d'une manière différente de celle des toitures plates ;
- sur les façades lourdes (maçonneries), l'eau poussée par le vent ruisselle sur les éléments verticaux (ou inclinés). L'eau peut pénétrer par les défauts de la paroi (fissures, porosité excessive, défauts de liaison avec menuiseries, etc.) ou par capillarité.

Toutefois, dans les conditions normales de mouillage et de séchage de la paroi exposée, cette dernière subit les échanges superficiels et l'eau ne traverse la paroi que lorsque les défauts sont caractérisés.

On distingue donc, pour les façades et selon l'exposition :

- des revêtements d'étanchéité assurant à eux seuls l'étanchéité du mur à la pluie, surtout en solution curative ;
- des revêtements d'imperméabilisation qui contribuent à assurer l'étanchéité du mur à la pluie sans l'assurer à eux seuls.

On distingue également :

- les murs à peau étanche à la pluie dans lesquels on trouve :
 - les bardages rapportés,
 - les vêtues et systèmes dérivés,
 - les revêtements d'étanchéité adhérents (utilisés en systèmes curatifs) ;
- les murs à peau non étanche à la pluie, qui nécessitent :
 - des dispositions constructives minimales (épaisseur, types de joints, etc.) en fonction des paramètres d'exposition,
 - des dispositions constructives permettant d'éviter ou de réduire les défauts de parois (fissures...),
 - des revêtements extérieurs à fonction d'imperméabilisation.

Revêtements d'imperméabilisation (ou contribuant à la fonction d'imperméabilisation)

On distingue :

- les revêtements rigides extérieurs scellés ou collés appliqués sur des murs en maçonnerie ou béton ;
- les revêtements rigides extérieurs attachés sur des murs en maçonnerie ou béton ;
- les revêtements rigides autres que les enduits faisant partie d'un système d'isolation par l'extérieur ;
- les enduits extérieurs à base de liants hydrauliques applicables sur mur en maçonnerie ou béton ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- les revêtements plastiques applicables sur les murs en maçonnerie ou béton ;
- les enduits appliqués sur des supports spéciaux tels que :
 - armature métallique, bardage par enduit armé,
 - panneaux isolants.

PATHOLOGIE DES FAÇADES LOURDES

Classement des désordres

Certains litiges intervenant en l'absence de désordres ou de dommages

- Efflorescences.
- Fantômes de joints.
- Différences de teinte.
- Taches, moisissures.
- Défauts de planéité ou de surface (bullage).

Infiltrations d'eau sans désordres apparents sur le parement extérieur du mur

- Infiltration à travers des murs neufs :
 - conception globale insuffisante ;
 - murs non conçus pour être enterrés ;
 - conception des détails défective :
 - épaisseur parois insuffisante,
 - dispositifs de collecte des eaux,
 - infiltration à travers des murs en briques ou blocs apparents ;
 - défectuosité de la mise en œuvre :
 - maçonneries apparentes (joints),
 - maçonneries enduites,
 - murs doubles, etc.
- Murs inadaptés aux conditions locales d'exposition.
- Infiltrations consécutives à des travaux sur existants.

Désordres résultant du comportement du seul revêtement

- Matériaux comportant un vice.
- Revêtements inadaptés.
- Désordres résultant de la mise en œuvre.
- Désordres dus à des causes multiples.

Désordres dus au comportement intrinsèque de la paroi-support du revêtement

- Absence ou insuffisance de préparation de la paroi-support.
- Paroi constituée de matériaux comportant des défauts.
- Paroi constituée de matériaux de comportements différents.

Désordres résultant de l'interaction murs-planchers

- Désordres dus à des phénomènes thermiques.
- Désordres dus à la flexion des planchers.

Désordres intérieurs

- Murs sans coupure de capillarité.
- Murs avec coupure de capillarité, mais sans dispositif de collecte ou d'évacuation d'eau.
- Murs avec collecte et évacuation des eaux.
- Fissures intérieures.
- Dégâts dus aux pénétrations d'eau.
- Remontées capillaires.
- Condensations.



FAÇADES LOURDES (MAÇONNERIES)

Pathologie générale (Études statistiques)

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

1. Statistiques

Il y a lieu de distinguer :

- les *désordres*, qui correspondent à deux catégories :
 - ceux qui compromettent la solidité de l'ouvrage ;
 - ceux qui affectent l'ouvrage (façade) dans l'un de ses éléments constitutifs ou l'un de ses éléments d'équipement le rendant impropre à sa destination ;
- les *litiges*, qui correspondent à des défauts visant l'esthétique des façades.

2. Résultats d'études statistiques

Répartition des désordres de façades lourdes n'affectant pas la solidité de l'ouvrage

Ce type de désordres représente globalement 21 % de l'ensemble des sinistres étudiés, tous corps d'état, avec la répartition suivante :

- façades en maçonnerie (maçonnerie d'éléments) : 79,5 % (des 21 %) ;
- façades en béton : 17,8 % (des 21 %) ;
- panneaux préfabriqués : 2,7 % (des 21 %).

Répartition de l'ensemble des cas ayant donné lieu aux désordres précédents par nature ou type de bâtiments

	Maisons individuelles	Immeubles collectifs
• Maçonnerie de petits éléments	a) 65,9 % b) 82,9	13,6 % 17,1
• Béton coulé en place	a) 1,0 % b) 5,7	16,8 % 94,3
• Panneaux préfabriqués lourds	a) 0,1 % b) 3,8	2,6 % 96,2

Les éléments figurant dans ce tableau ne donnent que des valeurs relatives qui dépendent de la population étudiée et de la période de survenance :

- au nombre de cas ;
- par nature de mur.

Répartition par nature des désordres de maçonneries

Nature du désordre		% des cas recensés
Désordres sans infiltrations	• Fissures non infiltrantes	36,4
	• Autres désordres mineurs ou litiges	6
	Sous-total	42,4
Infiltrations à travers le mur	• Infiltrations sans désordres apparents	8,6
	• Infiltrations par fissures	49
	Sous-total	57,6

Répartition par nature des désordres de façades en béton coulé sur place

Nature du désordre		% des cas recensés
Désordres sans infiltrations	• Fissures non infiltrantes	45,1
	• Défauts d'aspect et dégradations mineures	23,2
	Sous-total	68,3
Infiltrations à travers le mur	• Infiltrations par fissures	10,9
	• Infiltrations aux jonctions	20,8
	Sous-total	31,7

Répartition par nature des désordres de façades en grands panneaux de béton préfabriqués

Nature du désordre	% des cas recensés
• Infiltrations par les joints	69,6
• Dégradations mineures	30,4

Cas des maçonneries enduites : répartition des cas de fissuration de l'enduit extérieur selon leur origine

Ce cas d'enduit correspond à une génération de sinistres aujourd'hui en voie de disparition.

Cause de la fissuration	Enduits extérieurs à base de plâtre projeté	Enduits extérieurs à base de liants hydrauliques	Total tous types confondus
• Fissuration imputable à l'enduit seul	8,3 %	12,8 %	21,1 %
• Fissuration imputable au support seul	1,8 %	62,0 %	63,8 %
• Fissures imputables à l'enduit + support	2,7 %	12,3 %	15,1 %

Répartition des désordres imputables aux enduits à base de liants hydrauliques

Manifestation du désordre	Répartition par type d'enduit		
	% relatif	Enduits traditionnels	Enduits prêts à l'emploi
• Décollements	49,2	86,4 %	13,6 %
• Fissuration et faïençage	30,8	78 %	22 %
• Infiltrations sans désordres apparents	12,7	83,3 %	16,7 %
• Défauts d'aspect	7,3	29,1 %	70,9 %

Fissures dans les enduits : fissuration horizontale à la jonction de matériaux de nature différente, répartition selon la nature de l'ouvrage en béton armé

- Chaînages en béton armé : 99,3 % de l'ensemble, répartis en :
 - chaînages isolés : 31,1 % ;
 - chaînages liés à un plancher autre que le dernier : 11,8 % ;
 - chaînages liés au dernier plancher : 56,4 %.
- Ouvrages isolés : bandeaux, linteaux, appuis, etc. : 12,1 %.

Note

Ces deux catégories se chevauchent, les chaînages étant associés aux bandeaux, linteaux, etc.



FISSURATION DE MAÇONNERIE

*Étude d'un cas concret
d'après la morphologie de la fissure*

TYPE DE DÉSORDRE

Fissuration en escalier d'un mur selon les joints de pose (cf. photo).

DESCRIPTION

Mur en maçonnerie de blocs manufacturés de béton, de 0,15 m d'épaisseur constituant le mur limite d'une plage de piscine. Local machinerie attenant.

DÉSORDRES

Le mur en maçonnerie s'est fissuré :

- sous la dalle-dallage de la plage de piscine ;
- au droit des joints verticaux et horizontaux correspondant au hourdage des blocs. Ouverture de fissure 2 à 3 mm.

CAUSES

Tassement différentiel de murs à des profondeurs différentes. Le local attenant (côté gauche) a nécessité une fouille profonde. Le mur limitant la plage est fondé superficiellement sur un terrain de nature argileuse qui subit les alternances de gonflement-dessiccation au cours des saisons.

REMÈDES

La fissure est évolutive et s'accroît progressivement.

Compte tenu de la faible charge transmise au sol, une stabilisation dans le temps est possible. Le désordre est d'ordre esthétique et ne met pas en péril le bassin de piscine, celui-ci étant constitué d'une coque autostable en polyester armé de fibres de verre (PRV).

Afin de ne pas engager des frais de réparations disproportionnés, la fissure pourra être traitée :

- en ouvrant cette dernière ;
- en dégageant le joint de hourdage ;
- en reconstituant celui-ci avec un mortier spécial adjuvanté mis en place par matage ;
- en reconstituant l'enduit de parement.

Un traitement complémentaire (cf. dessin) du sol à la base du mur (terre-plein) pourra être proposé pour éviter la pénétration des eaux de pluie qui modifie les caractéristiques du terrain et en écartant les eaux de ruissellement de la proximité du mur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

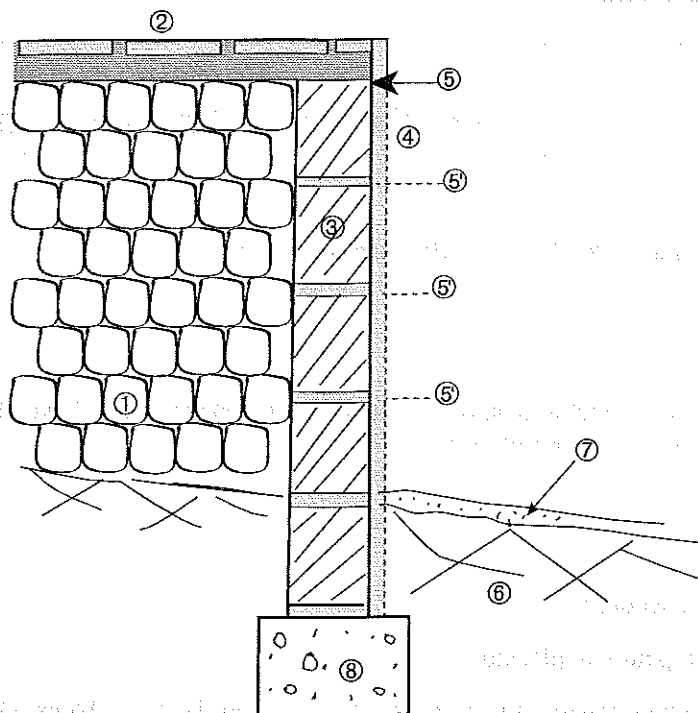
QR

ST

UV

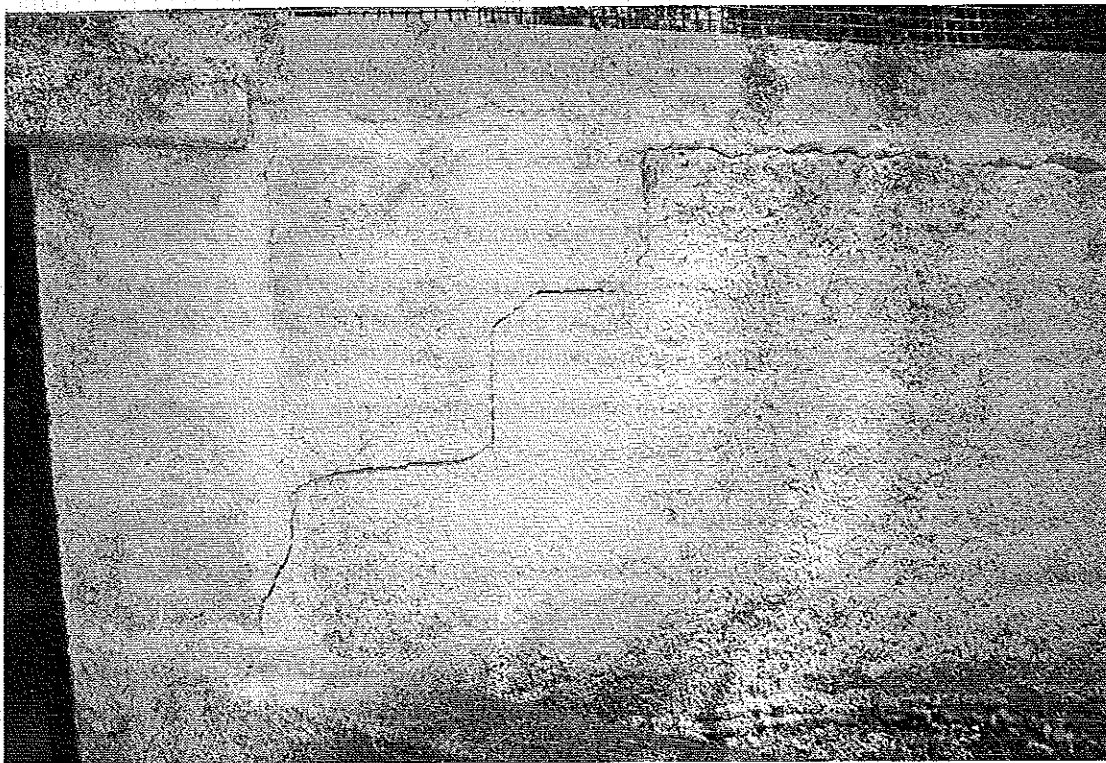
WX

YZ



- ① Terre-plein reconstitué (pierres sèches)
- ② Dallages plage (opus)
- ③ Murs blocs béton 0,15 m
- ④ Enduit mortier
- ⑤ Fissures
- ⑥ Terre-plein (niveau initial)
- ⑦ Protection/mortier
- ⑧ Fondation muret

Traitement complémentaire du sol



Fissuration en escalier. © J. Putatti.



FISSURATION D'UN MUR

Tassements différentiels

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Un muret constitué de blocs de béton de granulats correspond à la limite d'une plage de piscine et se trouve dans l'alignement du mur limitant le local de machinerie de l'installation de piscine ; ce dernier mur est fondé environ 1 m plus bas que le muret sur un sol plus profond et stable (photo 1).

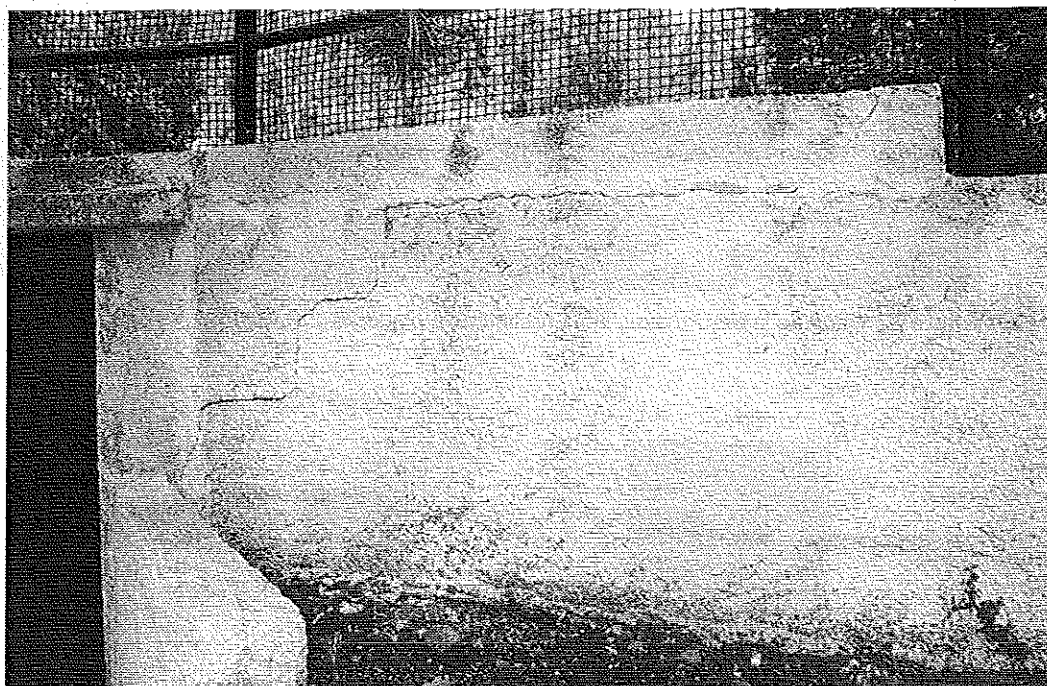


Photo 1 : Vue d'ensemble muret limite de plage piscine et entrée local machinerie. © J. Putatti

DÉSORDRES

Des fissures se manifestent dans le muret près du local machinerie. La fissure correspond :

- à l'appui du dallage de la plage sur le muret ;
- à la découpe des joints de blocs (fissure en « escalier ») (photo 2).

Cette fissure se poursuit verticalement à la liaison du mur du local machinerie avec un mur en retour (accès au local) (photo 3).

La poussée du terrain (remblai) a provoqué le déplacement du mur en retour vers l'extérieur. D'autre part, la fissure verticale se poursuit dans le dallage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

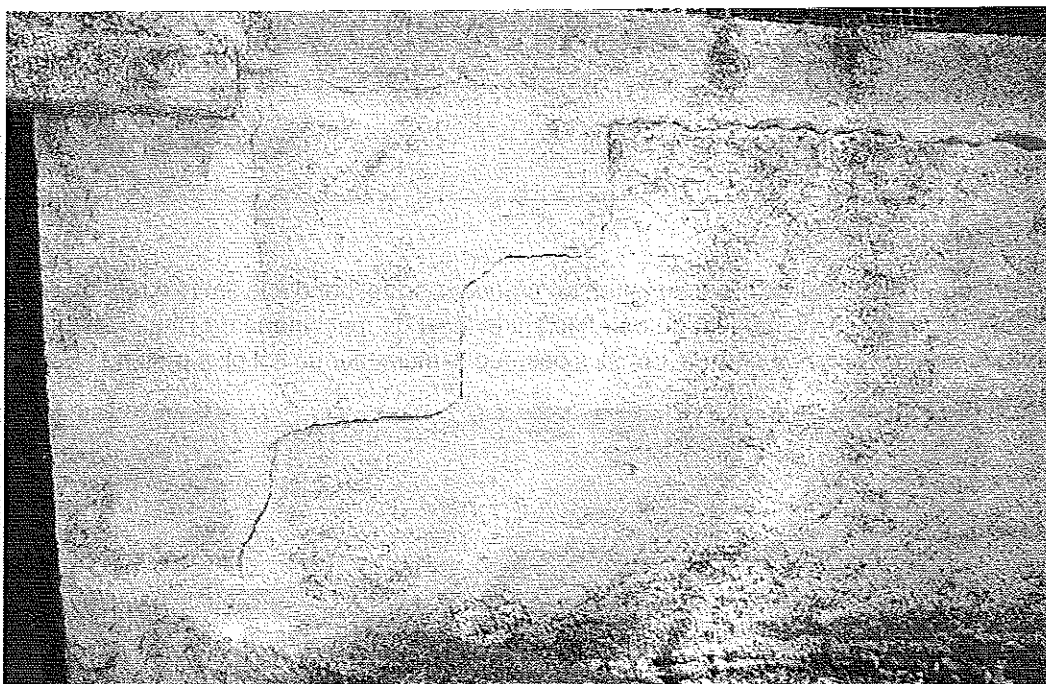


Photo 2 : Tracé de la fissure dans le muret limite de plage. © J. Putatti

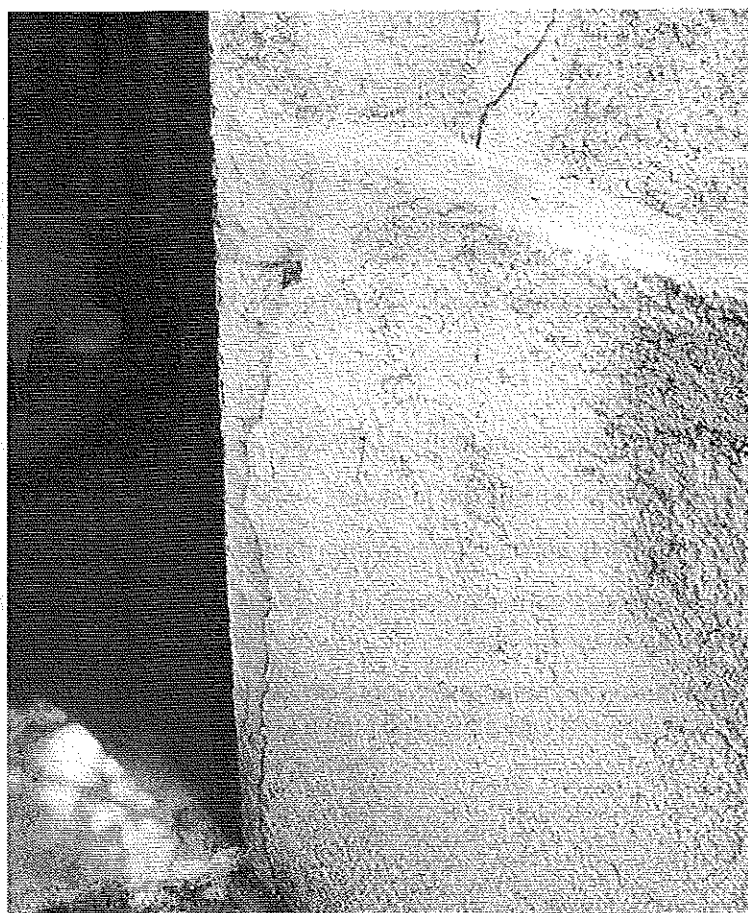


Photo 3 : Fissure verticale entre mur local machinerie et mur en retour (accès au local). © J. Putatti

CAUSES DES DÉSORDRES

Les causes des fissurations résultent de tassements différentiels des fondations, d'une part du muret limitant la plage de piscine fondé superficiellement bien que très peu chargé, mais sur une argile sujette à dessiccation et à gonflement, et d'autre part, à un ouvrage (local machinerie) qui, du fait de sa hauteur, est fondé à environ 1 m plus bas que le précédent.

Le même problème se retrouve avec le mur en retour qui constitue, sur une hauteur de 1 m environ, le soutènement d'un remblai. Une fissure de décollement (photo 4) dont l'ouverture est variable (5 à 10 mm) comporte un arrachement de l'enduit.

La partie supérieure du muret (photo 5) correspondant à la fissure entre le dallage de plage et le muret comporte un éclatement de l'enduit au droit de la fissure.

D'autre part, la liaison du muret en retour avec le mur du local correspond à une liaison par « collage » entre les deux maçonneries, les deux murs n'étant pas perpendiculaires.

Le décollement correspond au tassement différentiel des deux parties de mur et à la poussée exercée par le massif remblayé sur le mur en retour.



Photo 4 : Détail fissure verticale entre mur local et mur en retour.

© J. Putatti



Photo 5 : Détail fissure horizontale entre dallage plage et muret, partie supérieure. © J. Putatti

RÉPARATIONS

Compte tenu de la nature des sols de fondation, les réparations des fissures ne pourront être que limitées dans le temps et risquent de réapparaître, notamment lors des périodes de sécheresse prolongées.

En revanche, la liaison par simple « collage » au mortier entre le mur du local et le mur en retour doit être remplacée par une coupure et un joint franc, ce qui nécessitera de dégager la totalité du joint, la mise en place d'une désolidarisation (feuille de polystyrène) et la réalisation d'un joint souple par mastic élastomère.



FISSURATION DE DALLAGE EXTÉRIEUR

Effet du gel

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Un dallage sur terre-plein coulé par éléments alternés (de l'ordre de 1 m de largeur) pour diminuer les effets du retrait, présente une fissuration longitudinale importante se situant dans la zone centrale (cf. photo 1).

La fissuration, dont la direction générale est longitudinale, n'est pas rectiligne. La largeur de la fissure est variable (entre 5 et 10 mm).



Photo 1 : Fissuration longitudinale d'un dallage extérieur. © J. Putatti

CAUSES DU DÉSORDRE

L'ouvrage situé en zone soumise à des hivers rigoureux (province de Québec, Canada) a subi les effets du gel du sol d'assise qui a gonflé dans la zone centrale (effet voûte) avec apparition de contraintes de traction en face supérieure.

Dans d'autres cas (cf. photo 2), le dallage ne comporte pas de joints de fractionnement pour le retrait. La fissuration due à ce dernier crée la fissure qui est de l'ordre de 1 cm, souvent accentuée par les phénomènes de température (retrait thermique). Si le sol sous-jacent gonfle sous l'effet du gel, des fissures se créent d'une façon anarchique dans toutes les directions.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

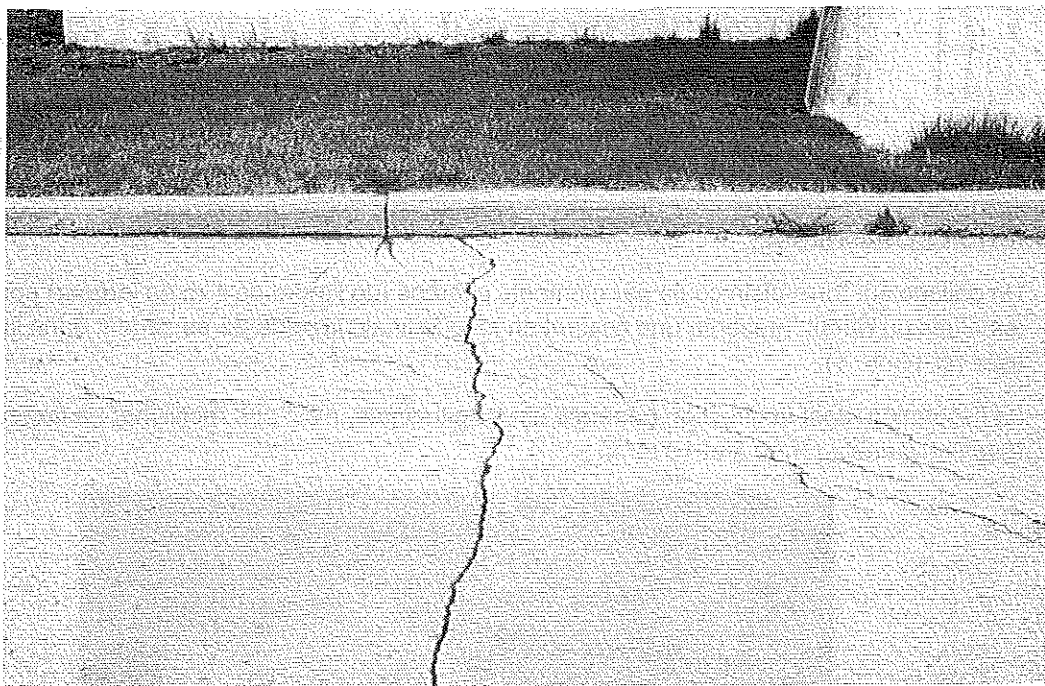


Photo 2 : Fissuration transversale (principale) et longitudinale (secondaire) d'un dallage extérieur.
© J. Putatti

REMÈDE PROPOSÉ

La solution généralement utilisée sous ce type de climat (idem pour le climat de montagne) consiste à isoler le dallage du sol de fondation en disposant sur ce dernier des isolants en couches épaisses et insensibles à l'eau (polystyrène extrudé).



FISSURATIONS DE MURS EN MAÇONNERIE

Dispositions de chaînages

POSITION DU PROBLÈME

Cas concret de désordre concernant une maison individuelle comprenant un rez-de-chaussée et un étage. Les fondations correspondent à des semelles filantes disposées sous les murs.

Les murs porteurs (façades et refend) sont en maçonnerie de briques creuses de 0,20 m d'épaisseur enduite côté extérieur par un enduit à base de liants hydrauliques. Sur la face interne, une contre-cloison constituée d'un complexe isolant complète le mur. Le sol du rez-de-chaussée est un dallage sur terre-plein. Le plancher haut du rez-de-chaussée est une dalle en béton armé et celui de l'étage un plancher à hourdis. La toiture est constituée d'une couverture en tuiles posées sur une charpente en bois.

DÉSORDRE

Apparition de fissures visibles sur les murs extérieurs :

- horizontales : au niveau du plancher haut du rez-de-chaussée et au niveau du plancher de l'étage sur le mur pignon à partir de l'angle avec les façades, ainsi que dans les angles des murs formés par la façade et le mur pignon au niveau de l'étage ;
- les fissures sont visibles sur les façades et sur les murs pignons, suivant le rampant de la couverture depuis le plancher de l'étage à 0,10 m de la partie supérieure du mur.

CAUSES

Les causes des fissurations déterminées après recherches correspondent à des malfaçons et non-respect des règles de l'art (en l'occurrence DTU 20.1). D'autre part, la qualité du béton utilisé est très inégale.

1/ Plancher haut du rez-de-chaussée :

- chaînage horizontal réalisé en deux parties avec des armatures préfabriquées sans liaison entre elles ;
- dans les angles extérieurs des murs de recouvrement correct des aciers de chaînage horizontaux.

Les aciers des chaînages horizontaux sont arrêtés sur l'angle et ne se recouvrent pas.

Les aciers des chaînages verticaux se recouvrent en partie inférieure avec des aciers en attente sur la fondation mais, en partie haute, les aciers s'arrêtent sous le plancher.

2/ Plancher d'étage :

- pas de raidisseurs verticaux dans les angles des murs extérieurs ;
- au niveau du plancher haut d'étage, le chaînage a été prévu dans l'épaisseur du plancher. Les aciers horizontaux ont été recourbés pour former un retour assurant le recouvrement avec le chaînage situé dans le mur perpendiculaire ;
- pas de chaînage selon le rampant des murs pignon.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

LES « ERREURS » DE RÉALISATION

- Les chaînages verticaux d'angle existent dans la hauteur du rez-de-chaussée, mais pas dans la hauteur du 1^{er} étage.
- Absence de liaison entre les chaînages verticaux dans la hauteur du rez-de-chaussée et les chaînages horizontaux du plancher haut du rez-de-chaussée.
- Absence de chaînage selon le rampant de la couverture.
- Recouvrements d'armatures non conformes aux règles DTU (cf. DTU 20.1).

CAUSES (RÉSUMÉES) DES DÉSORDRES

Les fissures sont dues à trois causes principales :

- retrait différentiel des matériaux à base de ciment ;
- mouvements hygrothermiques saisonniers ou ponctuels concernant les parois (façades et pignon) ;
- flexion des planchers en béton armé (rotation des appuis).

Les fissures horizontales ont pour origine une absence de liaison entre les chaînages d'angle verticaux et les chaînages horizontaux (plancher haut de rez-de-chaussée).

Le chaînage horizontal de ce plancher est en fait constitué de deux chaînages superposés, coulés séparément :

- l'un avant le plancher ;
- l'autre après avec le plancher mais sans liaison « armatures » avec le premier.

À l'étage, absence de chaînages verticaux d'angles.

Absence de chaînage au niveau de la couverture selon les rampants en tête des murs pignons.

CONCLUSION

Les fissures constatées auraient pu être évitées en respectant les règles DTU (remède préventif).

Les remèdes correctifs, à efficacité relative, consistent à « ponter » les fissures par un revêtement souple armé appliqué sur la totalité des revêtements extérieurs après colmatage des fissures.



FISSURES (RÉPARATION PAR MASTICS SOUPLES)

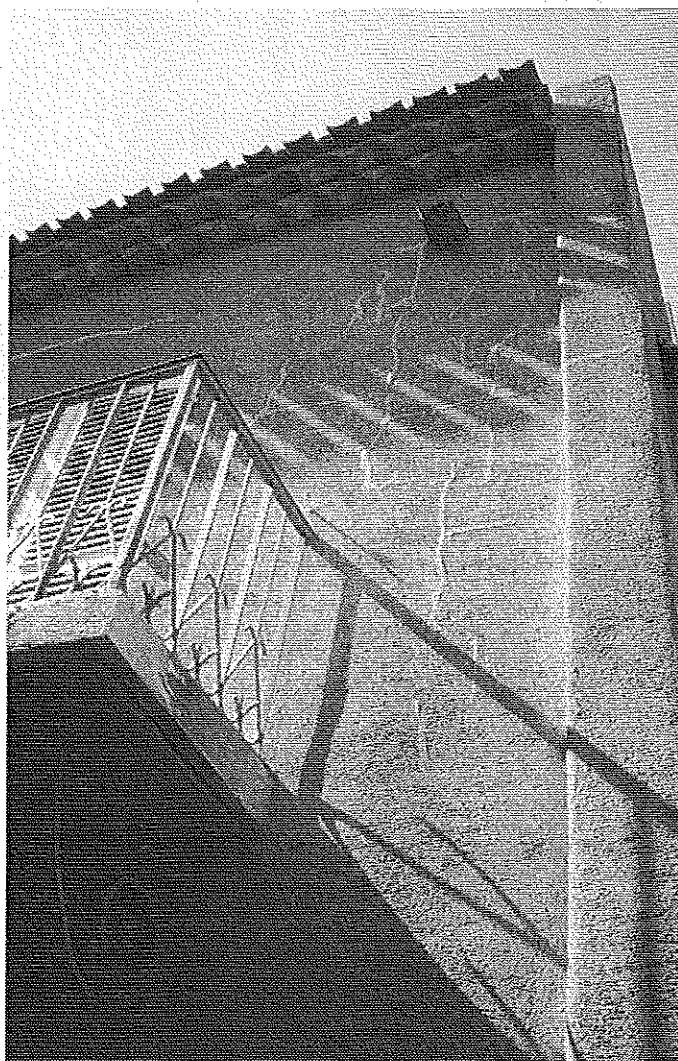
Réparation enduit

La présente fiche correspond à l'illustration d'une solution de traitement de fissures à l'aide de produits souples. Le résultat est satisfaisant au point de vue technique mais discutable au point de vue esthétique.

- Réparation de fissures d'enduit type monocouche et à distribution anarchique, à l'aide de mastics souples colorés.
- Réparation d'une fissure verticale qui s'est créée au droit d'un décrochement de niveau.

La conception de la maçonnerie aurait dû prévoir un joint franc entre les deux parties de bâtiment. Ce joint n'a pas été réalisé. Deux fissures sensiblement parallèles se sont formées.

Il a donc fallu traiter sur presque toute la hauteur du mur deux joints avec une armature en tissu de fibres de verre et un mastic souple pour ponter ces fissures. Le joint est en effet susceptible de mouvements dus aux variations thermiques (retrait, dilatation) de la maçonnerie.



Réparation de fissures anarchiques. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

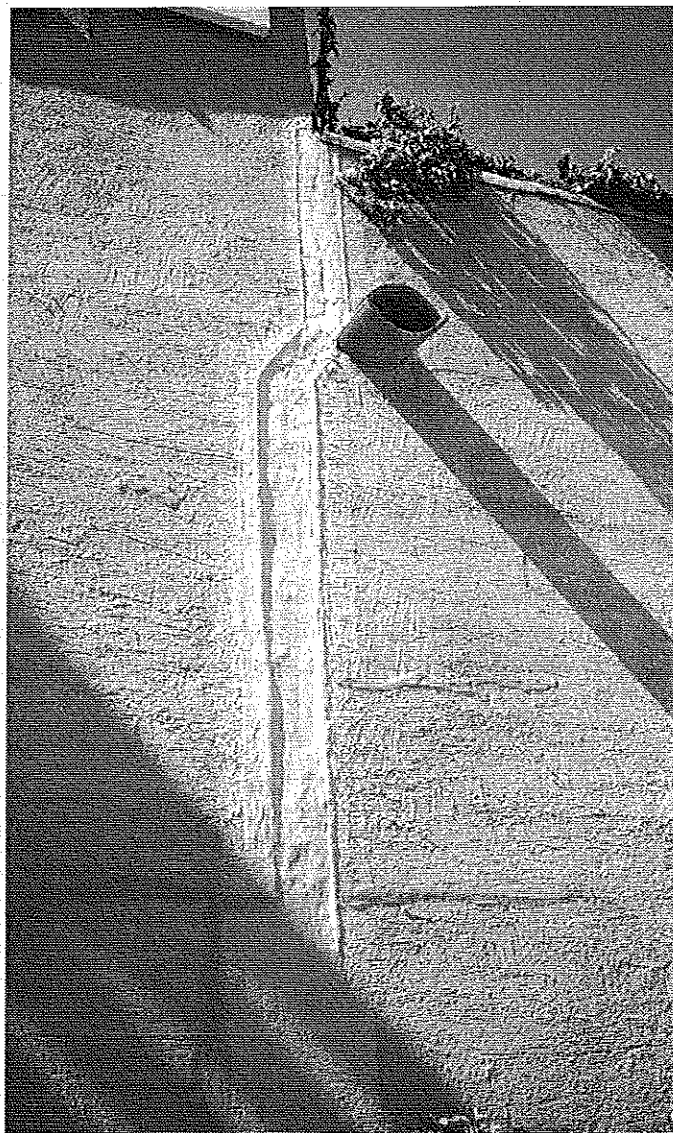
QR

ST

UV

WX

YZ



Traitement d'une fissure verticale. © J. Putatti

La technique est sauve, mais reste l'esthétique...



FONDATION D'UN MUR DE CLÔTURE

Déchaussement de la fondation

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Un mur de clôture de 2,30 m environ de hauteur séparant deux propriétés est constitué de briques creuses de terre cuite raidies par des poteaux en béton armé espacés tous les 3,50 m environ (photo 1).

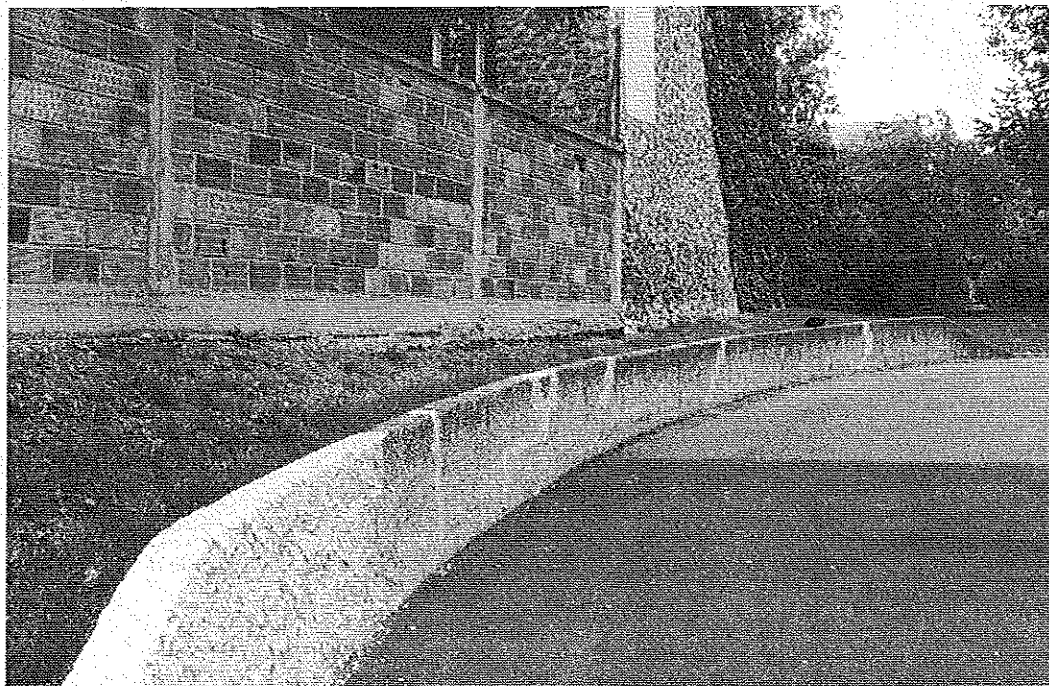


Photo 1 : Situation après désordre. Une rampe d'accès à un parking en sous-sol est construite en limite de propriété en contrebas de la fondation du mur de clôture. © J. Putatti

Ces poteaux sont solidaires d'une longrine de fondation en béton armé reposant sur une semelle en gros béton, à l'origine coulée dans une rigole.

Le mur de clôture vient en raccordement avec le mur pignon d'une habitation R + 1 + combles avec sous-sol.

Les désordres proviennent de la construction sur la parcelle voisine d'un ensemble immobilier comprenant plusieurs immeubles desservis pour les garages en sous-sol par une rampe circulaire dont le tracé s'établit dans la zone de jonction clôture-pignon à moins de 1,00 m du mur de clôture et le niveau (pour la rampe) à 0,90 m de la base de la longrine du mur de clôture.

CONSTATATIONS (photos 2 à 7)

- Fissure verticale affectant le couronnement du mur en béton, le mur de clôture en briques creuses, la longrine de fondation (photo 3). Il semble que la partie amont du mur de clôture a tassé par rapport à la partie comprise entre la fissure et le pignon.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Longrine basse complètement dégarnie sur au moins deux travées. Le gros béton de la semelle est complètement apparent côté rampe (photos 4 et 5).
- Fissure importante (plusieurs centimètres de largeur) avec déplacement du mur de clôture (poteau BA) vers le fonds voisin (photos 6 et 7). Risque de déversement côté copropriété (fig. 1 - Situation au moment des constatations et fig. 2 - Situation après travaux, fiche Solutions du même thème).

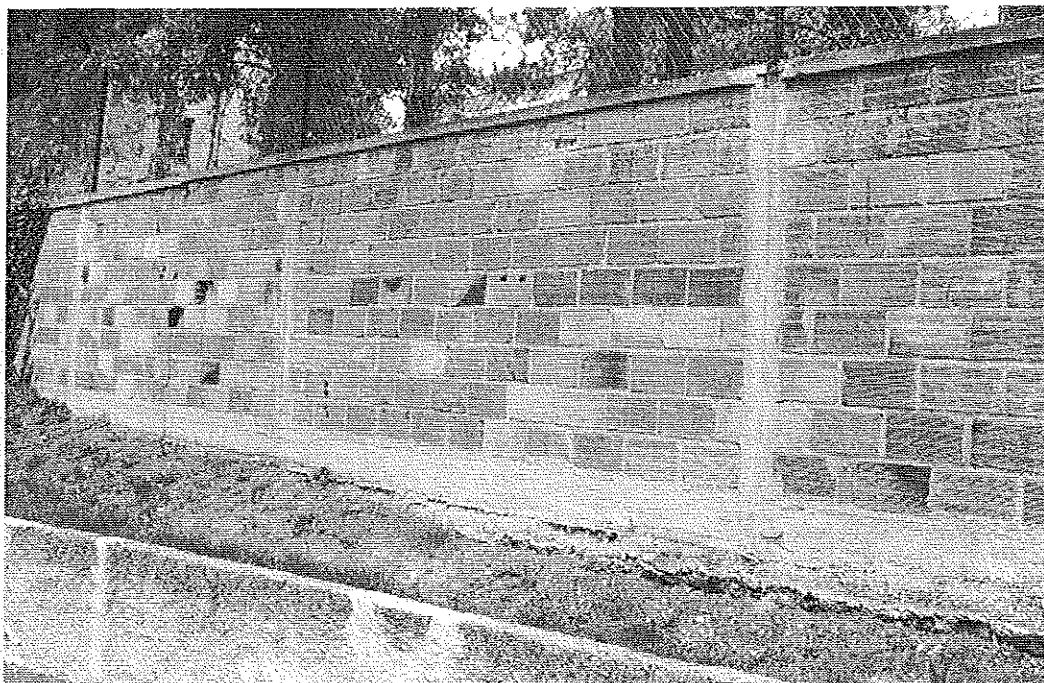


Photo 2 : Partie amont du mur de clôture. Partie basse et semelle déchaussée côté propriété voisine.
© J. Putatti

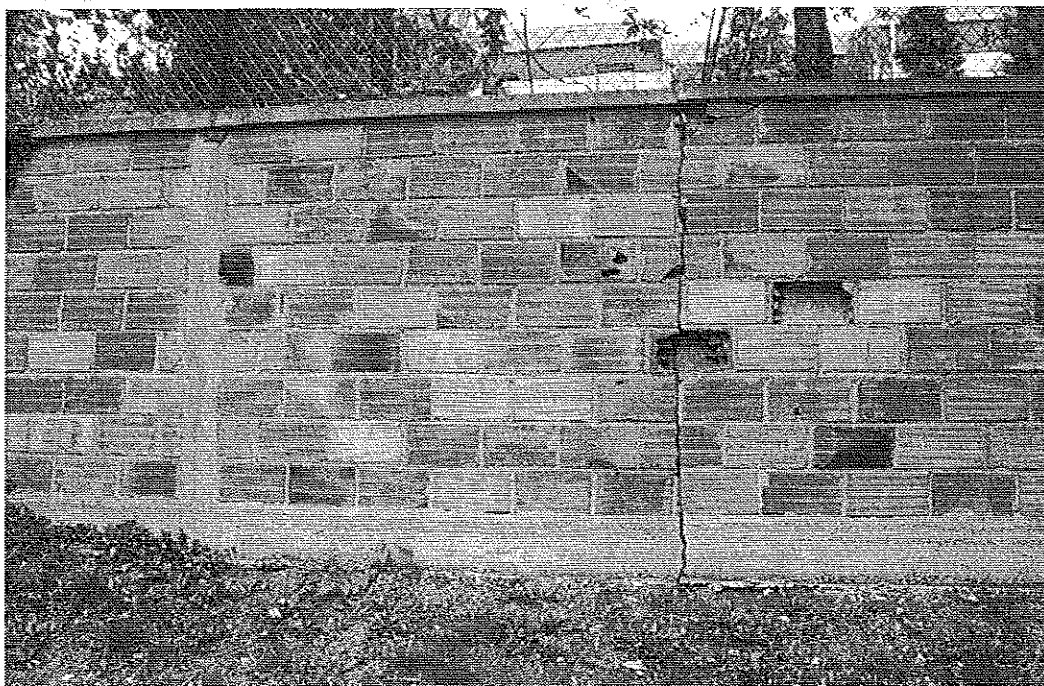


Photo 3 : Fissure verticale dans le mur de clôture concernant la partie en briques, la longrine de fondation et le couronnement. © J. Putatti

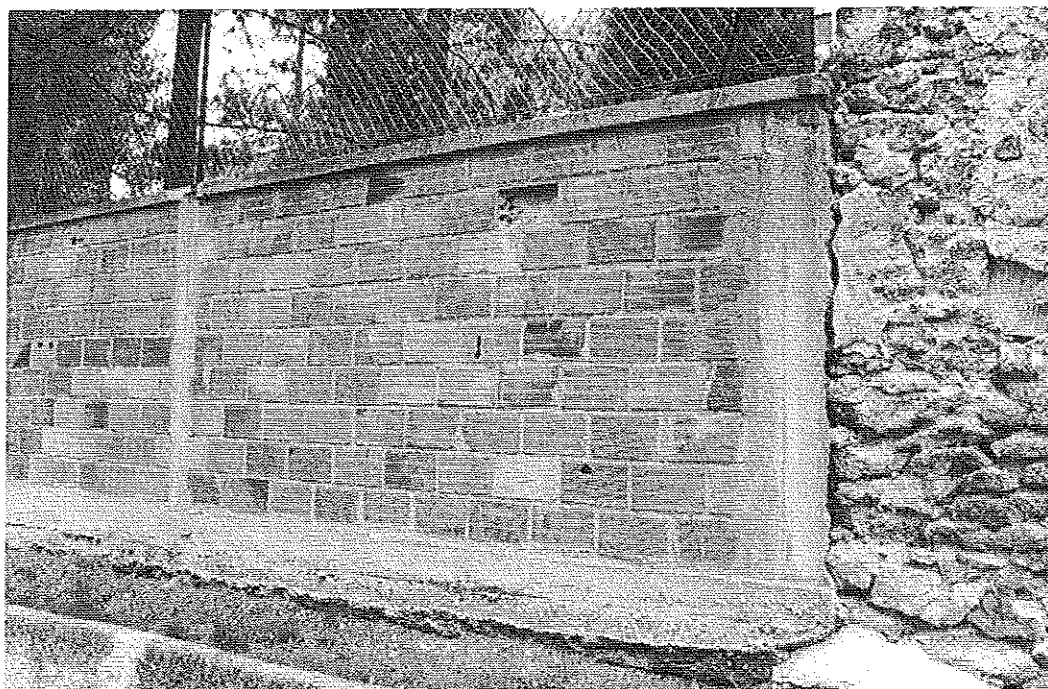


Photo 4 : Raccordement du mur de clôture avec le mur pignon. Fissure de rupture. Déchaussement de la fondation. © J. Putatti

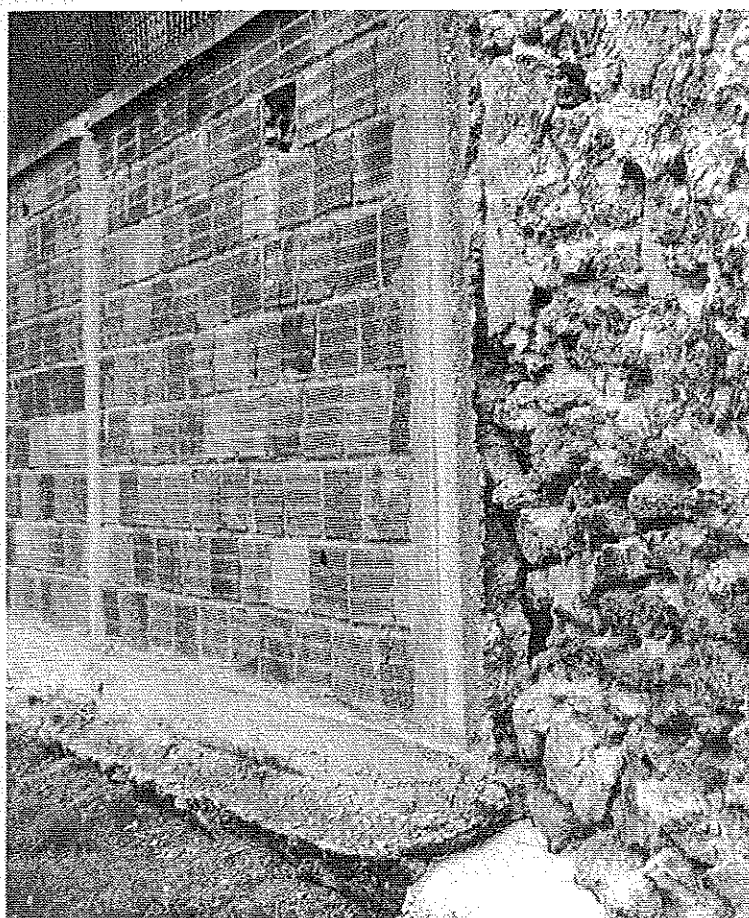


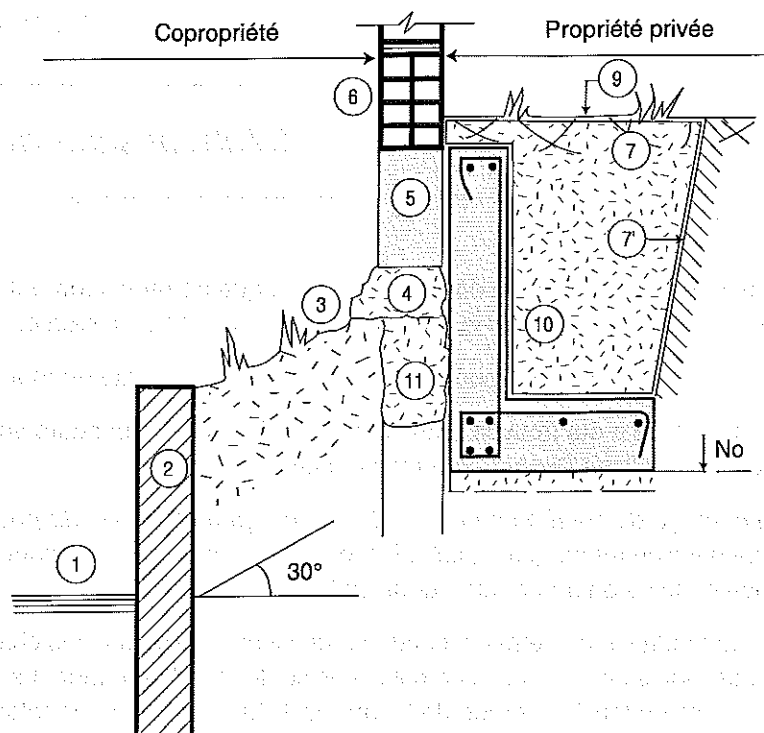
Photo 5 : Vue latérale de la jonction. Noter le devers du mur de clôture et la fondation déchaussée. © J. Putatti



Photo 6 : Détail du joint clotûre/ pignon. Partie supérieure. © J. Putatti



Photo 7 : Détail joint/fondation. Partie basse :
 – déplacement latéral du mur ;
 – mur béton fondé (fondation déchaussée). © J. Putatti



- | | |
|---|---|
| ① Rampe circulaire | ⑦ Terrain jardin privé |
| ② Muret de soutènement (maçonnerie) | ⑦' Tranchée à exécuter par parties |
| ③ Talus à 45° environ | ⑨ Niveau terrain naturel |
| ④ Fondation initiale | ⑩ Mur de soutènement à créer |
| ⑤ Longrine BA | côté propriété privée |
| ⑥ Mur de clôture en briques creuses enduits | ⑪ Reprises en sous-cœvre fondation du mur |
| côté propriété | |

Fig. 2 : Situation après travaux.



FONDATIONS

Effondrement d'un mur enterré par défaut du sol de fondation

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

De très importantes fissures se sont produites dans un mur de façade semi-enterré (fissures de 2 à 3 cm d'ouverture, cf. photo 1).



Photo 1 : Fissure longitudinale à la base de la baie (niveau mi-enterré). © J. Putatti

La situation de ce mur en sous-sol est encore plus inquiétante (cf. photo 2) car elle correspond à une rupture nette du mur dans sa partie cave-infrastructure.

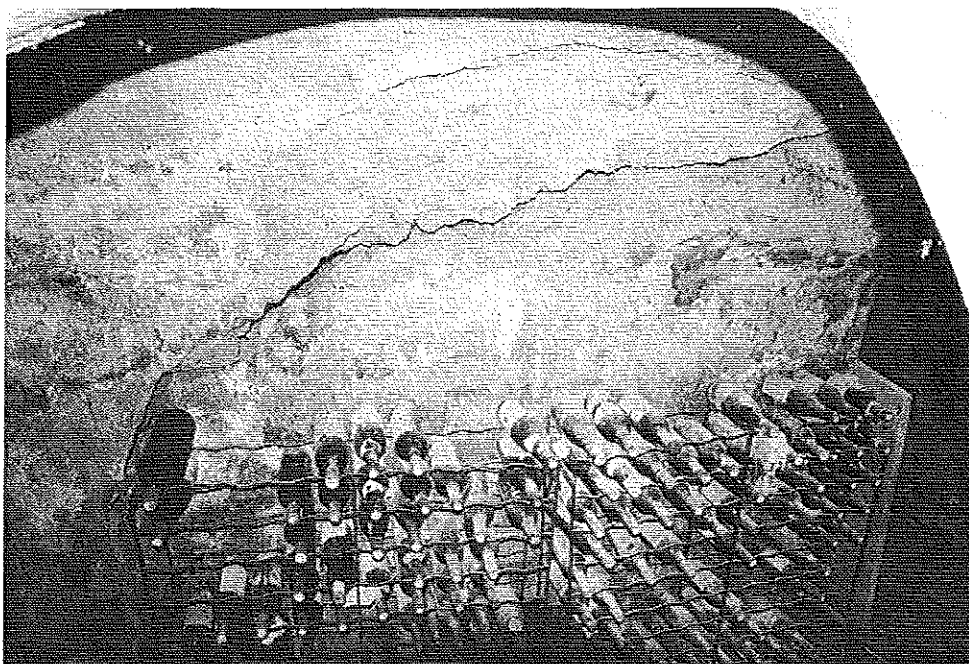


Photo 2 : Rupture du mur (effet voûte), niveau de cave. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La partie centrale s'est effondrée avec une rupture de plusieurs décimètres, un déplacement latéral de la partie inférieure du mur (cave voûtée) et désorganisation de la maçonnerie dans la zone de rupture.

L'ensemble après rupture est en équilibre instable.

ORIGINE DU SINISTRE

C'est la défaillance du sol profond qui est à l'origine de ce sinistre.

La base du mur et sa fondation ont subi un tassement très important résultant en toute vraisemblance :

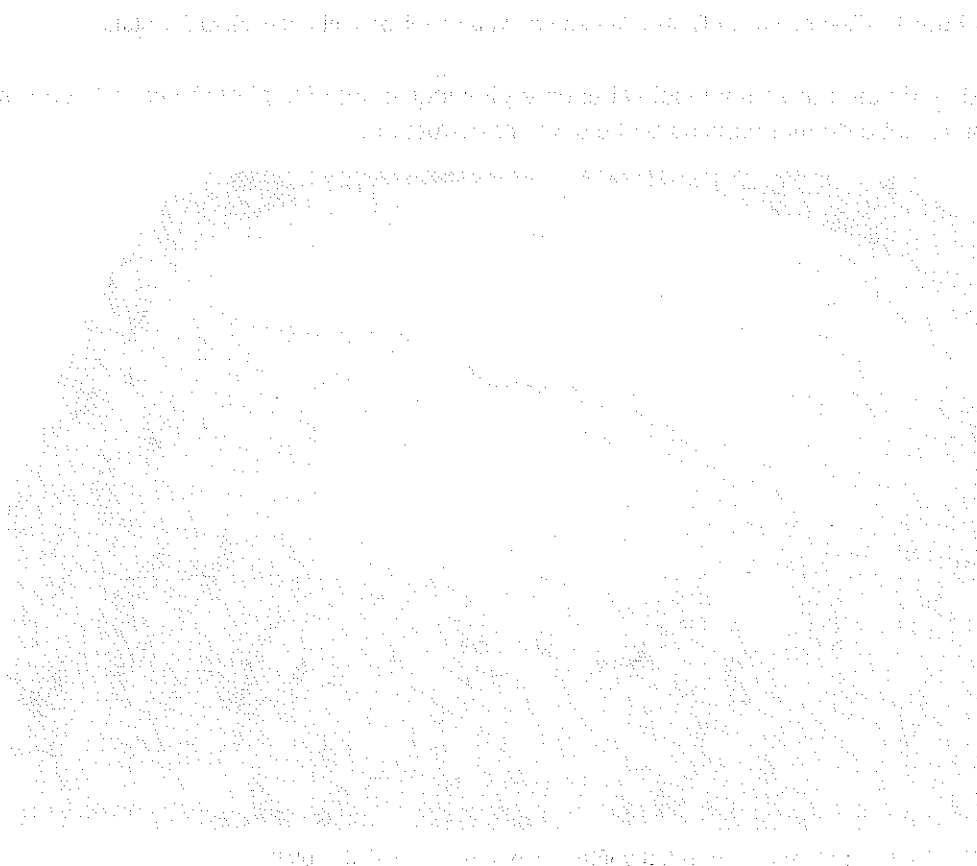
- de pénétrations d'eau dans le terrain extérieur avec possibilité d'entraînement des parties fines du sol et déchaussement de la fondation ;
- de phénomènes de sécheresse intervenus dans les années précédentes.

REMEDES

Toute la maçonnerie d'infrastructure doit être reprise en sous-œuvre, par les techniques courantes (zones alternées).

Des sondages préalables déterminant la nature des couches profondes et leurs caractéristiques de portance sont nécessaires.

La situation précaire résultant de la formation d'un arc de décharge nécessite des précautions particulières afin d'éviter l'accentuation des désordres actuels.





FONDATIONS

Fissuration (phénomène sécheresse)

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Un poteau en maçonnerie support d'une avancée de toiture dans une villa varoise présente à sa partie supérieure une fissure de rupture sur la totalité de sa section avec un très léger déplacement occasionnant le décollement d'un enduit appliqué en réparation (photos 1 et 2).

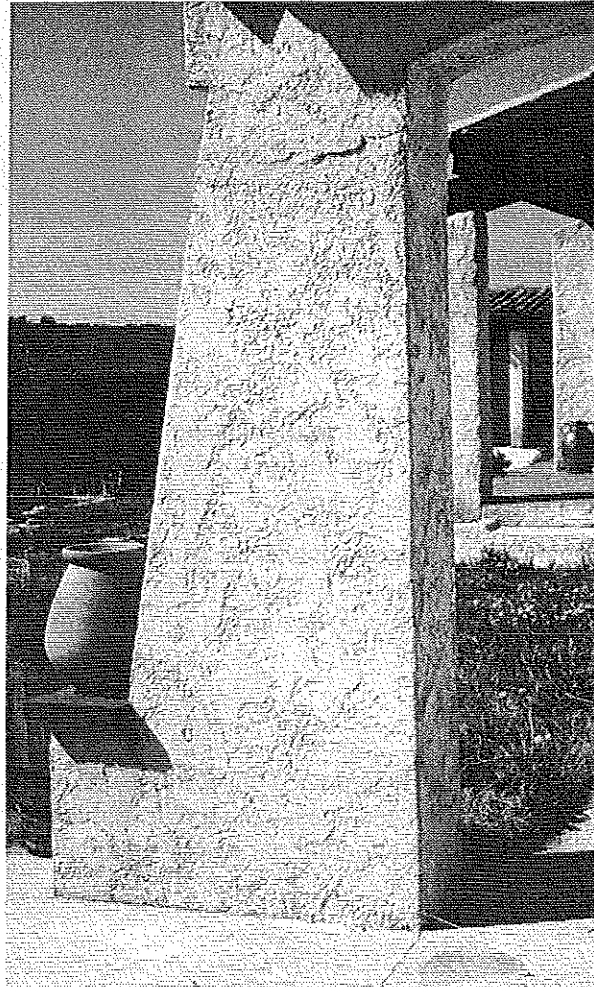


Photo 1 : Ensemble du poteau support. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

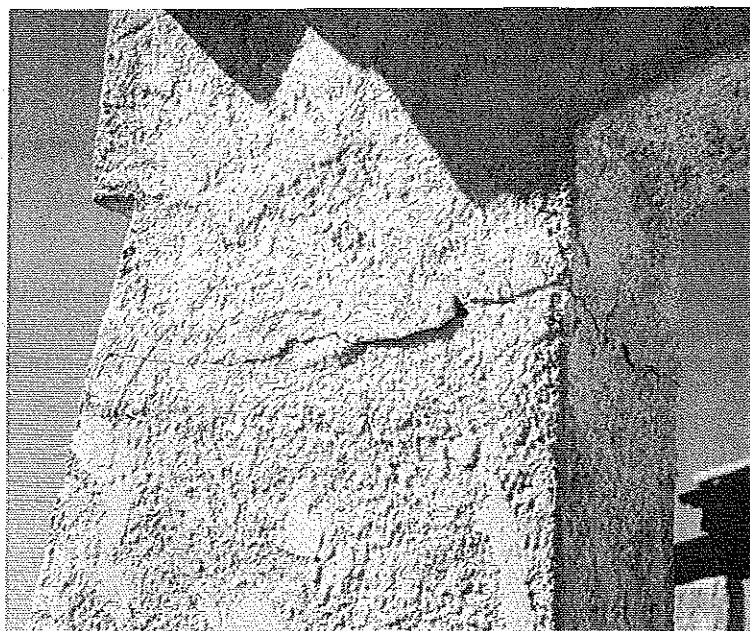


Photo 2 : Détail fissure ; décollement de l'enduit. © J. Putatti

CAUSES

La rupture de la maçonnerie est consécutive à un tassement du sol de fondation constitué d'une couche d'argile indéfinie (en épaisseur) et soumise à des alternances d'humidité et de sécheresses successives (ancienne terre de culture à vignes).

Ce désordre n'a pas eu de conséquences graves sur la charpente de couverture. D'autre part, le reste de la construction fondé sur longrines armées n'a pas subi ces effets. Les sols extérieurs fondés directement ont subi des désordres par fissuration et rupture de dallages.

RÉPARATIONS

La reprise des fissurations a permis de réparer le désordre esthétique. Ce type de désordre n'a pas de solution définitive, les périodes de sécheresse étant plus rapprochées depuis quelques années. D'autre part, la faible charge relative apportée par ce point d'appui ne nécessitait pas *a priori* une fondation profonde.

Remarque

Une conception correcte de fondation pour des constructions à un seul niveau (ou à deux au plus) dans des terrains argileux dont la couche porteuse est d'épaisseur indéfinie, consiste à adopter la fondation sur micro-pieux descendus jusqu'à une couche stable en teneur en eau.

La totalité des points d'appui étant fondée sur la même couche à la même profondeur, il n'y a pas de risque de tassement différentiel. D'autre part, la construction doit être protégée sur sa périphérie des variations d'humidité du sol résultant des précipitations d'eau sur la toiture, fuites ou déversements de toit ou de gouttières. Un dallage extérieur ceinturant la construction est généralement nécessaire.

À noter que dans le cas présenté, l'épaisseur de la couche portante argileuse est très importante.



Désordre

FONDATIONS

Fissuration d'un voile porteur par tassement différentiel

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le désordre par fissuration importante d'un voile porteur (ouverture > 25 mm) concerne une entrée d'immeuble (photo 1) située en avancée de la façade, formant sas.

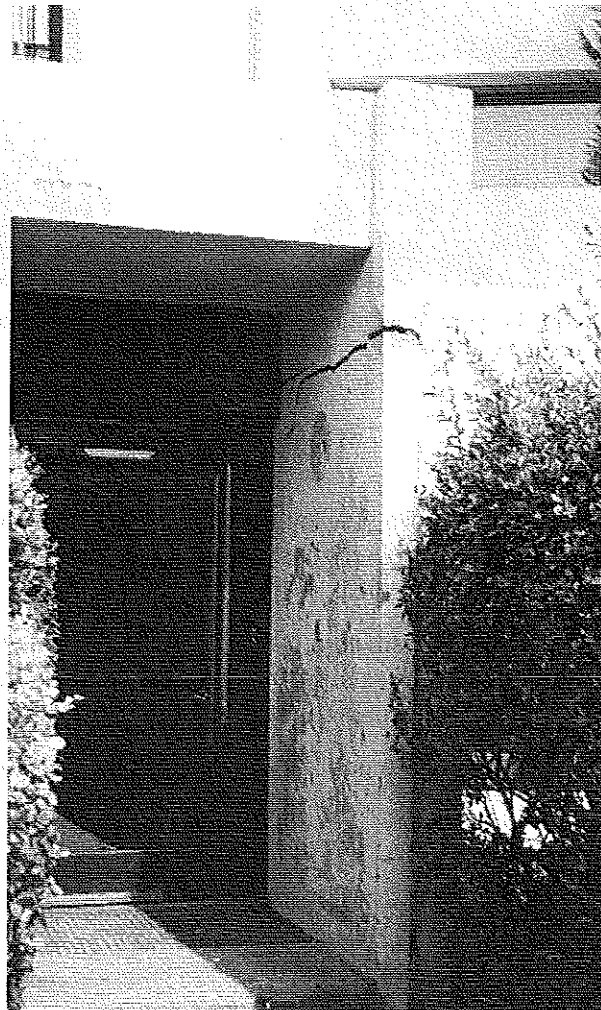


Photo 1 : Entrée de l'immeuble (en avancée de façade).
Fissure dans le mur en retour. © J. Putatti

L'examen de la fissure montre que c'est la partie inférieure du voile qui a subi un tassement important du sol. En effet, le voile affecté par la fissure est doublé par un voile extérieur séparé du premier par un joint de structure.

La partie haute du sas d'entrée n'a pas subi de déplacement. Un examen attentif du mastic de calfeutrement du joint dans le parement « façade » des deux tranches de voile montre un cisaillement (plis à 45°) dans le mastic dans la zone située au-dessous de la fissure (photo 2).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail fissure (ouverture > 25 mm). Noter la présence d'un joint de structure. © J. Putatti

CAUSES

C'est le voile côté gauche (entrée) qui a subi le tassement, le voile extérieur n'ayant pas bougé. En toute vraisemblance, la vérification n'étant possible qu'après sondages et investigations complémentaires, seul le voile extérieur (côté droit) est fondé.

Le voile fissuré séparé par le joint de structure n'a probablement pas de fondation. Le terrasse sur entrée n'ayant pas subi de désordre, il est également probable que la butée supérieure constituée par le voile côté droit a contribué à assurer sa stabilité.

En tout état de cause, la réparation ne peut être envisagée qu'après détermination exacte de la cause du désordre.



Question/Réponse

FONDATIONS

Semelles filantes en béton non armé

QUESTION

Est-il possible d'éviter les armatures transversales dans les semelles filantes superficielles ?

RÉPONSE

1^{er} cas

La hauteur de la semelle est suffisante compte tenu de l'empattement (débords) et du taux de travail du sol.

Par référence au DTU 13.11 NF P 11-211 de mars 1988, la contrainte de traction du béton calculée avec la formule

$$\sigma_b = \frac{M}{I/V} \text{ doit être : } < \frac{\sigma_j}{6}$$

Pour du gros béton :

$$\frac{\sigma_j}{6} = 2,5 \text{ bars environ}$$

avec

M = moment de flexion dû à la réaction du sol (débords de semelle) ;

$$\frac{I}{V} = \text{module résistant de la semelle} = \frac{100 H^2}{6} \text{ (cm}^3\text{) avec H (cm) ;}$$

σ_j = résistance du béton à la traction (à j jours d'âge) ;

σ_b = contrainte du béton admissible en traction.

Le dimensionnement d'une semelle en béton non armé s'effectue comme suit :

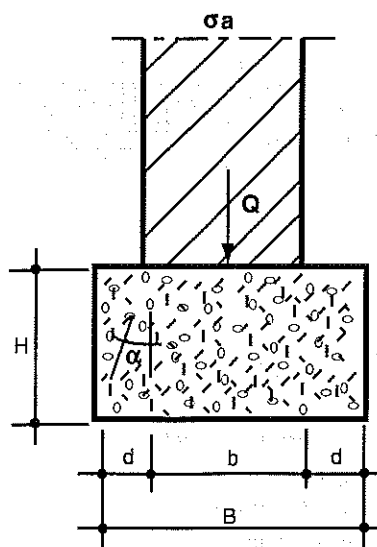
Q : charge transmise par le mur par mètre linéaire

σ_a : contrainte admissible du sol

$$B > \frac{Q}{\sigma_a} = b + 2d \text{ pour 1 ml}$$

$$H > \frac{d}{\tan \alpha} = \frac{d}{0,75} = 1,33 d$$

(arrondi à **1,5 d** avec minimum de 0,15 à 0,20 m).



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Dans ce cas, *aucune armature* n'est théoriquement nécessaire sauf dans le sens longitudinal (rôle de chaînage).

En particulier, les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

Ceci suppose néanmoins que le sol est homogène et qu'il n'existe pas de vides en profondeur (carières, etc.). Dans ce cas particulier, la semelle doit être armée comme une *poutre* pouvant admettre un tassement localisé.

Note

Lorsque des armatures longitudinales sont prévues comme chaînage, quelques armatures transversales peuvent être mises en place pour maintenir les aciers longitudinaux au niveau du lit inférieur (aciers de montage).

2° cas

Le mur transmettant les charges à la semelle de fondation comporte des *ouvertures* :

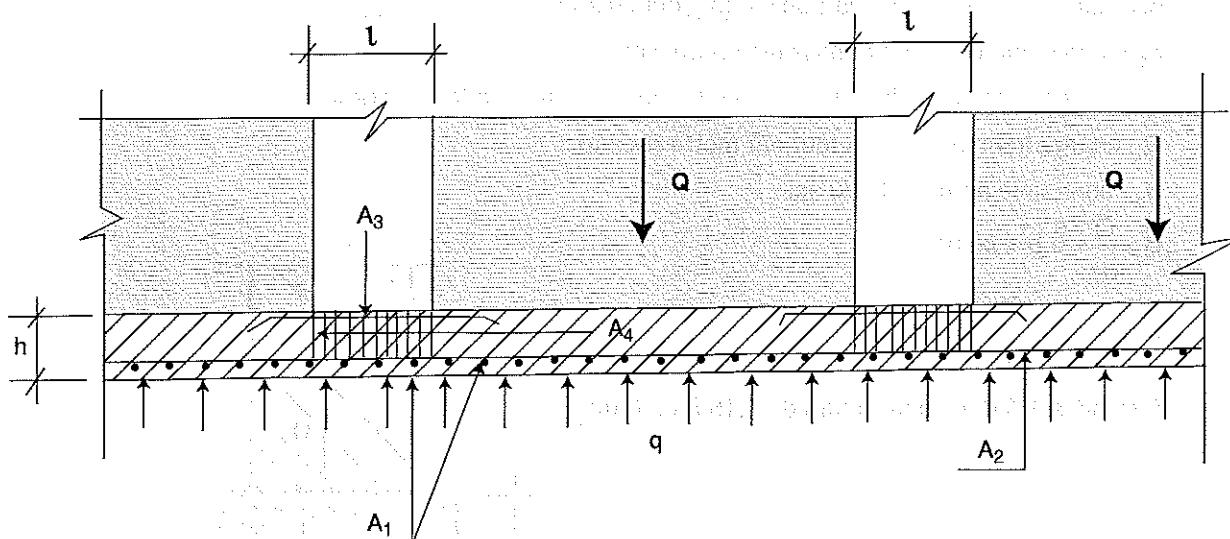
- mur de refend intérieur ;
- mur de façade avec portes.

Dans ce cas, la répartition des charges sur le sol s'effectue par continuité sur toute la longueur de la semelle y compris la zone de l'ouverture.

Celle-ci, sous l'action des réactions du sol, est sollicitée en flexion.

La semelle doit être considérée pour la section correspondant à la largeur du mur comme une poutre fléchie (avec des semi-encastres aux extrémités) et *armée* comme telle :

- armatures longitudinales supérieures (armatures principales) ;
- armatures longitudinales près des bords de l'ouverture (lit inférieur) ;
- cadres-étriers (reprise de l'effort tranchant).



- h = hauteur semelle - longrine
 q = réactions du sol (uniformes)
 Q = charges verticales
 A_1 = armatures transversales semelle
 A_2 = armatures longitudinales
 A_3 = renforts au droit des ouvertures
 A_4 = armatures transversales



FONDATIONS

Tassement d'un angle de bâtiment

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE (DÉSORDRE)

Un atelier comportant un pignon en maçonnerie de briques pleines est le siège de fissurations verticales ou inclinées sur la verticale (photos 1, 2 et 3).



Photo 1 : Ensemble pignon. Fissure verticale au droit du faîtage.
Fissures d'angles sur pignon et façade inclinées sur la verticale.
© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

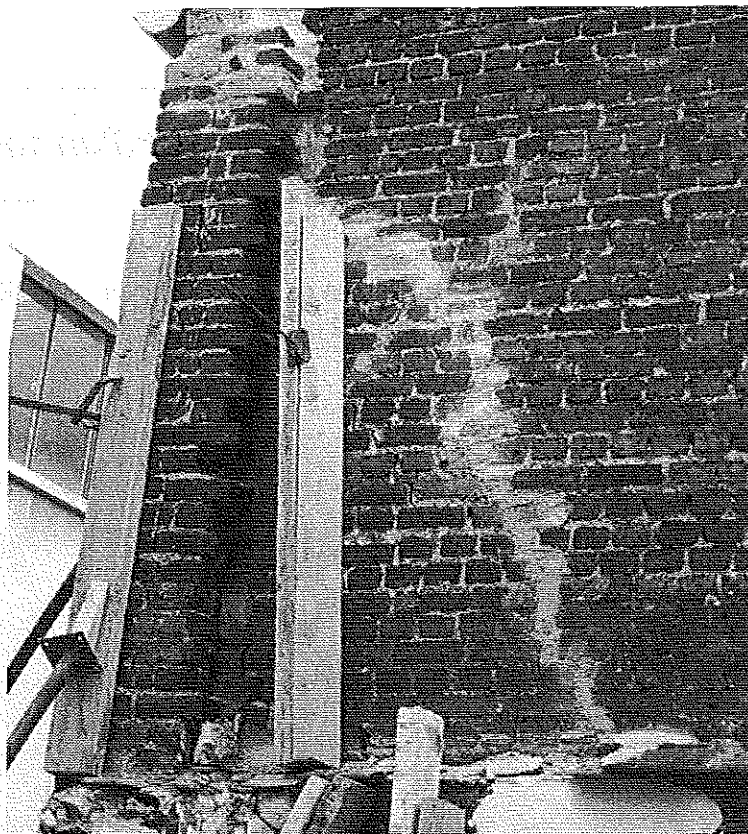


Photo 2 : Détail angle côté pignon. © J. Putatti

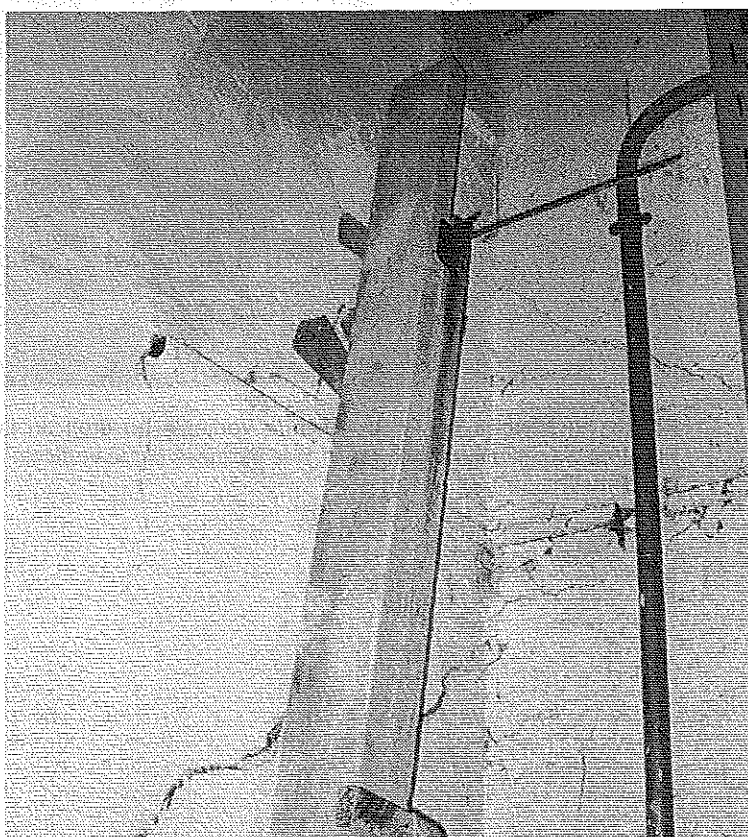


Photo 3 : Angle pignon-façade. Vue intérieure. Fissure + étaielement.
© J. Putatti

Les fissures ont été colmatées sur la face extérieure par un mortier de ciment. Des étais à caractère symbolique ont été mis en place à l'extérieur au droit de l'angle pignon-façade.

La partie basse du pignon correspond à un ancien mur mitoyen en maçonnerie grossière hourdée au plâtre (couronnement par tuiles plates sur photo 1).

La fissure d'angle du mur en briques pleines se poursuit dans cet ancien mur pour réapparaître ouverte en partie basse de ce vieux mur (photos 4 et 5).



Photo 4 : Partie basse du mur (ancien mitoyen). Présence d'une fissure ouverte ($\geq 0,01$ m). Dégagement des fondations du pignon et de l'angle façade. © J. Putatti

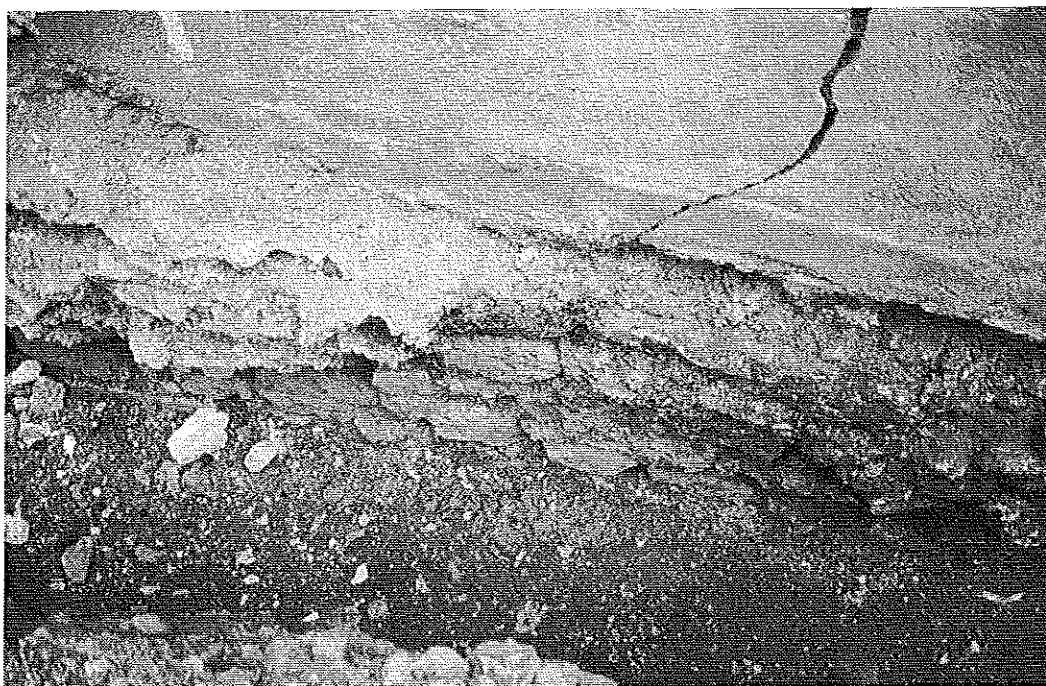


Photo 5 : Détail base du mur au droit de la fondation inexistante. © J. Putatti

CAUSES DES DÉSORDRES

La fondation du mur pignon est dégagée par une tranchée peu profonde qui laisse apparaître (photo 5) une maçonnerie très ancienne avec un blocage en béton maigre près de l'angle (photo 4).

Les terrassements décèleront un regard disposé à l'angle pignon-façade destiné à l'évacuation des eaux de surface du chemin d'accès à l'atelier. Ce regard examiné laisse apparaître un radier fissuré.

Les fissurations apparues dans le pignon ainsi que dans la façade (photo 6) sont dues à un tassement du sol, principalement localisé dans l'angle du bâtiment. Ceci correspond à la morphologie de ce type de fissure.

Par ailleurs, le tassement est dû :

- à une insuffisance de fondation ;
- et à des infiltrations résultant des fuites du regard disposé à l'angle du bâtiment.

Les désordres risquent de s'accroître (présence d'étais provisoires pour bloquer le tassement en cours), la *reprise en sous-œuvre* par parties alternées avec constitution d'une fondation descendue sur un sol plus profond de portance satisfaisante a permis de stopper le désordre.

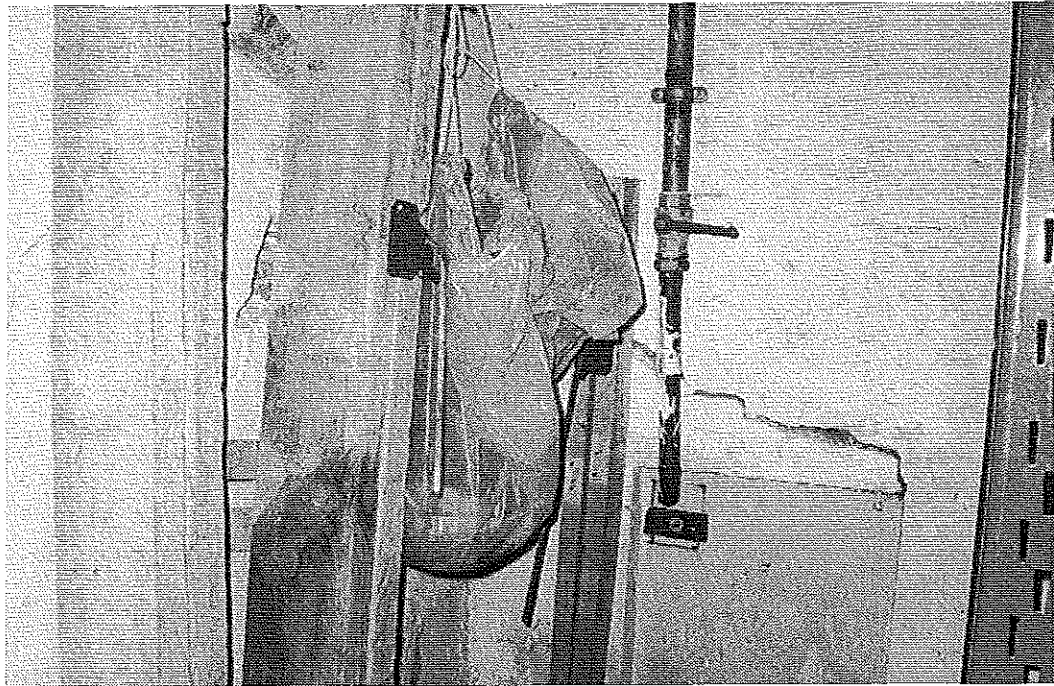


Photo 6 : Fissuration sur façade (ouverture fissure > 0,01 m). © J. Putatti



Le tableau ci-dessous résume les données relatives aux tassements observés sur les fondations de l'ouvrage.



Question/Réponse

FONDATIONS PROFONDES

Fondations par puits

QUESTION

Quelle est la définition d'un puits marocain ?

RÉPONSE - DÉFINITION COURANTE D'UN PUIT

Un puits est un ouvrage de fondation ponctuel de type semi-profond (le DTU 13.2 le classe avec les fondations profondes).

Ce type d'ouvrage était autrefois réalisé à la main, en section circulaire (diamètre minimal 1,20 m) ou en section rectangulaire ou carrée (section minimale 1 m × 1 m).

Selon la profondeur et la nature du terrain, le maintien des terres en place nécessitait généralement un blindage réalisé :

- en puits circulaires avec des planches maintenues par des cerces ;
- en puits carrés ou rectangulaires avec des planches maintenues par des cadres réalisés en bois ronds (grumes).

La mécanisation des chantiers et le développement des fondations profondes ont permis d'exécuter les puits de faible section avec des matériels adaptés (tarière de gros diamètre, etc.).

Pour des fondations massives et des puits de grande section (diamètre 3 à 5 m) et de moyenne profondeur, l'exécution peut se faire, soit à la main (puits marocain), soit mécaniquement avec des engins tels que pelle mécanique munie de bras adaptés.

La technique de réalisation comprend, selon la nature des terrains :

- une première phase sur environ 2 m de profondeur avec une mini-pelle ;
- le maintien des terres en place par un béton projeté sur les parois dégagées ;
- après durcissement du béton, seconde phase par anneau de profondeur réduite, puis projection de béton et ainsi de suite jusqu'à la profondeur exigée.

L'opération suppose que l'on ne rencontre pas d'eau au fur et à mesure que l'on descend en profondeur, sauf faibles débits que l'on peut évacuer par pompage (risques d'éboulement).

Dès la profondeur atteinte, le bétonnage s'effectue à la pompe, par levées successives avec incorporation éventuelle d'armatures.

Néanmoins, ce type de fondation reste un type semi-profond et ne peut être comparé à une fondation sur pieux ou paroi moulée de fort diamètre ou épaisseur (barrette).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE LOI C-58

Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

PROJET DE LOI C-58 - L'ACCÈS À L'INFORMATION

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



Question/Réponse

FONDATIONS PROFONDES

Pieu foré et colonne ballastée

QUESTION

Quelles sont les différences entre un pieu foré et une colonne ballastée ?

RÉPONSE

Les différences entre les deux types de fondations profondes portent :

– sur la *nature des matériaux constitutifs* :

- le pieu foré est en béton armé (ou non) ou partiellement armé (tête de pieu) ;
- la colonne ballastée est constituée de ballast, c'est-à-dire de cailloux, généralement concassés à granulométrie moyenne ;

– sur le *mode d'exécution* :

- le pieu foré est, selon la nature du terrain traversé, exécuté à la tarière, à la boue bentonitique, ou à l'aide d'un tube dans les sols soumis à une nappe phréatique. Il est ensuite rempli par un béton ;
- la colonne ballastée est réalisée au moyen d'une aiguille vibrante enfoncée dans le sol en place.

Au cours de sa remontée, l'aiguille laisse un trou qui est rempli par un matériau, type ballast, ce dernier est compacté par pénétration de l'aiguille vibrante.

La colonne ballastée permet d'améliorer les caractéristiques globales du sol en profondeur.

Le pieu transmet directement aux couches profondes de meilleure portance les charges de la structure.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION/REPOSE

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION :

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION :

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION :

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?

QUESTION : Les fondations profondes sont-elles toujours soumises à des charges de compression ?



Question/Réponse

FONDATIONS PROFONDES

Recépage des pieux

QUESTION

Quelles sont les méthodes utilisables pour le recépage des pieux de fondation ?

RÉPONSE

Les opérations de recépage des pieux sont nécessaires pour dégager les têtes de pieux, ainsi que leurs armatures afin :

- de les mettre « à niveau » si les pieux sont trop longs ;
- de les rallonger en réalisant *in situ* la partie manquante ;
- d'assurer la liaison avec les longrines ou les massifs de fondation.

Ces opérations nécessitent la démolition du béton et le dégagement des armatures :

- pour les pieux préfabriqués trop longs (battus « à refus ») ;
- pour les pieux forés exécutés à la boue (partie supérieure polluée par la boue de forage) afin de dégager les armatures en attente.

Le matériel et les méthodes employés pour cette opération doivent être déterminés en fonction de différents facteurs.

Utilisation de brise-béton manuel

Utilisation courante, ne nécessitant pas un matériel hautement spécialisé, intéressante pour dégager les armatures et les bétons pollués par les boues de forage (faible compacité), mais rendement faible et inconvénients pour le personnel (vibrations, bruits, poussières, etc.).

Utilisation de « pile cracker » ou couronne munie de vérins éclateurs

La couronne est descendue autour de la tête du pieu à la hauteur du recépage considéré. La pression exercée par les vérins vient faire éclater le béton.

L'efficacité de ce matériel est très intéressante à condition de se conformer aux recommandations du fabricant. Ce matériel présente un risque de sinistre important lors du dégagement de l'outil dans l'enchevêtrement des aciers et éléments de béton disloqués. Le pieu risque d'être endommagé et de se casser (souvent à la limite de la zone armée et de la zone non armée).

Utilisation de l'hydrodémolition par jet fluide

Le béton est attaqué par un jet d'eau à très haute pression (jusqu'à 2 000 bars).

Les avantages sont certains :

- pas de vibration ;
- récupération des armatures parfaitement « nettoyées ».

Rendement : 1 m³ de béton démolit exige 15 m³ d'eau sous pression.

Cette méthode est récente et tend à se développer.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

IDENTIFICATION DU PROJET

Le projet est financé par :

Le projet est dirigé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :

Le projet est financé par :



FONDATIONS PROFONDES

Types - Pathologie sommaire

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

DTU 13.2 (septembre 1992)

Consulter également le DTU 11.1 - Sondage des sols de fondation (12/68).

CLASSIFICATION-TYPE (SELON DTU)

1. Pieux façonnés à l'avance

- Battu préfabriqué (béton armé).
- Métal battu.
- Tubulaire précontraint.
- Battu enrobé.
- Battu ou vibro-foncé injecté - haute pression.

COMMENTAIRES

Pieux utilisés en génie civil, en zones vierges ou industrielles, à cause des nuisances.

2. Pieux à tube battu exécutés en place

Même remarque » que pour les pieux façonnés à l'avance

- Battu pilonné.
- Battu moulé.

3. Pieux forés

Type le plus utilisé, notamment en zone urbaine.

- Foré simple.
- Foré tubé.
- Foré à la boue (bentonite).
- Tarière creuse.
- Vissé moulé.
- Injecté à haute pression.

4. Puits

Type de moins en moins utilisé (sauf travaux spéciaux : reprises en sous-cœuvre).

Ce type correspond à une exécution manuelle et exige un $\varnothing \geq 1,20$ m.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

5. Pieux foncés

Utilisation pour travaux de reprise en sous-œuvre ; renforcements.

- Béton foncé.
- Métal foncé.

6. Micropieux

Technique spéciale pour renforcement, reprises, etc.

- Type I.
- Type II.
- Type III.
- Type IV.

7. Colonnes ballastées

8. Picots

Types de fondation profonde rattachée au DTU dans l'attente d'un DTU sur les « procédés de consolidation des sols ».

- Utilisation comme petits pieux.
- Utilisation de consolidation localisée d'un sol.

PATHOLOGIE DES FONDATIONS PROFONDES

Causes de sinistres

- Absence ou insuffisance de reconnaissance du sol de fondation (reconnaissance incomplète ou inadaptée).
- Mauvaise interprétation des résultats de sondages ou essais préalables. Méconnaissance des lois de la mécanique des sols.
- Mauvaise estimation, erreurs de calcul des charges ou sollicitations à transmettre au sol.
- Estimation optimiste (économie abusive) de la force portante.
- Non-prise en compte :
 - du frottement négatif (remblais traversés) ;
 - des poussées obliques.
- Mauvais choix du type de pieu (raison économique).
- Défauts d'exécution :
 - exécution non conforme (diamètre-longueur) ;
 - pieux battus déviés ou cassés ;
 - faux-refus (pieux battus) ;
 - absence d'armatures (économie) ;
 - ordre de battage ;
 - garde de béton insuffisante ;
 - tenue des parois (pieux forés) ;
 - mauvaise qualité de la boue ;
 - nettoyage du fond de forage ;
 - béton de mauvaise qualité ;
 - durée du bétonnage ;
 - absence de contrôles.



Question/Réponse

FONDATIONS PROFONDES ET SEMI-DÉFINITIVE

Reprises en sous-œuvre

QUESTION

Pour la réalisation des infrastructures profondes (plusieurs niveaux de sous-sols) au voisinage d'ouvrages existants (site urbain), quelles sont les méthodes d'exécution des parois périphériques en béton armé ?

RÉPONSE

La méthode classique par reprise en sous-œuvre des mitoyens ou murs limites existants n'est plus pratiquée actuellement sauf dans quelques cas particuliers.

1^{er} cas

Constructions voisines de type disparate :

- constructions fondées superficiellement sous un niveau de cave (bâtiment sur rue) ;
- constructions légères fondées superficiellement (murs de clôture).

La présence dans la construction envisagée de plusieurs niveaux de sous-sols nécessite des tranchées blindées profondes, coûteuses et longues à exécuter, avec renforcement des fondations des existants pour tenir compte de la fondation future.

Les éléments porteurs des existants tels que les refends situés près des mitoyens ne peuvent être repris par cette technique.

2^e cas

Constructions voisines comprenant un sous-sol (niveau cave) avec fondations sur puits maçonnés et arcs de décharge.

La reprise de ce type de fondation n'est pas possible en tranchées blindées avec reprise des maçonneries.

SOLUTIONS POSSIBLES

1. Paroi moulée

Coulée contre le mur limite existant et descendue au bon sol (directement ou par l'intermédiaire de pieux et longrines).

Cette solution est surtout utilisée pour les constructions importantes (immeubles hauts et à infrastructures profondes).

Pour les petites opérations, elle présente l'inconvénient d'une *perte de place* en sous-sol, du fait de l'épaisseur non négligeable des parois moulées.

La paroi une fois exécutée devra, lors des phases de terrassements, être bétonnée à titre provisoire ou ancrée provisoirement dans les terrains voisins.

Cette disposition peut présenter certaines contraintes en site urbain.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

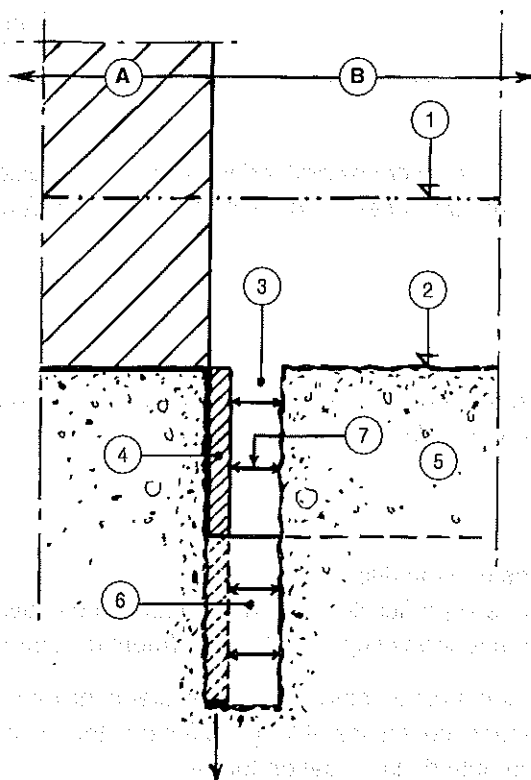
UV

WX

YZ

2. Paroi exécutée en tranchée blindée

Phases descendantes et alternées.



A Bâtiment existant

B Bâtiment à construire

① Niveau 0 R-d-C

② Niveau fond de fouille

③ Tranchée blindée

④ Mur coulé en tranchée blindée (1^{re} phase)

⑥ Terrain en place (1^{re} phase)

⑦ Tranchée descendue et blindée (2^e phase) avec reprise en sous-œuvre (par phases alternées) du mur coulé en 1^{re} phase ④

⑤ Étais (blindage)

La difficulté de cette méthode réside dans l'étalement du fait du déplacement des éléments de butonnage et des sujétions d'exécution résultant de la présence des étais.

Les phases suivantes correspondant à la descente des murs périphériques en fond de fouille comportent des risques de mouvement des constructions existantes par décompression des massifs.

Les opérations de bétonnage par phases doivent faire l'objet d'études préalables et d'un suivi contrôlé particulier.



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Compactage dynamique

QUESTION

Qu'appelle-t-on « compactage dynamique » ?

RÉPONSE

Par définition, le compactage d'un sol consiste à augmenter sa compacité, c'est-à-dire à diminuer le pourcentage des vides.

En fait, il s'agit de « consolider » le sol, c'est-à-dire obtenir une compacité en rapport avec sa capacité portante.

Cette amélioration du sol peut se faire par deux méthodes distinctes selon la nature du sol :

- les sols pulvérulents de type sableux ne peuvent être améliorés que par vibration ;
- les sols cohérents de type argileux ne peuvent être améliorés que par compression statique (méthode classique utilisée depuis longtemps avec les rouleaux lourds ou à dents (« pieds de mouton ») pour les remblais importants.

L'action dynamique par vibration est couramment utilisée avec les petits engins tels que les compacteurs manuels à air comprimé, pour des faibles épaisseurs à compacter et des petites surfaces.

Le compactage dynamique dû à l'ingénieur Ménard correspond à la chute d'un pilon dont le poids est de l'ordre de 8 à 15 t pour les travaux courants, de forme hémisphérique ou cubique (coque en acier remplie de béton ou de sable) (photo 1), hauteur de chute 8 à 15 m.

Pour des travaux d'infrastructure très importants (photo 2), les caractéristiques sont beaucoup plus élevées :

- masse du pilon : plusieurs dizaines de tonnes ;
- hauteur de chute : 3 à 20 m et plus ;
- énergie : 400 t/m par coup ou chute en moyenne.



Photo 1 : Compactage dynamique, extension du port de Monaco. Engin de compactage. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

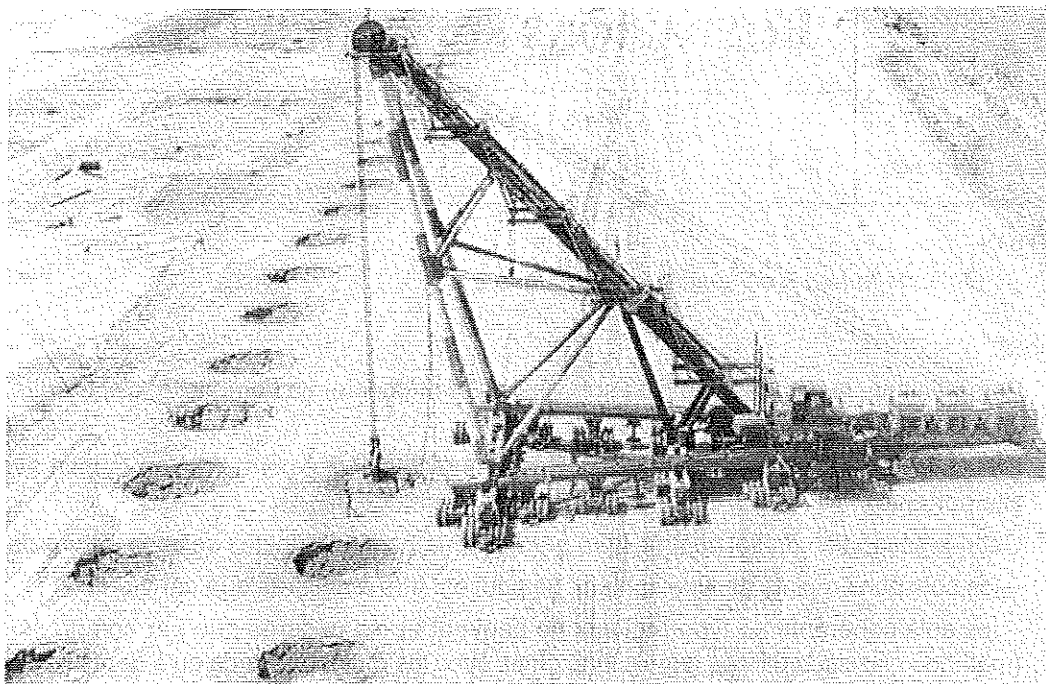


Photo 2 : Compactage dynamique pour travaux publics. Agrandissement aéroport de Nice, Côte d'Azur. Masse tombante : 170 t. Hauteur de chute : 20 à 25 m. D'après Doc. Ménard.

Les résultats à obtenir sont variables pour les fondations superficielles sur remblai récent :

- taux de travail : 2 à 4 bars ;
- épaisseur des remblais : 5 à 10 m.

Le tassement du remblai et sa densification croît pratiquement avec le logarithme du nombre d'impacts par unité de surface.

La distribution des impacts doit être adaptée aux cas prévus afin d'éviter les hétérogénéités de caractéristiques.

Le contrôle de ces derniers est réalisé par des essais pressiométriques.

Si l'épaisseur du remblai est importante, l'action des impacts doit être discontinue avec une quinzaine de coups par points et une interdistance entre points ≥ 3 m.

Sinon on risque de compacter seulement la couche supérieure du remblai et de constituer un écran pour toute action en profondeur.

L'efficacité du pilonnage est liée à la nature du matériau à compacter et à sa teneur en eau.

L'énergie requise pour un résultat donné croît avec le pourcentage de fines (rapport de 1 à 3 entre tout-venant de carrière à une argile limoneuse).

Pour les matériaux fins et relativement imperméables, la teneur en eau joue un rôle fondamental sur le rendement qui est excellent pour un terrain relativement sec et faible pour un terrain saturé. La pratique de cette technique est limitée à la construction d'aires de construction de grandes surfaces (pistes d'envol, aires industrielles). La chute de lourdes charges crée des vibrations et des nuisances aux constructions voisines.

Pour les terrains argileux et même vaseux, la technique du pilonnage ou compactage dynamique est applicable en chargeant préalablement le terrain avec une surcharge provisoire. La combinaison d'efforts de compactage dynamiques et statiques augmente d'une façon importante le rendement de l'une ou l'autre méthode.

Une variante adaptée à certains types de terrains consiste à concentrer les impacts à l'emplacement des futures fondations et à remblayer avec des matériaux choisis (sable, tout-venant de carrière), avant de procéder à un nouveau pilonnage au même emplacement.

Cette solution est intéressante pour des fondations avec charges concentrées importantes (taux de travail ≤ 5 bars).

À noter

Le développement de cette technique sort du domaine et du cadre de la présente fiche.

Le compactage dynamique est une technique de consolidation des sols qui consiste à appliquer des charges verticales répétitives et de grande intensité sur une surface donnée, à l'aide d'un matériel spécialisé (rouleau à tambour, vibreur, etc.). Cette technique permet d'augmenter la densité et la résistance du sol, réduisant ainsi les risques de tassement et d'instabilité. Elle est particulièrement efficace pour les sols granulaires et les remblais.

Le compactage dynamique est une technique de consolidation des sols qui consiste à appliquer des charges verticales répétitives et de grande intensité sur une surface donnée, à l'aide d'un matériel spécialisé (rouleau à tambour, vibreur, etc.). Cette technique permet d'augmenter la densité et la résistance du sol, réduisant ainsi les risques de tassement et d'instabilité. Elle est particulièrement efficace pour les sols granulaires et les remblais.



Synthèse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Dispositions générales (conception)

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

DTU 13.1 - DTU 14.1

OPÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

- Procéder à une reconnaissance du sol de fondation dans la zone de construction.
- Déterminer la nature du sol de fondation ainsi que les paramètres suivants :
 - nature des couches portantes et leur capacité portante ;
 - inclinaison (pentes) ;
 - présence d'eau (nappe phréatique) ;
 - présence de bancs rocheux ou de blocs ;
 - présence d'anciennes fondations ou d'ouvrages, etc.
 - présence d'anciennes carrières remblayées ;
 - type de zone (sismique, inondable, par exemple).
- Conditions fixées par l'administration (plan d'occupation des sols).
- Utiliser les éléments de constructions voisines (chantiers en cours, comportement des constructions voisines...).

Se méfier de l'utilisation d'anciens terrains de culture (céréales, vignes) pour sol « à construire » (lotissements en création) ou existence d'anciennes décharges.

Note

Ces éléments qui normalement devraient être donnés par l'administration (communes, DDE) lors du POS ne sont pas connus des acheteurs de terrains « à construire ».

QUELQUES RÈGLES

1. Constructions sur terrain en pente

La stabilité d'une construction sur un terrain en pente doit tenir compte :

- du pendage des couches (et notamment de la couche portante) ;
- de la nature des couches.

On peut établir une construction par fondation en redans jusqu'à une pente de $2/3 = \text{tg } \alpha$ à condition :

- que le terrain soit homogène pour toutes les semelles décalées, sinon il faut fonder au niveau le plus bas ;
- que l'on tienne compte du glissement possible de la construction et du terrain « porteur » (prisme de glissement).
- que l'on tienne compte de la poussée des terres à l'amont.

Si ces conditions ne peuvent être satisfaites on doit recourir à une étude particulière et éventuellement à d'autres solutions que les fondations superficielles.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

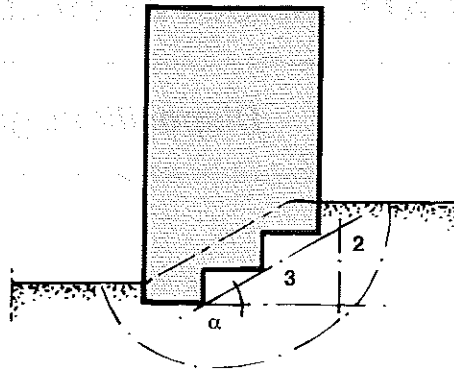
QR

ST

UV

WX

YZ



2. Constructions à proximité d'autres ouvrages

- Tenir compte du mode de fondation de ces ouvrages (superficiel ou profond).
- Tenir compte du niveau des fondations voisines et de celui de la construction projetée.
- Tenir compte de la stabilité d'une fouille ouverte à proximité d'ouvrages existants ainsi que de la présence éventuelle d'une nappe phréatique profonde.

3. Terrains hétérogènes en nature et en épaisseur

- Prévoir une étude des tassements différentiels.
- Recouper la construction par des joints de tassements.
- Envisager en variante une fondation profonde ou semi-profonde.
- Dans les terrains argileux ayant subi les effets de sécheresse (catastrophe naturelle), préférer une solution initiale par micropieux.

4. Autres facteurs

- Tenir compte de la *végétation* (arbres) surtout en terrain argileux pour implanter les constructions. Supprimer les arbres dont la croissance pourra faire modifier la teneur en eau du sol et entraîner des tassements différentiels.
- Se renseigner sur les niveaux maximaux des nappes phréatiques. Prévoir éventuellement un couvelage étanche pour les parties enterrées.
- Tenir compte, même en nappe phréatique, des zones inondables et des *sols liquéfiables*.
- Prévoir une profondeur minimale pour mise « hors gel », notamment dans les terrains à nappe phréatique placée près du niveau du sol et dans les zones climatiques froides (climat de montagne).

5. Ouvrages spéciaux

- *Immergés dans une nappe phréatique*, ces ouvrages soumis à la pression hydrostatique (radiers, parois verticales extérieures) sont réalisés exclusivement en béton armé et doivent faire l'objet de règles de calcul et de conception codifiées.

L'étanchéité des parois est réalisable par deux méthodes distinctes :

- membrane ou revêtement d'étanchéité continu disposé sur la face extérieure des ouvrages (technique étanchéité) reprenant les pressions et sous-pressions hydrostatiques de la nappe ;
- revêtement d'imperméabilisation intérieur disposé sur la face intérieure (radier, parois verticales, retour des planchers intermédiaires).

Cette méthode présente une moindre fiabilité par rapport à la précédente.

• *Dallages superficiels*, considérés comme des fondations superficielles. Utilisations :

- fondation (économique) de maisons individuelles ;
- fondation d'ouvrages lourds : dallages industriels pour stockage et circulation d'engins lourds (règles professionnelles).

Le 15 mars 2011, le Comité d'éthique a reçu la demande de la Commission de l'accès à l'information (CAI) de divulguer les documents en question. Le Comité a examiné la demande et a conclu que la divulgation des documents en question est d'intérêt public.

Le 15 mars 2011, le Comité d'éthique a reçu la demande de la Commission de l'accès à l'information (CAI) de divulguer les documents en question. Le Comité a examiné la demande et a conclu que la divulgation des documents en question est d'intérêt public.



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Drainage

QUESTION

Comment réaliser des drains au pied des fondations d'immeubles constituant un ensemble groupé ?

Données particulières

- Fondations situées à une profondeur de 3,50 m.
- Parois de fouille inclinées à 60° sur l'horizontale.
- Pente longitudinale du terrain (4 % environ).
- Nature du terrain : marne argileuse avec circulation d'une nappe phréatique correspondant à un débit d'eau appréciable. Au-dessous de la couche marneuse se trouve une couche de sable permettant, par creusement d'un puits, d'évacuer les eaux drainées.

RÉPONSE (ÉLÉMENTS DE RÉPONSE)

- La présence d'un « débit d'eau » nécessite effectivement d'organiser un drainage collectant les eaux et les évacuant vers un puisard.
- Le choix du type de drain est important : éviter les drains en terre cuite poreuse qui se colmatent plus ou moins rapidement.

Prendre des drains dont la partie inférieure est étanche et la partie supérieure perforée. La section étanche du drain doit pouvoir évacuer le débit.

- Le drain doit être posé sur un lit de sable pour faciliter la pénétration de l'eau.
- Un film polyéthylène est à prévoir sur le talus de la fouille pour limiter l'action du drain.
- La fouille est ensuite remplie avec du gravier sur environ 0,50 m d'épaisseur et le film plastique est rabattu sur le gravier et remonté le long du bâtiment jusqu'à affleurement. Le reste de la fouille est ensuite rempli avec de la terre.

Le DTU 20.1 donne des indications plus précises en fonction de la nature des terrains et de la position du drain par rapport au bâtiment (cf. Annexe des Règles de calcul et dispositions constructives minimales).

Remarques

La mise en place d'un drain contre les fondations et les parties enterrées d'un bâtiment se heurte à des difficultés pratiques lorsque le bâtiment est situé en limite de propriété.

En effet, l'efficacité du système de drainage dépend de la conception et de l'exécution correcte de cet ouvrage.

Or, ce dernier est implanté sur le fond voisin, ce qui nécessite l'autorisation de ce dernier et l'accès.

D'autre part, les regards de collecte et d'évacuation des eaux drainées ne peuvent être implantées sur ce fond (sujétion d'entretien).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Par ailleurs, en cas de construction en limite sur le fond voisin, les installations de drainage, pour autant qu'elles aient pu être faites, seront supprimées.

L'apparition de désordres entre les 2 constructions contiguës est possible si l'eau de la nappe phréatique remonte dans le joint séparatif des 2 constructions.



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Essais à la plaque

QUESTION

Quels sont les différents types d'essais à la plaque ? (Définition, utilisation).

RÉPONSE

Il existe trois types d'essais à la plaque utilisés pour la réalisation des fondations superficielles.

1. Essai de Westergaard

Cet essai est destiné à définir le module conventionnel dit « module de Westergaard » désigné par la relation :

$$K_{(Pa/m)} = \frac{70\,000 \text{ (Pa)}}{S_{(m)}}$$

C'est le rapport d'une contrainte moyenne de 70 KPa exercée sur le sol par une plaque rigide circulaire de 0,75 à 1 m de diamètre à la déflexion « S » correspondante mesurée au droit de trois comparateurs uniformément répartis autour de la plaque.

Ce module est utilisé pour vérifier la qualité du sol d'assise des dallages.

2. Essai LCPC¹⁾ ou essai de déformabilité

Cet essai permet de déterminer un module de déformation défini conventionnellement par la relation :

$$E_v = 0.7 \frac{qB}{S}$$

Avec :

$B_{(m)}$ = diamètre de la plaque rigide utilisée

$q_{(Pa)}$ = pression moyenne appliquée sur le sol sous la surface de la plaque

$S_{(m)}$ = déflexion moyenne de la plaque sous la pression q

Cet essai est utilisé pour le contrôle des compactages de remblais (chaussées).

3. Essai de chargement

Cet essai consiste à mesurer les déflexions (ou affaissements) « S » correspondant à une succession de pressions « q » appliquées au sol par la plaque suivant un programme déterminé, pour chaque chantier.

L'essai est poursuivi soit jusqu'au poinçonnement, soit jusqu'à la limite du dispositif de réaction.

1) LCPC : Laboratoire central des Ponts et Chaussées.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Il permet de déterminer les paramètres suivants :

m = coefficient angulaire de la droite traduisant, pour chaque pression, l'évolution de la déflexion en fonction du logarithme du temps.

q_f = pression critique appelée parfois pression de fluage ; correspond au premier point de changement de pente de la courbe traduisant l'évolution de « m » en fonction des pressions « q ».

E_c = module de déformation calculé pour $q < q_f$ par la relation :

$$E_c = 0,70 \cdot q \cdot \frac{B}{S}$$

Ce module est utilisé pour vérifier la portance de l'assise des fondations.

Ces essais sont interprétés en fonction de la théorie de Boussinesq :

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{qB}{E_v} (1 - \gamma^2)$$

Avec :

S = tassement mesuré

q = pression d'essai de la plaque de diamètre B

E_v = module de déformation

γ = coefficient de Poisson.



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Graves-ciment

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTION

Quelles sont la définition, la composition, l'utilisation, la préparation et la mise en œuvre des graves-ciment ?

RÉPONSE

1. Définition

Mélange de granulats naturels roulés ou concassés provenant de roches, ou de granulats concassés artificiels provenant de scories ou laitiers de hauts fourneaux.

La granulométrie est continue (sable, gravois, cailloux) ou discontinue.

2. Composition

Le dosage en ciment est faible : minimum 3 % en poids à 6 %, selon la nature du revêtement qui sera appliqué sur la couche stabilisée.

Les classes de ciment correspondent aux classes habituellement utilisées en construction. Le pourcentage courant varie entre 3,5 et 4,5 % en poids.

3. Utilisation

Les graves-ciment sont utilisés dans les cas suivants :

- couche de base de chaussée ;
- fondation (forme) en béton de ciment.

4. Préparation

Le malaxage doit permettre d'obtenir un mélange homogène des constituants (granulats, ciment et eau).

Le dosage en ciment doit être régulier ainsi que celui de l'eau.

5. Mise en œuvre

Le délai de mise en œuvre est de l'ordre de 2 heures entre le malaxage et la fin du compactage et du réglage avec des ciments courants et sans adjuvants.

Le répandage doit être effectué en une seule couche ne dépassant pas 0,25 m d'épaisseur compactée.



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Influence du voisinage d'arbres sur les fondations – Désordres dus à la végétation

QUESTION

Quelle est l'influence des racines d'arbres sur les fondations ?

RÉPONSE

Facteurs de désordres

- Les sols argileux et limoneux sont soumis à des phénomènes de gonflement et de retrait suite aux variations de leur teneur en eau.

Ces sols soumis à une lente dessiccation, se contractent, se tassent et en présence d'eau, ils gonflent.

Les variations saisonnières d'humidité peuvent provoquer des retraits et gonflements alternés.

On peut considérer que la couche susceptible de ces variations saisonnières qui induisent des mouvements préjudiciables à toute construction, correspond à des fondations établies de 1 à 1,50 m de profondeur.

En années exceptionnelles (sécheresse) l'influence atteint des profondeurs plus importantes.

- Certaines espèces d'arbres (peupliers) sont particulièrement dangereuses, car elles développent des systèmes racinaires superficiels.

À proximité de ces arbres, lors de périodes de sécheresse, la teneur en eau du sol peut diminuer jusqu'à une profondeur $\geq 4,00$ m et entraîner des tassements importants des bâtiments.

D'autre part, ce type d'arbre présente un développement rapide en hauteur.

La règle courante consistant à planter les arbres à une distance des bâtiments égale à leur hauteur adulte n'est pas souvent suivie, compte tenu que ces arbres peuvent dépasser 25 à 30 m, et que leur élagage n'est souvent fait que tardivement.

On évitera donc :

- de conserver des arbres de cette espèce particulièrement vivace, trop près des constructions ;
- de replanter des jeunes arbres de même famille trop près des bâtiments sans tenir compte de leur situation à l'âge adulte.

On choisira des espèces dont le développement ne sera pas préjudiciable aux constructions.

Illustration d'un cas concret ¹⁾

Dans un terrain d'une copropriété A, un peuplier d'Italie a été implanté à l'origine à moins des 2,00 m réglementaires imposés par le Code civil.

Le système racinaire superficiel de l'arbre, dont le développement a dépassé 30 m de hauteur, a rencontré à faible profondeur la maçonnerie d'un mur de clôture ancien et a traversé celle-ci en passant sous un trottoir (copropriété B) pour aller s'alimenter en eau dans un caniveau fuyard d'une rampe d'accès à un parking.

¹⁾ Cas d'expertise entre deux copropriétés voisines.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

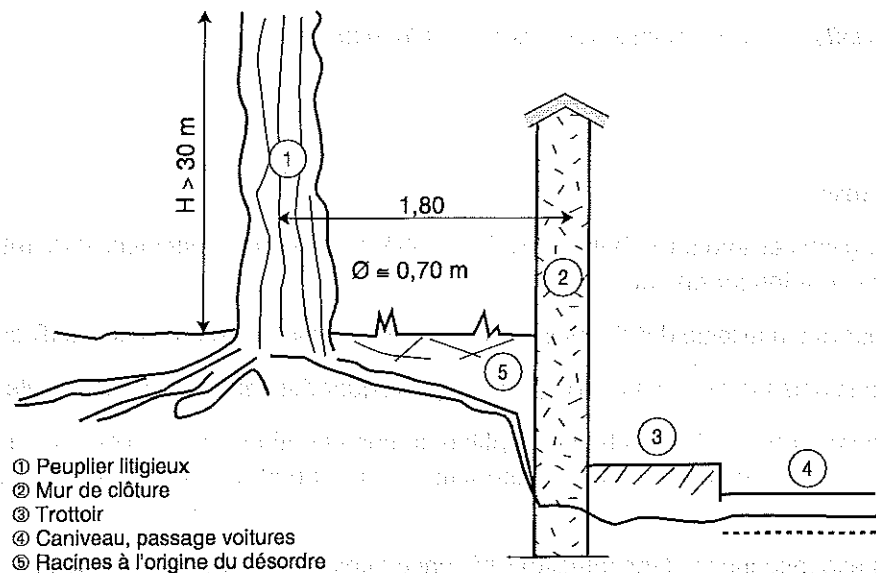
UV

WX

YZ

La copropriété B a demandé réparation des désordres causés par l'arbre litigieux appartenant à la copropriété A :

- en faisant abattre l'arbre ;
- en demandant la réparation du mur mitoyen fissuré, ainsi que celle du trottoir fissuré et affaissé (sur plus de 5 cm), ainsi que le dallage de la rampe, et la réfection du caniveau de celle-ci.



Coupe du système racinaire d'un peuplier à l'origine des désordres



Synthèse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Maisons individuelles

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

1. Adapter le type de fondation au sol d'assise

- Fondations sur *semelles filantes* (cas quasi général). Document de base : DTU 13.11 fondations superficielles.
- Fondations sur *radier général* ou dallage sur terre-plein. Ce dernier cas fait l'objet de règles professionnelles.
- Fondations sur *puits, pieux, micropieux*. Le recours à ce mode de fondation est nécessaire lorsque le bon sol est situé en profondeur.

Il devrait être généralisé dans les terrains argileux pour éviter les conséquences des phénomènes « sécheresse ».

2. Calculer la charge de la maison

Consulter la norme P 06-004 qui donne les valeurs des charges permanentes (matériaux constitutifs), murs, planchers, couvertures, etc.

3. Prévoir les charges d'habitation

Consulter la norme P 06-001.

Tenir compte des modifications possibles (surélévations, aménagement d'un comble par exemple).

4. Apprécier le taux de travail du sol de fondation

Le taux des devis estimatifs est souvent fixé forfaitairement à 1 ou 2 bar (daN/cm²) mais en fait le taux admissible dépend de la nature du sol et de ses caractéristiques physiques et mécaniques, et notamment de la compressibilité :

- le sol de fondation n'est pas celui rencontré en fond de tranchée, des couches plus compressibles peuvent se situer au-dessous ;
- le sol est rarement homogène sur toute la profondeur.

5. Bien reconnaître le site et le sol

La reconnaissance du sol est toujours nécessaire. Elle peut résulter :

- d'une enquête et examen superficiel du terrain et étude du site :
 - étude de la carte géologique,
 - examen du relief, cours d'eau ou plans d'eau à proximité,
 - étude de la végétation,
 - étude des constructions voisines (renseignements) ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- de sondages :
 - forage à la tarière,
 - puits (minimum 2) à proximité et à l'extérieur des fondations (en diagonale de la construction),
 - essais de pénétration (pénétromètre).

6. Déterminer correctement la profondeur des fondations

La profondeur des fondations est fixée en fonction :

- du niveau du « bon sol » ;
- de la protection contre le gel ;
- de la protection contre le retrait et le gonflement de certains sols argileux.

7. Déterminer correctement la largeur des fondations

Pour des charges réparties (murs), un calcul élémentaire permet de trouver la surface minimale correspondant à la relation

$$S = \frac{Q}{R}$$

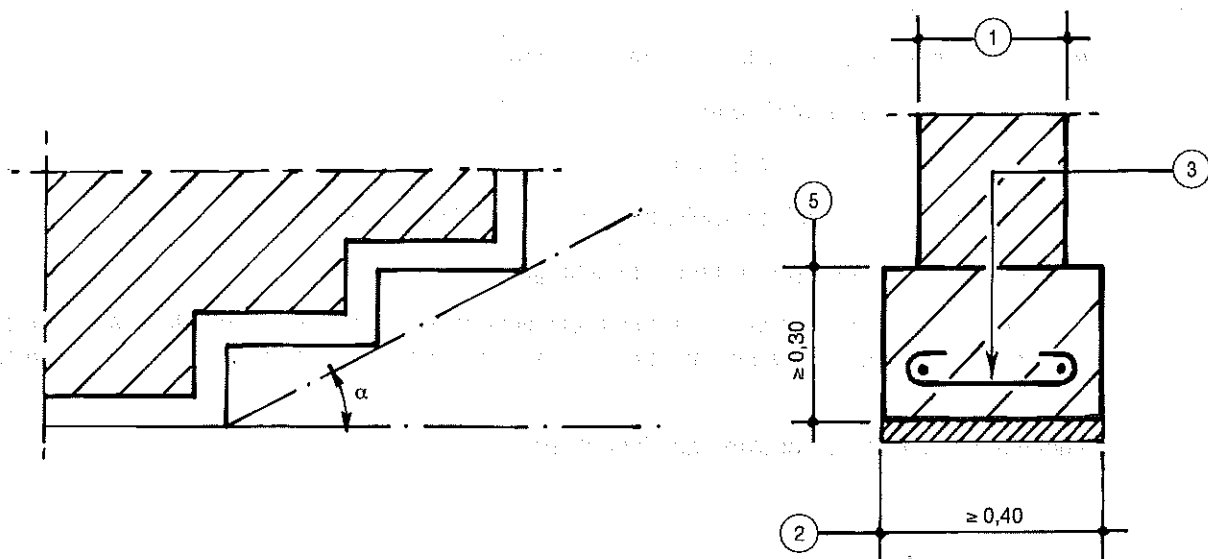
S = surface en cm²

Q = charge en kg (daN)

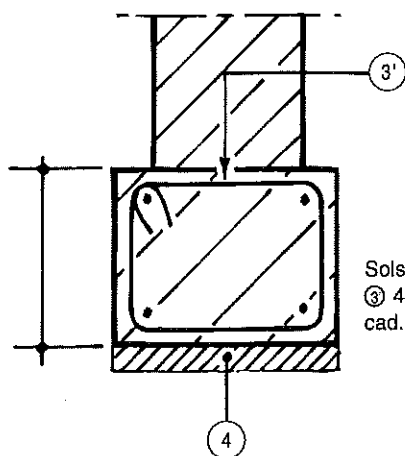
R = résistance du sol (daN/cm²)

8. Bien adapter la structure des fondations à la nature du sol

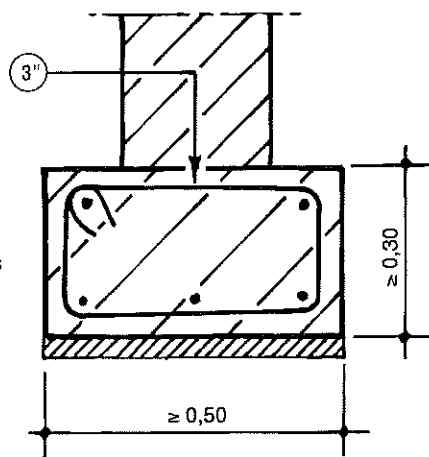
- Dans des sols superficiels hétérogènes ou dans le cas de fondations à des niveaux différents (sous-sols partiels), raidir les fondations par des murs porteurs (voiles béton) pour les parties enterrées ou semi-enterrées, ou établir des longrines en béton armé susceptibles de supporter des tassements localisés.
- Sur les terrains en pente, prévoir des fondations en escalier en respectant la valeur de l'angle α en fonction de la nature du terrain. Par précaution, prendre $\text{tg} \alpha = 0,5$.
- Armer les semelles filantes :
 - minimum 2 Ø 10 avec des épingles en sol compact et homogène ;
 - ou 4 Ø 12 minimum avec cadres de montage en sols peu homogènes ;
 - avec 5 Ø 12 dans le cas de sol de moindre portance et de semelles plus larges.
- Épaisseur minimale : 0,30 m, à adapter à la valeur des débords latéraux.
- Largeur minimale : 0,40 m, mais à déterminer en fonction des charges à transmettre au sol et à la capacité portante de ce dernier.
- Les armatures doivent être continues (recouvrements 30 à 40° pour les armatures filantes) et retournées dans les angles (décrochements en plan ou en niveau, terrains en pente).



- ① Épaisseur mur
- ② Longueur semelle
- ③ Armature mini 2 Ø 10 filants, épingles Ø 6-2 pm
- ④ Béton de propreté
- ⑤ Épaisseur semelle mini
- ⑥ Sol compact et homogène



Sols peu homogènes
③ 4 Ø 12 mini
cad. Ø 6,4 pm



Sol de moindre portance
③ 5 Ø 12 mini
cad. Ø 6,4 pm

9. Mise en œuvre correcte

- Creuser les fouilles pour semelles juste avant le coulage.
- Nettoyer si nécessaire le fond de fouille, couler un béton de propreté.
- Caler les armatures sur le fond de fouille.
- Éviter de couler sur une fouille remplie d'eau (même partiellement).
- Éviter de couler sur un sol gelé ou par temps de gel.
- Éviter la présence de *végétation* (arbres) à proximité des fondations (tenir compte des essences plantées et de l'âge de l'arbre au moment de la construction) ainsi que de regards d'eaux pluviales (souvent fuyards).
- Remblayer la fouille après coulage des fondations.



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Mise « hors gel »

QUESTION

Quelles sont les dispositions à prévoir pour la mise « hors gel » de fondations de maisons individuelles ?

RÉPONSE

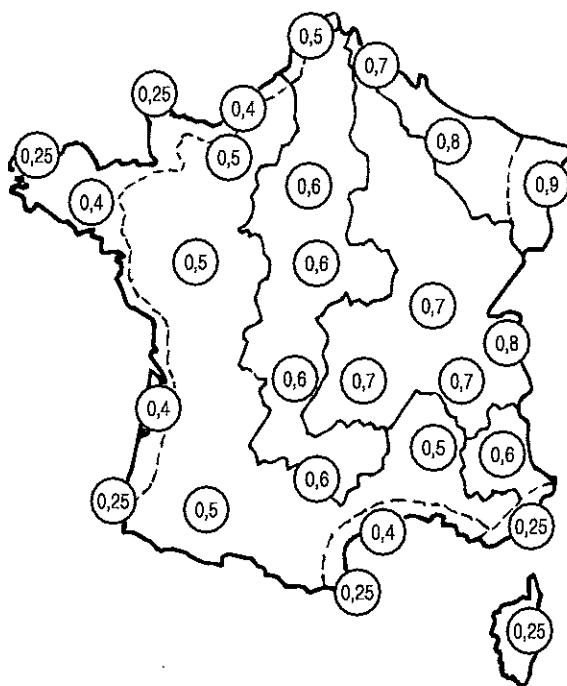
1. Position du problème

Les fondations (superficielles) de maisons individuelles dans certains terrains tels que les limons et calcaires perméables pouvant à certaines périodes être saturés d'eau sont susceptibles de mouvements du fait de la formation de poches de glace avec expansion de volume capables de déformer la construction.

La Règle de l'art consiste à placer le niveau d'assise des fondations à un niveau tel que le gel ne puisse pas intervenir.

La profondeur correspondante dite « profondeur hors gel » n'est pas fixée par les textes normatifs.

2. Règles pratiques



3. Profondeur hors gel (en mètres, altitudes 0 à 150 m)

- En pays tempéré, cette profondeur minimale est de 0,50 m.
- En climat de montagne, elle peut atteindre 1 m, selon l'importance de la teneur en eau du sol.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

• La responsabilité est laissée au constructeur qui doit apprécier :

- les facteurs climatiques ;
- la nature du sol ;
- sa teneur en eau.

La carte ci-avant donne les profondeurs minimales qui varient de $0,25\text{ m}$ sur l'ouest à $0,90\text{ m}$ pour l'Alsace, pour des altitudes comprises entre 0 et 150 m.

Au-delà de cette altitude, augmenter la profondeur de $0,05\text{ m}$ par tranche d'altitude de 200 m.

Néanmoins, cette approche empirique basée sur l'expérience n'exonère pas le constructeur de sa responsabilité, notamment lorsque survient un hiver exceptionnel.





Désordre

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Phénomène « sécheresse »

POSITION DES PROBLÈMES

Les années 1976-1989-1990-1991 et 1992 ont été marquées par des phénomènes de sécheresse exceptionnels qui ont entraîné dans les constructions des désordres significatifs, consécutifs au changement du volume d'assise des sols par assèchement du terrain (abaissement de la nappe phréatique). Au 31 décembre 1992 plus de 3 000 communes (soit environ 1 sur 10) avaient été reconnues sinistrées.

La partie ouest de la France, délimitée par une ligne Auxerre-Lyon-Carcassonne, regroupait la majeure partie des zones sinistrées.

Les constructions les plus touchées ont été :

- les maisons à simple rez-de-chaussée établies par dallage sur terre-plein ;
- les maisons à fondations très superficielles.

Les autres bâtiments fondés à plus d'un mètre de profondeur et les bâtiments sur sous-sol ont été beaucoup moins touchés :

- 50 % des cas correspondent à des dallages sur terre-plein ;
- 90 % des cas correspondent à un niveau d'assise < 1 m.

ÉLÉMENTS D'ANALYSE

- Les désordres sont essentiellement liés au tassement du sol d'assise par suite de la diminution de la teneur en eau.

Mais des désordres résultent du *gonflement* du même sol argileux lors de sa réhumidification.

- Les argiles dites « gonflantes » ne sont pas les seules pouvant subir un retrait pendant les périodes de sécheresse.

- Les désordres peuvent apparaître, en dehors des périodes « sécheresse » dans des zones de sol sensibles pour des fondations très superficielles.

- Les éléments « révélateurs » correspondent :

- à une insuffisance (locale ou générale) de la profondeur des fondations ;
- à une hétérogénéité du sol d'assise vis-à-vis des phénomènes de retrait ;
- à des différences de niveaux du sol d'assise (sous-sol partiel par exemple) ;
- à la présence de végétaux à faible distance de la construction.

- D'autres *causes pathologiques* indépendantes des phénomènes « sécheresse » sont à considérer :

- présence d'un sol compressible hétérogène ;
- fuites de réseaux (regards) ;
- déformations de la structure dans les zones chargées (raideur ou souplesse) ;
- retrait des matériaux (béton) à l'origine de fissures.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ÉLÉMENTS PRÉVENTIFS

Ces éléments sont donnés à titre indicatif et de manière sommaire afin de limiter les désordres dus au phénomène sécheresse.

Dans tous les sols argileux (ou limoneux) ou pourra, dans l'attente de règles plus précises, prendre les dispositions suivantes.

- Réaliser uniquement les *infrastructures sur vides sanitaires ou sur sous-sols* et éliminer la solution « dallage sur terre-plein ».
- Établir les fondations à une *profondeur minimale* de 0,75 m par rapport au niveau du terrain fini.
- Réaliser des *chaînages* :
 - au niveau du plancher sur vide sanitaire ;
 - au niveau du plancher haut de rez-de-chaussée (1^{er} étage ou plancher sous-comble) ;
 - dans les angles (chaînages verticaux) en soubassement et en élévation et éventuellement au droit de refends ;
 - armer les allèges des fenêtres au-delà des ouvertures de baies.



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Sols gonflants

QUESTION

Quelles sont les dispositions permettant de limiter les désordres pouvant intervenir pour des constructions établies sur sols argileux ?

RÉPONSE

Les sols argileux superficiels ne sont généralement pas stables car ils ne sont pas consolidés.

Ils subissent les effets de gonflement dus aux eaux atmosphériques et ceux de la dessiccation par l'ensoleillement (retrait-craquelures).

Les bâtiments légers tels que les maisons individuelles à un seul niveau sans sous-sol établis sur une dalle de répartition sont les constructions les plus sensibles aux désordres de ce type de sol.

Elles sont donc à éviter.

Les constructions même légères doivent être fondées sur *pieux* ou *puits* descendus à une profondeur telle que la couche argileuse n'est plus soumise aux effets de l'eau atmosphérique et des phénomènes de gonflement-retrait.

D'autre part, un périmètre de *protection du sol superficiel* contre les variations du taux d'humidité doit être établi autour de la construction (dallage penté vers l'extérieur).

Éviter de faire des *regards* à fond perdu pour l'évacuation des eaux pluviales des toitures.

Éviter également la *végétation* à proximité des constructions, même arbustes ou plates-bandes (distance de sécurité : 1,5 fois la hauteur de l'arbre adulte).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE

1.1. Nom de l'ouvrage :

1.2. Adresse de l'ouvrage :

1.3. Date de construction :

1.4. Nature de l'ouvrage :

1.5. Nom du maître d'ouvrage :

1.6. Adresse du maître d'ouvrage :

1.7. Date de l'état des lieux :

1.8. Nom du technicien :

1.9. Adresse du technicien :

1.10. Date de la visite :

1.11. Nom du client :

1.12. Adresse du client :



Question/Réponse

FONDATIONS SUPERFICIELLES

Travaux (utilisation de feuilles plastiques)

QUESTION

Les feuilles plastiques présentent-elles un intérêt dans la réalisation des travaux de fondations ?

RÉPONSE

1. Travaux de terrassement

Les feuilles plastiques en polyéthylène (qualité BTP) trouvent un emploi intéressant dans la *protection des talus* de fouilles ouvertes de longue durée, afin d'éviter la dessiccation du sol ou le ravinement par les eaux de pluie et les risques de dégradation par modification de la cohésion des terrains.

Suppression du béton de propreté

Afin d'éviter la pollution du béton des semelles de fondations, longrines et massifs coulés sur le sol, on a tenté de supprimer le béton de propreté par un film polyéthylène de 100 µm minimum d'épaisseur.

Cette utilisation présente quelques inconvénients ou risques vis-à-vis des armatures des ouvrages à réaliser et de la mise en œuvre des feuilles. Cet emploi ne s'est pas généralisé.

Barrière contre les remontées capillaires

Les feuilles plastiques (polyéthylène) sont utilisées concurremment avec les feuilles bitumineuses (chape 40) mais sont plus fragiles (perforation, déchirure) que les matériaux bitumineux. Leur utilisation dans ce cas est aussi plus délicate.

Dallages sur terre-plein

Ces feuilles sont posées sur le sol avant le coulage du béton de la dalle pour éviter les remontées capillaires.

Les feuilles doivent être suffisamment épaisses et armées pour éviter la déchirure ou le percement par les armatures des dalles ou les cailloux de la forme.

2. Autres utilisations

Travaux d'étanchéité de cuvelage

- Sous radier.
- Contre voiles extérieures.

Les feuilles ou membranes d'étanchéité synthétiques sont des matériaux spécifiques à ce type d'ouvrage.

Leur utilisation et leur mise en œuvre correspondent à des règles précises faisant l'objet de cahiers des charges particuliers.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Travaux de bassins-lagunes (réserves d'eaux, eaux résiduaires)

Il en est de même pour les matériaux utilisés pour ces ouvrages qui ont une conception spéciale (talus, phénomènes de sous-pression, renards, etc.), qui doivent satisfaire à des exigences spécifiques (résistance mécanique, chimique, exposition aux rayonnements, etc.).

Leur mise en œuvre correspond également à des règles précises faisant l'objet de cahier des charges particuliers.

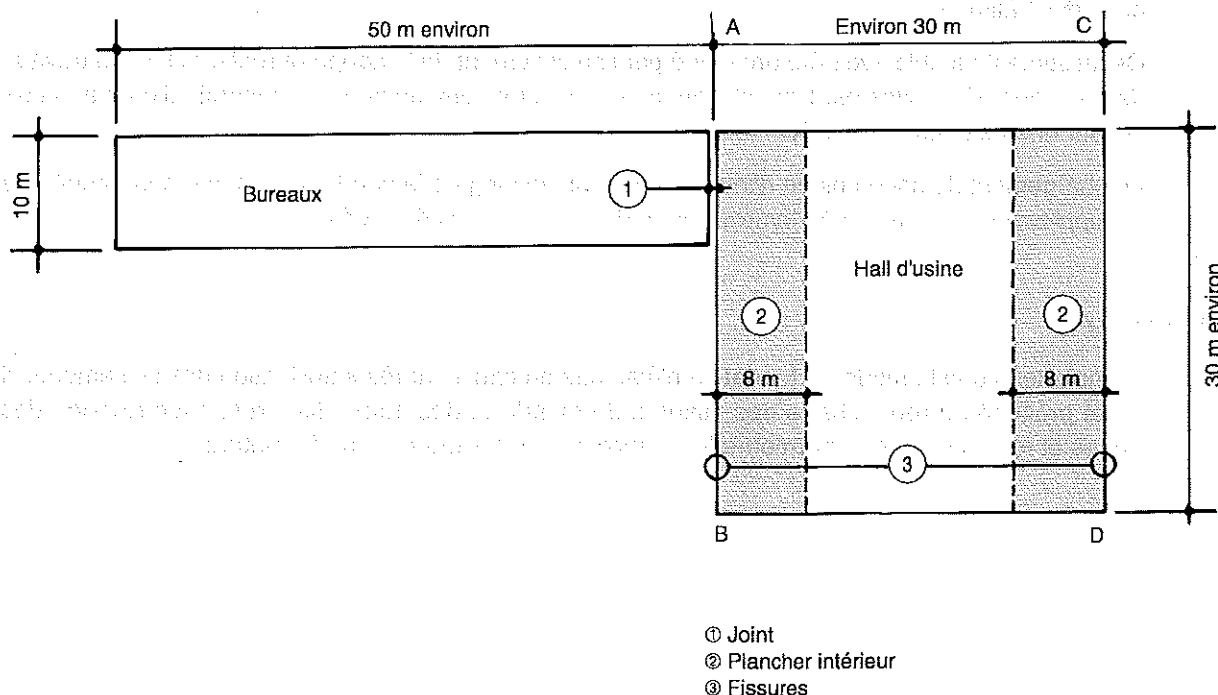


FONDATIONS SUPERFICIELLES

Tassement d'ensemble

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

- Bâtiment industriel comportant un hall de 30 × 30 m environ et des bureaux attenants.
- Fondations superficielles par semelles filantes (contrainte/sol = 0,3 bar) élargies. Tous les ouvrages ont été raidis par une longrine en béton armé de 1,30 m de hauteur. Les bâtiments hall, et bureaux sont séparés par un joint de dilatation.



1. Bâtiment bureaux

R + 1 avec plancher intermédiaire en béton armé et plancher. Terrasse plate. Fondations par un radier très peu évidé.

2. Bâtiment hall

Couverture en sheds reposant sur des poutres appuyées sur les façades longs pans (AB et CD) :

- dallage hall : fondé sur terre-plein (charge exploitation 2 t/m²) ;
- planchers intermédiaires formant galerie le long des longs pans.

3. Nature du sol

Sol homogène correspondant à un limon gris sur 1,80 m d'épaisseur, surmontant un sable tourbeux sur 0,70 m. Au-dessous, sur 10 m d'épaisseur environ, limon sableux très peu compact (alluvions récentes). Présence d'une nappe phréatique pouvant remonter à 1,50 m au-dessous du sol extérieur.

DÉSORDRES

- Fissure à 45° dans l'angle B et dans l'angle D des 2 façades longs pans, ouverture de l'ordre de 5 mm.
- Affaissement d'environ 0,25 m de l'ensemble de la façade côté BD.
- Fissures légères en façade au droit des baies ; difficultés d'ouverture des fenêtres.

Ces désordres, et plus particulièrement les fissures, sont apparues 3 ans après l'achèvement des travaux.

Il n'y a pas eu de dénivellation ni désordre à la jonction des façades avec le dallage du hall ou le terrain avoisinant.

Les désordres correspondent à un tassement d'ensemble se produisant sur et en dehors de l'emprise des bâtiments.

Ce tassement semble avoir été provoqué par l'abaissement de la nappe phréatique lors de travaux de pompage nécessités par l'installation, à proximité des ouvrages déjà construits d'un grand collecteur orienté dans le sens BD.

Le chargement du sol en place d'intensité variable le long de la courbe de rabattement résulte de la suppression de la poussée hydrostatique dans les terrains émergés.

RÉPARATIONS

Compte tenu que le mode de fondation n'était pas en cause, après stabilisation des tassements, il a été procédé au rebouchage des fissures de façade et des autres fissures, avec révision des portes et fenêtres pour en permettre les manœuvres d'ouverture et de fermeture.



FONDATIONS SUPERFICIELLES (MAISONS INDIVIDUELLES)

Affouillement des plates-formes

POSITION DU PROBLÈME

Suite à de violents orages, des désordres par affouillement ont affecté les plates-formes servant d'assise aux fondations superficielles et dallages sur terre-plein de maisons individuelles.

CONSTATATIONS

- Ravinement des plates-formes.
- Désordres dans les fondations, dallages et superstructure de plusieurs pavillons en cours de construction ; *type de construction* :
 - forme rectangulaire 12 x 7 m ;
 - mur de façade en maçonnerie légère (blocs de béton manufacturé).
- Terrassements différentiels mesurés sur les murs de l'ordre de 5 cm.
- Avancement du chantier au moment du sinistre : ouvrages de VRD assurant la protection définitive des plates-formes non terminées lors du violent orage.

RÉPARATIONS

La désorganisation et la fissuration généralisée des ouvrages réalisés ont nécessité leur démolition et leur reconstruction.

DISPOSITIONS PRÉVENTIVES

- Afin d'éviter ce type de risque :
- nécessité de protéger les plates-formes et terre-plein servant d'assise aux fondations superficielles et dallages sur terre-plein des maisons individuelles ;
 - exécution préalable des VRD pour mettre le chantier à l'abri de ce type de risque ;
 - cf. Règles professionnelles dallages.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

DECLARATION DE CONFIANCE
DE LA COMMISSION DE LA PROTECTION
DES RENSEIGNEMENTS PERSONNELS

13-00000
13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000

13-00000



FONDATIONS SUPERFICIELLES (MAISONS INDIVIDUELLES)

Dallage sur terre-plein

PRINCIPE

Ce type de fondations correspond à un système économique adapté à des constructions légères (MOB : maison à ossature bois).

Il se distingue des fondations traditionnelles par semelles filantes en rigoles ou par longrines en béton armé reposant sur des massifs ou des petits pieux.

Il présente *quelques avantages* mais aussi *beaucoup d'inconvénients* et est à éviter dans les cas suivants :

- terrains en pente (risque de glissement) ;
- terrain en banquette (résultant de mouvements de terre équilibrant déblais et remblais), variante de terrain en pente ;
- terrain en cuvette (risque d'accumulation et de stagnation d'eau) ;
- sols hétérogènes comportant des blocs constituant des points durs ou formés de couches portantes de nature et de compressibilité différentes ;
- sols argileux soumis à des alternances de retrait (sécheresse) ou de gonflement (périodes pluvieuses).

La comparaison avec la solution « plancher sur vide sanitaire » permet souvent de dégager la meilleure solution, même en comparaison de « coût global ».

CODIFICATION TECHNIQUE

Le DTU 13.11 ne traite pas ce type de fondations superficielles.

Les règles professionnelles « dallages » de 1990 traitent :

- des dallages de maisons individuelles ;
- des dallages de type industriel.

Ils sont considérés comme ouvrages de fondations superficielles.

CONDITIONS OU EXIGENCES TECHNIQUES

- Le *drainage* est nécessaire dans la majorité des cas afin :
 - d'éviter la détérioration de la forme du dallage ;
 - de supprimer les remontées d'humidité le long des fondations.
- La *présence d'arbres* à proximité des constructions constitue un risque accru pour ce type de fondations superficielles (respect d'une distance minimale d'implantation compte tenu de la hauteur de l'arbre à sa croissance définitive).
- Nécessité d'une *protection périmétrique* par dallage pour écarter les eaux de ruissellement et les eaux de toiture de la zone de construction.

CHOIX DU TYPE DE DALLAGE

Le dallage solidaire des murs périmétriques est plus sûr qu'un dallage indépendant, mais ce dernier permet d'éviter le pont thermique à la liaison mur-dallage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le dallage indépendant peut subir de légers tassements en périphérie notamment.

Les canalisations sous dallage ne sont pas visibles.

Il est nécessaire de prévoir des dispositions suffisantes (pente minimale, indépendance...) pour éviter toutes sujétions ultérieures.

Les assemblages de ces canalisations doivent être particulièrement soignés.

Conditions d'exécution

L'exécution d'un dallage sur terre-plein est plus délicate que celle d'une fondation traditionnelle par semelles en rigoles sous murs, et plancher sur vide sanitaire.

- Matériel adapté.
- Matériaux de qualité.
- Contrôle de la mise en œuvre.

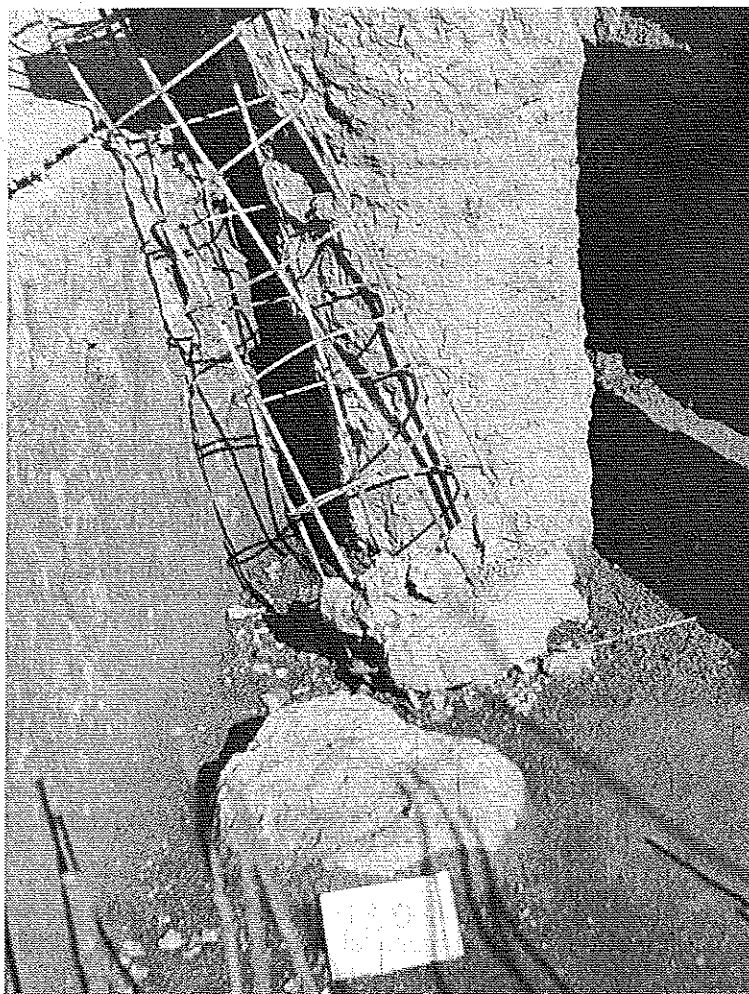


FONDATIONS SUR PIEUX FORÉS

Rupture de pieux en cours de chantier

SITUATION DU DÉSORDRE

Un immeuble-tour fondé sur un nombre important de pieux forés armés en tête sur une longueur de 2,00 m a été l'objet, dans la phase de travaux-terrassement-recépage, d'un sinistre important comportant des fissurations et des ruptures de la partie supérieure des pieux (cf. photo).



Rupture d'un pieu à la limite de la zone armée. © J. Putatti

CIRCONSTANCES DU CHANTIER

Le forage des pieux a été réalisé par une entreprise spécialisée en fondations profondes par la technique de la boue bentonitique.

Pendant toute la durée de ce chantier, les déblais provenant du forage étaient évacués par de petits engins (dumpers) circulant sur un sol mou, ramolli par l'eau et les boues de forage. Ces mêmes engins effectuaient le remplissage des forages par un béton coulé dans la boue de forage à l'aide d'un tube plongeur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

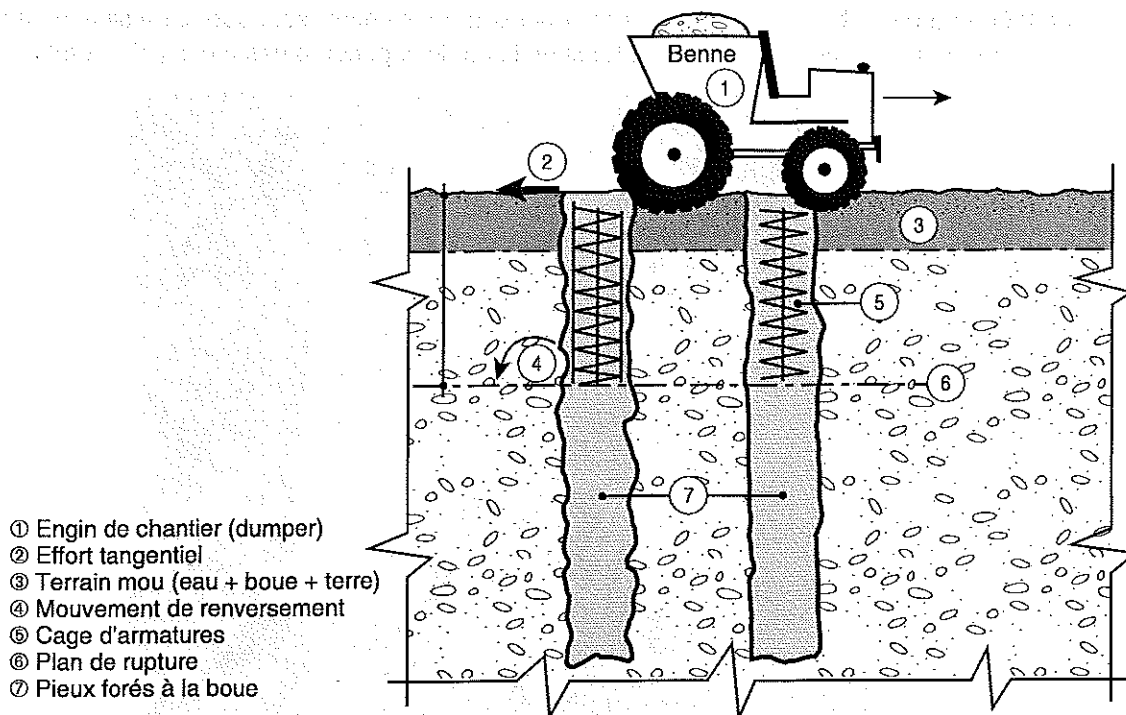
UV

WX

YZ

La circulation de ces engins sur une plate-forme très irrégulière, très chargée en boue et en terre avec des points durs constitués par les pieux déjà exécutés peut expliquer la rupture de certains pieux dans une section située à la base des armatures.

Sous l'effet d'une force tangentielle développée par les roues motrices de l'engin, la partie supérieure du fût du pieu se comporte comme une console encastrée dans la zone non armée du pieu, avec effet dynamique dû au patinage dans un sol mou. La rupture sous l'effet du moment développé se produit dans une section dépourvue d'armature (rupture par traction du béton).



Coupe schématique.

C'est l'entreprise de gros-œuvre chargée de la réalisation de la superstructure de l'immeuble qui a subi les conséquences de ce sinistre causé sur un certain nombre de pieux par l'entreprise spécialisée de fondations.

Le sinistre a été décelé lors des opérations de terrassement autour des pieux pour dégager les parties supérieures de ces derniers et procéder au recépage (arase) ainsi qu'au dégagement des armatures pour permettre la liaison avec les longrines.

Certains pieux étaient cassés à la base des armatures (cf. photo), d'autres dont le béton de la partie supérieure mélangé à la boue de forage étant de mauvaise qualité, se sont rompus lors du terrassement. Certains autres étaient fissurés dans la même zone.

Une campagne de sondages soniques a été réalisée par un organisme spécialisé pour déceler toutes les anomalies non décelables visuellement.

RÉPARATIONS

Les armatures des pieux cassés ont été reconstituées par forage de trous et collage par résines époxy. Les têtes de pieux ont également été reconstituées sur la hauteur nécessaire pour permettre la liaison avec les longrines de reprise des charges de superstructure.



IP PROTECTION

Choix du degré de protection IP des matériels électriques

Le milieu extérieur peut être très agressif envers le matériel électrique, suivant la nature du site (air salin, humidité, vapeurs acides, poussières, risques de chocs mécaniques, etc.).

Le matériel électrique doit être choisi pour résister et continuer de fonctionner sans aléas. Ce choix se fait en deux temps :

- reconnaître la nature et le degré d'agressivité des influences extérieures ;
- déterminer (avec l'aide de la NF C 15-100) les caractéristiques et le degré de protection des matériels.

INFLUENCES

Trois types d'influences principales sont retenus pour tous les cas d'installation, quel que soit le site :

- la présence de poussières et petits corps solides ;
- la présence d'eau (humidité, pluie, immersion) ;
- le risque de choc mécanique.

Ces trois types d'influences sont codifiés par une échelle de gravité qui va du chiffre 1 (risque négligeable) à un chiffre plus élevé suivant la nature de l'influence, correspondant au risque potentiel le plus grave.

CLASSEMENT DE GRAVITÉ

Les trois influences principales sont codifiées (NF C 15-100, chap. 32) par deux lettres et un chiffre :

- poussières et petits corps solides : code AE1 à AE4 ;
- eau : code AD1 à AD8 ;
- choc mécanique : code AG1 à AG4.

Les tableaux ci-après définissent le degré de gravité attribué suivant les circonstances.

Codification des influences dues à la présence d'eau (NF C 15-100, art. 321-4)

Code	Classification	Caractéristiques
AD1	Négligeable	Environnements dans lesquels la possibilité de présence d'eau est négligeable
AD2	Chute de gouttes d'eau	Environnements pouvant être soumis à des chutes verticales de gouttes d'eau
AD3	Aspersion d'eau	Environnements pouvant être soumis à de l'eau tombant en pluie dans une direction faisant avec la verticale un angle au plus égal à 60°
AD4	Projections d'eau	Environnements pouvant être soumis à des projections d'eau dans toutes les directions
AD5	Jets d'eau	Environnements pouvant être soumis à des jets d'eau sous pression dans toutes les directions
AD6	Paquets d'eau	Environnements pouvant être soumis à des vagues d'eau
AD7	Immersion	Environnements pouvant être partiellement ou totalement recouverts d'eau
AD8	Submersion	Environnements pouvant être totalement recouverts d'eau de façon permanente

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

**Codification des influences dues à la présence
de poussières et de petits corps solides (NF C 15-100, art. 321-5)**

Code	Classification	Caractéristiques
AE1	Négligeables	Aucune quantité appréciable de poussière ou de corps étranger n'existe
AE2	Petits objets	Présence de corps solides dont la plus petite dimension est au moins égale à 2,5 mm
AE3	Très petits objets	Présence de corps solides dont la plus petite dimension est au moins égale à 1 mm
AE4	Poussière	Présence de poussière en quantité appréciable

Codification des contraintes mécaniques : chocs (NF C 15-100, art. 321-7)

Code	Classification	Caractéristiques
AG1	Faibles	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 0,225 joule
AG2	Moyens	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 2 joules
AG3	Importants	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 6 joules
AG4	Très importants	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 20 joules

ATTRIBUTION DU DEGRÉ DE PROTECTION « IP »

Le degré de protection s'appelle indice IP.

Il est représenté par un ensemble de trois chiffres correspondant chacun au niveau de risque évalué suivant la codification ci-dessus. Ces trois chiffres sont donnés dans l'ordre suivant :

- le premier chiffre indique le degré de protection contre l'influence « poussières et corps solides » ;
- le deuxième chiffre indique le degré de protection contre l'influence « présence d'eau » ;
- le troisième chiffre indique le degré de protection contre l'influence « choc mécanique ».

Le tableau ci-après donne (d'après la norme UTE C20-010) le degré IP de l'enveloppe des matériels électriques satisfaisant au degré de risque évalué pour les trois influences codifiées.

	Codification du risque		
	1 ^{er} chiffre	2 ^e chiffre	3 ^e chiffre
0	AE1	AD1	AG1
1	AE1	AD2	AG1
2	AE1	AD2	
3	AE2	AD3	AG1
4	AE3	AD4	
5	AE4	AD5	AG2
6	AE5	AD6	
7	AE5	AD7	AG3
8		AD8	
9			AG4

Exemple

Un appareil dont l'indice IP (indiqué par le fournisseur) est 5, 4 et 7 signifie que sa protection contre les agents extérieurs est la suivante :

- protégé contre la pénétration des poussières du niveau AE4 (indice 5) ;
- protégé contre les projections d'eau, niveau AD4 (indice 4) ;
- protégé contre le risque de chocs mécaniques importants, de niveau AG3 (indice 7).

Un coffret devant être installé dans un local dans lequel les risques sont évalués ainsi : AE2/AD1/AG1 fort, doit posséder l'indice IP 303.

La Commission a également examiné les documents relatifs à la mise en œuvre de la Loi sur l'accès à l'information.

(10-1100) / La Commission a également examiné les documents relatifs à la mise en œuvre de la Loi sur l'accès à l'information.

(10-1100) / La Commission a également examiné les documents relatifs à la mise en œuvre de la Loi sur l'accès à l'information.

(10-1100) / La Commission a également examiné les documents relatifs à la mise en œuvre de la Loi sur l'accès à l'information.

La Commission a également examiné les documents relatifs à la mise en œuvre de la Loi sur l'accès à l'information.

(10-1100) / La Commission a également examiné les documents relatifs à la mise en œuvre de la Loi sur l'accès à l'information.



Question/Réponse

ISOLATION ACOUSTIQUE

Bruits d'impact

QUESTION

Problème courant et classique de la gêne causée par les bruits de pas d'un voisin de l'étage supérieur du fait d'absence d'isolation des revêtements de sols aux bruits d'impact : y a-t-il des solutions possibles ?

RÉPONSE

La seule solution efficace consiste à se mettre d'accord avec le voisin du dessus pour installer une *moquette* ou un *parquet flottant* (lambourdes flottantes).

- Le parquet donne un coefficient α d'affaiblissement de 21 dB.
- La moquette donne un coefficient α de 22 dB sans thibaude et de 30 à 40 dB selon sa qualité avec une bonne thibaude.

Ces valeurs correspondent aux améliorations que l'on peut escompter sur une dalle nue de 0,14 m d'épaisseur.

La réglementation exige une amélioration d'au moins 21 dB.

L'indice α correspond à l'amélioration la moins bonne obtenue dans les trois fréquences (grave, médium, aiguë).

L'efficacité de cette solution dépend dans une certaine mesure de la sensibilité de la personne qui perçoit la gêne auditive en fonction de la fréquence des bruits émis.

Il est vraisemblable que ce sont, comme pour la plupart des personnes, les *fréquences aiguës* qui sont les plus difficiles à supporter.

La moquette sur thibaude est la solution la mieux adaptée.

Toutefois le caractère subjectif du problème posé peut néanmoins, selon la bonne ou mauvaise volonté entre les interlocuteurs, et à la limite, dégénérer en conflit beaucoup plus grave pour lequel les solutions techniques sont inopérantes.

Il faut noter que les faux-plafonds disposés dans la pièce de réception ne conviennent pas pour les bruits d'impact qui se transmettent par la structure porteuse.

L'effet de « sas » du faux-plafond (0,15 à 0,20 m minimum) n'amène qu'une très faible amélioration. Il faut que le faux-plafond soit parfaitement désolidarisé de la dalle-support, ce qui est pratiquement impossible à réaliser.

L'amélioration apportée par ces solutions ne peut s'appliquer qu'aux revêtements tels que moquettes ou parquets.

Les sols carrelés (cuisines, salles d'eau) correspondants à des pièces de service ne peuvent être améliorés du point de vue transmission acoustique des bruits d'impacts que dans les 2 cas suivants :

- mise en place à l'origine de la construction d'un feutre spécial formant « coupure acoustique » et pose du carrelage sur chape flottante dissociée ;
- réfection complète du revêtement de sol basée sur le principe précédent.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



QUESTIONNAIRE

Le présent questionnaire a pour but de recueillir vos impressions et vos suggestions sur le service que nous vous offrons. Vos réponses sont anonymes et nous vous remercions de votre participation.

1. Quel est votre âge ?

2. Quelle est votre profession ?

3. Depuis combien de temps êtes-vous client de notre service ?

4. Comment évaluez-vous la qualité de notre service ?

5. Quelles sont vos attentes pour l'avenir ?

6. Y a-t-il quelque chose que nous pourrions améliorer ?

7. Comment évaluez-vous le personnel ?

8. Comment évaluez-vous les tarifs ?

9. Comment évaluez-vous l'accessibilité ?

10. Comment évaluez-vous l'hygiène ?



Question/Réponse

ISOLATION ACOUSTIQUE

Couvertures métalliques

QUESTION

Comment peut-on atténuer le bruit de la pluie tombant sur une couverture métallique ?

RÉPONSE

Le bruit engendré par la chute de la pluie sur une couverture métallique constituée de plaques ondulées ou nervurées correspond à un *bruit d'impact* multiple qui met en vibration les plaques ainsi que l'air ambiant sous-jacent.

La solution idéale appliquée aux revêtements de sols consiste à atténuer ces bruits au niveau des impacts en interposant un matériau mou amortissant les vibrations.

La *comparaison* des couvertures dites « sèches », c'est-à-dire comprenant uniquement une plaque nervurée, ventilée en sous-face, encore appelée toiture « froide » avec une couverture ou toiture dont les éléments porteurs sont des plaques nervurées dont les nervures se trouvent en creux, avec une isolation thermique et une étanchéité, est très nette en ce qui concerne la transmission des bruits.

Le matériau amortisseur ne peut être appliqué qu'en sous-face des plaques.

Ce matériau est de type fibreux, à l'exclusion des fibres d'amiante (laine minérale de roche ou de verre), aggloméré par une résine et appliqué par projection.

Il est possible d'appliquer par le même procédé des mousses plastiques alvéolaires (technique automobile) ou des peintures denses à fort coefficient de pertes internes.

Ces matériaux diminuent la vibration des tôles soumises aux impacts de la pluie.

Ils permettent par ailleurs de corriger la température de surface des tôles en période froide et d'éviter les condensations en sous-face (correction du point de rosée).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTION/REPONSE



ISOLATION ACOUSTIQUE

Insuffisances

RAPPEL DES EXIGENCES

L'isolation acoustique est une exigence spécifique d'ordre réglementaire. Le règlement national de construction avait formulé cette exigence sous une forme très générale dès 1955.

Le décret n° 55-1394 du 22 octobre 1955 (article 2) indique en effet « un isolement sonore suffisant, compte tenu de leur destination doit être assuré aux pièces de l'habitation ».

Une note technique précise que « l'isolement acoustique suffisant imposé doit être notamment assuré contre les bruits provenant de l'extérieur, compte tenu de l'emplacement de la construction contre ceux provenant d'autres locaux (bruits aériens, vibrations ou bruits de chocs) et contre les bruits de fonctionnement des appareils d'équipement ».

Ce règlement fixait l'isolement acoustique normalisé moyen entre l'extérieur d'un bâtiment et ses pièces d'habitation (15, 20, 25 dB respectivement) aux fréquences basses, médiums et aiguës. Les règlements suivants ont précisé et amélioré les valeurs d'isolement entre locaux contigus ou superposés, notamment le décret et l'arrêté du 14 juin 1969.

Par la suite, le confort acoustique a été créé en 1972 (arrêté du 10 janvier 1972) mais n'a pas de caractère obligatoire. L'arrêté du 6 octobre 1978 a introduit une réglementation pour les bruits aériens extérieurs.

Pour les bruits d'impact, la réglementation acoustique fixait initialement la valeur maximale des niveaux de pression acoustique pour la réception des bruits d'impact sur le sol des seules pièces habitables à 70 dB (A), valeur mesurée à la machine à chocs normalisée fonctionnant à l'extérieur du logement testé. La NRA (nouvelle réglementation acoustique) a porté cette valeur à 61 dB (A) après le 1^{er} janvier 1999, avec une étape intermédiaire à 65 dB (A) correspondant à la note 5 QUALITEL.

DÉFAUTS D'ISOLATION ACOUSTIQUE

La réglementation évolue en imposant des performances d'isolation de plus en plus contraignantes. Toutefois, ces exigences ne s'appliquent qu'aux *constructions neuves* et n'ont pas d'effet rétroactif. D'autre part, les dispositions prises pour satisfaire à ces exigences étant généralement intégrées au gros œuvre sont d'ordre décennal. Le vieillissement des matériaux peut altérer leur qualité d'isolation acoustique. Néanmoins, l'analyse suivante permet de considérer que les défauts d'isolation acoustique (insuffisances, ponts phoniques...) proviennent en majeure partie :

- de la conception des parois ;
- de la réalisation.

ISOLATION AUX BRUITS AÉRIENS

L'isolation des locaux aux bruits aériens d'origine intérieure ou extérieure est obtenue en général par la masse des constituants des parois séparatives (loi de masse).

- Plancher ou paroi séparative trop mince ou trop légère. Actuellement la NRA exige une épaisseur de dalle béton de 0,18 m minimum.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Paroi séparative double à indice d'affaiblissement acoustique trop faible.
- Défaut d'étanchéité à l'air des ouvertures ou des portes et fenêtres :
 - baies extérieures vis-à-vis des bruits aériens extérieurs ;
 - portes palières, etc. ;
 - grandes baies vitrées coulissantes...
- Bâtiments situés dans des zones de bruits aériens à niveau important (autoroutes, aéroports...).

Remarque

La loi de masse doit être vérifiée avec la loi de fréquence, chaque matériau constitutif ayant une fréquence critique.

ISOLATION AUX BRUITS D'IMPACT

L'isolation aux bruits d'impact dépend de la nature ou type de revêtement de sol ainsi que la conception du plancher séparant deux niveaux.

- Carrelage posé directement sur dalle béton (transmission directe de chocs).
- Chape flottante sur couche résiliente aux performances insuffisantes.
- Mauvaise mise en œuvre d'une chape flottante :
 - sol support mal nivelé ;
 - canalisations électriques noyées dans la chape ou interposées entre chape et support constituant des ponts thermiques ;
 - cailloux, gravier laissés sous le feutre isolant, etc. ;
 - absence de relevé de la couche résiliente en bordure de chape flottante, d'où transmission latérale des bruits ;
 - traversées de canalisations (évacuations EU) mal isolées de l'élément porteur.
- Travaux exécutés après coup : réfection d'un sol dur par démolition de l'ancien et destruction du feutre ou couche résiliente.

ISOLATION AUX BRUITS D'ÉQUIPEMENT

- Conception déficiente au niveau de l'implantation des installations par rapport aux locaux habités (chaufferie, machinerie ascenseurs, surpresseurs, etc.).
- Choix d'équipements aux performances normalisées insuffisantes (exemple : bouche d'extraction de VMC de performance acoustique non conforme).
- Installation de gaines de conditionnement de section insuffisante ou tracé complexe imposant des vitesses d'air trop fortes.
- Insuffisance d'isolation aux vibrations de machines.
- Absence de dispositifs antibélier sur canalisations.
- Mauvaise disposition ou isolation de gaines vide-ordures, etc.



ISOLATION ACOUSTIQUE

Obligations

CIRCONSTANCES

- Insuffisance de l'isolation acoustique entre les appartements d'un immeuble.
- Rapport de l'expert sur ces désordres : structure trop légère et pose défectueuse des parquets.
- Demande des copropriétaires de dommages-intérêts à l'architecte et à l'entreprise de pose des parquets pour la raison suivante :
« défectuosité des cloisons et des planchers concernant le gros œuvre, suffisante pour faire jouer la responsabilité décennale de l'architecte et des entrepreneurs dès lors que l'immeuble devient impropre à sa destination » (excès de bruit rendant l'habitation intolérable).

JUGEMENT DU TGI

Le tribunal déboute les copropriétaires de leur demande de dommages et intérêts :

« La structure trop légère des cloisons et la mauvaise technique de pose des parquets, qui ont été cause de l'insuffisance d'isolation acoustique entre les appartements contigus ou superposés ne constituent pas des vices de construction mais seulement des malfaçons apportant un simple inconfort.

De tels désordres n'engagent pas la responsabilité décennale des constructeurs et ne permettent pas l'application de l'article 1792 du Code civil ».

ARRÊT DE LA COUR D'APPEL

La cour d'appel confirme le jugement du TGI.

ARRÊT DE LA COUR DE CASSATION

Suivant la décision des juges du fond faisant application des règles de la garantie décennale, la Cour de cassation estime que l'insuffisance de l'isolation phonique constatée par l'expert n'est pas de nature à rendre l'immeuble impropre à sa destination.

La Cour rejette donc le pourvoi formé contre l'arrêt de la cour d'appel.

Remarques

- Dès lors que l'insuffisance d'isolation acoustique constatée n'est pas de nature à rendre l'immeuble impropre à sa destination, ce désordre ne peut-être considéré comme rentrant dans le cadre de la garantie décennale. En conséquence, le propriétaire ne peut invoquer les articles 1792 et 2270 du Code civil pour obtenir réparation.
- Sauf si elle résulte d'une dégradation de l'ouvrage, l'insuffisance d'isolation acoustique n'est pas un dommage à l'ouvrage et n'est pas comprise dans les garanties des polices souscrites par les constructeurs.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Il y a lieu cependant de considérer l'âge de la construction par rapport au décret du 14 juin 1969 sur l'isolement acoustique des locaux en construction neuve. Le respect des exigences du décret est d'ordre réglementaire et doit pouvoir être vérifié par des mesures appropriées avant la réception.



Question/Réponse

ISOLATION ACOUSTIQUE

Réglementation

QUESTION

Peut-on remplacer une moquette par un carrelage ou un dallage dans un immeuble collectif tout en respectant la réglementation acoustique ?

RÉPONSE

Cette substitution n'est possible que si l'on peut réaliser une dalle ou chape flottante.

Cette disposition nécessite une réservation minimale :

- de 0,015 m pour les chapes posées sur dalle pleine par l'intermédiaire d'un feutre isolant. La surcharge amenée par le revêtement de sol est généralement faible. L'atténuation atteint une valeur de 13 à 14 dB(A) selon le type de revêtement ;
- de 0,07 m pour les dalles flottantes qui nécessitent :
 - de vérifier que la dalle porteuse peut supporter la charge permanente supplémentaire,
 - de rétablir les niveaux avec les autres pièces non revêtues de sols « durs ». Ceci n'est généralement possible que lorsque l'appartement concerné est acquis en cours de chantier.

En pratique, c'est plutôt l'inverse qui se produit : lorsqu'un sol « dur » a été prévu à l'origine, on améliore l'isolation acoustique « verticale » en remplaçant le sol par une moquette ou en disposant celle-ci sur le sol existant.

Lorsque la solution dalle flottante est réalisable, le résultat d'amélioration n'est acquis que si toutes les précautions sont prises au contour de la dalle afin d'éviter les transmissions parasites.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE LOI C-58



Ministère de la Justice

2014-05-20

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.

2014-05-20

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.

Le projet de loi C-58, Loi visant à améliorer la transparence des processus de décision gouvernementaux, a été adopté par le Parlement le 20 mai 2014.



ISOLATION D'UN COMBLE

Isolation par laine minérale disposée sous rampant (condensations)

DISPOSITIONS RÉALISÉES

L'isolation d'un comble d'un petit immeuble R + 2 a été réalisée par la mise en place en sous-face d'une laine minérale avec pare-vapeur kraft déroulé et fixé sur les chevrons de la couverture en tuiles (photos 1 à 5).

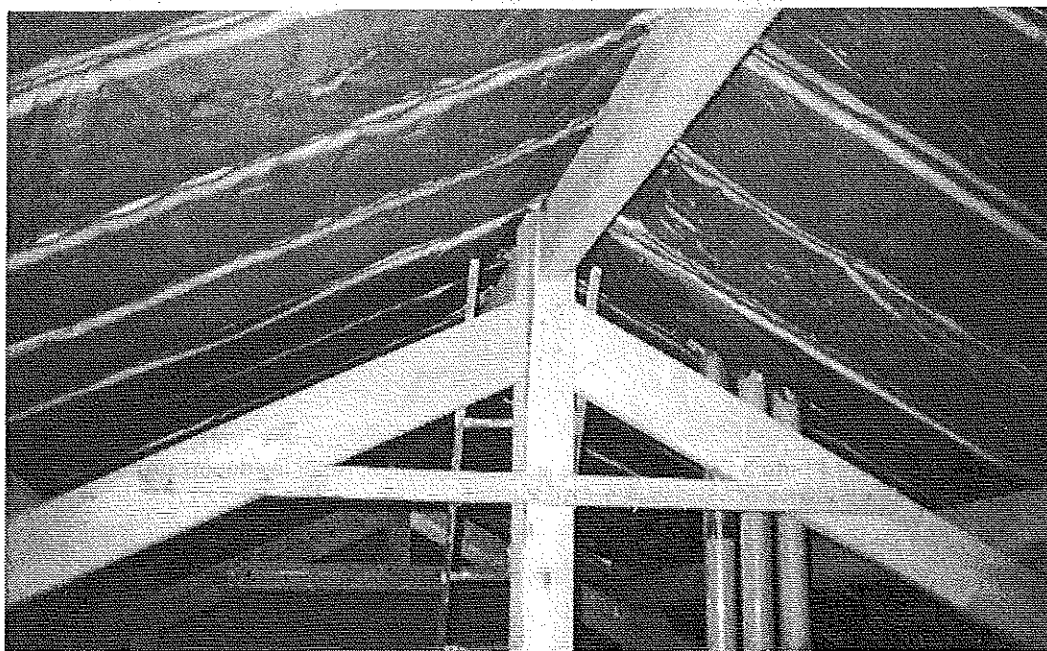


Photo 1 : Vue du comble montrant l'isolation en sous-face (pare-vapeur kraft apparent). © J. Putatti

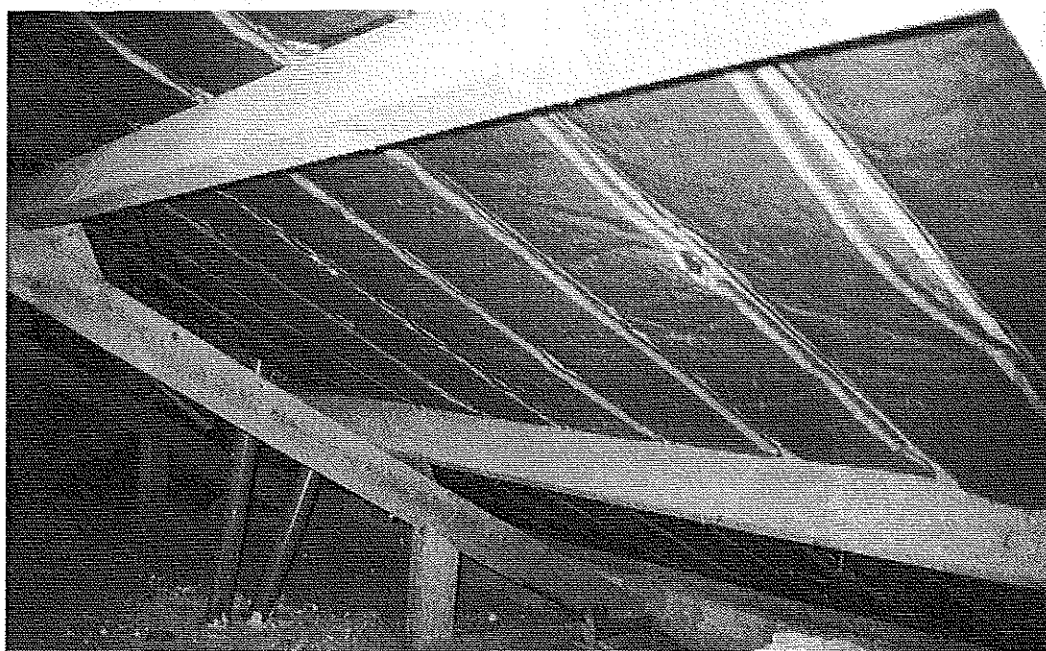


Photo 2 : Vue de la sous-face de couverture, décollement du pare-vapeur. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 3 : Bande de laine isolante détachée. Noter les dépôts de poussières et moisissures. © J. Putatti

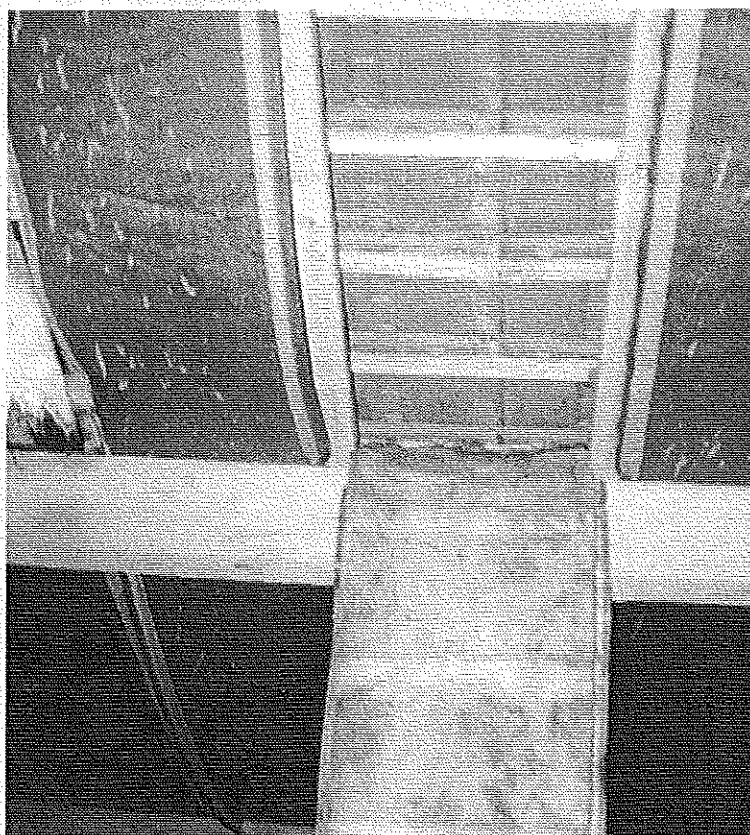


Photo 4 : Bande de laine isolante détachée de la sous-face. Trace des liteaux sur l'isolant. © J. Putatti

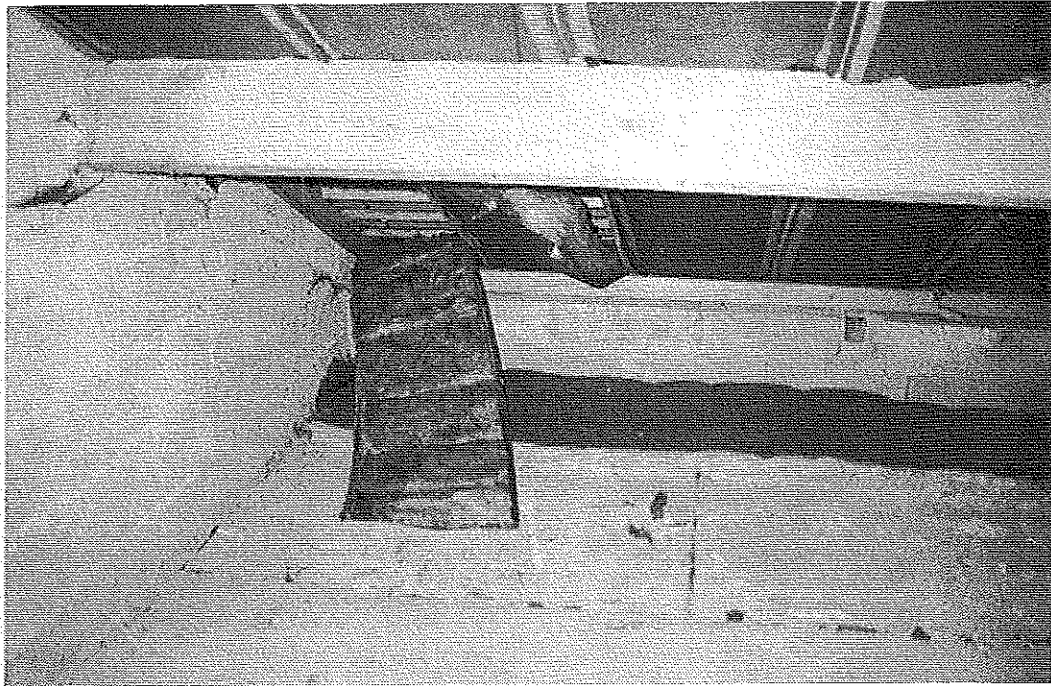


Photo 5 : Bandeau de laine isolante détachée de la sous-face. Marquage des liteaux, noircissement de l'isolant. © J. Putatti

Le comble est faiblement ventilé (à l'égout et avec quelques chatières).

En fait, les chatières ne ventilent pas le comble mais seulement la zone de couverture située au droit de ces dispositifs dont l'efficacité est quasi nulle par la présence de l'isolant.

Les conséquences de cette disposition sont :

- des condensations en sous-face des tuiles et sur les bois de couverture et de charpente avec formation de moisissures (photos 6 à 10) ;
- des décollements des bandes d'isolant (laine minérale livrée en rouleaux avec une face pare-vapeur) ;
- certaines zones (photo 4) sont complètement dégarnies et la bande d'isolant est retombée en laissant apparaître côté isolant les traces des liteaux. D'autres zones (photo 5) présentent le même défaut mais l'isolant est noirci par les moisissures.

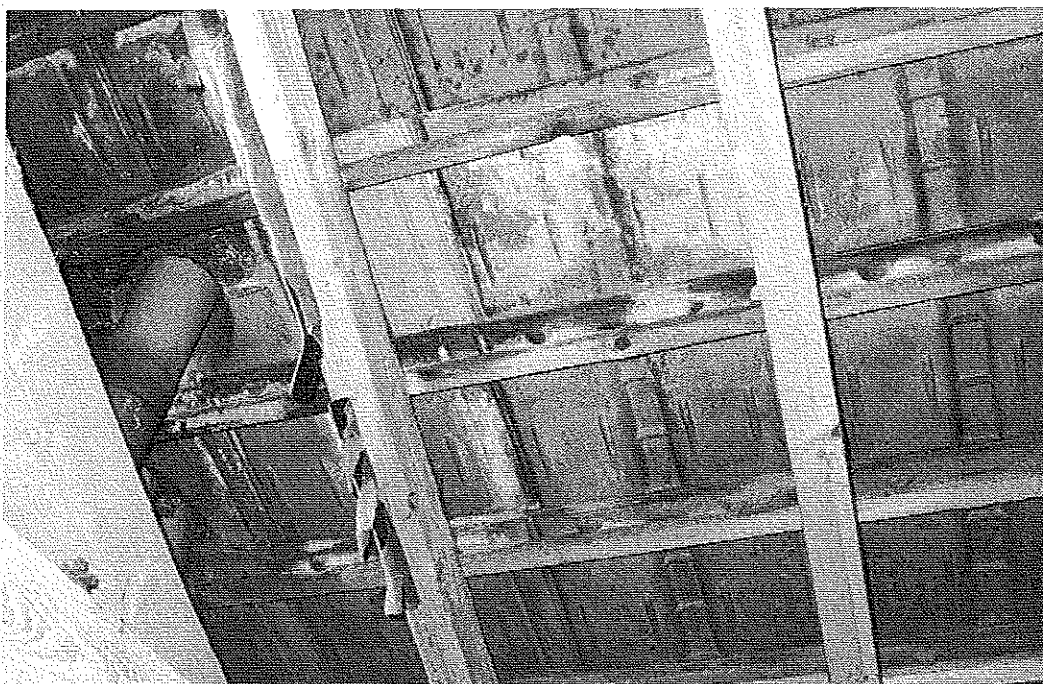


Photo 6 : Prise après dépose de l'isolant en sous-face. Début de pourriture des bois (lites), traces blanchâtres en sous-face des tuiles. © J. Putatti



Photo 7 : Début de pourriture des bois de couverture et de charpente. © J. Putatti



Photo 8 : Zone de souche après dépose de l'isolant en sous-face. Traces de moisissures et dépôts de calcite. Bois de charpente humidifié. © J. Putatti



Photo 9 : Après dépose de l'isolant en sous-face, reconstitution d'une isolation par mise en place de l'isolant récupéré sur le plancher du comble. © J. Putatti

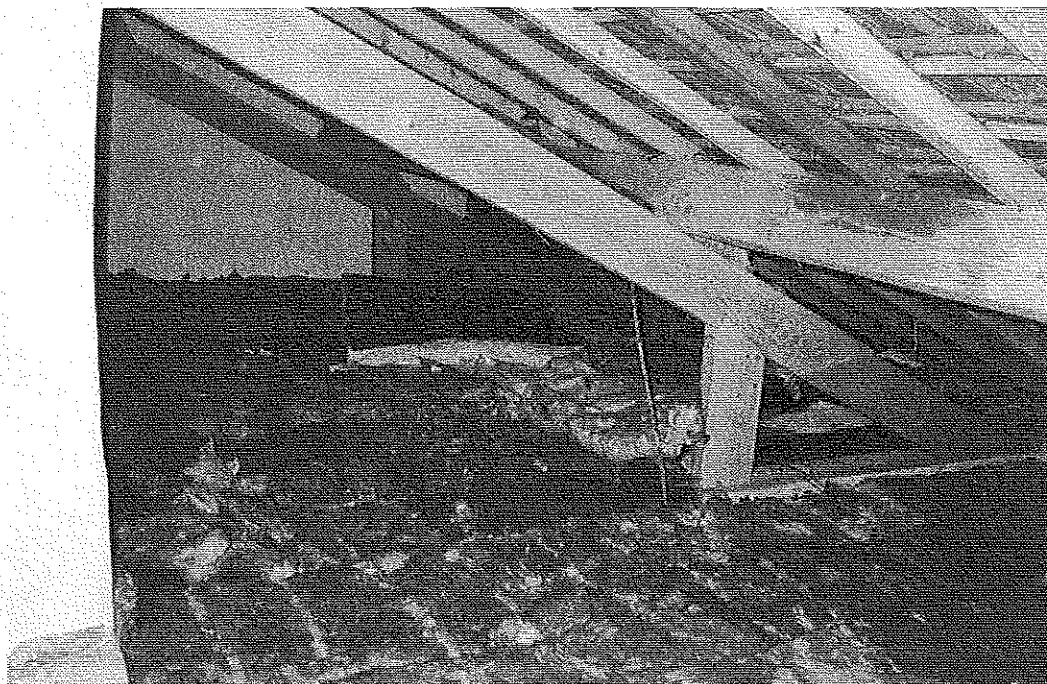


Photo 10 : Mise en place de l'isolant récupéré (pare-vapeur en sous-face) sur le plancher du comble.
© J. Putatti

Au cours des opérations d'expertise il est demandé à la partie demanderesse (propriétaire, constructeur, immeuble en location) de déposer la totalité de l'isolant disposé en sous-face.

Les constatations suivantes montrent que des *condensations* se sont produites en *sous-face des tuiles* du fait de l'*absence de ventilation entre la sous-face des tuiles et le dessus de l'isolant*.

L'isolant de forte épaisseur cloué ou agrafé directement sur les chevrons remplit la totalité de l'espace compris entre chevrons et liteaux du fait de la « détente » du matériau fortement compressible (fig. 1).

- ① Chevron
- ② Liteau
- ③ Isolant laine minérale
- ④ Pare-vapeur kraft
- ⑤ Agrafes

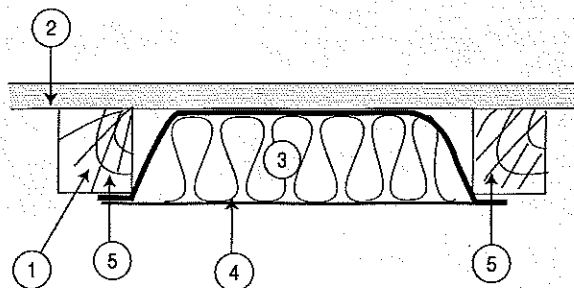


Fig. 1 : Coupe sur couverture.

L'absence de continuité du pare-vapeur rend ce dispositif inefficace.

Les condensations en sous-face des tuiles sont inévitables, d'où :

- réhumidification de l'isolant (hydrophile) ;
- dépôt d'humidité sur les bois de couverture et de charpente et altérations des bois, début de pourriture ;
- condensations sous les tuiles et taches (produits de traitement des bois ou dépôts de calcite) ;
- risque de gel des tuiles.

D'autre part, l'absence de ventilation (pas de lame d'air) confine la paroi-toiture au point de vue humidité.

REMÈDES

Disposer l'isolation directement sur le plancher du comble (pare-vapeur en sous-face) et ventiler correctement le comble selon les règles de l'Art.

Dans le cas traité, on a récupéré dans un premier temps l'isolant disposé en sous-face pour le mettre en place sur le plancher bas du comble (pour les éléments réutilisables).

Intervenir sur les éléments altérés par l'humidité (bois de couverture et de charpente). Remplacer les éléments isolants détériorés avec leur pare-vapeur.



Question/Réponse

ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR

Décollement

QUESTION

Quels sont les éléments qui peuvent provoquer le décollement de panneaux polystyrènes fixés par plots de colle ?

RÉPONSE

Description du désordre

Sur la totalité d'un pignon d'immeuble (R+4), l'isolation thermique rapportée (panneaux de polystyrène collés par plots) s'est entièrement décollée. La photo suivante a été prise après dépose complète des plaques.



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Causes

Plusieurs causes peuvent être avancées :

- 1/ mauvaise préparation du support existant (revêtement peinture sur enduit de mortier à base de liants hydrauliques) ;
- 2/ incompatibilité de la colle avec le support et les panneaux ;
- 3/ insuffisance de fixation : seule la pose par collage est prise en compte. Pas de fixations mécaniques ;
- 4/ instabilité dimensionnelle des panneaux (effet bilame, retrait du polystyrène insuffisamment « mûri »).

Les constatations du désordre montrent que :

- la plupart des décollements se produisent dans le plan de collage avec le support existant ;
- quelques ruptures « cohésives » se produisent dans l'épaisseur de l'isolant, notamment près de la rive pignon côté façade.

La cause principale est *l'insuffisance de préparation de la surface du pignon*. La mise en place de fixations mécaniques complémentaires aurait, en toute vraisemblance, évité le sinistre.

Prescriptions - Règles de l'art

Cette technique étant relativement récente n'est pas normalisée (procédure d'Avis technique GS.7, groupe spécialisé n° 7).

Elle fait partie d'une nouvelle conception de mur appelée « Mur manteau ». Le système de mur manteau faisant l'objet de la présente fiche correspond à l'application d'un enduit mince armé d'un treillis de fibres de verre et appliqué sur un isolant rigide constitué de polystyrène expansé moulé (plaques de 1,20 x 0,60 m maxi et d'épaisseur inférieure à 0,12 m) dont le classement au feu (réaction au feu) est M 1, ayant un marquage ACERMI avec date de fabrication et un niveau ISOLE défini comme suit :

$$I \geq 2, S = 4, O = 3, L = 4, E \geq 2$$

La laine de roche en panneaux de densité 150 kg/m³ est utilisée pour certains systèmes.

La fixation au mur est réalisée :

- soit par collage au moyen d'un mortier-colle identique ou similaire au sous-enduit du revêtement mince, défini dans l'Avis technique du procédé ;
- soit par fixation mécanique au moyen de profilés en PVC ou connecteurs plastiques vissés (chevilles spéciales) au support.

Pour les panneaux de laine de roche, le collage est complété par une fixation au moyen de chevilles.



Désordre

ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR

Défaut de planéité et moisissure

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

La partie de façade revêtue par un isolant (polystyrène expansé) présente des défauts de planéité qui ont favorisé le développement de moisissures et de micro-organismes de couleur verdâtre (façade exposée nord) (photos 1 et 2).



Photo 1 : Ensemble désordre. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Fissure →

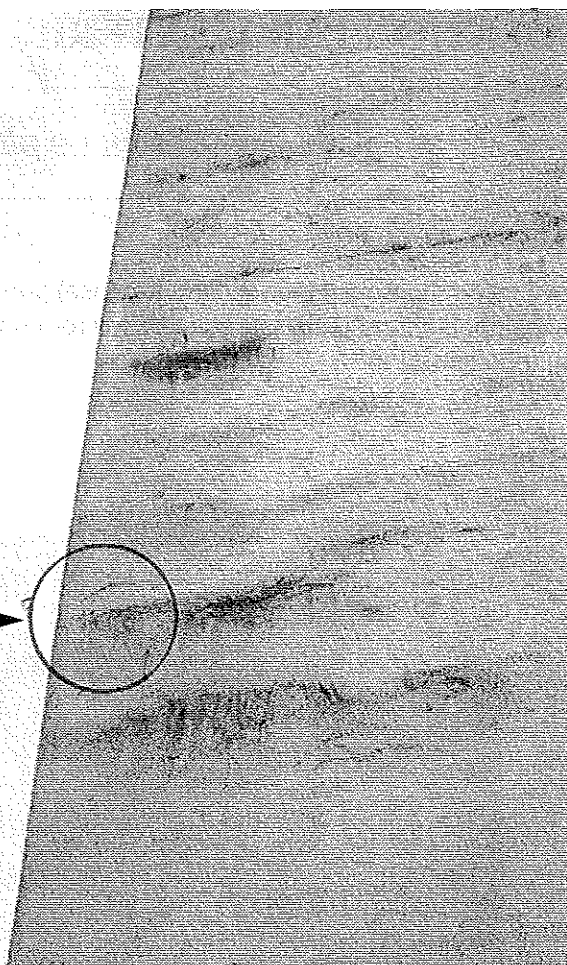


Photo 2 : Détail façade. © J. Putatti

Un sondage a été pratiqué à la base de la partie traitée (photo 3).

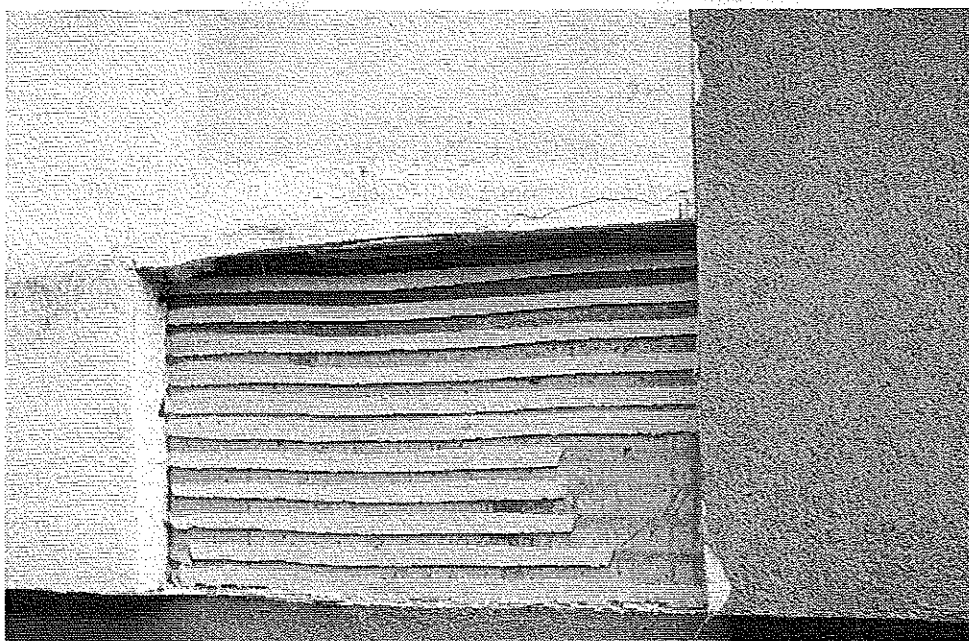


Photo 3 : Sondage pratiqué en partie basse de la zone traitée. © J. Putatti

Sur cette zone correspondant approximativement à un panneau d'isolant, les bandes de collage apparaissent. Elles sont assez rapprochées et il ne semble pas que des éléments de panneaux soient restés adhérents sur ces bandes.

CAUSES

Le désordre, à l'époque des constatations, était surtout d'ordre esthétique et concernait le revêtement de protection de l'isolant.

En toute vraisemblance, il ne semble pas que des fixations mécaniques aient été prévues pour réaliser cette isolation. Le support de pose correspond à une surface lisse (béton banché ou maçonnerie enduite). Les défauts de planéité correspondent aux joints de pose des panneaux. Le calepinage est dessiné par les traces de moisissures. Il est probable que les panneaux ont subi une déformation dans le sens de la hauteur par effet « bilame », ce qui a accentué les joints horizontaux.

Le revêtement protecteur est un film mince type RPE non prévu pour résister aux développements de micro-organismes (produits antifongiques) plus altérations (cf. flèche photo 2). La pérennité de ce type d'ouvrage est fortement compromise, le phénomène de déformation des panneaux ne pouvant que s'accroître ; d'où fissuration du revêtement au droit des joints de panneaux et destruction progressive avec pénétration d'eau.

Pathologie générale des SITE (systèmes d'isolation thermique par l'extérieur) d'après une enquête SYCODÈS

- Les sinistres concernant ce type d'ouvrages rapportés intéressent en majorité les bâtiments d'habitation collectifs (58 % en nombre).
- On distingue trois types selon le mode de fixation ou la nature du système :

	% en nombre	% en coût de réparation
Enduit sur isolant systèmes collés	40,4	36,2
Enduit sur isolant systèmes fixés mécaniquement	11,9	9,5
Système par petits éléments fixés mécaniquement (bardages, vêtues)	47,7	54,3

Le coût moyen de réparation pour l'ensemble des trois types est de 9 800 euros environ (64 400 F).

Les problèmes rencontrés dans les deux premiers types sont :

- la fissuration et le décollement de l'enduit protecteur ;
- le décollement de l'ensemble (cas plus rare).



Diagnostic

ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR

Support (reconnaissance)

CONDITIONS PRÉALABLES

Le diagnostic du support doit être établi par un professionnel averti qui devra déterminer si le support est sain et apte à recevoir un système d'isolation par l'extérieur.

Le seul avis d'une entreprise applicatrice n'est pas suffisant compte tenu des éléments d'appréciation à déterminer.

CONSTAT DES DÉSORDRES

Le procédé d'isolation par l'extérieur est surtout appliqué sur les immeubles anciens (avant 1948) et sur les immeubles plus récents construits sans exigences réglementaires au niveau de l'isolation thermique.

Le support d'application est souvent constitué d'une maçonnerie d'éléments (moellons, briques, blocs, etc.) et d'un enduit fissuré ou dégradé localement.

La première opération consiste à constater les désordres pour en déterminer ensuite les causes.

CAUSES FRÉQUENTES

1/ Humidité sous forme de :

- ruissellement de l'eau de pluie ;
- défaut d'entretien (salissures, moisissures) ;
- condensations ;
- remontées capillaires.

2/ Présence de ponts thermiques :

- au droit des planchers ;
- dans les angles de bâtiments...

3/ Fissurations :

- résultant des matériaux :
 - retrait des éléments de béton,
 - gonflement de la terre cuite,
 - vieillissement,
 - effets du gel ;
- dues à la dilatation thermique des éléments d'ouvrage ;
- dues au tassement des fondations ;
- dues aux déformations du support ;
- résultant de l'association de matériaux différents (ossature béton et remplissage).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

Des sondages sont souvent nécessaires pour déterminer dans les zones douteuses l'homogénéité d'une maçonnerie. La résistance du support pour la mise en place de fixations mécaniques peut être vérifiée par des appareils spécialisés (appareils de traction par pastilles collées). Les enduits peuvent être sondés pour déterminer au son les zones sans adhérence (enduit sonnant « creux »).

L'évaluation de l'humidité d'un support est faite à partir d'appareils adéquats dont il existe une gamme étendue (humidimètres).

TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Les désordres doivent être réparés avant l'application de l'isolation par l'extérieur. Néanmoins, ces réparations doivent tenir compte des causes des désordres, ceux-ci pouvant être évolutifs.

La technique d'isolation par l'extérieur devra être adaptée en fonction du type de désordre au support.

On distingue les familles suivantes :

- enduits minces sur isolant ;
- enduits hydrauliques sur isolant ;
- bardages rapportés ;
- vêtements ;
- vêtages ;
- revêtements attachés en pierre mince ;
- contre-murs extérieurs en briques.



Question/Réponse

ISOLATION THERMIQUE

Température d'un local

QUESTION

Comment définit-on la température d'un local ?

RÉPONSE

Par définition, la température d'un local est celle de l'air ambiant. Le Code de la construction et de l'habitation (art. R. 131-19) donne la définition suivante :

« La température de chauffage d'une pièce d'un logement ou d'un local à usage autre que l'habitation est « la température de l'air » mesurée au centre de la pièce ou du local à 1,50 m au-dessus du sol ».

D'autre part, la température moyenne d'un ensemble de locaux est la moyenne des températures de chaque local en fonction du volume (pondéré) de chaque local.

OBSERVATIONS - CRITIQUES

- Le « centre » d'une pièce ou d'un local est parfaitement défini pour des surfaces géométriques simples (rectangle, cercle, etc.)

Les locaux de forme complexe posent problème.

- Le projet de chauffage est établi à partir des textes en vigueur (DTU - Règles Th D.) : « La température à prendre dans les calculs de déperditions est appelée « température intérieure de base » c'est-à-dire la température résultante sèche (moyenne entre température *radiante* et température de l'air qui peut être mesurée avec le thermomètre à boule, que l'on désire obtenir au centre de la pièce en l'absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage ».

Le commentaire suivant accompagne le texte DTU :

« Les calculs sont fondés sur l'hypothèse que la température de l'air et la température radiante sont égales, la correction à apporter aux déperditions globales lorsque ce n'est pas le cas étant en général minime ».

Ce commentaire basé sur une hypothèse simplificatrice mais pouvant être inexacte nécessite, curieusement, une correction non définie mais admise comme étant minime (?)

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE DE LA PRÉPARATION

1. Introduction

Le but de ce questionnaire est de connaître vos connaissances sur les différents aspects de la thermique.

À l'attention de :

Les questions sont à répondre de manière concise et précise. Les réponses doivent être claires et précises.

Les questions sont à répondre de manière concise et précise. Les réponses doivent être claires et précises.

Les questions sont à répondre de manière concise et précise. Les réponses doivent être claires et précises.

Le questionnaire est à retourner à :

Le questionnaire est à retourner à :

Le questionnaire est à retourner à :

Le questionnaire est à retourner à :

Le questionnaire est à retourner à :

Le questionnaire est à retourner à :

Le questionnaire est à retourner à :



ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR (PATHOLOGIE)*

Façades

* D'après une étude de l'Agence Qualité Construction publiée en 1988.

PRÉSENTATION

La présente fiche correspond à la pathologie des procédés d'isolation par l'extérieur des murs de façades et pignons concernant principalement le domaine bâti ancien dans le cadre d'opérations de réhabilitation.

Les éléments d'évaluation sont d'ordre qualitatif, l'étude ayant servi à l'établissement de cette synthèse datant de plus de dix ans. Les procédés d'isolation thermique par l'extérieur¹⁾ sont soumis à la procédure des Avis techniques. De ce fait, le nombre de procédés mis en œuvre est très important.

NATURE DES DÉSORDRES

- Décollements généralisés et chutes du système appliqué sur support existant.
- Décollements partiels du système.
- Infiltrations d'eau dans les locaux à travers le système.
- Microfissures ou fissures non infiltrantes dans l'enduit protecteur.
- Décollements et/ou boursouflures de la couche de finition et/ou du sous-enduit.
- Défauts d'aspect.
- Délavage en cours de travaux.
- Dégradations au niveau du rez-de-chaussée.

CAUSES PRINCIPALES

- La cause principale correspond généralement à *des défauts de préparation du support* pour les poses collées des panneaux isolants :
 - absence de décapage préalable du support, notamment les supports peints ;
 - absence de protection des chants en tête.
- La cause annexe correspond au non-respect des prescriptions de pose définies dans les dossiers d'Avis techniques

Décollements généralisés

La cause générale est l'absence de décapage :

- soit d'un RPE (revêtement plastique épais) ancien ;
- soit d'un revêtement adhérent à liant plastique utilisé à titre curatif (traitement d'imperméabilisation ou d'étanchéité de façade) ;
- soit d'une peinture ancienne non identifiée.

1) SITE = Système d'isolation thermique par l'extérieur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Néanmoins, la pose collée est autorisée par les Avis techniques. Mais le support doit être préalablement reconnu sain, solide, propre et débarrassé de toutes matières risquant de mettre en cause la qualité du collage.

Toutefois, certains isolants fibreux ne peuvent être collés, ils nécessitent des fixations mécaniques.

Décollements partiels

La cause essentielle correspond à des infiltrations d'eau au niveau du plan de collage et du support du fait :

- d'une absence de protection (ou une insuffisance) en tête (bavettes de rejet d'eau inexistantes par exemple) ;
- de défauts de calfeutrement dans les points singuliers (appuis, tableaux de baie) ;
- de défauts d'exécution (défaillances ponctuelles de collage).

Infiltrations d'eau dans le complexe isolant plus revêtement

En général, les infiltrations se produisent au droit des points singuliers (défaut de calfeutrement).

Plus rarement, l'eau pénètre par des fissures du revêtement.

Microfissures ou fissures non infiltrantes dans l'enduit appliqué sur isolant

- Teinte trop foncée de l'enduit ou juxtaposition de teintes contrastées.
- Défauts d'exécution :
 - désaffleurement de panneaux entraînant des différences d'épaisseur de l'enduit ;
 - panneaux non jointifs ou mal jointoyés ;
 - absences de recouvrement des lés d'armatures de l'enduit.

Décollements et/ou boursouflures de la couche de finition et/ou de la couche de base

- Erreur de fabricant utilisant en solvant de la couche de finition un produit pouvant dissoudre le polystyrène expansé support d'enduit.
- Conditions climatiques défavorables (froid, pluie, gel...).
- Malfaçons diverses.

Défauts d'aspect

- Désaffleurement de panneaux.
- Moisissures (tâches verdâtres).
- Différences de teintes.
- Décolorations.
- Tâches de rouille.

Incidence des matériaux utilisés

Le PSE (polystyrène expansé) est l'isolant le plus utilisé dans les SITE ¹⁾. Mais ce matériau présente le défaut d'être sensible à l'eau et de perdre ses qualités de résistance thermique et mécanique. Il est également sensible aux solvants et aux UV et doit être traité pour obtenir le classement au feu M1.

Son domaine de stabilité à la température est limité à 70, 80 °C.

Son utilisation en SITE nécessite un classement ACERMI (certificat) avec le critère ISOLE :

$I \geq 2$. $S \geq 4$. $O \geq 3$. $L \geq 4$. $E \geq 2$

O concerne le comportement à l'eau. L'indice 3 correspond à la performance maximale.

La résistance mécanique utile correspond au classement :

- C pour la compression ;
- L pour la cohésion et la flexion.

Le polystyrène expansé n'étant pas sensible à l'hydrolyse l'eau est sans incidence sur la cohésion dossiers d'Avis techniques.

La résistance thermique utile est donnée par le certificat ACERMI et mesurée sur isolant stabilisé sec à 10 °C. Après exposition aux intempéries et reprises d'eau, l'isolant n'est plus dans les conditions de mesure normalisées.

Pour un PSE de 15 kg/m³ et une épaisseur de 0,04 m avec un rapport $\lambda_{\text{humide}} / \lambda_{\text{sec}} = 1,15$ ²⁾, la teneur en eau massique est de 6 % (correspondant à la reprise capillaire), soit 40 g/m².

Le maximum admis en fonction de la teneur en eau volumique est de 1 % ($\frac{\lambda_h}{\lambda_s}$ variant de 1,1 à 1,25).

Revêtement ou épiderme

Le vieillissement de l'épiderme de protection ou son insuffisance d'épaisseur favorise les faïençages et les fissurations, permettant ainsi une réhumidification superficielle de l'isolant.

Conséquences :

- sur la tenue mécanique

Le phénomène est réversible. L'eau ne s'accumule pas dans l'isolant. Celui-ci sèche quand l'enduit sèche. Pour des isolants de très mauvaise qualité (reprise d'eau > 1 %), l'augmentation de masse est de l'ordre de 1 à 2 kg pour une masse de 10 kg/m².

La résistance au cisaillement de l'isolant est de l'ordre de 10 t/m² et celle des plots de colle correctement réalisés 0,5 t/m².

La cohésion d'origine reste suffisante.

La tenue au vent et son poids propre restent satisfaisantes du fait de la faible sensibilité à l'eau des PSE de qualité.

- sur l'isolation

Pour des isolants conformes aux exigences et certifiés ACERMI, la perte de résistance thermique est < 20 %.

1) SITE = Système d'isolation thermique par l'extérieur.

2) Coefficient de conductivité thermique.

Sur l'épaisseur totale (généralement 40 mm), 5 à 10 mm sont affectés par la capillarité. La perte d'isolation n'est donc pas significative si le PSE est mouillé.

Altération de l'épiderme

L'eau retenue dans le système est un facteur d'altération. Pour les SITE anciens donnant lieu à ravalement par vieillissement de l'épiderme, il convient de vérifier la qualité de l'isolant d'origine.

Seul le diagnostic opéré avant intervention :

- soit dans le cas d'un support à traiter en SITE dans le cas d'un immeuble en réhabilitation ;
- soit dans le cas d'un ravalement uniquement sur l'épiderme,

peut déterminer respectivement :

- l'aptitude du support à recevoir le SITE et les préparations éventuelles ;
- l'aptitude de l'isolant à recevoir un nouvel épiderme.



Question/Réponse

ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR

Nature du support

QUESTION

Diagnostic d'un support pour l'application d'un isolant thermique sur une façade

Ou comment reconnaître si un support tel qu'un mur de façade est sain pour recevoir un système d'isolation par l'extérieur ?

L'isolation thermique par l'extérieur correspond à la technique du « mur manteau » réhabilitation thermique des anciennes constructions. Ces dernières présentent souvent des façades fortement dégradées (fissures, etc.).

L'application d'un procédé d'isolation thermique par l'extérieur comprend :

- la préparation et la reconnaissance du support ;
- la mise en œuvre de panneaux isolants fixés mécaniquement ;
- la pose d'une armature spéciale ;
- l'application d'un enduit de façade de type mince adapté au support constituant un revêtement d'imperméabilisation. Chaque procédé fait l'objet de la procédure d'Atec définissant les prescriptions relatives aux matériaux utilisés ainsi que leur mise en œuvre ;
- l'aménagement des baies et ouvertures (appuis de baie, linteaux, etc.).

RÉPONSE

Tous les désordres subis par le support en maçonnerie doivent être constatés. Les causes de ces désordres doivent être déterminées avant l'application du procédé.

Les plus fréquentes sont :

- les effets de l'humidité :
 - ruissellement de l'eau sur la façade ;
 - défaut d'entretien (salissure, par exemple) ;
 - condensations internes (paroi insuffisamment isolée)
 - remontées capillaires (soubassement rez-de -chaussée) ;
- les ponts thermiques : conception thermique des murs ;
- les fissurations liées :
 - au comportement des matériaux (retrait d'enduit, gonflement de terre cuite, effet de gel, etc.) ;
 - aux phénomènes thermiques (dilatation, retrait) et hygrothermiques ;
 - au sol de fondation (tassements différentiels, etc.) ;
 - à la déformation du support (rotation d'appui des planchers) ;
 - à une association de matériaux peu ou pas compatibles.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le diagnostic (ou examen) comprend :

- des sondages ou essais pour déterminer la résistance du support et la résistance à l'arrachement des fixations ;
- la mesure de l'humidité des matériaux du support afin d'éviter d'enfermer celle-ci derrière l'isolant. Un matériel spécialisé permet d'effectuer ces vérifications.

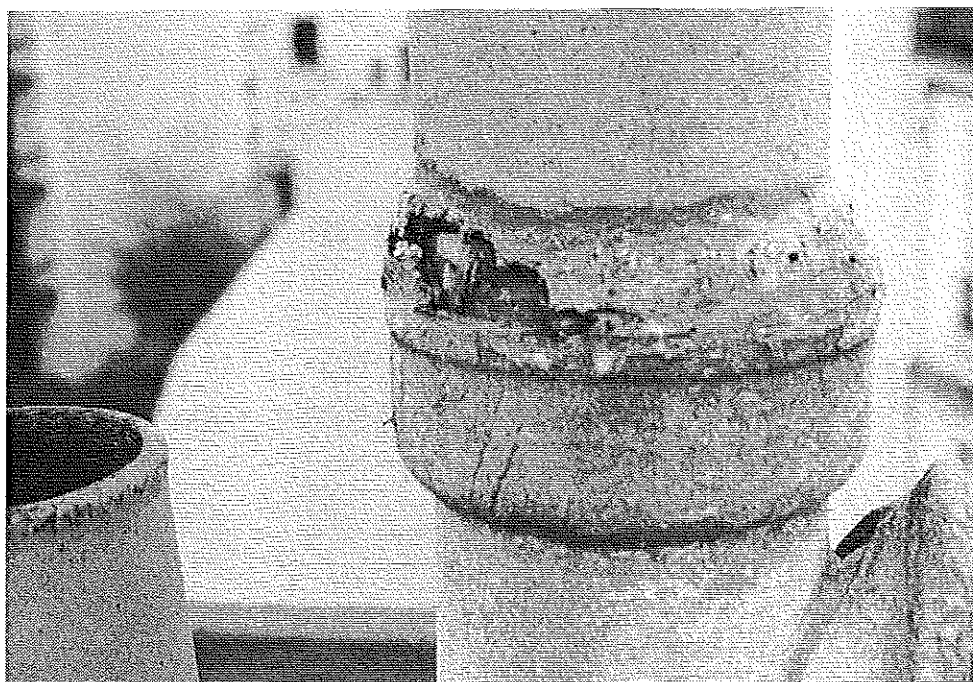


JOINT D'UNE GAINE VO (DÉFAUT DE CALFEUTREMENT)

Vide-ordures (gaine)

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Une gaine vide-ordures en fibres-ciment sort en toiture (plate) et se trouve prolongée pour assurer la ventilation du conduit et permettre le débouchage en cas d'obturation accidentelle. Toutefois l'emboîtement des éléments est disposé dans le mauvais sens. Le mastic de calfeutrement assurant l'étanchéité du joint est détérioré par les intempéries (eau de ruissellement, rayonnement UV et IR, sollicitations du vent sur l'élément supérieur).



RISQUE D'ACCENTUATION DU DÉSORDRE

La destruction complète du mastic associée aux effets de moment de renversement exercés par le vent, l'emboîtement constituant un « encastrement » partiel et précaire, il y a risque de déboîtement et chute de l'élément supérieur, lors d'une tornade par exemple.

NOTA

La partie haute de la gaine emboîtée est haubannée par des fils métalliques relativement souples, favorisant sous l'effet du vent la déformation du mastic du joint.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



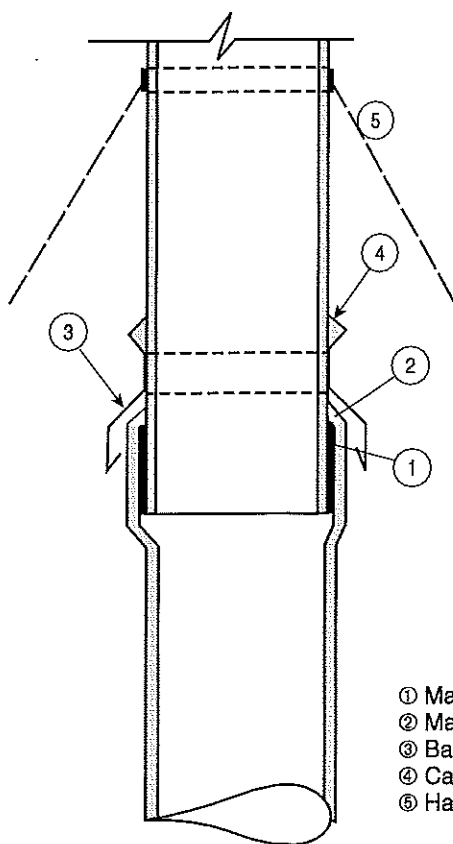
JOINT D'UNE GAINÉ VO (DÉFAUT DE CALFEUTREMENT)

Vide-ordures (gaine)

Le désordre par défaut de calfeutrement ¹⁾ entre éléments de conduit et le risque de déboîtement signalé peut être traité par les dispositions suivantes :

- 1/ déposer l'élément supérieur ;
- 2/ nettoyer les abouts d'éléments ;
- 3/ sceller par un mastic colle l'élément supérieur dans l'élément inférieur ;
- 4/ compléter le calfeutrement (mastic souple) ;
- 5/ mettre en place une bande métallique façonnée formant rejet d'eau, serrée sur l'élément supérieur ;
- 6/ assurer le calfeutrement supérieur de cette bande avec élément supérieur (mastic souple) ;
- 7/ prévoir un haubanage.

Cette disposition permet de conserver l'élément inférieur bien que l'emboîtement soit disposé dans le sens contraire, d'assurer l'étanchéité des éléments et d'éviter la dégradation des jonctions ainsi que d'assurer la stabilité mécanique de l'ensemble.



- ① Mastic colle pour jonction des éléments de fibres-ciment
- ② Mastic de calfeutrement
- ③ Bande façonnée pour rejet d'eau
- ④ Calfeutrement de la bande façonnée
- ⑤ Haubanage

1) Cf. fiche « Désordre ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

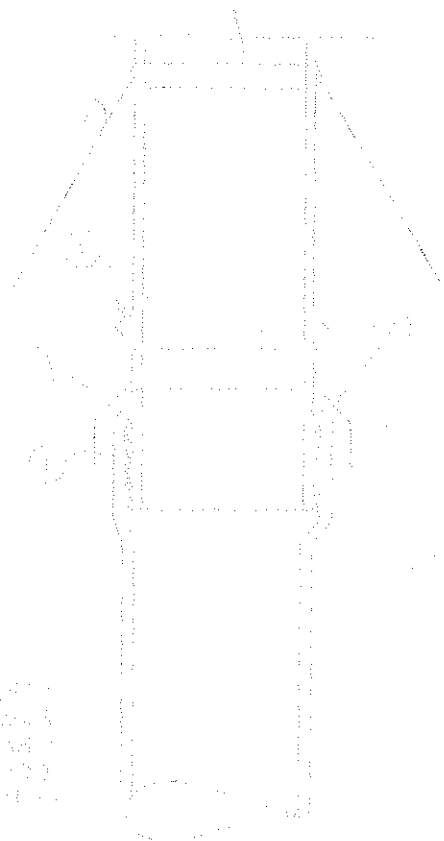
Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.



Le joint d'étanchéité est constitué d'un joint d'étanchéité en caoutchouc et d'un joint d'étanchéité en acier inoxydable.

SOLUTIONS

IJ - Joint d'une gaine VO (défaut de calfeutrement) : Vide-ordures (gaine) - page 2

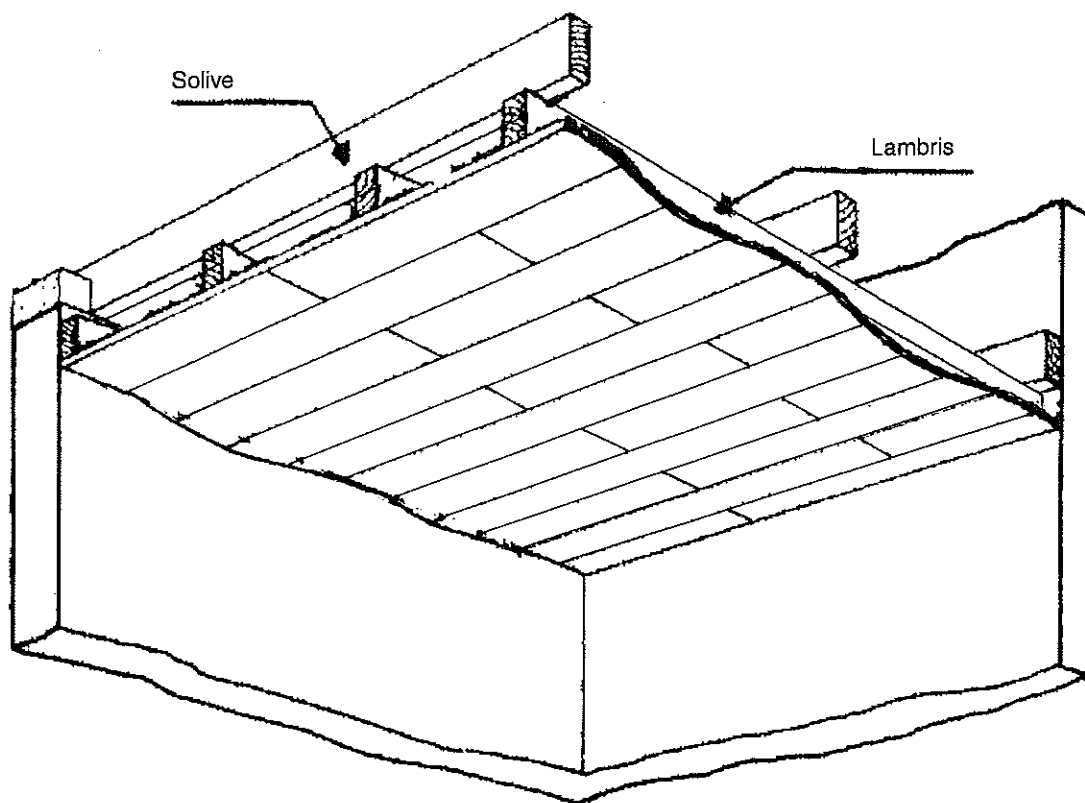


Désordre

LAMBRIS

Soulèvement d'un lambris

Comment éviter des vagues formées par le soulèvement d'un lambris posé pendant l'été, pour habiller un plafond ou un mur d'un local non chauffé (garage, remise, etc.).



(d'après la documentation du CTBA)

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Citation:



Diagnostic

LAMBRIS

Soulèvement d'un lambris

- Le lambris est posé pendant l'été, le climat est très sec. L'équilibre hygroscopique du bois est très bas, de l'ordre de 8 %.
- Les lames de lambris sont posées très serrées. Il n'existe pas de jeu entre chaque lame.
- Le support est humide, il n'y a pas de pare-vapeur pour limiter les remontées d'humidité.
- La lame d'air entre le support et le lambris n'est pas ventilée.
- Le local, non chauffé pendant l'hiver, engendre une reprise d'humidité et un gonflement du bois.
- Des contraintes mécaniques provenant du blocage du lambris sur les murs ne peuvent pas empêcher le gonflement du bois.
- Le soulèvement du lambris provient du gonflement du bois associé au blocage du lambris sur les murs.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ANNEXE 1



Annexe 1 : Plan de travail

Le plan de travail est un document qui permet de définir les objectifs, les tâches, les responsabilités et les délais d'un projet. Il est essentiel pour la réussite d'un projet et doit être élaboré en collaboration avec l'équipe.

Le plan de travail doit être clair, précis et réaliste. Il doit prendre en compte les ressources disponibles et les contraintes du projet. Il doit être mis à jour régulièrement au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Le plan de travail doit être communiqué à l'ensemble de l'équipe et servir de référence pour le suivi du projet.

Le plan de travail doit être élaboré en collaboration avec l'ensemble de l'équipe. Il doit être clair, précis et réaliste. Il doit prendre en compte les ressources disponibles et les contraintes du projet. Il doit être mis à jour régulièrement au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Le plan de travail doit être communiqué à l'ensemble de l'équipe et servir de référence pour le suivi du projet.



LAMBRIS

Soulèvement d'un lambris

TEXTES RÉGLEMENTAIRES

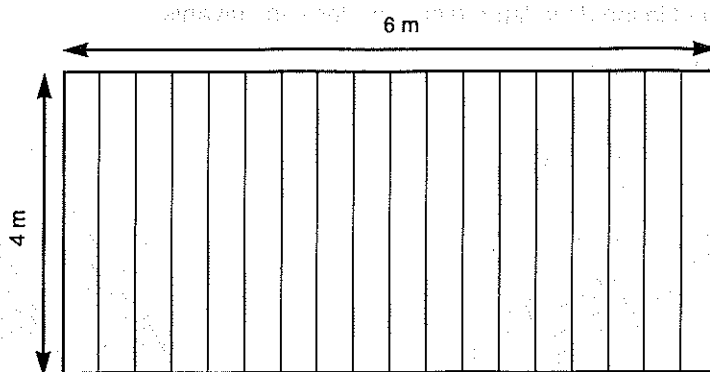
DTU 36.1 Menuiseries en bois.

Remarque

Cette pathologie est similaire au soulèvement du parquet. Ce désordre est décrit en détail dans les fiches Parquet massif en bois - Soulèvement d'un parquet massif posé cloué ainsi que la fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles.

ESTIMATION DU GONFLEMENT D'UN LAMBRIS

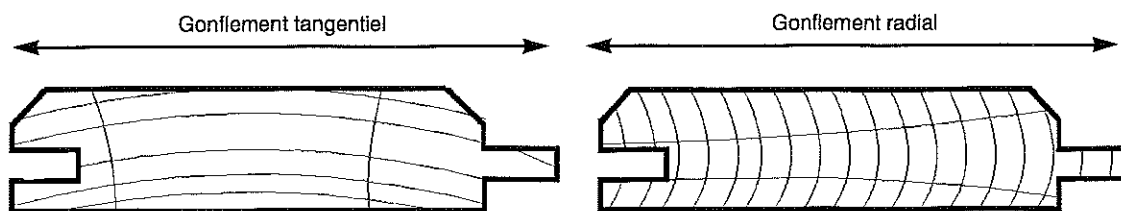
Un lambris cloué, composé de lames en pin maritime est posé pendant l'été sur un plafond de garage de 4 x 6 m. Pendant l'été le bois a une humidité de 12 % (humidité moyenne de l'air 65 % et température moyenne de l'air 19,5 °C). Pendant l'hiver, le bois a une humidité de 20 % (humidité moyenne de l'air 86 % et température moyenne de l'air 3,5 °C).



Les variations dimensionnelles seront de :

- gonflement dans le sens des 4 m (axial) : négligeable ;
- gonflement dans le sens des 6 m.

Les cernes d'accroissement seront soit parallèles soit perpendiculaires aux faces, soit dans une position intermédiaire. Le coefficient de rétractibilité étant dépendant de la position des cernes, la valeur retenue sera la moyenne des deux coefficients :



$$\begin{aligned} \text{Moyenne des coefficients tangentiel et radial} &= (0,0026 + 0,0017) / 2 \\ &= 0,00217 \end{aligned}$$

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Gonflement = coefficient \times (humidité initiale - humidité finale) \times dimension.

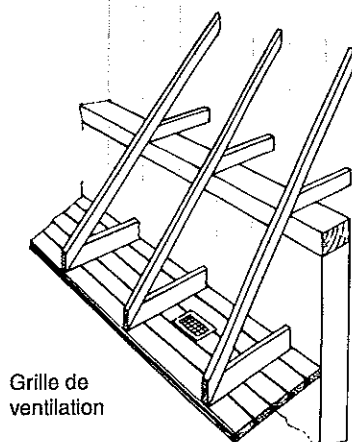
Gonflement = $0,00217 \times (20 - 12) \times 6\,000$.

Gonflement = 104 mm.

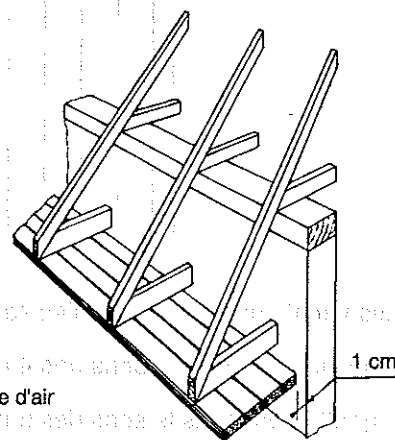
Cette valeur semble importante. En réalité ce jeu est réparti sur l'ensemble des lames. Dans l'exemple, si les lames font 70 mm de large, chaque lame absorbera $104 \times 70/6000$, soit 1,2 mm.

Solution préventive

- Entreposer les lames de lambris pendant 2 semaines dans le local où il sera posé. Cette précaution permet d'équilibrer l'humidité du bois en fonction des conditions climatiques de la pièce.
- Ne pas trop serrer le lambris si la période de pose est l'été, en plaçant de petites cales de 1 mm, telles que des allumettes. Chaque lame doit pouvoir absorber une variation dimensionnelle provoquée par les variations climatiques.
- Si le bois est soumis à de fortes variations d'humidité, une finition filmogène sur les deux faces (type vitrificateur), ralentira les échanges d'humidité entre le bois et l'air.
- En rénovation de murs poreux ou salpêtrés, la pose d'un pare-vapeur sur la paroi avant la fixation des tasseaux, limitera les remontées d'humidité.
- Prévoir une ventilation de la lame d'air pour les cas suivants :
 - poses en extérieur abrité ;



Grille de ventilation

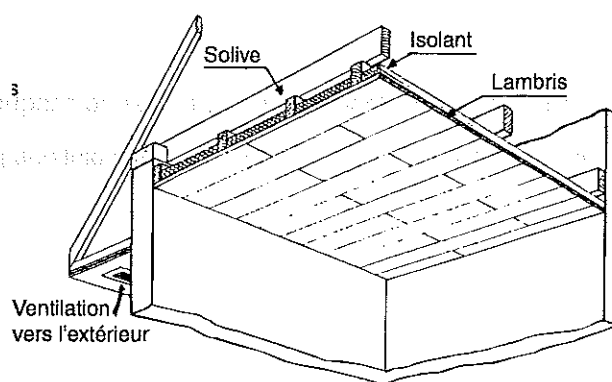
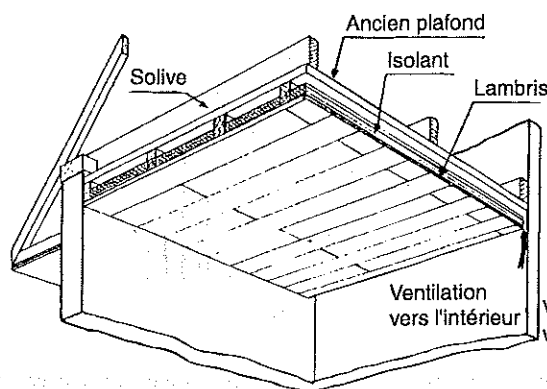


Vide d'air

(d'après la documentation du CTBA)

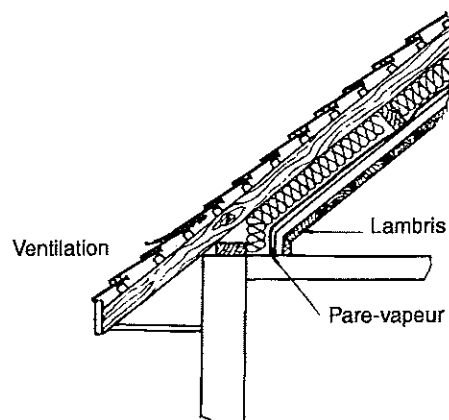
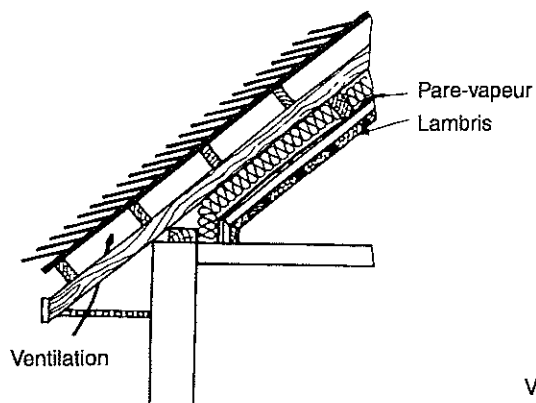
En fermeture d'avant-toit, prévoir une ventilation

– rénovation d'un plafond avec isolation thermique ;



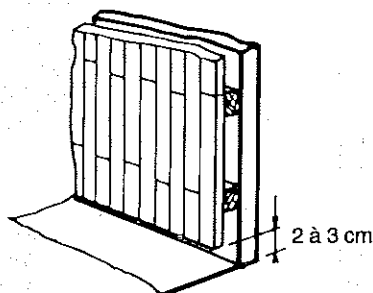
Pose en plafond surbaissé avec ventilation vers l'intérieur ou l'extérieur

– aménagement de comble sous-toiture ;



En habillage de comble, assurer la ventilation de la sous-toiture et prévoir un pare-vapeur, surtout en cas d'isolation thermique

– pose dans des salles d'eau.



(d'après la documentation du CTBA)

Dans les salles d'eau, aménager un espace de 2 à 3 cm entre le sol et l'extrémité des lames

Solution curative

- Déposer le lambris, le reposer en respectant un jeu de 1 mm entre chaque lame.
- Reposer le lambris en respectant les règles énoncées dans les solutions préventives



LAMBRIS EXTÉRIEURS

Dégradation fongique par les agents de bleuissement

ASPECT DU MATÉRIAU ATTAQUÉ

Coloration du bois grisâtre à bleuâtre plus ou moins foncé, en surface et même en profondeur. « Le bleuissement » du bois est inesthétique et permanent.



Lambris bleuis exposés aux intempéries sans protection efficace

ÉLÉMENTS DU CHAMPIGNON

Formations végétatives

Mycélium dans le bois sous forme de filaments de teinte brune : la diffraction de la lumière sur les filaments donne la teinte bleuâtre.

Fructifications

Noires, en forme de tête d'épingle ; bien visibles sous une finition incolore qu'elles font cloquer.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Petites fructifications noires sous le revêtement incolore



LAMBRIS EXTÉRIEURS

Dégradation fongique par les agents de bleuissement

AGENT BIOLOGIQUE

Champignon lignicole.

Classe : Ascomycètes.

Exemple : *Pullularia pullulans* (de Bary) Berkh.

Discoloration du bois : bleuissement (désordre esthétique)

BOIS DÉGRADÉS

Les dégradations fongiques dues aux champignons lignicoles concernent principalement les essences résineuses ; tous les aubiers sont attaqués (pins) et la totalité des essences à bois parfait non duraminisé (sapin, épicéa). Certains feuillus tempérés clairs sont vulnérables (hêtre, frêne, peuplier) et tropicaux (limba, samba, ramin).

CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Ces champignons sont très connus pour les altérations causées sur les grumes et surtout les sciages frais séchés trop lentement. Certains sont capables de se développer sur le bois mis en œuvre sain (lambris, menuiseries, bardages) mais insuffisamment sec ou anormalement réhumidifié après pose ; le désordre s'amplifie quand un revêtement imperméable est appliqué.

Le taux d'humidité du bois requis est > 30 %.

La température optimale varie entre 22 et 30 °C mais les champignons résistent aux basses températures et se développent lentement à 10 °C.

Ils ne dégradent pas les constituants du bois mais se nourrissent aux dépens des substances de réserve comme l'amidon (contenu dans l'aubier).

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Ces champignons sont très répandus et résistants aux conditions climatiques extrêmes.

Ils n'entraînent pas de perte des propriétés mécaniques mais la teinte inesthétique donnée au bois est permanente, le rendant impropre à certains usages. En revanche, un bois bleui asséché peut être recouvert d'une finition colorée mais l'absorption risque d'être irrégulière.

DISTRIBUTION

Espèces très cosmopolites.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ANNEXE 1 - ÉVALUATION

1. ÉVALUATION GÉNÉRALE

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

(Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information)

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

2. ÉVALUATION DÉTAILLÉE

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

3. ÉVALUATION GÉNÉRALE

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

4. ÉVALUATION DÉTAILLÉE

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

5. ÉVALUATION GÉNÉRALE

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

6. ÉVALUATION GÉNÉRALE

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.



LAMBRIS EXTÉRIEURS

Dégradation fongique par les agents de bleuissement

MESURES PRÉVENTIVES

- Utiliser du bois sain et sec.
- Pour les essences sensibles et surtout si l'aubier est mis en œuvre, traiter les bois avec un produit de préservation fongicide (contre les agents de pourriture) de classe 3 selon le procédé approprié (CTB-B+).
- Prévoir ensuite l'application d'une finition de type lasure destinée à limiter les reprises d'humidité pendant l'exposition sur chantier.
- Le produit de préservation ou la lasure devront comporter un biocide spécifique efficace contre le bleuissement ; ils doivent avoir prouvé leur efficacité par des tests de laboratoire normalisés appropriés (CTB-P+).

TRAITEMENT CURATIF

Il n'en existe pas, la teinte donnée au bois par le champignon lui-même est définitive ; aucun traitement ne peut l'atténuer ; si l'on assèche le bois à un taux d'humidité < 20 %, la progression de l'intensité de la coloration anormale sera alors stoppée.

Le bois n'ayant pas perdu sa résistance mécanique peut être utilisé dans des usages où l'aspect esthétique est sans importance.

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB-P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB-B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir sa performance.

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

• NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

• NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.

• NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.

• NF P 23-305 : Menuiseries en bois - Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres et châssis fixes en bois, 1988.

Remarque

S'applique aussi pour tous types de panneaux de façades extérieurs.

• DTU 41.2 : Revêtements extérieurs en bois, 1996.

En conformité avec les normes européennes actuelles en matière de préservation du bois.



LAMELLÉ-COLLÉ EXTÉRIEUR

Dégradation fongique par le Lenzite des clôtures : pourriture cubique

ASPECT DU MATÉRIAU ATTAQUÉ

- Décomposition du bois des lamelles selon les trois sens du plan ligneux.
- Bois souvent dégradé en profondeur alors que les couches externes sont encore intactes.
- Bois cassant à l'état sec et de couleur anormalement brune.
- Délitage selon les cernes annuels visibles sur des sections importantes.
- Les « poches » de pourriture cubique, créées par le champignon apparaissent particulièrement à la base des pieds de poteaux ou au niveau des plans de colle disjoints.



Pied de poteau d'un arc en lamellé-collé dégradé par le champignon lignivore

ÉLÉMENTS DU CHAMPIGNON

Formations végétatives

Réduites à un mycélium peu abondant superficiel, jaune ou brunâtre, parfois en petites masses floconneuses.

Fructifications

Couleur jaune-orange à l'état frais, de consistance coriace en vieillissant.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

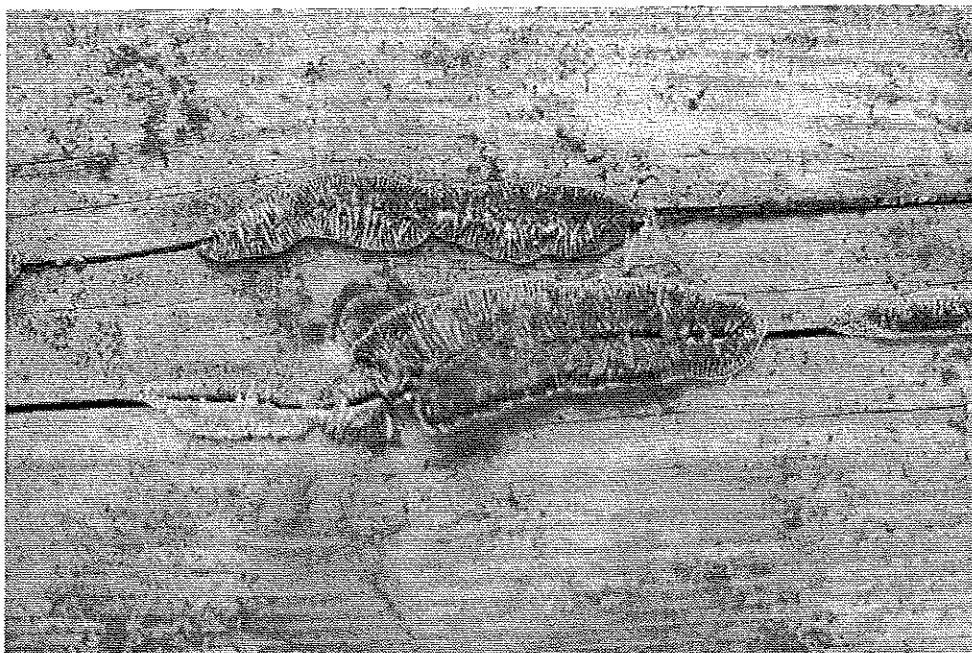
ST

UV

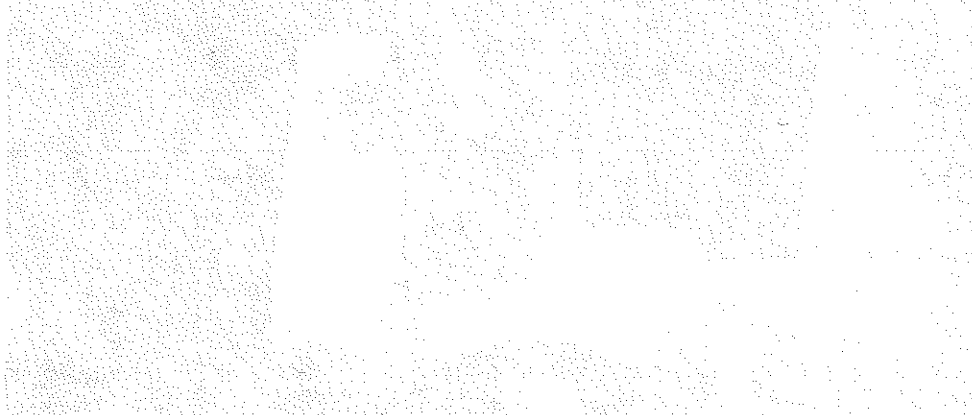
WX

YZ

Forme de petites consoles à face supérieure rousse duveteuse et présentant des lames jaunes sur la face inférieure pouvant être jointives et former des tubes réguliers. Spores blanches.



Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures



Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures

Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures

Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures

Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures

Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures

Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures

Fructifications anciennes du Lenzite des clôtures



LAMELLÉ-COLLÉ EXTÉRIEUR

Dégradation fongique par le Lenzite des clôtures : pourriture cubique

AGENT BIOLOGIQUE

Lenzite des clôtures : *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf. Fr.) Karst.

Synonyme : *Lenzites sepiaria* (Wulf.) Fr.

Champignon lignivore agent de pourriture cubique brune.

Classe : Basidiomycètes.

BOIS DÉGRADÉS

Les dégradations fongiques par le Lenzite des clôtures concernent exclusivement les bois résineux ; il dégrade l'aubier, les bois parfaits non duraminisés et même les duramens.

Après dégradation de la cellulose il y a affaiblissement, voire perte complète des propriétés mécaniques.

Bois essentiellement mis en œuvre à l'extérieur car il peut résister à des alternances de sécheresse et d'humidité : lamellé-collé : poteaux, arcs, passerelles

Remarque

Ce champignon sévit également sur tous les types de menuiseries extérieures.

CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Humidité du bois

La pourriture cubique peut se développer dans du bois sec à des taux < 20 % et dans des bois très humides à des taux > 50 %.

Température

Optimum élevé : entre 32 et 34 °C.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Le Lenzite des clôtures est à l'origine de tous les sinistres constatés sur le lamellé-collé extérieur n'ayant pas subi de traitement de préservation préventif ; la dégradation se généralise rapidement sous forme de poches de pourriture parfois très importantes, entraînant un affaiblissement considérable de la résistance mécanique de l'édifice. Les désordres sont particulièrement constatés sur des ouvrages présentant des erreurs de mise en œuvre et/ou un entretien insuffisant des lasures.

DISTRIBUTION

Très répandu en Europe.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROCES-VERBAL D'ANALYSE



N° de dossier : 123456789
Date de l'analyse : 15/05/2024

Objet de l'analyse :
Matière :
Lieu de l'analyse :

Le présent procès-verbal a été établi à la suite de l'analyse effectuée par le laboratoire d'analyse des matériaux de la Direction Générale de l'Équipement de la Défense (DGED) sur les échantillons de matière soumis à l'analyse.

Le résultat de l'analyse est le suivant :

La matière analysée est constituée de :
(à compléter)

Le résultat de l'analyse est conforme aux exigences de la norme NF EN 12345.

Le présent procès-verbal est établi en deux exemplaires.

Le Directeur du Laboratoire d'Analyse des Matériaux

Le présent procès-verbal a été établi à la suite de l'analyse effectuée par le laboratoire d'analyse des matériaux de la Direction Générale de l'Équipement de la Défense (DGED) sur les échantillons de matière soumis à l'analyse.

Le Directeur du Laboratoire d'Analyse des Matériaux



LAMELLÉ-COLLÉ EXTÉRIEUR

Dégradation fongique par le Lenzite des clôtures : pourriture cubique

TRAITEMENT PRÉVENTIF

- Traitement des lamelles avant collage.
- Traitement de type classe 4 avec un produit hydrosoluble (CCA : Cuivre, Chrome, Arsenic) ayant prouvé son efficacité par des tests biologiques appropriés (CTB-P+) et appliqué par autoclave (CTB-B+).

TRAITEMENT CURATIF

Il nécessite la mise en œuvre d'une technique particulière (agrément spécial CTB-A+) avec un produit spécifique, efficace dans les bois humides pour lesquels il est impossible d'atteindre des taux d'humidité des bois < 20 %.

Produit de préservation

- Produit solide, de type implant, capable de migrer dans le bois humide (humidité > 25 %), entraînant l'imprégnation du bois autour de la zone d'implantation.
- Produit à base de sels de bore : octaborate disodique ; très concentré, à la fois insecticide et fongicide, « diffusible » à l'intérieur du bois mais non délavable.

Chaque implant représente une réserve de fongicide utilisable quand le bois s'humidifie ; son usure est fonction de la fréquence de l'humidité et de son intensité ; la réserve de matière active dure très longtemps et peut être remplacée facilement après quelques années (> 10 ans).

Application des implants boraciques

La dose curative d'application valable uniquement pour ce produit est de 5 kg d'acide borique par m³ de bois massif ou lamellé introduite par le biais des bâtonnets dont le nombre et la taille sont choisis en fonction de l'épaisseur des éléments.

Cette dose est distribuée dans le bois selon un schéma d'implantation particulier ; les bâtonnets sont répartis en quinconce sur l'élément de poutre, selon des espacements de 20 à 25 cm de manière que dans le temps les diffusions se rejoignent. Leur installation a lieu dans des forages orientés à 45° dans l'épaisseur de manière à traverser le plus possible de plans de colle. Les forages sont ensuite obturés avec des tourillons en bois.

En fonction des possibilités d'accès l'ensemble des bâtonnets est implanté sur une face ou bien la moitié sur chaque face en alternance.

Exemple d'implantation : pour 1 m² de poutre de 16 cm d'épaisseur, il faut introduire 22 à 25 implants boraciques de 100 mm de long et 10 mm de diamètre.

Pour apporter une action curative rapide et aider à la diffusion un produit boracique liquide est introduit en petite quantité dans les forages avant le dépôt du bâtonnet.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Remarque

Dans 90 % des cas de désordre des ouvrages en lamellé-collé une restructuration est nécessaire du fait de l'extension des poches de pourriture causées par le champignon lignivore. La résistance résiduelle de l'élément de poutre est évaluée pour apprécier les renforcements à effectuer.

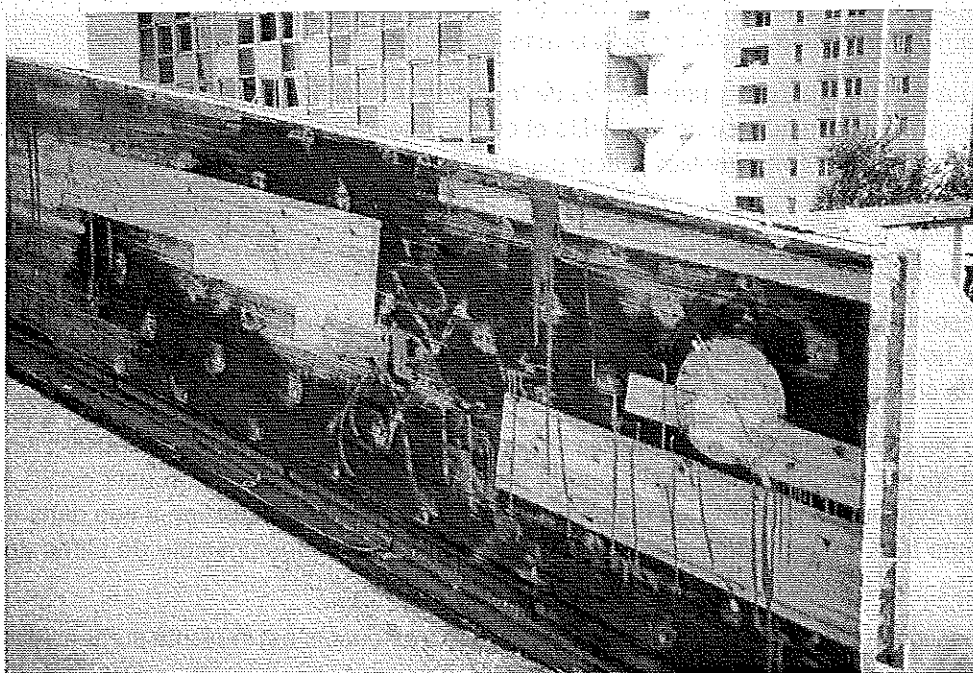
La restructuration doit alors avoir lieu avant le traitement curatif par implants qui sera effectué sur le bois d'apparence saine restant en place.

Restructuration

- Bûchage des poches de pourriture en débordant sur le bois du pourtour dont la résistance mécanique est appréciée suffisante. Ne jamais laisser en place du bois pourri même en petite quantité !
- Installation des renforcements : baguettes de métal ou de fibre de verre pour la consolidation de l'édifice et comblement des poches par des résines à polymérisation rapide adhérant intimement au bois restant en place.
- Recouvrir les poches remplies de résines par un lamellé-collé de surface traité préventivement (esthétique).

Remarque

Après restructuration et traitement curatif par implants boraciques, il faut procéder rapidement à l'application de la lasure et prévoir son entretien ensuite tous les 2 ans.



Traitement d'une passerelle en lamellé-collé avant application de la lasure : importance des zones restructurées par des résines et implantation des bâtonnets en quinconce dans ce qu'il reste de lamellé sain

Remarque

Il est vivement recommandé de faire appel à une entreprise spécialisée travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB-A+).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB-P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB-B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir sa performance.

- Certification de services : marque CTB-A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation ; agrément « traitements par bâtonnets boraciques ».

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.
- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.
- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.
- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.
- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation. Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.
- DTU 31.1 : Charpentes et escaliers en bois, 1983.

Ce document est antérieur à la parution des normes européennes ; il ne fait pas état de la classification des emplois du bois par classe de risque biologique et recommande le traitement des essences à bois parfait duraminisé si le taux d'aubier est $> 10 \%$.

Remarque

Cette tolérance est dangereuse car l'aubier même en faible proportion peut être à l'origine d'une attaque de champignon ou d'insecte pouvant s'étendre.

• DTU 31.2 : Construction de maisons et bâtiments à ossature bois, 1989.

Remarque

Ce texte, s'appuyant sur les classes de risque, est globalement en cohérence avec les principes de la préservation actuelle.



LIAISONS ÉQUIPOTENTIELLES

Salles d'eau

La salle d'eau est un milieu « très conducteur » du fait de la situation « homme mouillé » en contact avec le carrelage et les parties métalliques : tuyauteries, baignoire en fonte, etc.

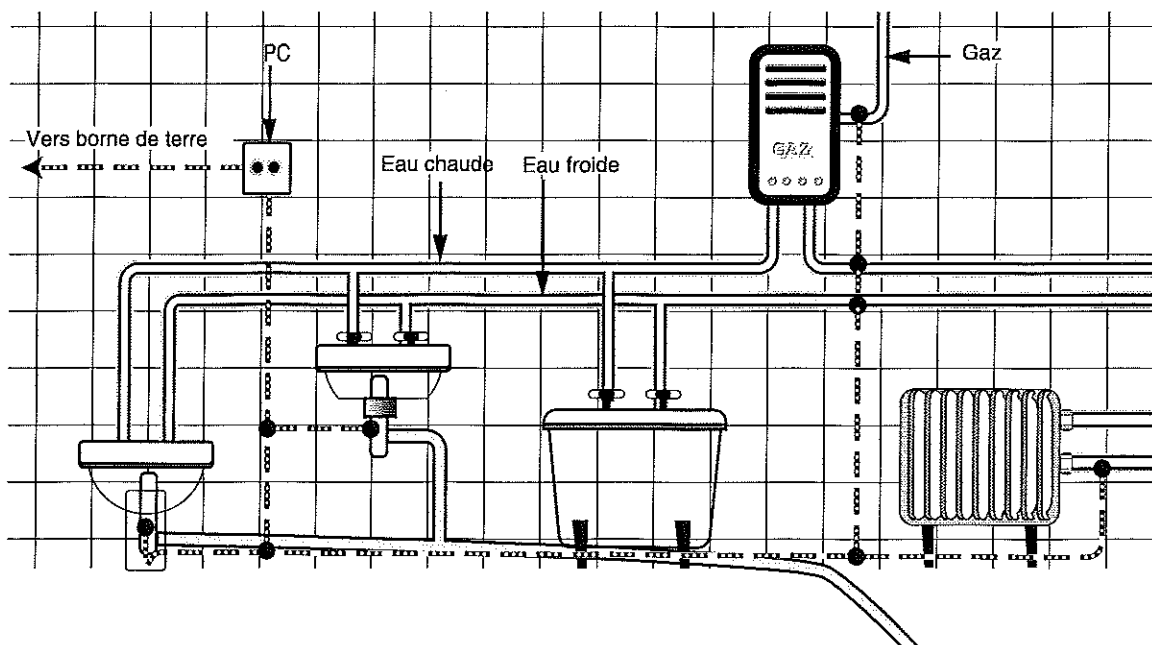
Tous ces éléments conducteurs doivent être reliés d'une manière efficace par des « liaisons équipotentielles » au « conducteur de protection » lui-même relié à la prise de terre. Ces liaisons sont délicates à réaliser à cause de la configuration de la salle d'eau et l'ensemble doit être total, c'est-à-dire qu'aucune masse doit être non reliée. L'huissierie métallique sert éventuellement de conducteur équipotentiel. Toutefois, certains éléments métalliques isolés ne doivent pas être reliés (voir plus loin).

RÉALISATION

Les éléments conducteurs devant être reliés sont les suivants :

- tuyauteries métalliques : d'adduction d'eau et de vidange, de radiateurs et de porte-serviettes alimentés en eau chaude, conduits de ventilation ;
- huisseries métalliques de portes et fenêtres ;
- corps métalliques des appareils sanitaires ;
- baignoires et bacs à douche s'ils sont métalliques, la bonde et le siphon s'ils sont métalliques.

La mise en œuvre des connections de ces différents éléments est illustrée par le schéma ci-après.



Liaisons équipotentielles en salle d'eau

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

NATURE DES CONDUCTEURS DE LIAISON

Les conducteurs sont du type HO7 ou U 1000 R dont la coloration est vert-jaune, normalisée. Ils peuvent être apparents (fixés aux pavois) ou noyés dans les parois sous conduit isolant.

ÉLÉMENTS NE DEVANT PAS ÊTRE RELIÉS

Les éléments métalliques dont l'isolement par rapport à la construction est sûr et durable ne sont pas reliés. Ce sont :

- la bouche de ventilation si elle est séparée du conduit par un isolant fixe de longueur ≥ 3 cm ;
- les grilles d'aération ;
- les radiateurs et porte-serviettes s'ils sont alimentés par des canalisations isolantes.



Question/Réponse

MAÇONNERIES

Fissures (colmatage)

QUESTION

Suite à différents désordres de fissures dans des parois de bâtiment, le problème de la réparation ou traitement des fissures se pose.

Quelles sont les solutions possibles ?

RÉPONSE

Questions préalables

- La fissuration constatée est-elle *stabilisée* ou au contraire en évolution possible (constatée par témoins) ?
- La *cause* de la fissuration a-t-elle été déterminée ?
- La fissuration est-elle traversante ou non ? (Des pénétrations d'eau ont-elles été constatées ?)
- S'agit-il seulement d'un problème esthétique ?

1^{er} cas : les fissurations sont stabilisées

La solution de réparation consistera généralement à refaire les enduits extérieurs et intérieurs (en cas de fissures pénétrantes).

S'il y a eu pénétrations d'eau, il y a lieu de traiter spécialement les fissures ou de créer un *ouvrage extérieur* étanche :

- revêtement en pierre attachée (avec ou sans isolant) ;
- bardage, vêtue, etc.

2^e cas : les fissurations ne sont pas stabilisées

Si la ou les causes n'ont pas été déterminées, la solution ne peut être déterminée car le phénomène risque de s'aggraver et d'affecter la réparation envisagée.

Le recours à des solutions « bardages » permettra de réaliser l'étanchéité du mur mais pourra nécessiter des doublages sur face intérieure. Cette solution n'est envisageable que si le phénomène évolue lentement et ne s'aggrave pas.

L'aspect esthétique est à prendre en compte car :

- le tracé des fissures est totalement aléatoire dans le cas d'enduits. Il peut avoir une morphologie spécifique pour les parois de structure porteuse ;
- le traitement des fissures de faible amplitude est possible à l'aide de mastics élastomères ¹⁾ mais ces matériaux sont délicats à mettre en œuvre et les fissures traitées restent visibles.

1) Consulter listes SNJF (produits agréés par le Syndicat national des joints et façades).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Remarques

Dans la plupart des cas, sauf à adopter une solution par revêtement rapporté attaché (bardage, vêtue), le risque de réapparition de la fissure existe.

Les fines fissurations résultant pour les enduits minces (type monocouche) de la différence de nature des supports ne peuvent généralement pas être traitées.

Elles constituent un risque « esthétique » non préjudiciable que l'on ne peut faire disparaître que par une reprise complète de l'enduit (sans garantie totale de résultat).



MAÇONNERIES

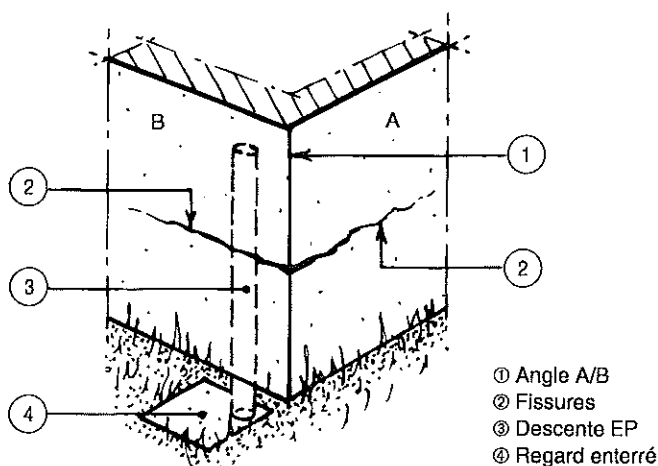
Fissures dans un angle de bâtiment

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 13.1

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Fissure horizontale infiltrante (apparition d'humidité à l'intérieur) située à la base d'un mur (cf. schéma).



DÉFINITION DES OUVRAGES AFFECTÉS PAR LE DÉSORDRE

Les ouvrages fissurés correspondent au mur pignon (A) et au mur façade adjacent (B).

CONSTATATIONS

- La fissure est horizontale.
- Elle est située près du niveau du sol extérieur.
- Son ouverture est plus importante au droit de l'arête d'angle.
- La fissure se retourne sur chaque face de l'angle et s'amortit progressivement.
- Une descente d'évacuation d'eaux pluviales provenant de la toiture débouche dans un regard enterré situé dans l'angle.

CAUSE PRINCIPALE RÉSULTANT DES CONSTATATIONS

Tassement différentiel dû à la variation de teneur en eau du sol de fondation sous la fondation d'angle. Fuite du regard.

VÉRIFICATIONS COMPLÉMENTAIRES

- Vérifier si le regard présente un radier avec évacuation vers le réseau (défaut possible dans ce radier ou aux raccords avec les parois verticales).
- Vérifier si ce regard n'est pas « à fond perdu », c'est-à-dire sert de puisard pour évacuer les EP directement dans le terrain.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

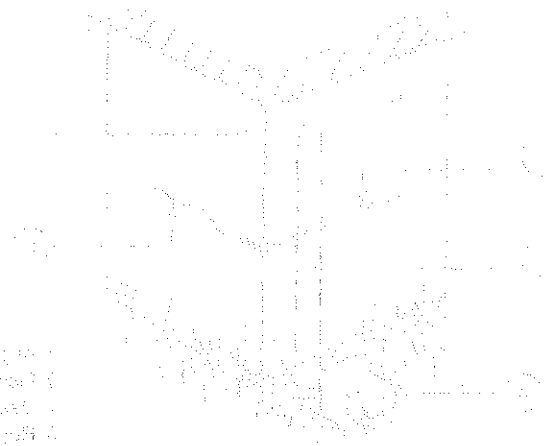
Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



Fissures
Angle
Fissures
Angle

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



MAÇONNERIES

Fissures dans un angle de bâtiment

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 13.1.

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Cf. fiche diagnostic : « MAÇONNERIES - Fissures dans un angle de bâtiment ».

SOLUTIONS DE RÉPARATIONS

1^{er} cas

Le regard n'est pas étanche mais l'évacuation est prévue vers le réseau.

- La solution consistera en premier à réparer le regard et à assurer l'étanchéité du radier et des parois ainsi que du raccordement de la canalisation d'évacuation vers le réseau.
- Prévoir l'entretien du regard de manière à éviter les engorgements qui ramèneraient le problème à la situation initiale.
- Après stabilisation de la fissure, réparation de celle-ci, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

2^e cas

Le regard est à fond perdu et évacue les EP par infiltration dans le sol au droit de l'angle de la construction.

1/ Il y a possibilité de raccorder le regard au réseau :

- prévoir ce raccordement ;
- rendre le regard étanche.

2/ Il n'y a pas possibilité de raccorder le regard. Dans ce cas, il faut évacuer les EP au-delà de l'emprise de la construction et de ses fondations :

- étancher le regard (radier...) ;
- raccorder par canalisation à un puits perdu ou tranchée drainante située à 2 ou 3 m de la construction.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

Journal of Management Education 30(6)



MAÇONNERIES

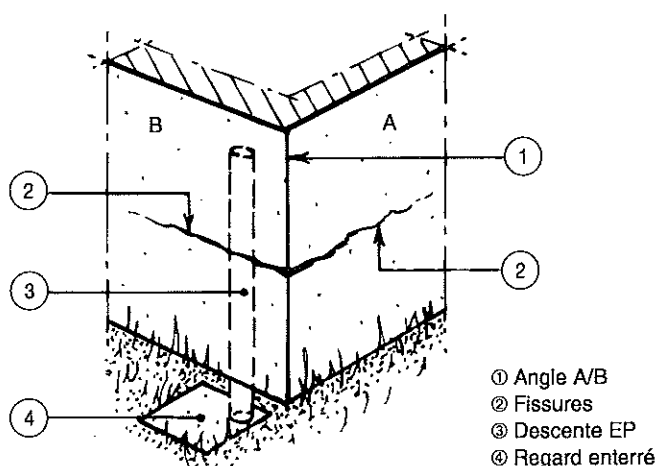
Fissures dans un angle de bâtiment

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 13.11 (mars 1988) - DTU 20.1 (NF P 10-202 de décembre 1995) et amendements.

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Fissure horizontale infiltrante (apparition d'humidité à l'intérieur) située à la base d'un mur (cf. schéma).



DÉFINITION DES OUVRAGES AFFECTÉS PAR LE DÉSORDRE

Les ouvrages fissurés correspondent au mur pignon (A) et au mur façade adjacent (B).

CONSTATATIONS

- La fissure est horizontale.
- Elle est située près du niveau du sol extérieur.
- Son ouverture est plus importante au droit de l'arête d'angle.
- La fissure se retourne sur chaque face de l'angle et s'amortit progressivement.
- Une descente d'évacuation d'eaux pluviales provenant de la toiture débouche dans un regard enterré situé dans l'angle.

CAUSE PRINCIPALE RÉSULTANT DES CONSTATATIONS

Tassement différentiel dû à la variation de teneur en eau du sol de fondation sous la fondation d'angle. Fuite du regard ¹⁾.

VÉRIFICATIONS COMPLÉMENTAIRES

- Vérifier si le regard présente un radier avec évacuation vers le réseau (défaut possible dans ce radier ou aux raccords avec les parois verticales).
- Vérifier si ce regard n'est pas « à fond perdu », c'est-à-dire sert de puisard pour évacuer les EP directement dans le terrain.

1) Cf. fiche désordre « maçonneries porteuses - Fissuration d'un angle de mur ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le diagnostic des fissures dans un angle de bâtiment est une tâche complexe, car elle nécessite une analyse minutieuse de la structure et de son environnement. Les fissures peuvent être causées par de nombreux facteurs, tels que les variations de température, les mouvements du sol, les charges excessives ou les défauts de construction. Il est essentiel de distinguer entre les fissures structurelles, qui peuvent compromettre l'intégrité du bâtiment, et les fissures non structurelles, qui sont souvent superficielles et ne posent pas de danger immédiat.

Une inspection visuelle soignée, accompagnée d'outils de mesure précis, permet d'évaluer l'ampleur et la direction des fissures. Les techniques de diagnostic avancées, comme l'ultrason ou la thermographie, offrent une vue d'ensemble plus complète de l'état de la structure. Ces méthodes permettent de détecter des défauts cachés et de mieux comprendre les mécanismes de dégradation.



Figure 1 : Schéma illustrant la propagation des fissures dans un angle de bâtiment, montrant les joints de mortier et les fissures structurelles.

Le diagnostic des fissures dans un angle de bâtiment est une tâche complexe, car elle nécessite une analyse minutieuse de la structure et de son environnement. Les fissures peuvent être causées par de nombreux facteurs, tels que les variations de température, les mouvements du sol, les charges excessives ou les défauts de construction. Il est essentiel de distinguer entre les fissures structurelles, qui peuvent compromettre l'intégrité du bâtiment, et les fissures non structurelles, qui sont souvent superficielles et ne posent pas de danger immédiat.

Une inspection visuelle soignée, accompagnée d'outils de mesure précis, permet d'évaluer l'ampleur et la direction des fissures. Les techniques de diagnostic avancées, comme l'ultrason ou la thermographie, offrent une vue d'ensemble plus complète de l'état de la structure. Ces méthodes permettent de détecter des défauts cachés et de mieux comprendre les mécanismes de dégradation.

Le diagnostic des fissures dans un angle de bâtiment est une tâche complexe, car elle nécessite une analyse minutieuse de la structure et de son environnement. Les fissures peuvent être causées par de nombreux facteurs, tels que les variations de température, les mouvements du sol, les charges excessives ou les défauts de construction. Il est essentiel de distinguer entre les fissures structurelles, qui peuvent compromettre l'intégrité du bâtiment, et les fissures non structurelles, qui sont souvent superficielles et ne posent pas de danger immédiat.

Une inspection visuelle soignée, accompagnée d'outils de mesure précis, permet d'évaluer l'ampleur et la direction des fissures. Les techniques de diagnostic avancées, comme l'ultrason ou la thermographie, offrent une vue d'ensemble plus complète de l'état de la structure. Ces méthodes permettent de détecter des défauts cachés et de mieux comprendre les mécanismes de dégradation.



MAÇONNERIES

Fissures dans un angle de bâtiment

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 13.11 (NF P 11-211 de mars 1988) - DTU 20.1 (NF P 10-202 de décembre 1995) et amendements.

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Cf. fiche diagnostic : « MAÇONNERIES - Fissures dans un angle de bâtiment ».

SOLUTIONS DE RÉPARATIONS

1^{er} cas

Le regard n'est pas étanche mais l'évacuation est prévue vers le réseau.

- La solution consistera en premier à réparer le regard et à assurer l'étanchéité du radier et des parois ainsi que du raccordement de la canalisation d'évacuation vers le réseau.
- Prévoir l'entretien du regard de manière à éviter les engorgements qui ramèneraient le problème à la situation initiale.
- Après stabilisation de la fissure, réparation de celle-ci, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

2^e cas

Le regard est à fond perdu et évacue les EP par infiltration dans le sol au droit de l'angle de la construction.

1/ Il y a possibilité de raccorder le regard au réseau :

- prévoir ce raccordement ;
- rendre le regard étanche.

2/ Il n'y a pas possibilité de raccorder le regard. Dans ce cas, il faut évacuer les EP au-delà de l'emprise de la construction et de ses fondations :

- étancher le regard (radier...) ;
- raccorder par canalisation à un puits perdu ou tranchée drainante située à 2 ou 3 m de la construction.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

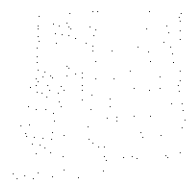
ST

UV

WX

YZ

PROBLEME A RESOLVRE



Le maître d'ouvrage vous a confié la réalisation d'un

projet de construction d'un bâtiment à usage d'habitat. Le bâtiment est situé dans une zone à forte densité de population. Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.

Le maître d'ouvrage vous a demandé de réaliser un plan de construction et de dimensionnement des fondations.



Question/Réponse

MAÇONNERIES DE BRIQUES CREUSES DE TERRE CUITE

Piles porteuses

QUESTION

Peut-on réaliser des piles porteuses en maçonneries de briques creuses ?

RÉPONSE

Il n'y a pas de règle interdisant cette utilisation.

Cette réalisation est possible (photo 1) sous réserve d'utiliser des éléments montés à joints croisés (exemple : briques de $20 \times 20 \times 40$) et de transmettre des charges limitées à ces éléments porteurs et d'éviter les efforts horizontaux en tête par poussée de charpente.

Le cas illustré ci-dessous correspond à des points porteurs d'une couverture d'un lavoir communal dans le Var.

L'aspect esthétique a été amélioré par un enduit appliqué sur les quatre faces de chaque pile.

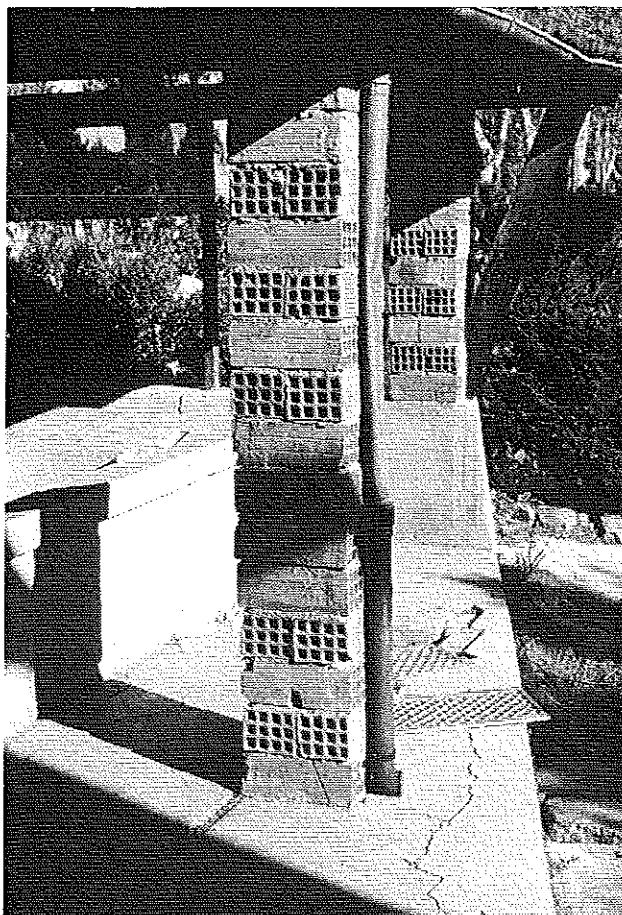


Photo 1 : Montage de briques creuses pour créer des piles porteuses. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le présent document est la propriété de la Direction Régionale de l'Énergie et de l'Électricité (DREE) de la Région de la Capitale-Nationale. Il est prêt à être utilisé par les membres du personnel de la DREE et les membres du personnel des organismes affiliés à la DREE. Il est interdit de reproduire ou de diffuser ce document sans la permission écrite de la DREE.

Le présent document est la propriété de la Direction Régionale de l'Énergie et de l'Électricité (DREE) de la Région de la Capitale-Nationale. Il est prêt à être utilisé par les membres du personnel de la DREE et les membres du personnel des organismes affiliés à la DREE. Il est interdit de reproduire ou de diffuser ce document sans la permission écrite de la DREE.

Le présent document est la propriété de la Direction Régionale de l'Énergie et de l'Électricité (DREE) de la Région de la Capitale-Nationale. Il est prêt à être utilisé par les membres du personnel de la DREE et les membres du personnel des organismes affiliés à la DREE. Il est interdit de reproduire ou de diffuser ce document sans la permission écrite de la DREE.





Question/Réponse

MAÇONNERIES DE BRIQUES PLEINES

Efflorescences

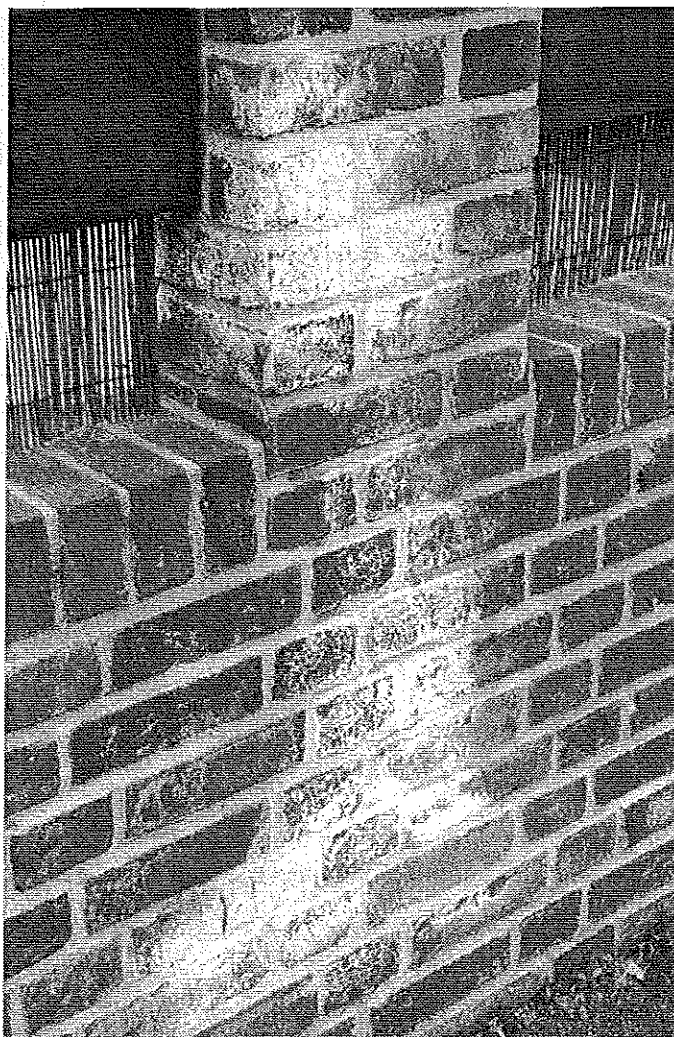
QUESTION

Quels sont les éléments qui favorisent l'apparition d'efflorescences sur une maçonnerie de briques pleines ?

RÉPONSE

Définition (origine)

Les efflorescences correspondent à la formation d'un dépôt blanchâtre farineux ou cristallin se produisant à la surface de certains matériaux tels que briques pleines, enduits hydrauliques, blocs de béton manufacturés.



© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

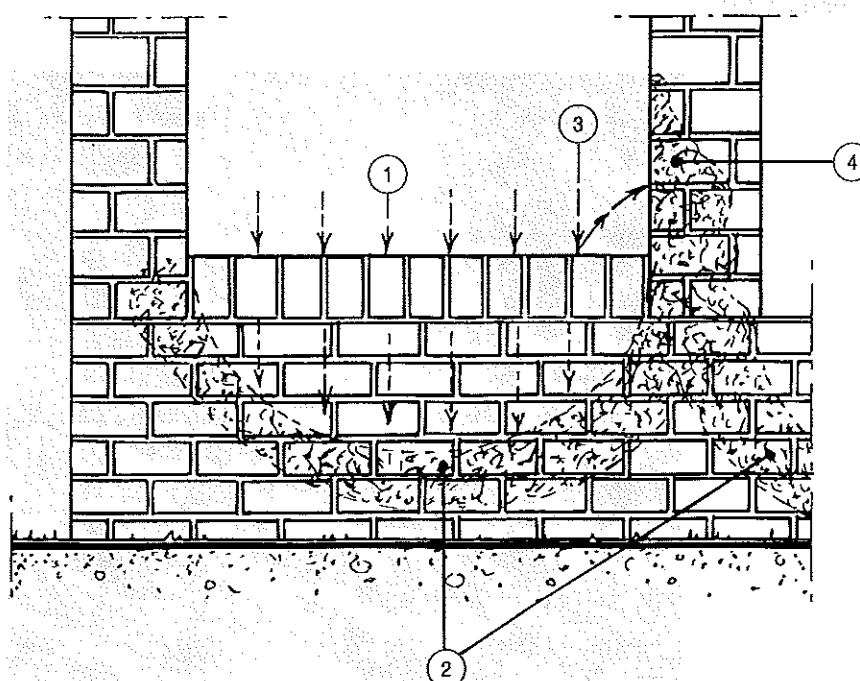
YZ

- Sur les enduits, il s'agit souvent d'une carbonatation, c'est-à-dire transformation de l'oxyde de calcium (CaO) ou chaux en carbonate de calcium (CaCO_3) sous l'action acide du gaz carbonique (CO_2) de l'air. Cette réaction accompagne la prise de tous les liants hydrauliques (ciments et chaux). La chaux libre dégagée par la prise est entraînée par l'eau en excès vers la surface des bétons, mortiers et enduits à travers le réseau capillaire. Au contact de l'air, l'eau s'évapore en déposant des cristaux de carbonates. Sous certaines conditions hygrothermiques (forte humidité et température $< 8^\circ \text{C}$), l'évaporation de l'eau chargée de carbonate s'effectue à l'origine des capillaires : dans ce cas les cristaux déposés sont visibles sous forme d'efflorescences de carbonatation de couleur blanchâtre, inesthétique surtout sur les enduits teintés.

Ce type d'efflorescences constitue *un risque esthétique* mais n'altère pas les qualités physiques d'une maçonnerie.

- À la surface des briques (cas traité), c'est souvent une sulfatation, c'est-à-dire la formation de sulfate de chaux (cf. photo).

Dans le cas présenté, il s'agit d'une maçonnerie de briques pleines correspondant à un muret de clôture surmonté de poteaux. Le schéma suivant montre le processus de formation des efflorescences.



- ① Infiltrations par briques et joints
- ② Sorties par efflorescences
- ③ Mouillage de la pile par rejaillissement
- ④ Remontées par capillarité

- L'eau de pluie pénètre par le dessus des murets et s'infiltre à travers les briques pleines et les joints de hourdage en se chargeant progressivement de sels dissous :

- dans les éléments de terre cuite (provenance des carrières d'exploitation) ;
- dans les ciments (cf. ci-dessus).

Le cas présenté ici correspond principalement à des sels dissous dans les briques. Les sels dissous migrent vers l'extérieur avec, dans cette disposition, la formation d'un arc incurvé vers le haut. Une autre migration s'effectue au droit du pilier intermédiaire sur une partie en prolongement de l'arc, par effet de la capillarité et du rejaillissement de l'eau sur le dessus du muret.

Remèdes

La plupart des efflorescences peuvent être traitées par un brossage énergique des surfaces avec une solution légèrement acide (acide sulfurique ou muriatique dilué) suivi d'un rinçage abondant à l'eau claire. C'est le cas des efflorescences de carbonatation.

Ce phénomène peut néanmoins réapparaître par cycles successifs pendant plusieurs années. Il disparaît généralement après un certain nombre de cycles, c'est-à-dire après élimination des sels dissous.



MAÇONNERIES DE BRIQUES PLEINES

Phénomènes de gel

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Le cas présenté correspond à des constructions en maçonnerie de briques pleines soumises à des climats très rigoureux (Moscou). Le phénomène de gel peut intervenir superficiellement par un écaillage léger qui gagne progressivement en profondeur (photo 1).



Photo 1 : Phénomène de gel sur une maçonnerie de briques pleines. © J. Putatti

Le parement éclate pour certains éléments plus fragiles (photo 2), certains éléments sont encore partiellement adhérents avant éclatement complet.

Dans le cas présenté (mur limite), le couronnement du mur non étanche (présence de joints) n'a pas suffisamment protégé les assises sous-jacentes (photo 3).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Phénomène de gel sur une maçonnerie de briques pleines. © J. Putatti



Photo 3 : Maçonnerie de briques pleines porteuses ayant subi les effets du gel. © J. Putatti

L'action des eaux de rejaillissement sur la partie de mur en saillie (soubassement) a fortement contribué à la saturation des deux premières assises et à l'expansion par effet de gel. L'action est plus directe sur le soubassement de la photo 4.

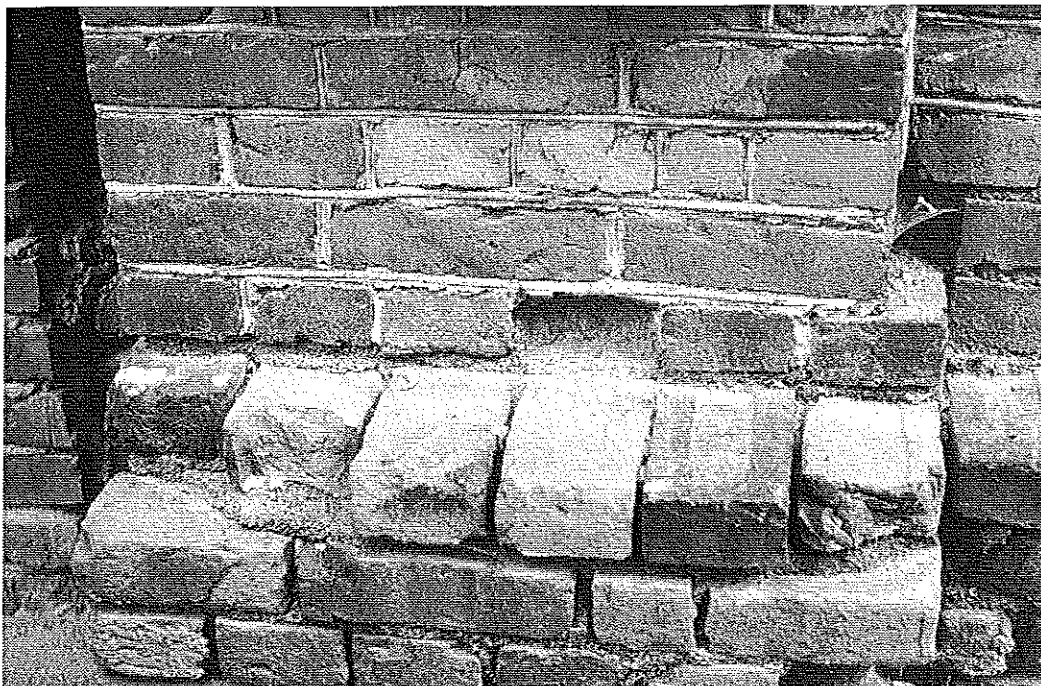


Photo 4 : Maçonnerie de briques pleines porteuses. Effets de gel généralisés. © J. Putatti

CAUSES

La cause majeure des effets de gel est la qualité de la brique (photo 5) :

- trop poreuse ;
- insuffisamment cuite.

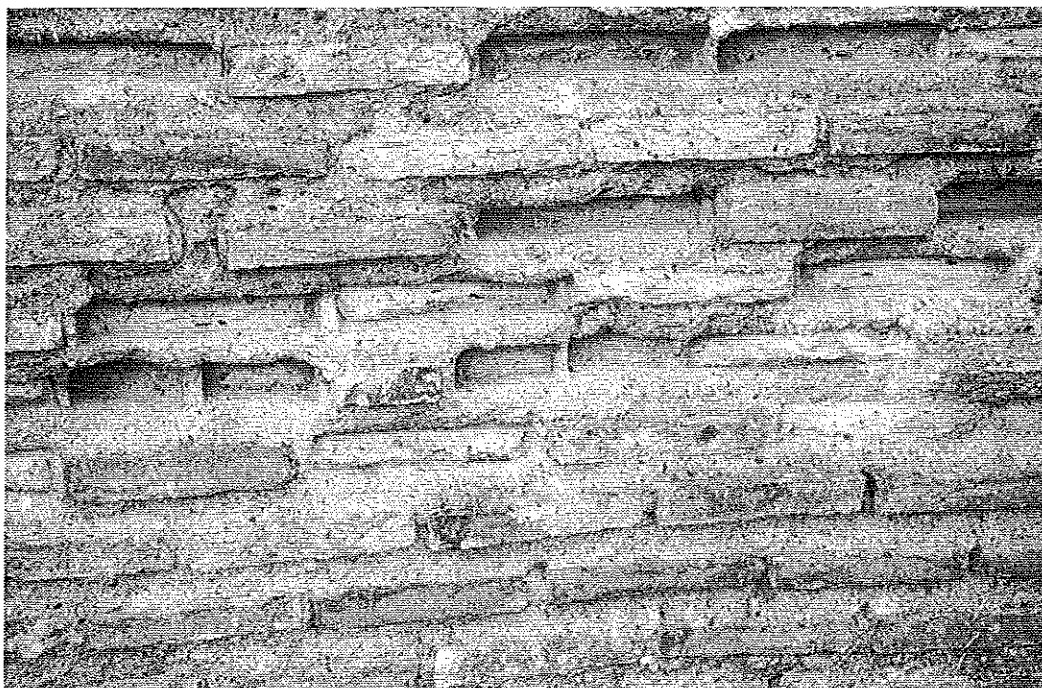


Photo 5 : Maçonnerie de briques pleines hourdées à l'ancienne (joints mortier de chaux). Phénomène de gel. La porosité des joints et la qualité des briques a probablement contribué au gel des éléments de terre cuite. Ce cas de figure se situe en France. © J. Putatti



Figure 1. Photographie de la face d'un mur en briques pleines.

(d) (voir) l'impact de la température sur la durée de vie des briques.

La température de
l'air ambiant est de



Figure 2. Photographie de la face d'un mur en briques pleines.



MAÇONNERIES DE PIERRE CALCAIRE

Altération de pierres

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Une maçonnerie de pierres calcaires présente pour certaines de ses assises des altérations importantes dues aux effets de ruissellement et de gel.

La cause principale des altérations est la *nature différente* des roches calcaires qui proviennent :

- soit d'une même carrière, mais de bancs différents ;
- soit de carrières différentes (région de l'Aisne).

En tout état de cause, les caractéristiques sont différentes (porosité, dureté, résistance mécanique, structure...) pour chaque assise et dans une même assise entre les différents éléments.

Dans le cas présenté, il est possible que la protection par la pierre de couronnement et la première assise supérieure ait suffi à protéger ces deux niveaux, le ruissellement ou les pluies battantes agissant seulement sur les assises plus basses (photo 1).

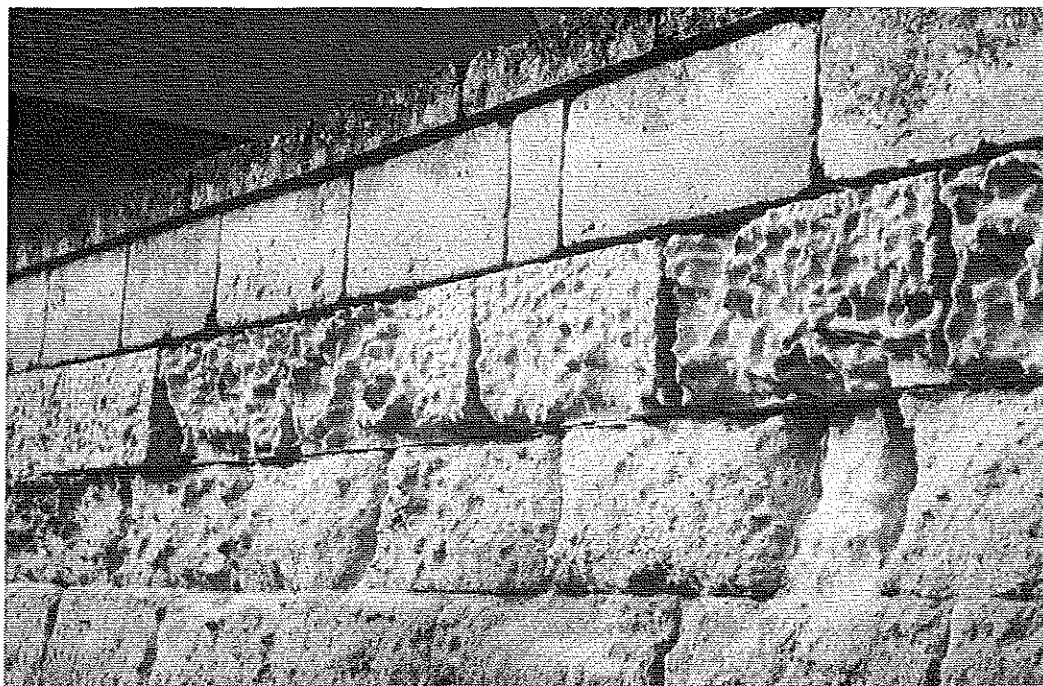


Photo 1 : Mur en maçonnerie de pierres calcaires de duretés différentes. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

MAÇONNERIES DE PIERRE CALCAIRE



Document de travail

Document de travail

Le présent document a été élaboré par le Service Technique de l'Architecture de la Région Île-de-France, en collaboration avec les services techniques des Maires des communes de la Région.

Il a pour objet de définir les règles de construction des maçonneries de pierre calcaire, en tenant compte des particularités de ce matériau et des exigences de la réglementation en vigueur.

Le présent document est destiné à être utilisé par les professionnels de la construction.

Il est recommandé de consulter ce document en complément des autres documents de la réglementation en vigueur, notamment le Règlement de la Construction.

Le présent document est soumis à la validation de la Commission Technique de l'Architecture de la Région Île-de-France, et sera mis à jour en fonction des évolutions de la réglementation et des pratiques professionnelles.



Figure 1 : Exemple de maçonnerie de pierre calcaire.



MAÇONNERIES DE PIERRE DE TAILLE APPAREILLÉE

Désordres sur des appuis de baie

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Dans une façade en pierre de taille porteuse appareillée, les appuis de baie sont réalisés par des éléments en pierre de dureté plus élevée que ceux de la maçonnerie porteuse courante. Ces appuis comportent à leurs extrémités des relevés permettant d'éviter les coulures et les salissures.

Le bord inférieur est équipé en sous-face d'un profil en creux formant « goutte d'eau » ; malgré ces précautions, on note au bout de quelques années et pour une façade particulièrement exposée (orientation S-O) :

- des salissures noirâtres dues à des développements de micro-organismes sur le dessus de l'appui malgré une pente transversale, sauf sur l'about (photo 1) ;
- une dégradation du joint de pose au droit de l'encastrement de l'about de la pièce d'appui et du tableau de baie (côté droit de l'appui).



Photo 1 : Appui de baie sur allège en pierre dure. Salissures et dégradation du joint. © J. Putatti

Sur le côté gauche de l'appui (photo 2), le détail du joint apparaît avec une dégradation de la pierre au-dessus du joint de pose.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 1 : Côté gauche de l'appui. Détail du joint de la pièce d'appui avec le mur.
© J. Putatti

Le phénomène de salissures par micro-organismes se produit surtout en période humide (automne, hiver) et disparaît presque totalement en période chaude d'été. Le traitement par nettoyage à l'aide de produits anticryptogamiques est efficace.

Pour la dégradation de l'élément de pierre au-dessus du joint avec la pièce d'appui, ce sont les effets de rejaillissement et de porosité de la pierre porteuse plus tendre qui sont à imputer (remontées capillaires). La reconstitution de la pierre après grattage et son traitement par un produit hydrofuge permettent de limiter le désordre.



MAÇONNERIES DE PIERRE DE TAILLE APPAREILLÉE

Éclatement de la pierre provoqué par un scellement d'une grille

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

À l'angle d'une façade en pierre de taille appareillée et d'un pignon, une grille de clôture constituant limite de propriété a été scellée dans un premier temps dans la pierre porteuse de façade. Malgré les précautions prises (jeu dans le scellement souple au mastic), les effets de dilatation et de contraction de la grille ont fait éclater la pierre de taille au droit du scellement (photo 1).

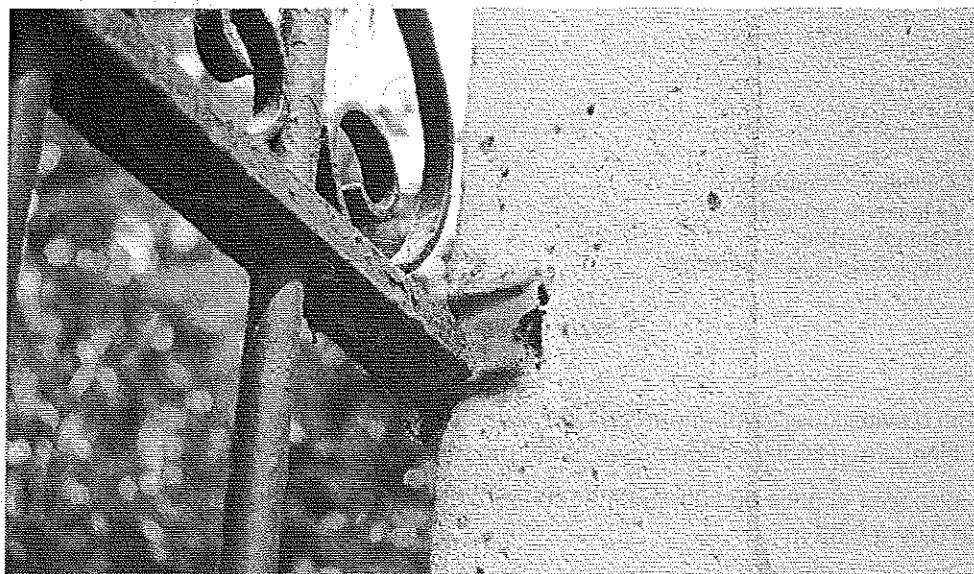


Photo 1 : Scellement souple d'une grille de clôture en limite de propriété dans un mur en pierre de taille. © J. Putatti

La disposition initiale par « scellement » direct dans le bloc d'assise a été modifiée par le remplacement de l'élément de pierre éclaté en encastrant un élément de pierre de même origine et en ménageant une encoche permettant de réaliser un nouveau scellement « souple » (fig. 1).

- ① Mur façade pierre de taille appareillée
- ② Mur pignon limite enduit
- ③ Grille clôture
- ④ Pierre de réparation encastrée dans bloc d'assise
- ⑤ Encoche pour scellement souple de la grille
- ⑥ Calfeutrement mastic élastomère
- ⑦ Mouvement de la grille

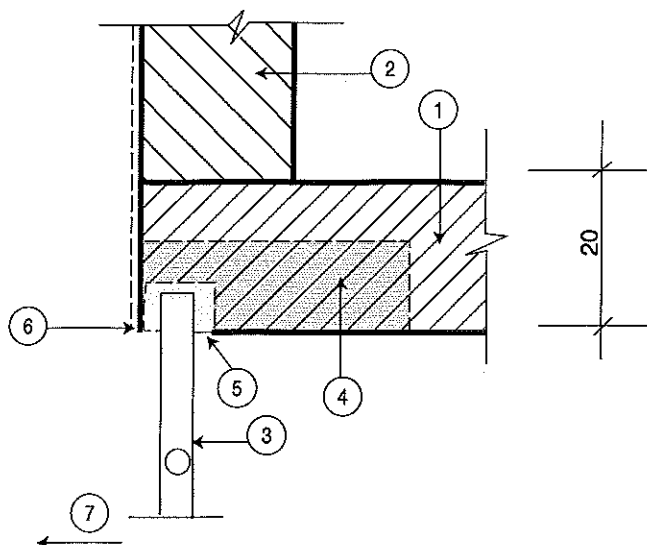


Fig. 1 : Détail du scellement (vue coupe-plan).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Malgré ces précautions, la grille a subi, du fait de l'allongement de la lisse supérieure, un effet de torsion qui l'a déportée vers l'extérieur avec arrachement du mastic. Par contre, la pierre qui a été remplacée, ainsi que l'encoche pratiquée pour effectuer le scellement, n'ont subi aucun désordre.

SOLUTION DE REPRISE (fig. 2)

- ⑥' Cachetage réparation de la pierre (encoche)
- ⑧ Montant vertical
- ⑨ Coupure de la lisse verticale

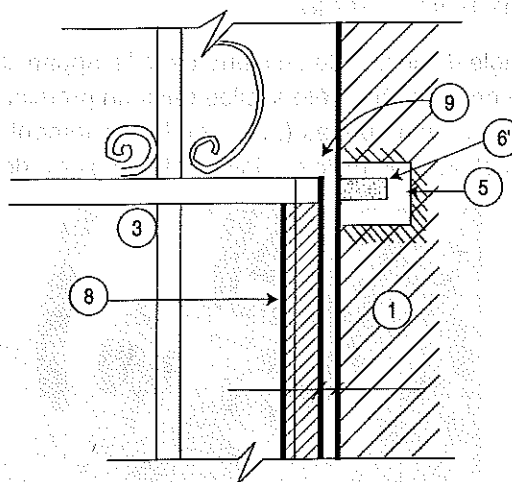


Fig. 2 : Solution de reprise (élévation).

Afin d'éviter que les phénomènes cycliques de dilatation-retrait se répercutent sur un scellement « aléatoire », la disposition suivante est proposée :

- dissocier la grille du bâtiment par coupure de la lisse supérieure en ménageant un jeu de l'ordre de 0,02 à 0,05 m ;
- mise en place d'un montant vertical scellé dans le mur bahut support de grille et raccordé à la lisse supérieure.



Question/Réponse

MAÇONNERIES

Maçonneries de terre

QUESTION

Qu'appelle-t-on mur en pisé ?

RÉPONSE

Ce type de maçonnerie fait partie des maçonneries de terre réalisées à partir de « terre cuite » par distinction avec la terre cuite utilisée sous forme de petits éléments (briques). Les briques ou blocs de terre crue sont utilisés :

- en Europe centrale (Hongrie) ¹⁾ ;
- en Afrique (Niger, etc.) et au Moyen-Orient (Yémen, etc.).

Le *pisé* est un terme français d'origine latine apparu à Lyon vers 1562. Il correspond au principe de construction de murs épais (de l'ordre de 0,50 m) en damant de la terre dans des coffrages latéraux déplacés au fur et à mesure de l'avancement du travail (banches) ²⁾. Ce terme présente des équivalents :

- Le *torchis* ³⁾ est un mélange de terre très argileuse et de fibres végétales (paille, etc.) destiné à garnir des structures portantes généralement en bois (colombages) ou à réaliser des murs à faible portance.
- La *bauge* désigne une terre assez plastique, additionnée d'eau et pétrie avec de la paille hachée, des herbes ou de fines branches, modelée en boules grossières ou petits paquets sur des hauteurs faibles (0,40 à 0,60 m) des murs monolithiques épais faiblement porteurs ou minces (hourdage des structures). Ce type de matériau à base de terre n'est plus utilisé en Europe mais encore dans certains pays.
- L'*adobe* provenant du mot arabe *thobe* ou berbère, assimilé en Espagne et transmis aux Amériques où on le retrouve en anglais. Il se distingue du pisé du fait qu'il correspond à des briques de terre crue mises en forme dans des moules, puis séchées au soleil (cf. photo 1).
- Le *bamko*, mot africain désignant une technique analogue à celle du pisé. Cette technique permet de réaliser des constructions de plusieurs niveaux (cf. photo 2).

1) Recoupés directement dans une couche argileuse en place.

2) L'outil de damage est un « pisolir ».

3) Ce terme est à connotation péjorative.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

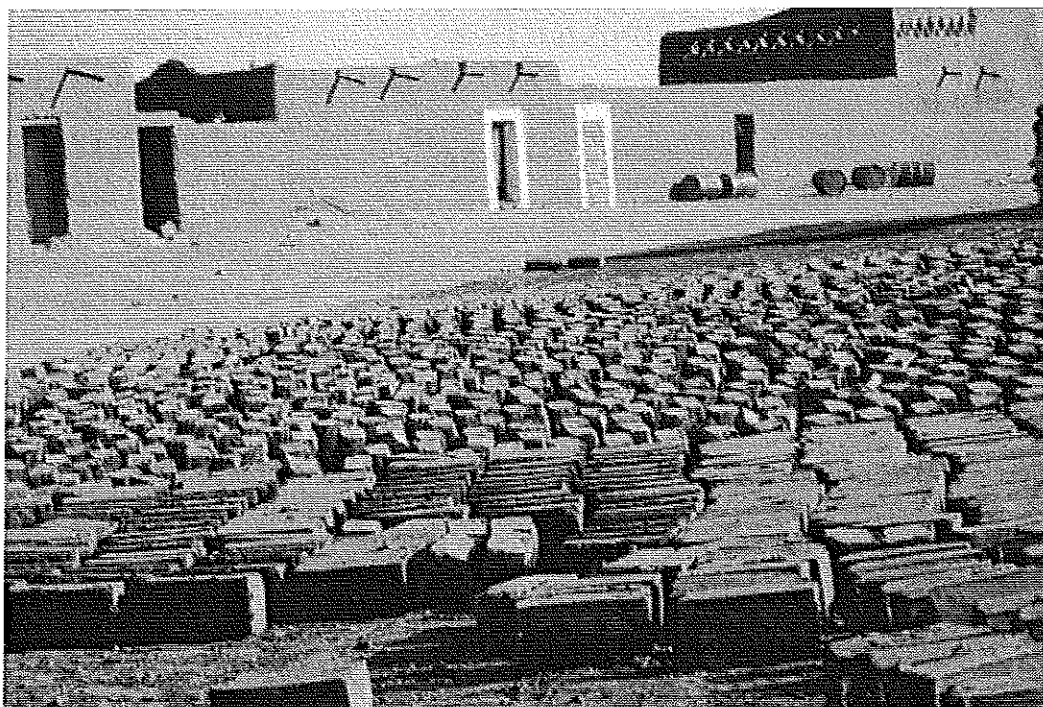


Photo 1 : Maçonnerie d'adobe (briques de terre crue) Agadès (Haut-Niger). © J. Putatti

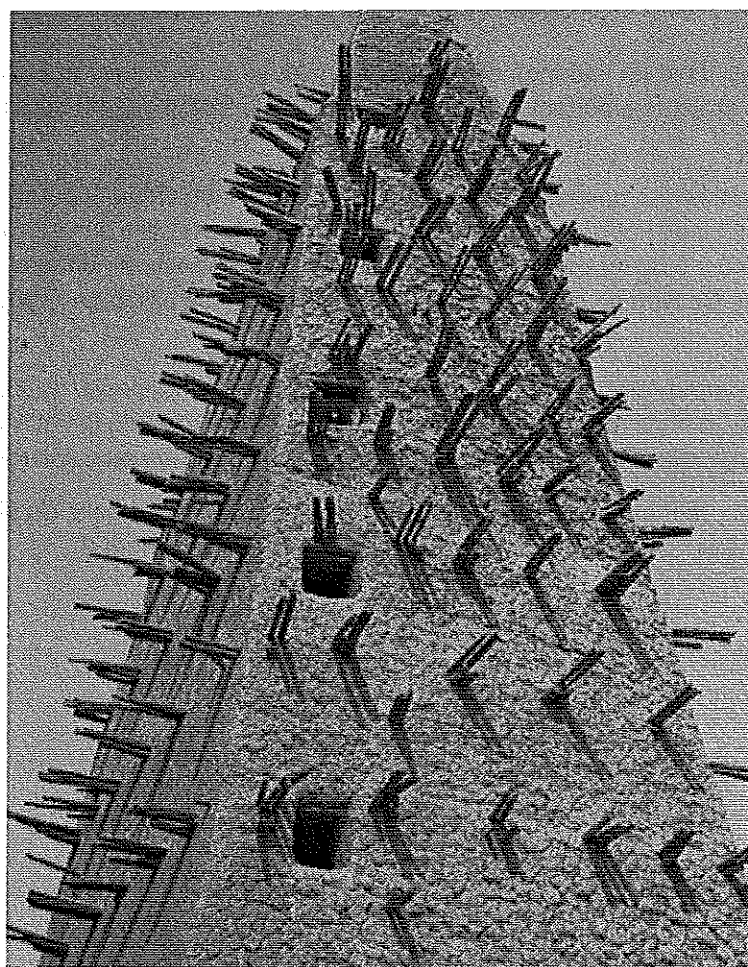


Photo 2 : Mosquée d'Agadès (construction en barko) (Haut-Niger).
© J. Putatti

Historiquement, les constructions en terre *crue* existent depuis près de dix mille ans. On en trouve trace dès l'Antiquité en Mésopotamie (Égypte des Pharaons), en Europe, en Afrique, au Moyen-Orient (Iran ¹⁾, etc.) et en Asie (Inde, Chine, etc.). Cette technique est aussi utilisée au Mexique dans les Andes.

En France, cette tradition représente au moins 15 % du patrimoine rural traditionnel (régions de Lyon, Grenoble, Toulouse, Normandie, etc.). La ville nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère), près de Lyon, a expérimenté cette technique dans les années 1980.

En résumé, les maçonneries porteuses en terre crue correspondent à deux techniques :

- les éléments en adobe ou briques de terre crue séchées au soleil, hourdées à la chaux ou avec des mortiers à base d'argile. La pose sans joints de mortier (Niger, Yémen) est également pratiquée ;
- les maçonneries en terre crue banchée entre coffrages (Maroc, Afrique noire, etc.) sous forme de pisé, bamko, etc.

La portance de ces maçonneries, du fait de l'épaisseur des parois permet de réaliser des constructions jusqu'à 5-7 niveaux (Yémen).

RÈGLES DE L'ART

Ces règles relèvent de la tradition orale. Il n'existe pas, malgré les expériences pilotes réalisées en France, de règles écrites et il peu probable que ces règles soient définies dans un futur proche.

- Le *pisé* utilise une terre très sableuse, rive en graviers et cailloux à peine argileuse (10 à 20 %). Elle est aérée après extraction. Elle est mise en place dans un coffrage (banches) et compactée manuellement ou mécaniquement ; on utilise de préférence des sols d'origine glaciaire ou alluviale pour réaliser d'excellents pisés. Cette technique a été pratiquée en France (Dauphiné, Auvergne) jusque vers les années 1950 et est encore utilisée au Maroc, Moyen-Orient et Amérique du sud. L'amélioration porte sur les coffrages (intégraux ou grimpants) et le compactage (compresseurs et fouloirs pneumatiques pour les pays équipés). Ailleurs, le compactage reste manuel.
- L'*adobe* utilise une terre assez argileuse (jusqu'à 30 %), mais très sableuse complétée par de l'eau (15 à 30 %) permettant d'obtenir une pâte semi-ferme façonnable à la main ou mise en forme dans des moules (briques). En France, l'utilisation traditionnelle comprend l'incorporation de paille et le moulage dans des cadres en bois (variante : carreau de terre en Champagne). Aux USA (États du sud) et Mexique, les blocs sont fabriqués industriellement à grand débit. Cette technique est répandue dans le monde (Moyen-Orient, Afrique, Asie, Amérique latine).
- Le *torchis* utilise une terre très argileuse abondamment mêlée de paille ou de fibres végétales rencontrées localement. On l'utilise principalement en remplissage de structure en bois (colombages) en haute et basse Normandie, Alsace, Bresse et dans les Landes. Cette technique est actuellement abandonnée en Europe.
- La *bauge* utilise une terre assez plastique additionnée d'eau. Elle est pétrie, mêlée de paille, d'herbes ou de fines branches, modelée en petits paquets ou boules successivement empilées et tassées en « levées » (rangs horizontaux) de faible hauteur (0,40 à 0,60 m) pour constituer des murs monolithiques épais s'ils sont porteurs et minces lorsqu'ils sont utilisés en remplissage d'ossatures (bois).

1) Cf. séisme du 26 décembre 2003 à Bam (citadelle ARG.e.Bam) complètement détruite.

Cette technique utilisée en Angleterre (cob) est abandonnée en Europe mais reste utilisée en Afrique, Moyen-Orient et Asie.

En Afrique, elle constitue le principe de construction des cases, mais permet de réaliser des bâtiments importants (immeubles, mosquées, etc.).

En France, il subsiste des vestiges de cette technique en habitat rural : bourrines en Vendée, en Bretagne (région de Rennes) et en Normandie (Cotentin) (cf. photo 3).



Photo 3 : Maison à colombage (Bretagne). © J. Putatti



MAÇONNERIES DE TERRE

Pathologie des murs en pisé ¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Les maçonneries réalisées en pisé font l'objet, comme les autres types de maçonnerie, d'une pathologie spécifique résultant de la nature du matériau constitutif.

Ce matériau peut être considéré comme porteur, à condition de l'utiliser en fortes épaisseurs (0,50 à 0,60 m).

Malgré un faible coefficient de conductibilité thermique, les murs réalisés en pisé présentent une bonne inertie thermique qui permet d'assurer, en outre, une ambiance intérieure relativement confortable, tant en hiver (sous réserve de chauffage) qu'en été (fraîcheur).

Les propriétés d'absorption et de relaxation de vapeur d'eau permettent d'obtenir un équilibre thermohygrométrique satisfaisant.

Le point faible de ce type de maçonnerie réside :

1/ Dans des caractéristiques de *résistance mécanique faibles*

Exemple : Fissuration importante d'un mur de clôture suite à un tassement de sol (cf. photo 1).

La fissuration de la maçonnerie peut entraîner celle d'un enduit éventuel ainsi que son décollement du support (cf. photo 2).

Les maçonneries généralement anciennes réalisées avec ce matériau n'étant pas chaînées, des fissurations aux liaisons de mur (angles et jonctions perpendiculaires se produisent dans ces zones. Les réparations nécessitent des tirants bloqués par des croix de Saint-André (cf. photo 3)¹⁾.

Ces interventions peuvent créer des désordres complémentaires.

1) Cf. Fiches :
Q/R : Mur en pisé
Q/R : Enduit sur mur en pisé

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

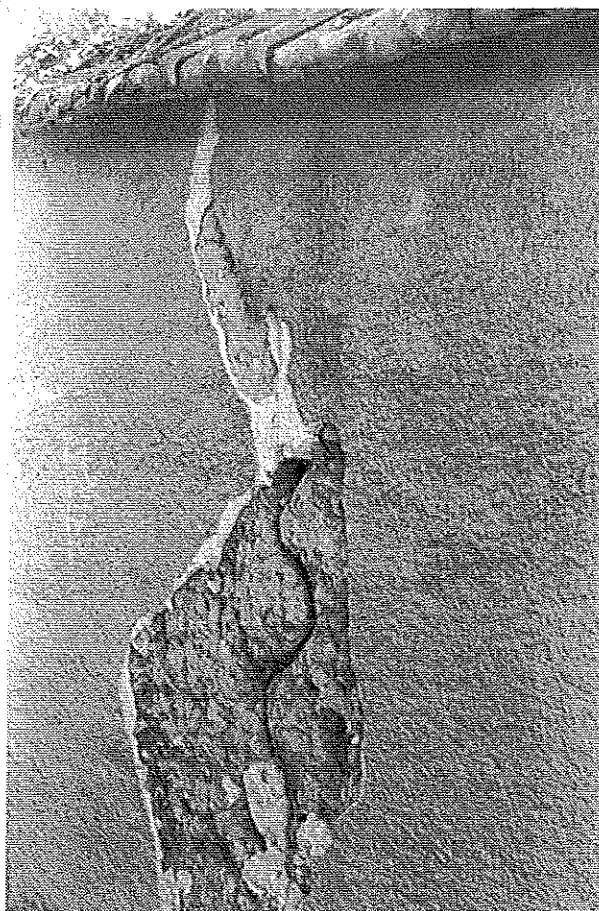


Photo 1 : Fissure verticale importante dans un mur de clôture en pisé suite à un tassement de fondation.

© J. Putatti

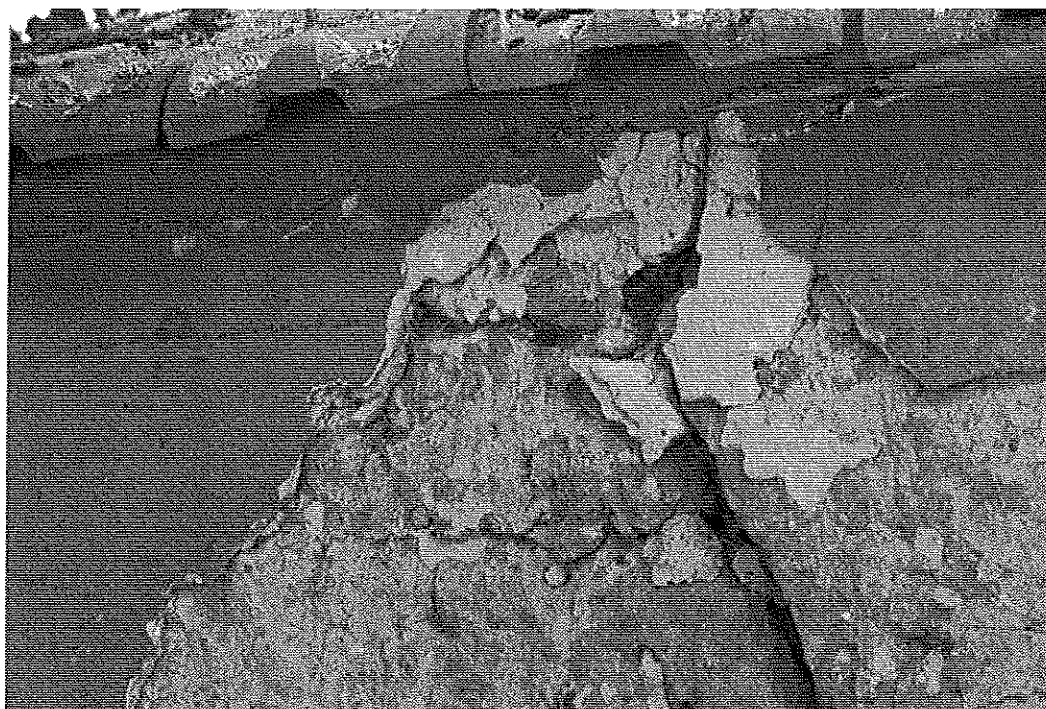


Photo 2 : Fissuration d'un mur de clôture en pisé avec décollement de l'enduit. © J. Putatti



Photo 3 : Maçonnerie porteuse en pisé. Fissurations-décollement d'enduit. Mise en place d'un chaînage métallique bloqué par une croix de Saint-André. © J. Putatti

2/ Dans la *susceptibilité* du matériau *vis-à-vis* de l'eau agissant :

- par infiltration, ruissellement et effet de gel ;
- par remontées capillaires : c'est le cas des murs sans fondations. Les remontées proviennent du sol. Elles peuvent atteindre une hauteur importante à partir du niveau d'émergence selon la porosité du matériau. Les phénomènes de gel peuvent détruire complètement, par effondrement, l'ensemble du mur à partir de son assise sur le sol ;
- par les eaux de rejaillissement qui interviennent :
 - par capillarité, mouillage et effet de gel éventuel ;
 - par érosion à une certaine hauteur au-dessus de la surface de rejaillissement.

REMÈDES

Les remèdes à ces désordres :

- relèvent de la conception du mur :
 - assise par *semelle en béton armé* ou non selon l'homogénéité du sol de fondation ;
 - *soubassement en béton* surmontant la semelle et sortant hors sol sur la hauteur de rejaillissement (fonction de la nature des revêtements de sol bordant le mur) ;

1) Ce type de construction résiste mal aux secousses sismiques (cf. récent séisme du 26 décembre 2003 en Iran à Bam, citadelle ARG.e.Bam).

- coupure de capillarité éventuelle avant mise en œuvre du mur en pisé ;
- protection du couronnement du mur généralement : tuiles mécaniques de terre cuite débordantes disposées selon un V inversé ou couverture métallique ;
- ou de l'exécution des maçonneries : ces maçonneries qui ne font l'objet d'aucune règle de l'Art sont soumises aux mêmes règles que les maçonneries porteuses et plus particulièrement les maçonneries continues réalisées *in situ*. Les chaînages au droit des planchers intermédiaires et supérieurs (toitures) doivent être prévus pour stabiliser les éléments porteurs.



MAÇONNERIES EN BLOCS DE BÉTON MANUFACTURÉS

Fissuration de l'enduit

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Le dernier étage d'un pignon de bâtiment constitué de blocs creux en béton manufacturé est revêtu d'un mortier traditionnel à base de liants hydrauliques.

L'étage sous-jacent est constitué des mêmes éléments.

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

L'enduit du dernier étage est le siège d'une fissuration généralisée des joints horizontaux (systématique) et des joints verticaux.

Le pignon comporte une baie intermédiaire sur allège constituée d'un mur de moindre épaisseur.

La fissuration ne concerne pas l'allège (cf. photo 1) mais affecte les façades en retour du pignon.

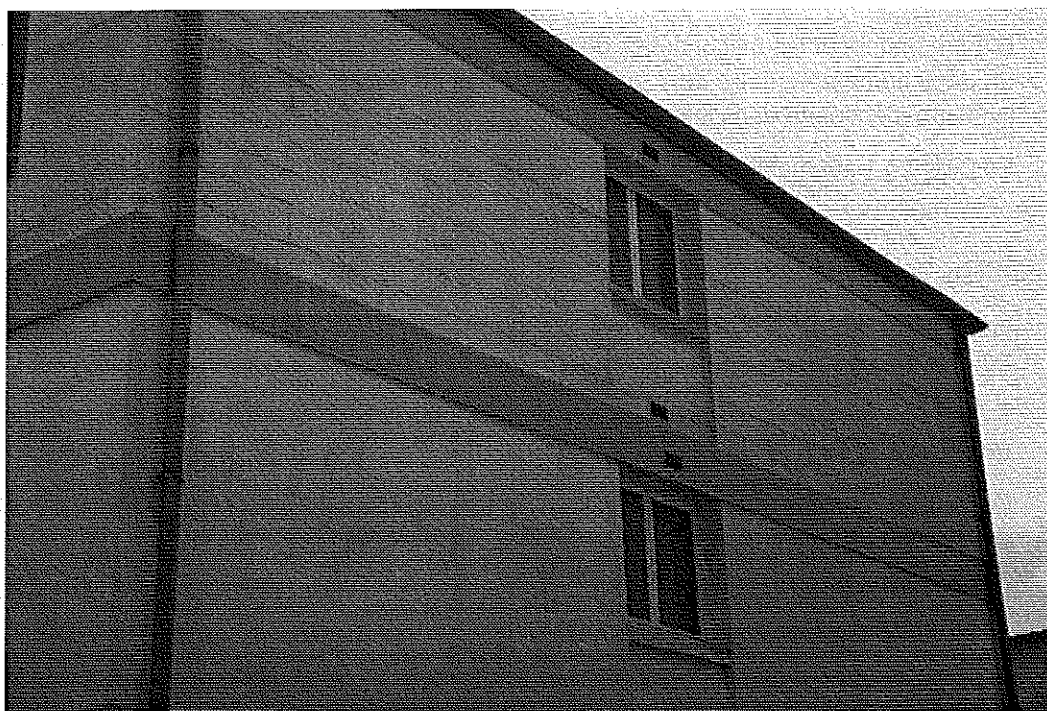


Photo 1 : Pignon constitué de blocs béton avec enduit de mortier hydraulique. Fissuration systématique de l'enduit au droit des joints de hourdage. © J. Putatti

CAUSES DU DÉSORDRE

Elles sont à rechercher dans la qualité du support d'enduit, c'est-à-dire, les blocs manufacturés en béton.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Les fissures dans l'enduit correspondent aux joints de hourdage, notamment en ce qui concerne les joints horizontaux.

1^{re} hypothèse

Le délai de séchage des blocs utilisés n'a pas été respecté. De ce fait, le retrait initial s'est produit après pose des éléments.

Cette cause pourrait justifier la présence de fissures verticales des joints de hourdage, le retrait principal portant sur la longueur des blocs.

La norme P 14-301 (septembre 1983) - Blocs en béton de granulats courants pour murs et cloisons, définit les conditions de réception et les conditions de marquage de la marque NF (5 % des blocs livrés)¹⁾.

Le DTU 20.1 (NF P 10-202 de décembre 1999 - Travaux de bâtiments - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : règles de calcul et dispositions constructives minimales - Partie 3 : guide pour le choix des types de murs de façades en finition du site) mentionne pour ces éléments :

« Les délais de livraison indiqués par les normes sont des minima qui ne tiennent pas compte de la destination des blocs. »

D'autre part, pour les maçonneries de remplissage montées après coup dans une ossature existante, un délai complémentaire de 7 jours avant mise en œuvre, doit être respecté, en plus du délai de livraison mentionné dans les normes.

Le DTU 20.1 susmentionné n'indique le délai de livraison (7 jours) que pour les blocs apparents.

2^e hypothèse

La mise en œuvre des blocs n'a pas comporté une humidification des blocs prescrite dans le DTU 20.1 :

« Excepté le cas des blocs apparents, les blocs doivent être, si nécessaire, humidifiés au moment de la pose et égouttés. »

Cette opération doit néanmoins être effectuée avec précaution, car l'apport d'humidité augmente les variations dimensionnelles ultérieures des blocs en œuvre.

L'utilisation du mortier adjuvanté par un reteneur d'eau peut permettre de réduire cette humidification préalable.

Ces dispositions figuraient dans un texte antérieur à la norme, édité par la FNB et l'Union nationale de la maçonnerie datant de mars 1972 (recommandations professionnelles) « Mise en œuvre des maçonneries en blocs de béton manufacturé ».

3^e hypothèse

Elle peut concerner les conditions d'application et la qualité de l'enduit mis en œuvre.

L'exécution de l'enduit ne peut être faite que sur des blocs ayant au moins un temps de durcissement égal à *un mois*.

¹⁾ La procédure d'attribution de la marque NF correspond à un règlement de l'AFNOR de janvier 1960.

L'exécution ne doit pas être entreprise sur des supports gelés ou surchauffés et sauf précautions particulières en période de gel ou de vent sec.

Recommandations

- On doit apporter un grand soin à la préparation du support en humidifiant très régulièrement les blocs (arrosage au jet).
- Le gobetis est gâché très plastique et projeté vigoureusement sur le mur.
- Le corps de l'enduit est exécuté 48 heures après, environ, afin que le gobetis puisse prendre une partie de son retrait.
- L'exécution est généralement faite en deux passes bien serrées à la taloche, puis réglées. Ne pas lisser à la truelle.
- La finition est exécutée après un délai d'attente de 2 à 8 jours selon les conditions atmosphériques.
- Ne pas saupoudrer de liant. Terminer la surface à la taloche, ne pas lisser à la truelle.
- Protéger les enduits fraîchement exécutés contre la dessiccation (pluie, vent, soleil) durant la période de durcissement. Utiliser un produit de cure.
- L'emploi éventuel d'hydrofuges de masse ou de surface doit être fait selon les prescriptions des fabricants.

Hourdage des joints

• Joints horizontaux

Leur épaisseur doit être limitée (0,01 à 0,015 m). En effet, le mortier constitue un « pont thermique », le bloc étant généralement alvéolé.

D'autre part, il favorise le passage de l'humidité. Lorsque les joints de hourdage sont trop épais, il y a un risque de double fissuration due au retrait dans les surfaces de séparation du joint avec les blocs.

• Joints verticaux

Les joints de blocs alvéolés sont normalement conçus pour assurer une rupture du joint vertical pour limiter le pont thermique. De ce fait, sur les parements, le joint est réduit à un joint de pose (joint sec non hourdé) (cf. Fig. 1).

Le DTU 20.11 qui a précédé le DTU 20.1 définissait les conditions de la rupture du joint de hourdage vertical (cf. Fig. 2).

- ① Paroi du bloc
- ② Alvéole
- ③ Joint (sec) de pose
- ④ Hourdage au mortier
- ⑤ Alvéole de joint non remplie (rupture du joint)

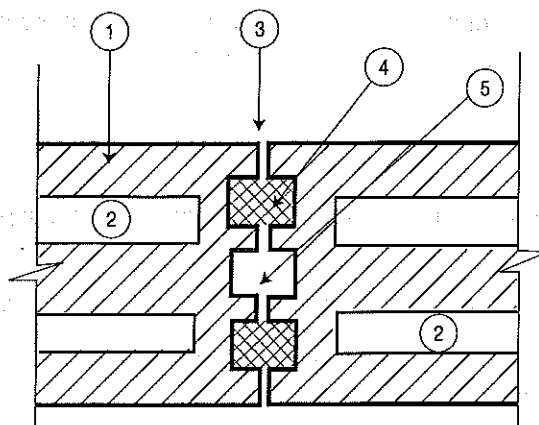


Fig. 1 : Coupe horizontale sur mur en blocs béton.

$$l_4 + l_5 \geq 0,2 L$$

$$l_4 \geq 3 \text{ cm}$$

$$l_5 \geq 3 \text{ cm}$$

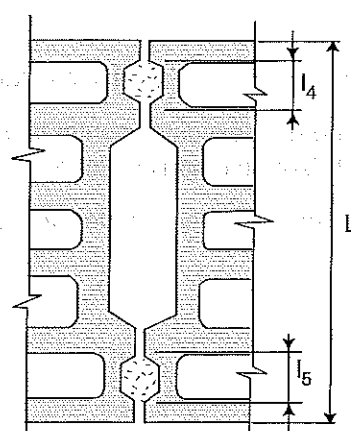


Fig. 2 : Coupe horizontale. Hourdage des joints verticaux de blocs (d'après DTU 20.11)¹⁾.

Ces dispositions ont été partiellement reprises dans le DTU 20.1. Les joints verticaux peuvent être remplis ou non :

- lorsqu'ils sont remplis, ce sont les remplissages des évidements qui, seuls, sont remplis de mortier de hourdage, les blocs étant juxtaposés par leurs faces d'about. Il ne doit pas y avoir de discontinuité entre le mortier des joints horizontaux et verticaux ;
- lorsqu'ils ne sont pas remplis, les éléments sont posés jointifs, l'ajustement en longueur de chaque rang étant réalisé par remplissage des joints verticaux. Les trumeaux étroits ($\leq 1,20 \text{ m}$) doivent comporter le remplissage complet du joint vertical.

Les joints verticaux non remplis ne peuvent réaliser l'étanchéité à l'air que si un enduit adhérent sur la totalité d'une face des parois est prévu.

La conception globale de la paroi au point de vue acoustique (transmission des bruits aériens extérieurs) et thermique (déperditions par fuites d'air ou circulations d'air parasites) devra tenir compte de la réalisation des joints verticaux entre blocs.

Dans le cas d'application d'enduits monocouches (procédure d'ATec - Certification), les joints verticaux non remplis constituent des points faibles de l'enduit et de ses caractéristiques d'imperméabilisation.

1) Le DTU 20.11 correspond à l'édition initiale du DTU 20.1.



MAÇONNERIES ENTERRÉES

Étanchéité des murs extérieurs

RÉFÉRENCE - EXIGENCES

Le DTU 20.1 (NF P 10-202 de décembre 1995) classe les murs (extérieurs) enterrés en deux catégories selon l'utilisation des locaux en sous-sol. Ce texte comprend le DTU 20.1 de septembre 1985 et ses amendements d'octobre 1993, décembre 1995 et décembre 1999 (NF P 10-202 de décembre 1989. Travaux de bâtiments - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Partie 1 : Cahier des clauses techniques - Partie 2 : règles de calcul et dispositions constructives minimales - Partie 3 : guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site).

1. Murs de 1^{re} catégorie

Ces murs bordent des locaux où *aucune trace d'humidité* ne peut être acceptée sur la face intérieure. C'est le cas des murs limitant des locaux habitables en sous-sol (situation-type : constructions sur terrains en pente).

2. Murs de 2^e catégorie

Ces murs bordent des locaux pour lesquels l'étanchéité de la paroi n'est pas obligatoire et où des infiltrations limitées peuvent être acceptées par le maître d'ouvrage (locaux de chaufferie, garage, ou certaines caves, etc.).

En l'absence de mention particulière dans les DPM, ces murs n'ont pas à être parfaitement étanches.

Le maître d'œuvre (ou l'entrepreneur) doit se faire préciser par le maître d'ouvrage les exigences propres aux conditions d'utilisation des locaux.

RÉALISATION

1. Type de maçonnerie

- Voile en béton banché.
- Maçonnerie d'éléments pleins ou creux.

Ces blocs doivent être conformes aux normes les concernant vis-à-vis de la gélivité.

Leur épaisseur doit être $\geq 0,20$ m.

Dans certains cas (cf. 2), ils doivent être revêtus d'un enduit d'imperméabilisation.

2. Obligation de l'enduit pour les maçonneries de blocs creux

- Pour les murs de 1^{re} catégorie.
- Lorsqu'un drainage du sol n'est pas obligatoire.

3. Mise en place laissée à l'appréciation du maître d'œuvre

- Lorsque les murs bordent des locaux où des infiltrations limitées peuvent être admises par le maître d'ouvrage (murs de 2^e catégorie).
- Lorsqu'un système de drainage n'est pas obligatoire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

4. De plus

- Lorsqu'un système de drainage est obligatoire, les *murs de 1^{re} catégorie* doivent être recouverts par un système d'étanchéité (membrane d'étanchéité) permettant d'éviter l'apparition d'humidité à l'intérieur des locaux par infiltration à travers la paroi.

- La partie enterrée des *murs de 2^e catégorie* doit recevoir un revêtement d'imperméabilisation :
 - enduit de mortier aux liants hydrauliques ;
 - film d'imperméabilisation à base bitume (émulsion par exemple).

Il faut noter que ces dispositifs ne permettent pas d'empêcher la pénétration accidentelle de l'eau par les défauts de parois (trous, fissures, etc.).



MAÇONNERIES ENTERRÉES

Humidité intérieure

DESCRIPTION DES OUVRAGES

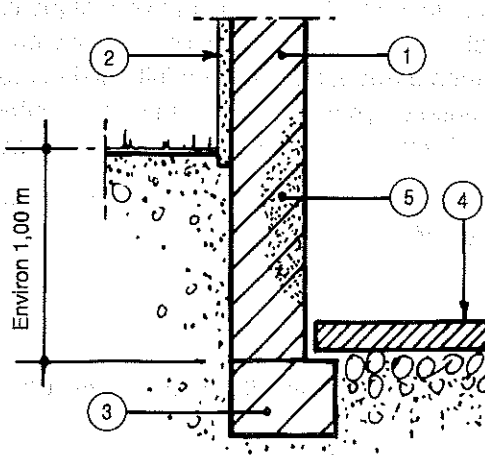
Lors d'un agrandissement de maison A' individuelle, le propriétaire A fait construire dans la zone le séparant de son voisin et jusqu'à la limite séparative :

- une fondation ;
- un mur limite ;
- un plancher intermédiaire ;
- une couverture avec plancher sous comble.

Le mur est réalisé en blocs creux de béton de 0,15 m d'épaisseur, avec un enduit extérieur dont l'arase inférieure correspond au niveau du terrain voisin.

Le propriétaire A vend à un acquéreur B.

Ce dernier constate au cours de l'année suivant l'acquisition, de l'humidité sur la face intérieure du mur.



- | | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| ① Mur de 0,15 (blocs creux béton) | ④ Dallage intérieur |
| ② Enduit | ⑤ Zone humide |
| ③ Fondation | ⑥ Limite de propriété |

CAUSES DU DÉSORDRE

Le mur en blocs creux n'est pas étanche, d'autant :

- que l'enduit ne descend pas jusqu'aux fondations ;
- qu'il n'existe aucun drainage (fond voisin) ;
- que le mur n'a reçu aucune protection contre l'humidité.

REMÈDES

Le propriétaire A s'étant bien gardé de signaler les dispositions des travaux d'agrandissement à l'acquéreur B, ce dernier peut entreprendre :

- une discussion amiable pour mettre en cause l'entreprise ayant réalisé les travaux et faire intervenir l'assurance de cette entreprise, si la période décennale n'est pas achevée ;
- une action judiciaire pour obtenir réparation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

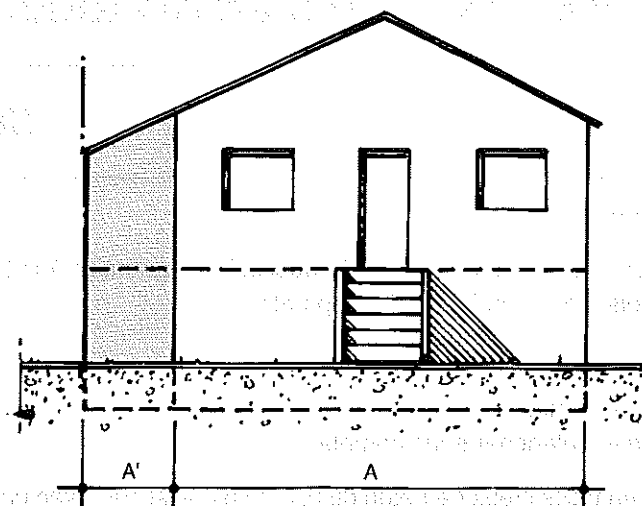
QR

ST

UV

WX

YZ



Sur le plan technique, il y a lieu d'empêcher l'eau traversant le terrain du fond voisin, de pénétrer à travers le mur :

- la réalisation d'un enduit étanche à base de liant hydraulique constitue une première solution, avec complément éventuel par un produit noir appliqué en une ou deux couches ;
- la mise en place d'une membrane à base de produits hydrocarbonés (chape souple de bitume armé type 40) ou une membrane synthétique fixée en partie supérieure et au-dessus du niveau du sol voisin (0,15 m environ) descendant jusqu'aux fondations permet de régler le problème.

Cette disposition nécessite une intervention sur le fond voisin (donc autorisation du propriétaire) avec creusement d'une tranchée.

Dispositions pratiques codifiées

Cf. DTU 20.1 : Règles de calcul et dispositions minimales, Chap. 6.



MAÇONNERIES ENTERRÉES

Infiltrations

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Dans un mur en maçonnerie de moellons construit en limite de propriété et dans sa partie enterrée (sous-sol), des infiltrations se manifestent surtout en zone inférieure (photos 1 et 2).

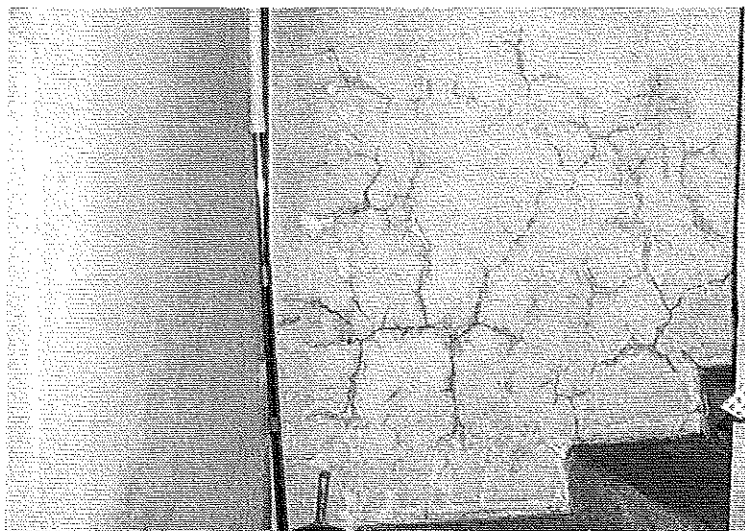


Photo 1 : Mur enterré sous-sol, zone au-dessus escalier. © J. Putatti

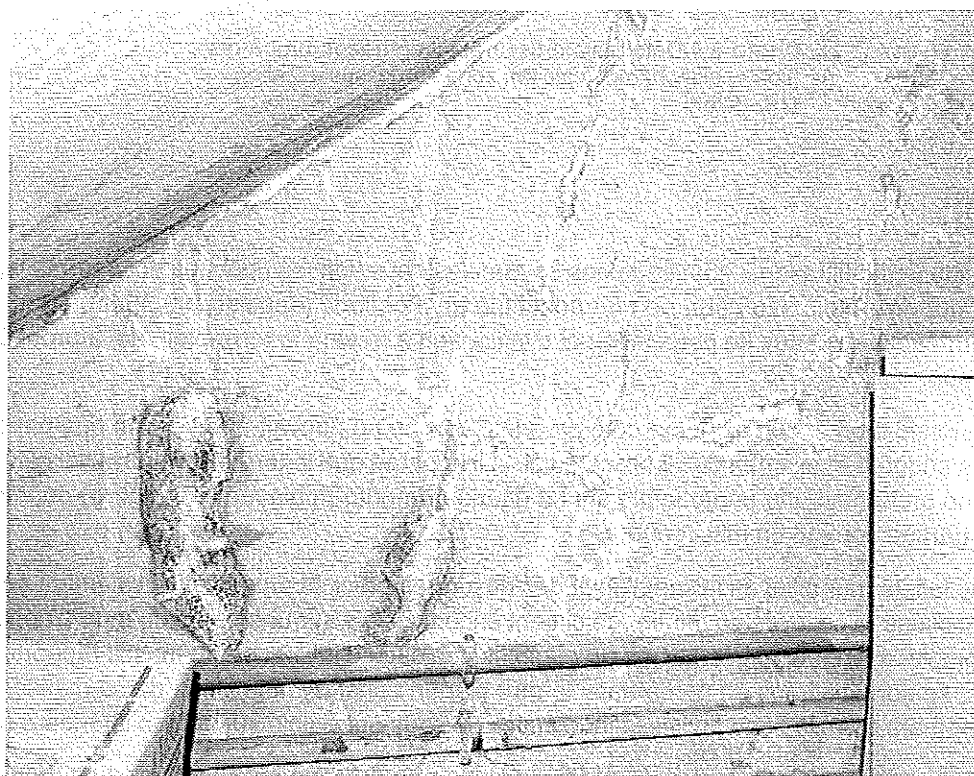


Photo 2 : Mur enterré sous-sol zone inférieure sous pailleasse. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

L'enduit intérieur est micro-fissuré et des traces de calcite et de couleur brunâtre (probablement dues à la nature du sol extérieur) apparaissent au droit du réseau de micro-fissures (photo 3).

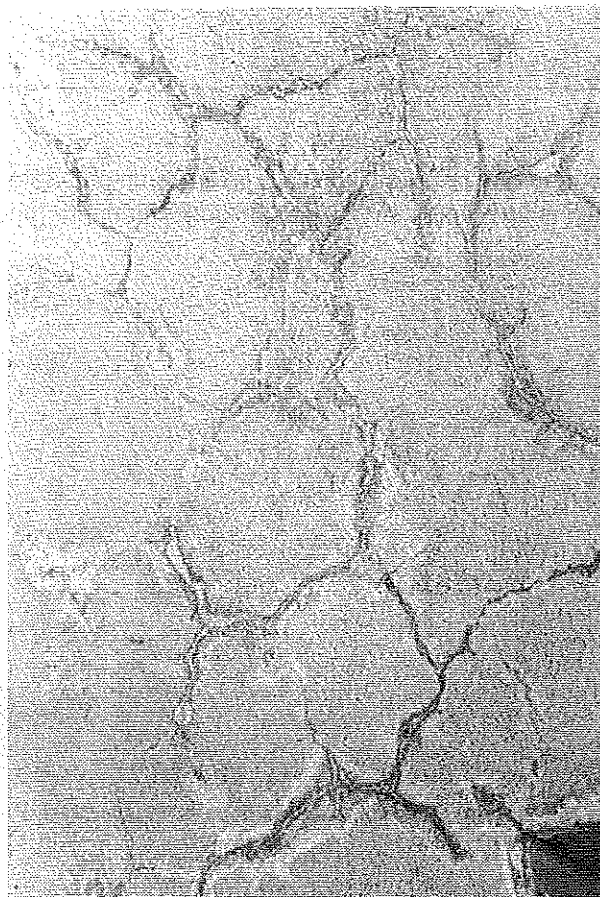


Photo 3 : Détail micro-fissures avec traces brunâtres (sol) et blanchâtres (calcite), zone au-dessus escalier.
© J. Putatti

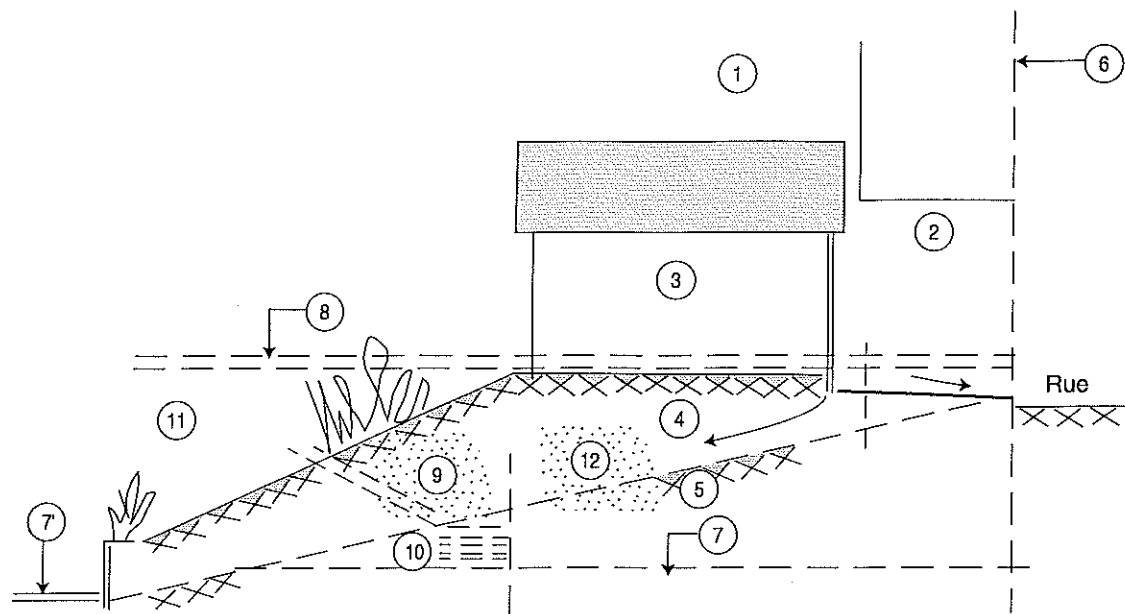
CAUSES

L'origine des infiltrations, dont certaines se manifestent selon les époques sous forme liquide, provient du terre-plein extérieur. Le mur constitué de moellons (épaisseur 0,35 à 0,40 m) n'est pas imperméable aux eaux de percolation et d'infiltration à travers le terre-plein de la propriété voisine contiguë.

L'existence d'un enduit extérieur côté propriété voisine ne pouvait être vérifiée que par sondages. Après enquête et examen des lieux côté voisin il apparaît que le terrain naturel initial côté propriété voisine présentait une pente faible qui fut ultérieurement remblayée (voir figure) pour installation d'un garage couvert en mitoyenneté.

De ce fait, le mur mitoyen faisant l'objet des désordres précités présentait initialement un parement de moellons rejointoyés au mortier de ciment encore visible sur une partie du mur. L'apport de terre du remblai ayant été effectué sans précautions, les eaux d'infiltration du massif rapporté, non drainées, se sont infiltrées en partie dans le mur pignon constituant la limite de ce massif, plus particulièrement dans la zone de l'escalier d'accès au sous-sol visible sur la face intérieure (cf. photos)

D'autres infiltrations se sont produites dans une zone du sous-sol située au droit du garage attenant, dans le même mur pignon.



- | | |
|---|---|
| ① Mur pignon mitoyen | ⑦' Niveau rez-du-voisin |
| ② Mur clôture | ⑧ Niveau rez-de-chaussée - Bâtiment mitoyen |
| ③ Bâtiment (garage) accolé au mitoyen | ⑨ Escalier sous-sol adossé au mitoyen |
| ④ Remblai voisin rapporté | ⑩ Zone désordres |
| ⑤ Ancien talus naturel voisin | ⑪ Face nue du mur pignon |
| ⑥ Alignement rue | ⑫ Zone d'infiltration dans local sous-sol |
| ⑦ Niveau sous-sol bâtiment affecté pour le désordre | |

Coupe élévation faite en limite de propriété côté voisin.



MAÇONNERIES ENTERRÉES

Infiltrations

Le désordre précité (fiche Désordre) a été réglé à l'amiable entre les deux propriétaires riverains. Le propriétaire du garage avait acquis la propriété riveraine sans savoir que le propriétaire précédent avait construit le garage par apport de terre contre un mur mitoyen existant.

À l'occasion de travaux d'agrandissement par création d'un nouveau bâtiment à un niveau inférieur ¹⁾, le nouveau propriétaire confronté à un problème de drainage du remblai de talus accepta de dégager une tranchée le long du mitoyen sur la zone de remblai à l'arrière du garage afin de procéder à l'imperméabilisation du mur côté remblai ainsi qu'au drainage des eaux.

La zone principale du remblai étant traitée puisque le garage neutralisait le reste du massif rapporté, la cause d'infiltration était ainsi pratiquement supprimée.

EN RÉSUMÉ

Ce type de désordre par infiltration peut être traité par deux méthodes essentielles :

1/ empêcher l'eau de traverser la paroi en maçonnerie en disposant un revêtement d'imperméabilisation plus un drainage efficace ou un revêtement d'étanchéité sur la face extérieure, c'est-à-dire contre le terrain et en raccordant le revêtement aux ouvrages adjacents (fondations) ;

2/ ou évacuer l'eau ayant percolé à travers le terrain, avant qu'elle traverse la paroi par utilisation de plaques ou nappes drainantes (évitant le contact direct mur/terrain) et d'un drain profond si celui-ci peut être raccordé à un réseau d'évacuation.

¹⁾ Non figuré sur le schéma.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

(

(

(

1



Désordre

MAÇONNERIES ENTERRÉES

Infiltration d'eau (immeuble)

DESCRIPTION SOMMAIRE

Cas concret d'un immeuble (R + 4 sur sous-sol) :

- les murs enterrés sont en béton banché de 0,18 m d'épaisseur ;
- un produit noir (type EIF) a été appliqué sur la face externe des murs, en 2 couches ;
- le sol extérieur autour du bâtiment est constitué d'un terrain graveleux ;
- le sous-sol est occupé par des parkings et des celliers-caves.

DÉSORDRES

Les premières infiltrations ont commencé à apparaître 6 mois après la réception de l'ouvrage à la suite d'un fort orage.

1. Zone celliers-caves

Au droit d'une pénétration de canalisation au travers du mur extérieur et à 2 endroits :

- autour des canalisations en PVC ;
- à la liaison du béton du mur et du béton coulé pour obturer la réservation.

2. Zone parking

- Au droit des joints de prédalles près du mur en béton ainsi qu'à la liaison des prédalles et du mur extérieur.
- Venue d'eau en partie haute d'un joint de dilatation entre 2 parties d'ouvrages.
- Venue d'eau sur une zone où le béton a été ponctuellement ragréé.

CAUSE DES INFILTRATIONS

1. Zone celliers-caves

À l'extérieur du bâtiment se trouve un regard d'eaux pluviales installé dans un trottoir en pavés autobloquants placé le long de la façade.

L'examen et l'essai d'étanchéité de ce regard ont montré que la liaison entre les parois du regard et le départ des canalisations n'était pas étanche.

L'eau de pluie arrivant par la descente passait entre la canalisation et la paroi, puis dans le terrain et traversait la paroi au droit du passage de la canalisation, d'une part autour de la canalisation, et d'autre part entre le béton du mur et le rebouchage de la réservation autour de la canalisation.

2. Zone parking

Un sondage a révélé que l'eau arrivant par les joints de prédalles ainsi qu'à la liaison des prédalles et du mur extérieur avait pour origine une légère fissure horizontale au droit d'une reprise de bétonnage à la sous-face du plancher (défaut d'étanchéité des coffrages avec fuite de laitance et granulats apparents).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

L'eau de pluie extérieure pénétrait dans la terre le long de la façade et trouvait le passage préférentiel de la fissure pour sortir sous le plancher ou suivre les joints de prédalle.

Un point d'infiltration sur une zone ragrée correspondait à la traversée du mur par un écarteur de banche non retiré lors du décoffrage.

REMÈDES

1. Zone cellier

Reprise de la liaison regard EP et départ des canalisations.

2. Zone parking

- Traitement de la fissure horizontale au niveau du plancher.
- Joint d'étanchéité au droit du joint de dilatation.
- Repiquage du béton et réparation au mortier de résine au droit de l'écarteur de banche.



MAÇONNERIES ENTERRÉES

Infiltration d'eau (maison individuelle)

DESCRIPTION SOMMAIRE

Cas concret d'une maison individuelle :

- maison à rez-de-chaussée avec un sous-sol enterré ;
- murs extérieurs en blocs béton manufacturés de 0,20 m d'épaisseur avec un enduit à base de liants hydrauliques revêtu d'une couche de produit noir (émulsion à base bitume - EIF ¹⁾) ;
- en partie inférieure des murs, un drain a été placé dans une couche de gravier de 0,30 m d'épaisseur, surmontée d'une couche de sable de 0,40 m d'épaisseur, le reste de la tranchée étant remblayé avec le terrain excédentaire des terrassements.

DÉSORDRES

Les désordres sont apparus 2 ans environ après la réception de la construction.

Ces désordres se sont manifestés sous forme de taches d'humidité constatées sur la face interne du mur au niveau du terrain naturel extérieur.

Par la suite et lors de pluies abondantes, quelques suintements sont localisés en partie courante et des venues d'eau apparaissent à la base du mur, dans un angle au niveau du dallage du sous-sol.

INVESTIGATIONS

Plusieurs sondages sont effectués pour permettre d'examiner la face externe des murs enterrés. Une mise en eau du drain est faite pour vérifier son écoulement.

CAUSES DES INFILTRATIONS

- L'enduit en mortier de ciment n'a pas été appliqué avec soin. La partie inférieure n'est pas raccordée correctement avec le débord de la semelle de fondation (absence de gorge). De ce fait, des passages d'eau se produisent par forte pluie au niveau du joint d'assise de la première rangée de blocs agglomérés sur la semelle de fondation.
- En zone courante, l'enduit manque d'épaisseur (il n'a probablement pas été exécuté selon les Règles de l'Art avec les 3 couches : gobetis-corps d'enduit-finition). De ce fait, il est poreux et facilite l'apparition des suintements à l'intérieur du mur.
- La couche de produit noir appliquée sur l'enduit ne peut en aucune façon se substituer à l'insuffisance d'épaisseur d'enduit.
- D'autre part, le nivellement du terrain naturel n'est pas régulier et des zones de stagnation d'eau se produisent contre l'enduit de façade lors de très fortes précipitations (terrain peu perméable).
- Les essais d'écoulement du drain profond ont déterminé un débit faible.
- Ce drain est raccordé au caniveau situé en bas de rampe d'accès au garage et se trouve mis en charge par les eaux de la rampe dans le cas de pluies abondantes.

¹⁾ EIF : enduit d'application à froid.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMEDES

Travaux de réfection : pour des raisons particulières avancées par le maître d'ouvrage qui ne voulait pas démolir les aménagements réalisés autour de la maison, un enduit d'étanchéité a été appliqué sur la *face interne du mur* avec une gorge en partie inférieure.

L'évacuation du caniveau de récupération de bas de rampe a été déconnectée du drain et raccordée sur les évacuations d'eaux pluviales.



Question/Réponse

MAÇONNERIES ENTERRÉES

Infiltrations dans un mur en limite de propriété

QUESTION

Quelles sont les origines possibles des infiltrations dans un mur en limite de propriété ?

RÉPONSE

Description des désordres

Une opération de construction immobilière est établie sur un terrain A en limite de plusieurs propriétés individuelles dont une (B) comportait un niveau de sous-sol (caves). Le niveau initial du terrain A se situait en No à mi-hauteur du sous-sol de la propriété voisine. Ce niveau correspondait avant réalisation de l'opération A à un dallage (ancienne usine).

Lors des travaux de VRD de l'opération A, le terrain fut remblayé sur plus de 1,00 m de hauteur jusqu'en N°0 afin de réaliser allées de circulation et plantations.

Le propriétaire de la construction B constate alors des désordres illustrés par la photo, et analysés par le schéma annexé :



Détail des dégradations dans la hauteur du mur du rez-de-chaussée en limite (vue plongeante) . © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

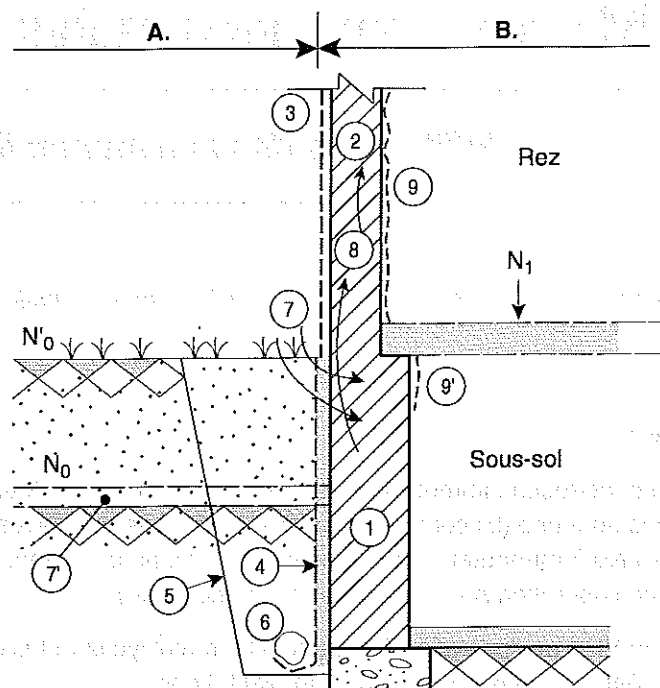
QR

ST

UV

WX

YZ



- | | |
|---|---|
| ① Mur sous-sol maçonnerie de moellons | ⑨ Remontées capillaires |
| ② Mur rez-de-chaussée, maçonnerie courante (briques) | ⑨' Désordres face intérieure mur |
| ③ Enduit RPE (remise en état lors de l'opération de construction. | N_0 = Niveau copropriété A, avant travaux |
| ④ Exécution enduit sur partie enterrée dans fouille | N'_0 = Niveau d° A, après travaux VRD |
| ⑤ Drainage vers puits à fond perdu, avant expertise | B = Propriété mitoyenne |
| ⑦ Infiltrations à travers le mur limite | N_1 = Niveau rez-de-chaussée surélevé |
| ⑦ Ancien dallage démoli | |

- En partie haute du mur de sous-sol, des infiltrations avec dégradation des maçonneries (moellons et joints), formation de moisissures, dégradation des peintures au-dessus du décrochement correspondant au niveau du plancher du rez-de-chaussée (N_1).
- Dans la hauteur du rez-de-chaussée, dégradation des maçonneries, formation de moisissures, destruction du film peinture et des tentures.

Causes

- Dans la situation ancienne, le mur massif du sous-sol était faiblement enterré et la surface du terrain voisin protégée par un dallage. Les infiltrations étaient très limitées.
- La mise en remblai sur une hauteur importante sans précautions (absence d'enduit et de drainage) ont provoqué les infiltrations en partie haute du mur et par capillarité, des remontées jusque dans la hauteur du rez-de-chaussée.
- L'expertise a permis de dégager les responsabilités et de faire effectuer les travaux correctifs :
 - tranchée drainante avec drain évacuant vers puisard à fond perdu ;
 - enduit d'imperméabilisation sur la hauteur du sous-sol et du rez-de-chaussée, après piochage de l'ancien enduit (RPE en très mauvais état) ;
 - réfection de cet enduit par enduit de mortier de ciment.



MAÇONNERIES ENTERRÉES

Pathologie des murs de sous-sols

TYPES DE DÉSORDRES

Le type de désordre le plus grave et surtout le plus coûteux correspond aux défauts d'étanchéité, des murs de sous-sols généralement enterrés ou semi-enterrés.

IMPORTANCE

Ce type de désordre représente en moyenne 5 % des sinistres à caractère décennal, c'est-à-dire se produisant pendant la période de garantie décennale, avec des variations de ± 1 % selon les années.

POSITION DU PROBLÈME

Une maçonnerie enterrée a, par définition, une seule face en contact avec le sol (la face extérieure), pour autant que l'autre face (intérieure) soit celle d'un local en sous-sol. Seule cette face intérieure est visible. Elle ne laissera apparaître les désordres (passages d'eau, infiltrations, taches d'humidité) que lorsque les symptômes apparaîtront, c'est-à-dire après construction et réception des travaux.

- La principale cause est d'ordre technique : le drainage n'a pas été prévu ou est insuffisant. Souvent, lorsque le mur est construit en limite de propriété, l'entreprise fait l'impasse sur l'enduit d'imperméabilisation extérieur. Il en est souvent de même du drainage qui, dans certains cas, n'est pas réalisable (constructions mitoyennes) ou insuffisant parce que n'évacuant pas les eaux drainées. Le DTU 20.1 détermine les conditions d'imperméabilisation ou d'étanchéité en fonction de la destination du local en sous-sol.

- D'autres causes correspondent :

- soit à l'absence ou à l'insuffisance de coupure de capillarité (environ 4 % des cas) ;
- soit à des défauts ponctuels d'étanchéité tels que les traversées de canalisations effectuées sans précautions (par exemple casse de blocs ou de briques). Ces « défauts » représentent plus de 30 % des cas recensés ;
- à la confusion entre revêtement d'imperméabilisation et revêtement d'étanchéité.

Un simple badigeon avec une émulsion bitumineuse est considéré à tort comme un « revêtement d'étanchéité ».

ASPECTS SUBJECTIFS

Autrefois, dans les sous-sols en caves voûtées en maçonnerie, on admettait une certaine humidité provenant généralement du sol (en terre battue) et remontant par capillarité.

Actuellement, les locaux d'habitation sont souvent transformés « après coup » en locaux d'habitation.

Il est évident que le niveau d'exigence concernant la pénétration de l'eau n'est pas le même selon que le local est considéré comme une cave ou comme un local d'habitation ou autre.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Répartition des sinistres d'infiltration par causes principales (origine SYCODÉS)

	% en nombre	% en coût
Absence ou insuffisance de drainage	26,6	31,6
Revêtement extérieur du mur absent ou inadapté	20,9	26,7
Défauts ponctuels d'étanchéité	32,8	20,8
Absence ou insuffisance de la coupure de capillarité	4,2	4,6
Autres causes	15,5	16,3

Coût moyen de réparation (toutes causes confondues) : 4 500 euros (soit 30 000 F environ).

Remarques

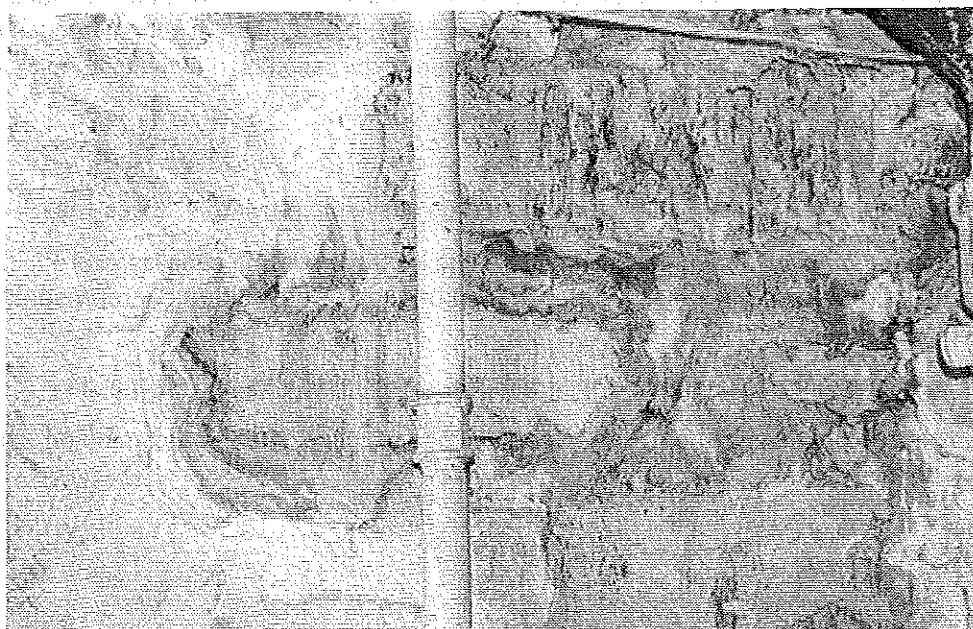
1/ Le drainage n'est pas toujours possible. C'est le cas courant des pignons de maisons individuelles construits en limite d'emprise : le drainage ne peut être installé que sur le fonds voisin, ce qui crée une servitude en cas de construction sur ce dernier.

2/ Le drainage est inutile :

- lorsque le terrain est baigné par une nappe phréatique de niveau variable. La solution cuvelage est alors nécessaire ;
- lorsqu'une accumulation d'eau est possible le long des murs périphériques, sans évacuation possible ou raccordement à un réseau.

3/ Le drainage peut être inadapté, voire dangereux dans certains cas de figure.

Exemple : terrain hétérogène comportant des veines perméables alimentées par un drainage pouvant rendre instables des couches imperméables plus molles si le terrain est en pente, (amorces de glissement).



Infiltrations à travers un mur en moellons hourdés avec un mortier bâtard. La porosité des moellons et du mortier de hourdage et l'absence d'enduit extérieur sont à l'origine de ces infiltrations. © J. Putatti



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Pathologie des briques apparentes

La pathologie de ce type de maçonnerie correspond à une localisation régionale (Nord-Pas-de-Calais).

TYPE DE DÉSORDRES RENCONTRÉS ¹⁾

1. Désordres avec infiltrations d'eau : 94 % ²⁾

- Infiltration par le pignon : 49 % des cas.
- Infiltration par la façade : 35 % des cas.
- Traces d'humidité en cueillie des plafonds (angle mur-plancher) : 28 % des cas.
- Infiltrations en plafond : 14 % des cas.

2. Autres désordres : 45 % ²⁾

- Fissuration anormale de la maçonnerie : 20 %.
- Dégradation des joints de mortier des maçonneries : 19 %.
- Fissuration anormale de l'enduit intérieur : 11 %.
- Chute de briques : 10 %.
- Décollement du doublage intérieur : 6 %.

CAUSES DES DÉSORDRES

1. Mauvaise mise en œuvre : 83 % ²⁾

- Joint de mortier défectueux : 63 %.
- Enduit intérieur défectueux : 15 %.
- Exécutoire mal disposé : 12 %.
- Préparation défectueuse du mortier sur le chantier : 11 %.
- Exutoire obstrué par le mortier déposé : 6 %.
- Présence de résidus de mortier dans la lame d'air : 5 %.

2. Non-respect des règles de l'art : 24 %

- Enduit intérieur de faible épaisseur : 9 %.
- Absence de barbacane : 9 %.
- Absence d'exutoire : 5 %.

1) D'après une étude Sycodés.

2) Le total dépasse 100 % du fait que plusieurs types de désordres peuvent être concomitants.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

3. Autres causes : 55 %¹⁾

- Mauvaise prise en compte des façades et des pignons : 44 %.
- Mauvaise qualité des briques : 16 %.

Le jointement est la cause n° 1 des désordres de maçonneries apparentes telles que les briques.

Le jointoiment « après coup » consistant à dégarnir le joint de hourdage sur 10 à 15 mm et le regarnissage avec un mortier très riche en liant (500 à 600 kg de ciment par m³ de sable sec ou 400 kg de ciment + 200 kg de chaux) est préférable et plus efficace que le jointoiment « en montant » consistant à lisser la face extérieure du joint au fur et à mesure de la montée de la maçonnerie.

Le rejointoiment laisse passer 8 à 10 fois moins d'eau.

L'exposition des façades intervient comme une autre cause :

- soit au niveau de la conception des bâtiments (orientation, implantation) ;
- soit dans la conception des types de murs (cf. définitions DTU 20.1) et des dispositions constructives.

La répartition des désordres par type de murs définis selon le DTU 20.1 est la suivante :

- murs type I : 4 % ;
- murs type IIa : 39 % ;
- murs type IIb : 8 % ;
- murs type III : 12 % ;
- mur double : 22 % ;
- autres types : 15 %.



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Fissuration et infiltration d'eau

CIRCONSTANCES

Construction d'un ensemble immobilier pour le compte d'une SCI.

L'action judiciaire est déclenchée par l'apparition de désordres en façade dans des tranches déjà livrées.

Nomination d'un expert.

RAPPORT DE L'EXPERT

Importantes fissurations dues :

- à une *faute de conception* imputable à l'architecte qui n'avait pas prévu d'ossature porteuse en béton armé mais des maçonneries porteuses ;
- au *faïençage des enduits* et à la *pénétration d'humidité* en faveur de ce faïençage ;
- à la *pénétration d'eau dans les murs* en briques creuses à rupture de joint mal montées ;
- au *non-respect de la rupture des joints* entraînant la création de ponts thermiques (joints) ;
- au *gonflement des briques* et à leur éclatement par suite des mauvaises conditions de fabrication du matériau.

L'expert partage les responsabilités comme suit :

- architecte 20 % ;
- entreprise 50 % ;
- fabricant de briques 30 %.

THÈSE SOUTENUE PAR L'ARCHITECTE

- Brique mal dosée en éléments calcaires et mal cuite, anormalement poreuse et sujette au gonflement qui la désagrége ainsi que l'enduit extérieur (thèse basée des essais de laboratoire).
- Mise en œuvre défectueuse.

THÈSE SOUTENUE PAR LE FABRICANT DE BRIQUES

Contestation des résultats de laboratoire : faute de conception indépendante de la qualité de la brique.

THÈSE SOUTENUE PAR L'ENTREPRISE

L'entreprise souligne la faute de conception ; les murs périphériques sont constitués par des briques porteuses à rupture de joints qui supportent seules les charges en l'absence d'ossature porteuse.

JUGEMENT DU TGI

Le TGI déclare l'*architecte seul responsable* des désordres au motif que :

« La localisation des fissures et lézards surtout au niveau des planchers et des menuiseries extérieures fait ressortir intensément la différence des coefficients de dilatation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

« L'architecte, dans l'élaboration de son projet, doit rechercher et mettre en présence des matériaux dont les coefficients de dilatation ne varient pas dans des proportions trop importantes ; qu'en l'espèce la faute de l'architecte est largement démontrée.

« L'importance des fissures exclut toute autre responsabilité que celle de l'architecte ; qu'aucune brique ne peut résister à la poussée d'un bloc monolithique constitué par les murs porteurs intérieurs et un ensemble de dalles superposées ; que les briques sont essentiellement un matériau de remplissage et non un support pour charges horizontales ; que dès lors, quelle que soit la qualité des briques utilisées et quelle qu'ait été leur pose, elles n'auraient pas pu s'opposer à la poussée des dalles de plancher ; que seule la faute de conception commise par l'architecte a concouru à la réalisation du désordre constaté par l'expert ».

Remarque

Le tribunal admet que *l'erreur de conception* est telle que la qualité des matériaux ne peut avoir d'incidence sur le processus des désordres qui aurait été le même à supposer que les matériaux soient parfaitement sains et conformes aux normes en vigueur.



Désordre

MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Infiltration d'eau dans les murs extérieurs

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Les murs de façade en briques d'un bâtiment ancien étaient traités à la chaux périodiquement (tous les 10 ans environ).

Pour améliorer l'aspect, une peinture a été appliquée sur les murs d'apparence saine et en bon état, avec une préparation consistant :

- en un brossage et dépoussiérage ;
- puis application d'un vernis fixateur ;
- et mise en œuvre de deux couches de peintures émail satinée.

À la suite de cette application, et plusieurs années (4) après, les enduits intérieurs sont devenus humides et se sont progressivement dégradés.

Les désordres se sont produits sur des murs partiellement enterrés et l'humidification s'est principalement manifestée au-dessus du sol.

Dans les murs extérieurs qui ne sont pas en contact avec la terre, aucun désordre n'a été constaté (présence d'un revêtement intérieur en plaques d'amiante-ciment).

CAUSE DES DÉSORDRES

- La peinture appliquée sur les façades est une peinture émail à base de résine isophthalique et le film réalisé est particulièrement étanche à l'eau et à la vapeur d'eau. Cette peinture n'était pas adaptée au cas présenté.

- Les maçonneries sont en briques pleines et, comme dans tous les anciens murs, ne comportent pas de barrière étanche contre les remontées capillaires.

- L'ancien revêtement à la chaux présentait une grande perméabilité et les échanges avec l'air extérieur permettaient l'évacuation des remontées capillaires vers l'extérieur. Le système de peinture utilisé ne permet pas ces échanges. Il aurait fallu utiliser une peinture « respirante ».

Toutefois, l'application d'une telle peinture ne peut être garantie, compte tenu de l'apport d'humidité important par ascension capillaire.

- La seule solution ou disposition qui aurait réellement permis d'éviter les problèmes dus à l'humidité ascensionnelle (humidification de la maçonnerie, écaillage et décollement de la peinture) consistait à placer une barrière d'étanchéité à la base des murs, un peu au-dessus du niveau du sol extérieur et avant mise en peinture du mur. Cette disposition peut être réalisée soit en insérant une membrane bitumineuse sur toute l'épaisseur du mur (solution difficile à réaliser dans les gros murs anciens), soit en injectant un produit imperméabilisant la maçonnerie (efficacité relative, difficulté de mise en œuvre).

- Une solution différente consiste à empêcher le mur d'être humidifié par le terrain extérieur ; une tranchée drainante doit alors être disposée dans la partie enterrée du mur, et un enduit étanche ou une membrane doit être placée contre le mur extérieur et descendre jusqu'aux fondations. Toutefois, s'il l'on veut traiter le mur en élévation il faudra d'abord l'assécher après ces dispositions et mettre en place une peinture ou un revêtement « respirant ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

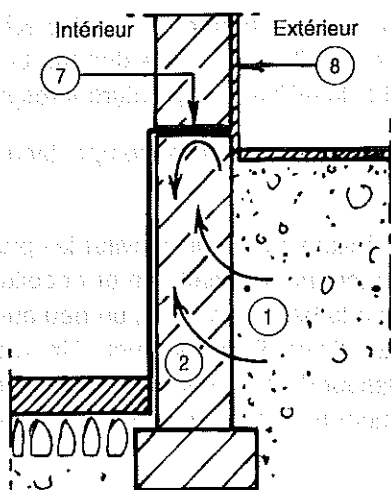
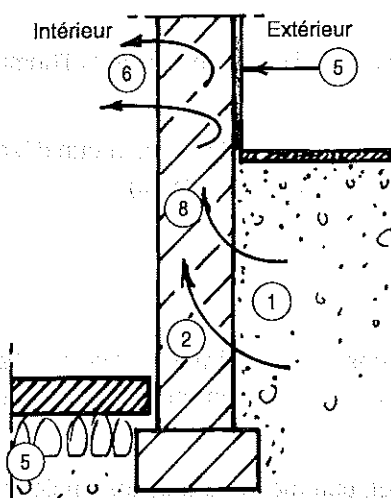
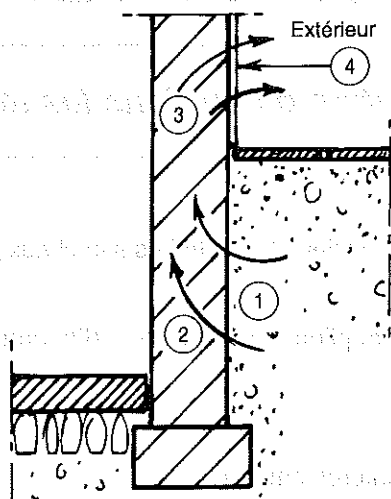
QR

ST

UV

WX

YZ



- ① Humidité extérieure (terre-plein)
- ② Remontées capillaires
- ③ Évacuation vers l'extérieur
- ④ Lait de chaux
- ⑤ Peinture émail
- ⑥ Humidité vers l'intérieur
- ⑦ Barrière étanche
- ⑧ Peinture respirante



Diagnostic

MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Infiltration d'eau dans mur pignon

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 20.1.

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Apparition d'humidité à l'intérieur des locaux, sous forme :

- d'eau liquide ;
- d'humidité (porosité des matériaux) ;
- de formation de micro-organismes (champignons, moisissures) ;
- d'altération de matériaux (pourriture d'éléments en bois, corrosion métallique).

DÉFINITION DES OUVRAGES AFFECTÉS

Mur pignon en maçonnerie d'éléments enduite côté extérieur (enduit mortier de ciment), et côté intérieur (enduit plâtre).

CONSTATATIONS

- À l'intérieur, pas de fissures visibles même après dépose des tentures, mais des traces (auréoles d'humidité).
- À l'extérieur : plusieurs hypothèses, selon la nature de l'enduit et de la constitution de la paroi, sont possibles pour :
 - les maçonneries d'éléments (blocs, briques) + enduit monocouche ;
 - les maçonneries d'éléments (blocs) + enduit traditionnel.

Exposition : ouest - sud-ouest (vents de pluie).

CAUSES POSSIBLES

1. Condensations dans la paroi insuffisamment isolée

Cette cause ne peut être retenue que par période froide, local chauffé, ventilation faible ou nulle du local.

2. Pénétration d'eau atmosphérique par les défauts de paroi

- Insuffisance d'épaisseur (non-conformité au DTU 20.1).
- Défauts de hourdage des blocs (ou briques).
- Utilisation de blocs trop frais lors de la construction (fissuration du mortier des joints).
- Défaut d'enduit (épaisseur) :
 - monocouche d'épaisseur insuffisante ;
 - traditionnel, mal exécuté (dosages inversés par exemple).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

INVESTIGATIONS OU VÉRIFICATIONS COMPLÉMENTAIRES (CAS PARTICULIERS)

- Incidence d'une construction voisine séparée par un joint non étanche en partie haute.
- Raccord d'enduit (ravalement effectué en deux phases dont la partie basse après démolition de l'immeuble voisin).
- Vérification de l'épaisseur « nominale » brute du mur (conformité aux règles).

REMÈDES

- Dans le cas où il est vérifié que la cause est la condensation, et si l'épaisseur du mur est insuffisante, procéder à l'*isolation extérieure* du pignon (sous réserve que la surépaisseur ainsi créée ne pose pas de problème de limite de propriété).
- Dans le cas où la cause est une *insuffisance d'étanchéité* de la paroi :
 - prévoir un revêtement de ravalement type I₄ (étanchéité de façade), mais le risque de condensation subsistera à l'intérieur ;
 - prévoir un revêtement I₄ avec une isolation par l'extérieur ;
 - si cette dernière solution s'avérait impossible pour respecter la limite de propriété, prévoir l'isolation du pignon par doublage isolant intérieur. Le seul inconvénient est constitué par les ponts thermiques au droit des planchers ;
 - une dernière solution « par l'extérieur » pourra consister en un bardage rapporté avec isolation.



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Infiltration d'eau dans un mur pignon - Cas concret

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 20.1.

DÉFINITION DU DÉSORDRE

- Très gros désordres à l'intérieur d'un pavillon par pénétration d'eau de pluie d'un mur pignon construit en limite de propriété :
- dégradation des tentures, des revêtements enduits plâtre ;
 - pénétration d'eau liquide ;
 - fissurations traversantes (enduit, mur en bloc béton, doublage carreaux de plâtre) ;
 - développement des désordres du fait de la procédure d'expertise judiciaire longue et difficile.

OUVRAGES AFFECTÉS

Totalité du mur pignon (enduit, mur en maçonnerie de blocs, doublage).

CONSTATATIONS

L'ouvrage considéré constitue le désordre principal. D'autres désordres résultant de la même cause ou de causes annexes avaient été signalés (fissuration de dallage...) :

- l'enduit du pignon présente des fissurations multiples à caractère « traversant » principalement localisées :
 - dans les joints de blocs (horizontaux et verticaux),
 - au droit des planchers (haut s/sol - haut de rez - haut du 1^{er} étage) ou chaînages horizontaux ;
- les joints de hourdage verticaux du mur en sous-sol ne sont pas hourdés ;
- les autres fissurations sur retours façades déterminent la cause principale.

CAUSE PRINCIPALE (VÉRIFIÉE APRÈS SONDAGE)

- Profondeur de fondation du mur pignon insuffisante.
- Fondation sur couche argileuse de portance insuffisante, trop soumise aux variations de teneur en eau du sol superficiel.
- Rampe d'accès au sous-sol avec caniveau « fuyard » mal entretenu.
- Canalisation de drainage placée au niveau de la fondation mais n'évacuant pas les eaux collectées.
- Semelle de fondation excentrée.

En résumé : « sinistre de type sécheresse ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

SOLUTIONS DE REPRISE

Compte tenu de l'importance des désordres d'une part et des devis de réparation d'autre part ainsi que de l'aggravation du sinistre, il a été envisagé :

- une solution de reprise de la totalité des fondations (par souci d'homogénéité) par micropieux et longrines (solution différée) ;
- une solution de réparation du pignon pour permettre la remise en état des locaux devenus « impropres à leur destination » ; 2 solutions ont été proposées :
 - la mise en place d'un revêtement d'étanchéité type I_4 sur l'enduit existant,
 - la mise en place d'un bardage par petits éléments (ardoises, fibres ciment) sur ossature bois fixée sur le pignon.

Cette seconde solution a été retenue du fait de son coût assez voisin de la première. Elle permettait d'intervenir à n'importe quelle période de l'année (de préférence néanmoins après période relativement sèche) et permettait de différer la solution de renforcement des fondations.

Le bardage par sa souplesse permet, tout en assurant l'étanchéité à l'eau de pluie, de pouvoir encaisser quelques mouvements faibles du mur, par suite des phénomènes liés au sol (gonflement et dessiccation).



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Infiltration d'eau par fissures

DÉSORDRES RÉSULTANT DE L'INTERACTION DES MURS ET DES PLANCHERS

1. Désordres dus aux phénomènes thermiques

- Importance du diagramme des températures dans l'épaisseur des murs :
 - en période chaude ;
 - en période froide ;
 - cas des murs massifs ;
 - cas des murs doublés (isolation) à l'intérieur ;
 - cas des murs à isolation extérieure.

- Comportement des murs en fonction de la position de l'isolant :
 - mur homogène (massif) à isolation répartie ;
 - mur isolé par l'intérieur ;
 - mur isolé par l'extérieur.

- Cas particulier du dernier plancher :
 - sous comble (couverture) ;
 - sous terrasse plate.

Variations dimensionnelles d'origine thermique du dernier plancher :

- 1^{er} cas : le plancher terrasse est librement dilatable par rapport aux murs adjacents (types d'appuis spéciaux à glissement ou à déformation ou mixtes) ;
- 2^e cas : le dernier plancher est surmonté d'une isolation thermique suffisante. Dispositions constructives satisfaites ou non.

2. Désordres résultant de la déformation par flexion des planchers

- Désordres provoqués dans les murs porteurs par des planchers trop flexibles.
- Désordres provoqués par l'appui des planchers sur les murs.
- Solutions préventives :
 - chaînages ;
 - habillage des tranches de planchers ;
 - murs à double paroi.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

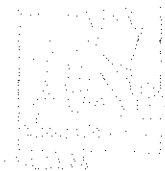
ST

UV

WX

YZ

RELEVÉ DES FISSURES



Annexe au rapport de l'inspecteur

1. Description de l'ouvrage et de son utilisation

2. Localisation de l'ouvrage

3. Description des fissures observées

4. Localisation des fissures

5. Description des fissures

6. Localisation des fissures

7. Description des fissures

8. Localisation des fissures

9. Description des fissures

10. Localisation des fissures

11. Description des fissures

12. Localisation des fissures

13. Description des fissures

14. Localisation des fissures

15. Description des fissures

16. Description des fissures

17. Localisation des fissures

18. Description des fissures

19. Localisation des fissures

20. Description des fissures

21. Localisation des fissures

22. Description des fissures

23. Localisation des fissures

24. Description des fissures

25. Localisation des fissures

26. Description des fissures



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

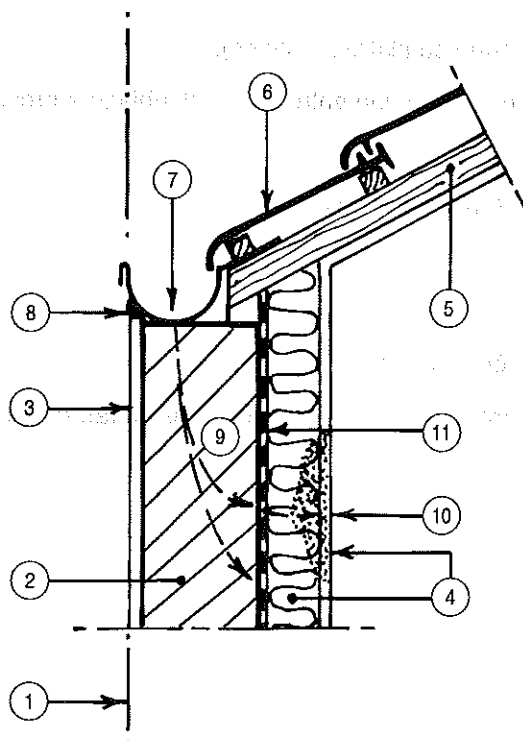
Infiltration d'eau par gouttière

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

La construction en limite de propriété ne permet pas de prévoir un débord de toit, même limité à la largeur de la gouttière sur le fond voisin.

La disposition du schéma ci-dessous était seule possible, d'autant qu'elle correspondait à un agrandissement d'une construction existante.

Néanmoins, la réalisation a entraîné un sinistre par infiltration dont les causes sont analysées ci-après.



- ① Limite de propriété
- ② Mur blocs creux béton 0,15 m
- ③ Enduit extérieur
- ④ Doublage plâtre-ciment
- ⑤ Chevron couverture
- ⑥ Couverture tuiles
- ⑦ Gouttière zinc (longueur totale 8 m en 2 éléments de 4 m)
- ⑧ Cordon silicone
- ⑨ Pénétrations d'eau
- ⑩ Taches d'humidité
- ⑪ Plan de séparation

CAUSES DU SINISTRE

La gouttière réalisée en 2 éléments de 4 m comportait une liaison par soudure.

Les pattes de fixation (non représentées sur le schéma) fixées sur la charpente ont été scellées dans le mortier d'enduit.

D'autre part, le maçon-couvreur qui a réalisé l'ensemble a cru bien faire en complétant la liaison mortier d'enduit-gouttière par un cordon de mastic silicone.

La gouttière se trouvant bridée sur une longueur de 8 m et subissant les effets de la dilatation s'est rompue au droit du cordon de soudure, d'où pénétration d'eau en zone centrale (zone de rétention par insuffisance de pente) ainsi qu'au droit des pattes de fixation situées dans la zone centrale, en créant des fissures dans l'enduit d'imperméabilisation.

Le pignon étant orienté S-O (région parisienne), c'est-à-dire en pleine exposition aux vents de pluie, a subi de fréquents mouillages.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

DÉSORDRES

1. Visibles (extérieur côté voisin)

- Fissuration de l'enduit au droit des crochets.
- Taches d'humidité, développement de moisissures à l'intérieur (doublage isolant plâtre cartonné).

2. Visibles ou décelable après coup côté intérieur

La face intérieure correspond à un doublage plâtre-isolant.

La pénétration verticale par le joint de gouttière rompu, et horizontale par capillarité à travers le mur a provoqué l'humidification de l'isolant et de la plaque de plâtre avec :

- décollement des tentures ;
- développement de moisissures ;
- mouillage du plâtre cartonné et attaque du plâtre (auréoles).

Le passage préférentiel par le plan de séparation entre mur et doublage a provoqué la saturation de la base du mur avec :

- traversée d'eau liquide du plancher bas ;
- inondation des boîtiers électriques (prises de courant, etc.).

REMÈDES

- La gouttière a été refaite dans les règles de l'art.
- La réfection totale du doublage isolant est rendue nécessaire du fait de l'isolant et du plâtre cartonné.



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Infiltrations par les joints

DÉFINITION

Les maçonneries d'éléments (pierre de taille, briques pleines apparentes, blocs béton apparents) présentent des joints de hourdage en mortier (ou autre) ;

- dans le sens horizontal ;
- dans le sens vertical.

Selon les dispositions de ces joints, il y a ou non risque de pénétration de l'eau de pluie à travers le mur.

1. Joints horizontaux

On distingue :

- les joints *conseillés* qui ne retiennent pas l'eau pouvant ruisseler sur la façade (cf. Fig. 1). Ces joints sont généralement réalisés par rejointoiement après hourdage des éléments ;
- les joints *à éviter* qui retiennent l'eau de ruissellement, la pénétration capillaire étant favorisée (cf. Fig. 2).

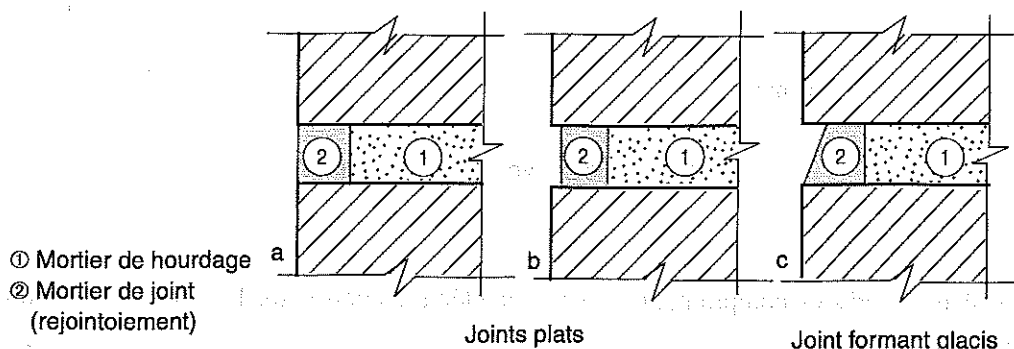


Fig. 1 : Joints conseillés.

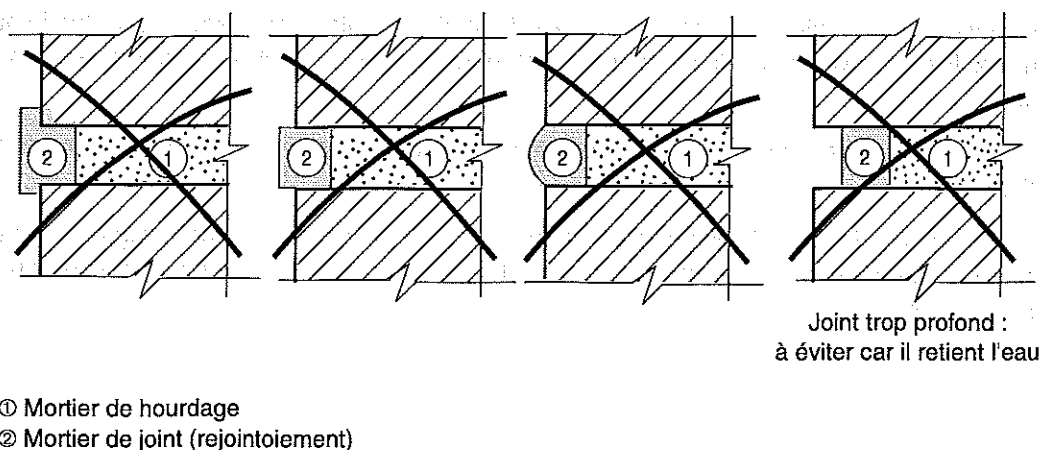
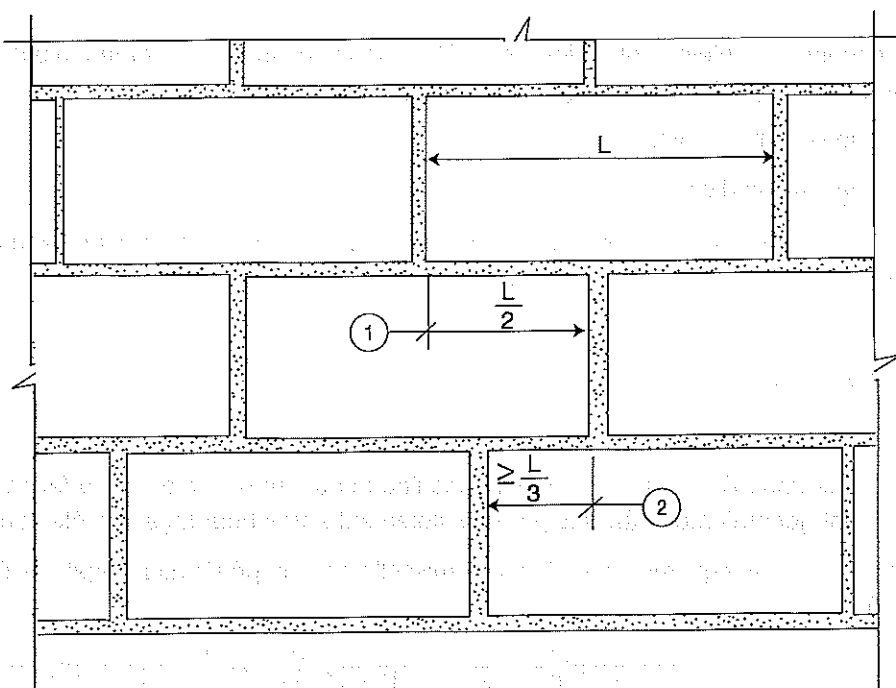


Fig. 2 : Joints à éviter.

2. Joints verticaux

La pose traditionnelle des éléments de maçonnerie (apparente ou enduite) doit être réalisée à joints verticaux décalés (cf. Fig. 3).

Le décalage doit correspondre entre deux assises horizontales à une valeur comprise entre le $\frac{1}{3}$ et la moitié de la longueur de l'élément (brique, pierre ou blocs).



- ① Cas courant ou normal
- ② Cas limite

Fig. 3 : Joints verticaux - décalage.

Un décalage insuffisant compromet la liaison des éléments entre eux. Le risque de fissuration est accru.

Le fait de disposer les joints verticaux alignés sur une même verticale n'est pas justifié, même pour des raisons architecturales.

Ces maçonneries réalisées avec des briques de faible module sont posées avec des joints horizontaux, les joints verticaux n'ayant pas d'épaisseur, ceci afin de souligner les horizontales par les joints.

Le risque de pénétration par les joints verticaux est réel, car ces joints n'ont jamais une épaisseur nulle.

L'alignement des joints verticaux peut être admis dans un seul cas : celui des *maçonneries armées* mettant en œuvre des armatures spéciales en forme de treillis dans les joints horizontaux (technique d'origine belge).



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Remontées capillaires

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

DTU 20.1.

DÉFINITION DU DÉSORDRE

- Apparition d'humidité à l'intérieur d'une paroi en maçonnerie avec :
 - saturation des maçonneries ;
 - décollement des tentures ou cloquage des peintures ;
 - pourriture des plinthes bois ou parquets ;
 - formation de moisissures ou micro-organismes ;
 - altération des enduits, etc.
- Localisation : base du mur.

CONSTATATIONS (CÔTÉ EXTÉRIEUR)

1^{er} cas

Le sol extérieur se situe à un niveau voisin de celui du local où se produisent les désordres (seuil de 0,10 à 0,15 m).

2^e cas

Le sol extérieur est plus bas que le niveau du local intérieur (0,30 à 0,50 m).

Le sol extérieur est revêtu (dallage) ou non. La toiture est peu débordante (chéneau ou gouttière sur mur).

CAUSES POSSIBLES

- Maçonneries poreuses saturées d'humidité à certaines périodes et soumises à des remontées capillaires.
- Absence de coupure de capillarité.
- Ou inefficacité de cette coupure :
 - discontinuité ou fissuration (cas d'une chape en mortier) ;
 - effet des eaux de rejaillissement.
- Maçonnerie du mur en très mauvais état - Enduit ou revêtement de protection inefficace.

DIAGNOSTIC

Le diagnostic sera souvent difficile à établir car plusieurs causes concomitantes peuvent intervenir.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMÈDES POSSIBLES (CORRECTIFS)

- Supprimer l'origine de l'humidité extérieure par l'établissement d'un dallage ou revêtement extérieur au niveau du sol évacuant les eaux près de la façade dans une tranchée drainante distante de cette dernière (pente vers l'extérieur).
- Reprendre l'imperméabilisation de la maçonnerie par :
 - réfection des joints de hourdage dans la partie enterrée (soubassement et sous-sol) ;
 - un enduit d'imperméabilisation à base de liants hydrauliques.
- Vérifier les dispositifs de collecte des eaux pluviales de toiture et réparer les gouttières ou chéneaux fuyards.
- Éviter les eaux de rejaillissement sur la base des murs par des protections (avancées) des toitures.
- Si ces remèdes restent inefficaces, un diagnostic plus précis par un spécialiste devra être effectué pour, éventuellement, proposer un dispositif d'assèchement type électro-osmose ou électro-osmose plorèse.

REMÈDES PRÉVENTIFS

Les Règles de l'Art sont définies au DTU 20.1 :

- Chap. 3 : règles générales communes (CCT) ;
- Chap. 6 : conception de la partie enterrée des maçonneries de soubassement.



Diagnostic

MAÇONNERIES EXTÉRIEURES

Remontées capillaires et autres causes

DIAGNOSTIC VISUEL

Les remontées capillaires qui se manifestent sous forme d'humidité côté intérieur (local) du mur en maçonnerie peuvent présenter des traces visibles sous forme :

- d'auréoles ;
- d'efflorescences.

Ces manifestations, selon la nature des maçonneries et leur porosité, peuvent être plus ou moins importantes.

En général, si aucun remède n'est apporté, le phénomène continue.

ÉVALUATION PAR MESURES

Des appareils (humidimètres) plus ou moins performants déterminent la présence d'humidité en surface ou sur 1 à 2 cm en profondeur, mais généralement leurs indications ne sont que relatives à moins d'un étalonnage préalable.

D'autre part, chaque matériau, selon son type de porosité, présente un taux d'équilibre en humidité qui ne présente pas de risques vis-à-vis des remontées (ou transmissions capillaires).

Ce taux d'équilibre n'est connu que des spécialistes ¹⁾.

Afin de déterminer la teneur en eau des matériaux en profondeur (ou en masse) et les lois de variation, la seule méthode consiste à réaliser des sondages dans les zones incriminées.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE MESURES

1. Méthodologie des sondages

- Prélèvements par carottage.
- Implantation selon un quadrillage à partir de l'extérieur ou de l'intérieur du mur.

Dispositif valable pour les murs enterrés (sondages pratiqués sur la face intérieure).

Les mesures sont faites :

- près de la surface ;
- à mi-épaisseur du mur.

¹⁾ La présence de sels plus ou moins hygroscopiques dans une maçonnerie peut perturber les mesures. Les joints de hourdage également.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

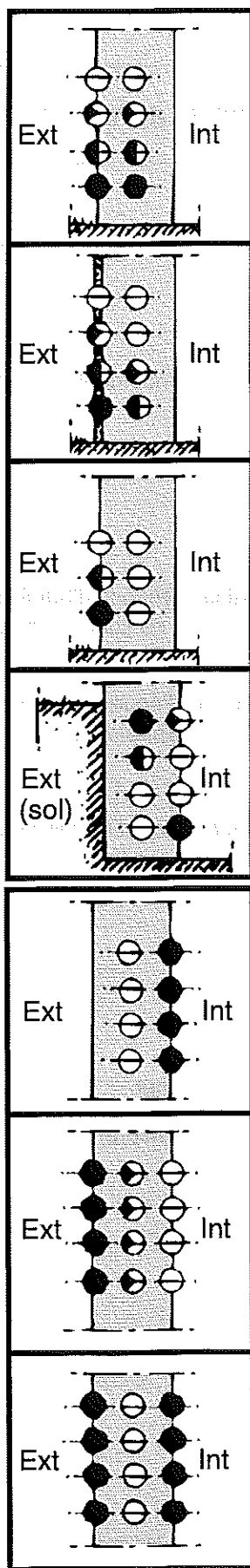
QR

ST

UV

WX

YZ



2. Tableau récapitulatif

Remontées capillaires

Elles apparaissent toute l'année sur l'ensemble du périmètre, mais sur le soubassement des murs (caves, sous-sol et rez-de-chaussée). La hauteur de la manifestation est généralement uniforme mais légèrement plus importante le long des façades à l'ombre et des murs les plus épais, composés de matériaux capillaires : briques légères, calcaires tendres...

Remontées capillaires dans l'enduit

Elles apparaissent toute l'année sur l'ensemble du périmètre, mais sur le soubassement des murs (caves, sous-sol et rez-de-chaussée). La hauteur de la manifestation est généralement uniforme mais légèrement plus importante le long des façades à l'ombre.

Rejaillissements de la pluie

Ils apparaissent principalement sur les façades orientées aux intempéries, près du sol et des reliefs exposés à la pluie. Le mur sèche rapidement sur les façades ensoleillées, mais les traces peuvent subsister sous forme de mousses qui se développent rapidement à l'humidité.

Infiltrations latérales de la pluie par le sol

Elles se manifestent à l'intérieur, sur les murs enterrés, principalement à proximité du niveau du sol extérieur. Les manifestations apparaissent, avec un certain décalage, après les périodes pluvieuses.

Condensations superficielles

Elles se manifestent à tous les niveaux du bâtiment, dans les locaux soumis à une production importante de vapeur, non chauffés ou seulement par intermittence, dont l'air est confiné, sur les « points froids » et dans les zones à circulation d'air difficile. Ces condensations sont intermittentes et liées au refroidissement des parois au contact de l'air extérieur, composées de matériaux peu isolants sur le plan thermique.

Infiltration directe de la pluie

Manifestations liées dans le temps aux précipitations atmosphériques, à tous les niveaux du bâtiment, seulement sur les façades exposées à la pluie battante. Les signes de ces manifestations peuvent être ponctuels ou généralisés, selon la nature du défaut de la façade exposée à la pluie.

Condensation superficielle et infiltration de la pluie

Cette conjonction de phénomènes ne doit pas être confondue avec des remontées capillaires. En effet, elle peut se manifester à tous les niveaux du bâtiment, principalement lors de manifestations atmosphériques et par basse température.

Note

Les remontées capillaires (ou mouvements capillaires) sont à distinguer des manifestations de condensations.



Synthèse

MAÇONNERIES EXTÉRIEURES (VERTICALES ET HORIZONTALES)

Infiltrations d'eau

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

DTU 20.1 - DTU 14.1.

PRINCIPE

Il est anormal que l'eau puisse pénétrer à travers une paroi séparant l'intérieur de l'extérieur.

La conception et la réalisation de cette paroi doivent permettre d'éviter cette pénétration qui sera susceptible de détruire progressivement le matériau qui la constitue.

Dans certains ouvrages (galeries, tunnels), la solution courante consiste à drainer l'eau qui arrive, par la pression, à traverser la paroi, puis à l'évacuer par gravité et par pompage.

La solution moderne consiste à réaliser deux ouvrages, l'un extérieur, l'autre intérieur et à interposer entre les deux une membrane continue étanche. Néanmoins, un drainage, même réduit, permet de contrôler les venues d'eau.

Deux solutions sont donc pratiquées.

1/ La paroi est rigoureusement étanche.

2/ La paroi est relativement étanche, l'eau qui passe est drainée et évacuée.

Pour les ouvrages de bâtiment il faut distinguer au niveau de l'enveloppe :

- les ouvrages *verticaux* (façades pignons) sur lesquels l'eau ruisselle ;
- les ouvrages *horizontaux* (toitures-terrasses plates) ou inclinés qui sont :
 - soit des couvertures d'éléments recouverts et assemblés,
 - soit des toitures inclinées avec revêtement d'étanchéité continu.

Sur les ouvrages horizontaux, l'eau peut stagner avant d'être évacuée. Sur les ouvrages inclinés, l'eau doit être évacuée le plus rapidement possible ;

- les ouvrages *enterrés* (infrastructure) peuvent être noyés ou immergés dans une nappe phréatique.

La différence avec les ouvrages précédents provient de ce que, dans cette dernière catégorie d'ouvrages, l'eau peut agir sous des pressions de plusieurs bars alors qu'en façade et en toiture les pressions restent faibles même en cas d'accumulation, ou par la pression du vent.

CATÉGORIES D'OUVRAGES

La pénétration de l'eau à travers une paroi est régie par des lois physiques complexes qui interviennent de manière différente :

- en parois verticales en élévation (vent de pluie) ;
- en parois verticales enterrées :
 - eau à faible pression (drainage),
 - eau à forte pression (nappe phréatique, ouvrages immergés) ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- en parois horizontales enterrées :
 - eau à faible pression (dallages),
 - eau à forte pression (nappe phréatique, ouvrages immergés).

Le mode de pénétration n'est pas le même dans chacune de ces catégories d'ouvrages. Les solutions techniques sont adaptées. Elles concernent :

- les parties courantes ;
- les ouvrages particuliers.

La pénétration de l'eau s'effectue à travers tous les défauts et discontinuités de la paroi. Pour les maçonneries, les fissures ont une pathologie particulière qui nécessite des développements.

Pour les couvertures, c'est la conjonction de différents facteurs (pente, recouvrement, géométrie des éléments) qui empêche l'eau ruisselant sur les versants de pénétrer à travers l'ouvrage.



MAÇONNERIES EXTÉRIEURES ENTERRÉES (STRUCTURES)

Désordre dans un mur de soutènement en construction

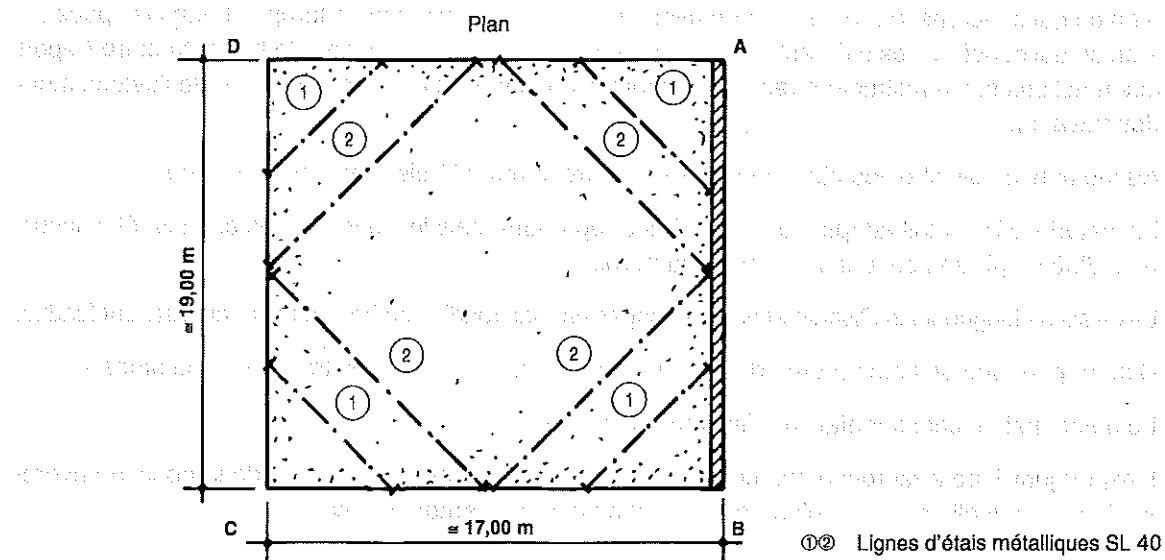
OUVRAGE AFFECTÉ PAR LE SINISTRE

- Mur en fondation sur 20 m de longueur environ faisant partie d'une construction (immeuble à usage de bureaux) et assurant le soutènement sur une hauteur de 12 m environ.
- Compte tenu de l'exiguïté du terrain, les talus ne pouvaient être exécutés en bordure de fouille et le mur-voile a été réalisé par petites parties en banchées blindées.

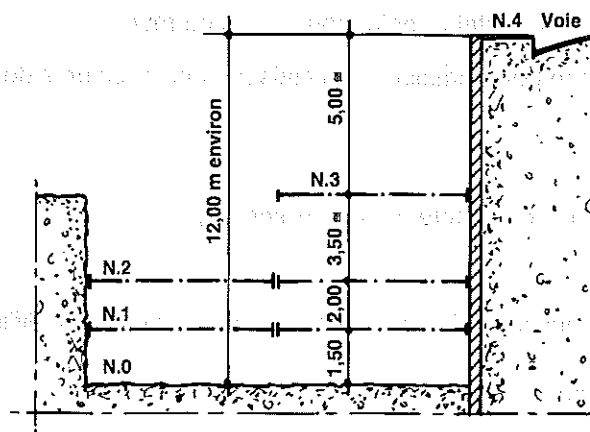
La stabilité devait être assurée :

- en phase provisoire par un système d'étais métalliques prenant appui sur les parois en retour ainsi que sur la paroi opposée de la fouille (SL 40) ;
- en phase définitive (infrastructure constituée par les voiles et les planchers), où c'est la structure proprement dite qui assure le butonnage.

Toutefois, l'ouvrage de soutènement ne comportait aucun dispositif d'évacuation des eaux pouvant s'accumuler à l'extérieur de l'enceinte.



Coupe



- N.0 - Niveau fond de fouille
- N.1 } - Lignes d'étais niveau 1-2 (cf. plan)
- N.2 }
- N.3 - Ligne d'étais angles A/B
- N.4 - Niveau supérieur mur

LE SINISTRE

Le sinistre est survenu après une nuit pluvieuse, alors que le voile était pratiquement exécuté dans sa totalité.

Le soutènement a fléchi et s'est déplacé vers l'intérieur de la fouille.

Plusieurs appuis d'étais se sont déplacés.

L'une des membrures d'un étau SL 40 (étau métallique à section triangulaire) a flambé.

Le déplacement du voile en tête a dépassé 0,05 m, et en pied un peu moins de cette valeur.

CAUSES

L'expert judiciaire a attribué la cause du sinistre à une *insuffisance d'étais*.

Cette insuffisance résulte en fait d'une économie abusive.

La mission confiée par l'entreprise à son ingénieur-conseil était limitée à la définition des points d'appuis des étais et des forces à encaisser.

Aucune étude complémentaire n'avait été faite :

- en ce qui concerne le programme de mise en place des étais dans le temps et dans l'espace ;
- en ce qui concerne les différents remaniements résultant de l'exécution de l'infrastructure (report des réactions sur infrastructure réalisée, suppression des étais au fur et à mesure de l'avancement des travaux).

Au moment du sinistre, les étais du niveau 1 contre le mur n'étaient pas mis en place.

Le matériel utilisé était adapté aux poussées à reprendre mais le calage (cales en bois) était incorrect, d'où un glissement dans le plan de la paroi.

Les étais de longueur insuffisante étaient prolongés par des rondins de bois dont certains étaient fendus.

D'autre part, une des membrures de SL 40 portait à son extrémité des traces de chalumeau.

Le personnel de chantier était insuffisamment encadré.

L'expert judiciaire a reproché aux concepteurs de ne pas avoir tenu compte de la poussée hydrostatique éventuelle résultant d'une accumulation d'eau en amont du mur.

REMÈDES

1. Curatifs

- Mise en place d'étais complémentaires pour stabiliser le mouvement du mur.
- Accélération des travaux d'infrastructure pour remplacer les étais par des structures définitives.

2. Préventifs

- Assurer une *butée en pied*, efficace ainsi qu'en tête (corbeaux scellés).
- Caler les étais entre eux.
- Prévoir un dispositif de drainage des eaux à l'arrière du mur et pour des chantiers de difficulté analogue :
 - prévoir une étude d'étalement détaillée ;
 - utiliser des techniques fiables.

REMARQUES

Ce sinistre survenu *en cours de travaux* n'a pas le caractère d'un effondrement.

Il s'agit plutôt d'une menace grave et imminente d'effondrement.

Seules les dépenses engagées par l'entreprise pour remédier à cette menace pouvaient être prises en charge par les assureurs.

Le fait que la solution amiable avait pu être trouvée a conduit le maître d'ouvrage à assigner les constructeurs devant le tribunal avec nomination d'un expert.

Au vu du rapport de ce dernier, les assureurs ont finalement accepté de prendre en charge la totalité des dommages résultant du sinistre.

En fait, les dégâts matériels étaient peu importants, mais le préjudice global considérable : retards importants, augmentation des difficultés d'exécution (forêt d'étais).

Page 4

Le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014

Le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014

Le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014

Le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014

Le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014

Le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014, le 15 mai 2014



Question/Réponse

MAÇONNERIES (MONTAGE)

Joint s non horizontaux

QUESTION

Une maçonnerie de petits éléments (blocs béton de granulats courants) peut-elle être montée à joints non horizontaux ?

RÉPONSE

Référence à la codification technique

Les textes codifiés (DTU 20.1) font état de joints horizontaux et de joints verticaux.

La règle de l'Art ne mentionne donc pas la possibilité de monter les maçonneries d'éléments autrement que par joints assisés par rangs horizontaux.

Toutefois, la réalité des chantiers peut parfois surprendre la non-conformité aux règles.

La photo 1 ci-dessous illustre ce cas. En toute vraisemblance, la fondation du mur correspondant a été établie sur un terrain en pente, ce qui, en règle générale, est contraire aux règles de l'Art.

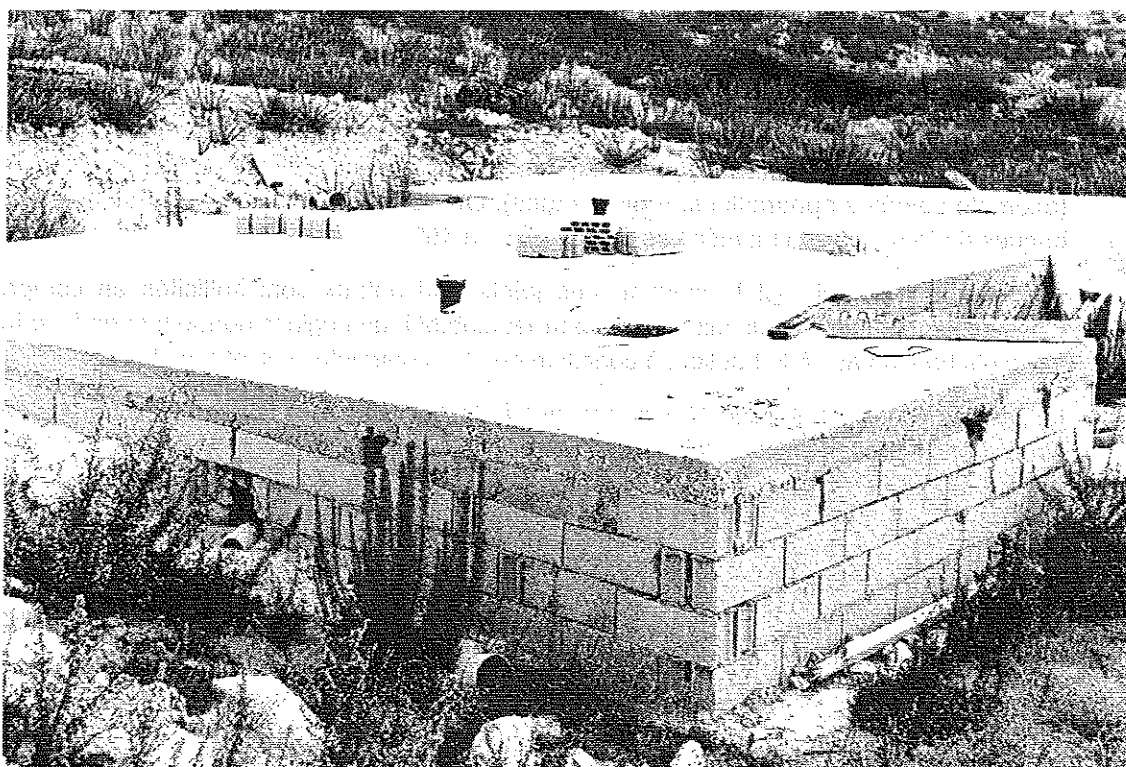


Photo 1 : Exemple de montage de maçonnerie de blocs béton à joints non horizontaux. © J. Putatti

En effet, sur un terrain en pente, les fondations doivent être établies par redans horizontaux avec des décrochements de niveaux correspondants à une pente maximale de 65 % environ ($Tg\alpha \leq 2/3$) (fig. 1). Chaque redan correspond à une hauteur dénivelée de l'ordre de 0,50 m.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

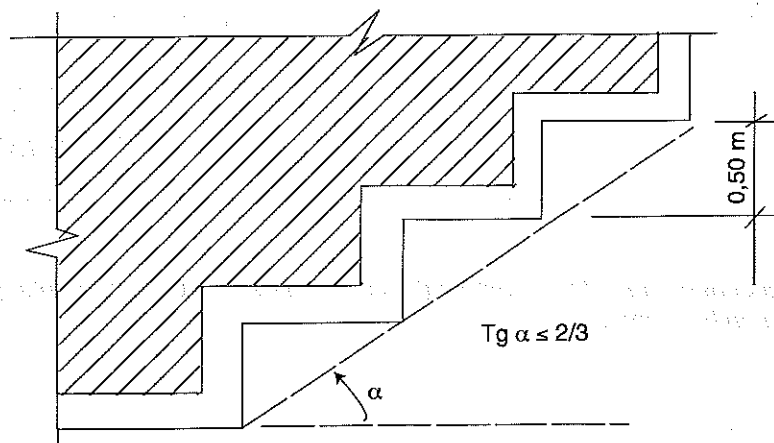


Fig. 1 - Fondation sur un terrain en pente.

La bonne règle à appliquer

La bonne règle consiste donc :

- au niveau des fondations sur un terrain en pente et même à faible pente et afin d'éviter un glissement d'ensemble, à réaliser des semelles par parties horizontales dénivelées comme ci-dessus ;
- au niveau des maçonneries, à monter les éléments par assises horizontales.

Remarque

Il est possible, sous réserve d'études particulières, de monter les maçonneries d'éléments et en particulier les briques pleines apparentes, et pour des raisons architecturales, par rangs inclinés (exemple : voûtes appareillées, remplissages). On trouve dans les maçonneries romaines des briques de forme carrée montées selon des plans à 45°.

Le principe à retenir est le suivant. Les joints horizontaux sont sollicités en compression. L'assemblage à joints verticaux décalés permet d'obtenir une rigidité permettant de faire travailler les joints horizontaux à la traction, à condition que les contraintes soient réduites et équilibrées.

Le cas des voûtes est significatif. Il correspond à des joints inclinés normaux à la courbe des pressions, donc sollicités en compression.



MAÇONNERIES PORTEUSES

Fissuration d'un angle de mur

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Un bâtiment comprenant un rez-de-chaussée simple, sans niveau supérieur (étage) ni de sous-sol est constitué d'une maçonnerie de briques creuses enduites.

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

La partie inférieure des deux murs adjacents d'un angle est fissurée :

- sur une façade : selon une ligne horizontale à environ 0,40 m de la base du mur ;
- sur la façade en cour : la fissure se retourne et après un décrochement vertical rejoint un appui de baie en béton (cf. photos 1 et 2).

La base du mur est raccordée à un dallage qui présente des fissurations dont l'origine se situe à la traversée de l'évacuation des eaux pluviales située près de l'angle et à proximité de celle-ci (cf. photo 3).



Photo 1 : Fissure d'angle dans une maçonnerie de briques creuses (fissure horizontale). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

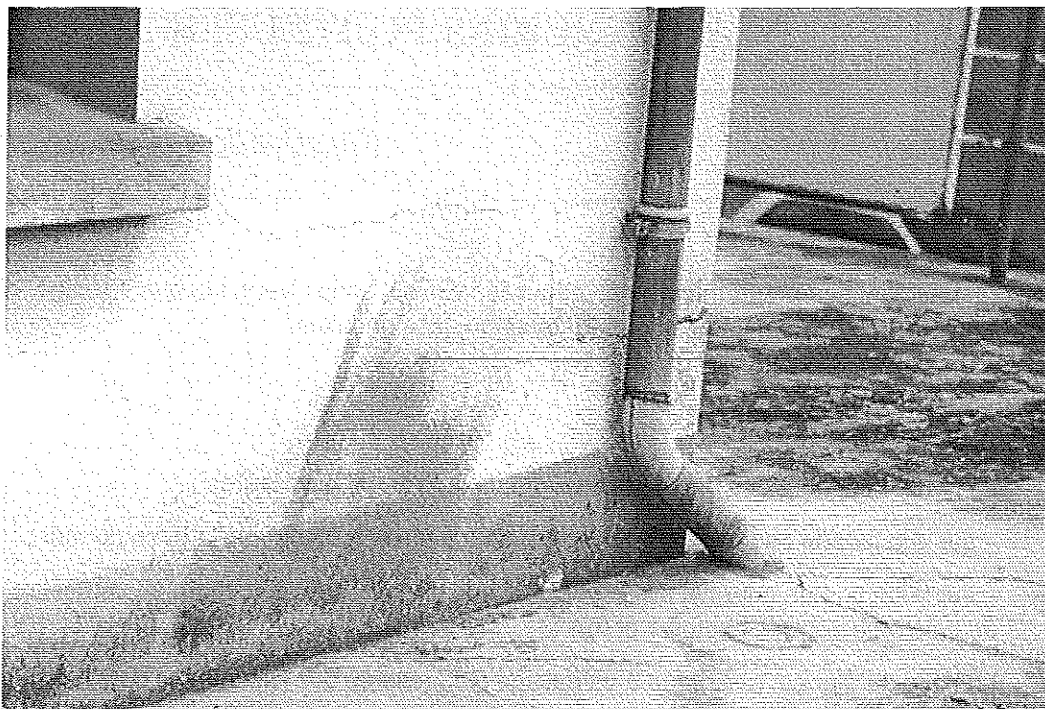


Photo 2 : Retour de façade. La fissure se poursuit et rejoint l'appui de baie après un décrochement vertical. Noter la fissuration du dallage autour de l'évacuation des eaux pluviales. © J. Putatti

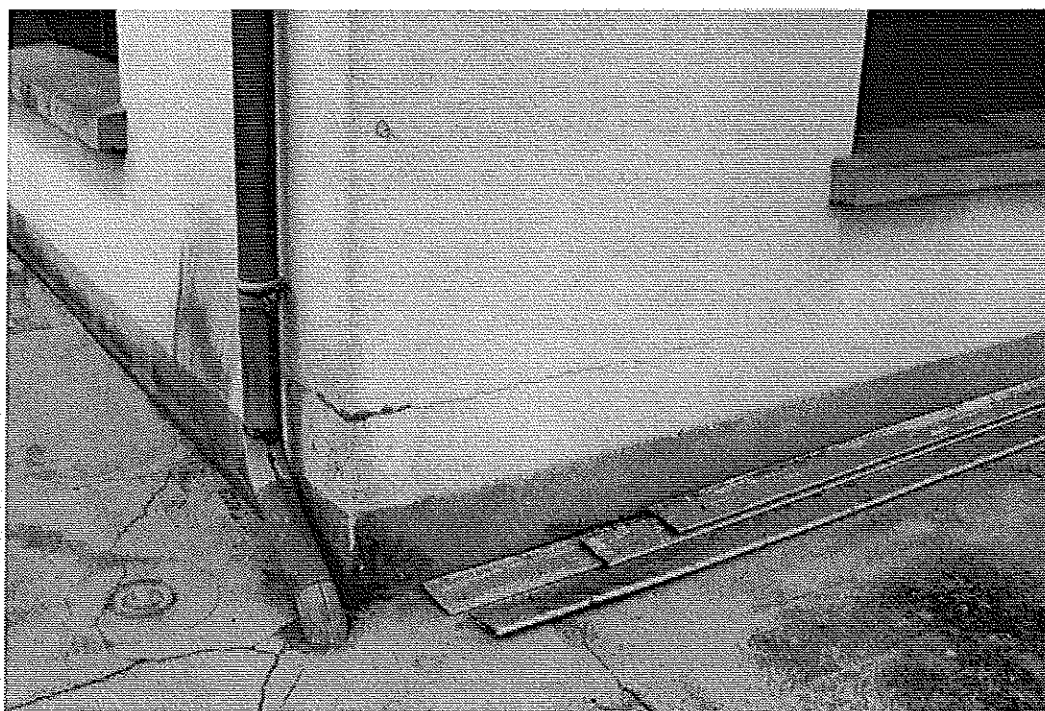


Photo 3 : Ensemble désordre :
 – fissuration d'angle du mur ;
 – fissuration du dallage. © J. Putatti

CAUSE DU DÉSORDRE

Ce type de désordre est fréquent et correspond à un *tassement du sol* de fondation suite à des fuites de la canalisation sous le dallage, ce qui explique la fissuration de ce dernier, le sol sous-jacent s'étant également tassé.



MAÇONNERIES PORTEUSES

Maçonnerie de pisé - Sinistre par effondrement

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Un pavillon construit en agrandissement d'une partie ancienne, par surélévation d'un niveau comprenait :

- une avancée formant terrasse constituée d'un portique, d'une dalle BA et d'un mur d'acrotère/garde-corps en béton ;
- un étage monté sur un mur existant dont la nature s'est révélée lors du sinistre par effondrement (cf. photos 1 et 2).



Photo 1 : Vue d'ensemble de la construction. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail de la zone effondrée (la flèche indique la maçonnerie de pisé restante). © J. Putatti

DESCRIPTION DU SINISTRE

La partie inférieure du mur pignon surélevé lors de l'agrandissement par un mur en briques creuses s'est effondrée en formant un « arc de décharge » maintenant en place le pignon dans la hauteur d'étage.

La construction ancienne s'est effondrée en totalité au droit du pavillon agrandi.

CAUSES DE L'EFFONDREMENT

La rupture des deux natures de maçonnerie (ancienne et nouvelle) correspond aux pentes des deux versants de couverture. Le solin de jonction est resté adhérent à la maçonnerie du pignon en place.

Cet ouvrage, par sa défaillance au point de vue de l'étanchéité est à l'origine de l'effondrement. La pénétration de l'eau à ce niveau dans une maçonnerie constituée de pisé a provoqué l'effondrement de la maçonnerie inférieure constituée par ce matériau.

Les photos 1 et 2 montrent, côté façade, des fragments de maçonnerie subsistant après le sinistre.

RÉPARATIONS

La formation naturelle d'un arc de décharge permet la reconstitution en maçonnerie ordinaire (briques) du pignon défaillant, avec les précautions d'usage pour une reprise en sous-œuvre.



MAÇONNERIES PORTEUSES

Rupture de maçonnerie par absence de chaînage

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Dans un immeuble ancien construit en maçonnerie de briques pleines, la cage d'escalier est située sur la façade arrière en saillie de celle-ci.

La continuité du chaînage sur la façade arrière n'est pas assurée au droit de la cage d'escalier et plus particulièrement au droit des murs de la cage.

Il est probable que, compte tenu de l'âge de la construction et du type de structure murs maçonnerie + plancher à poutrelles métalliques, aucun chaînage n'ait été prévu.

Il en est de même pour la cage d'escalier et *a fortiori* du fait qu'il y a discontinuité de la façade par la cage d'escalier. L'absence de harpage entre le mur ③ et le mur ④, a contribué à la création de la fissure de décollement à la jonction d'angle.



Fissure de décollement (mur latéral cage d'escalier). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

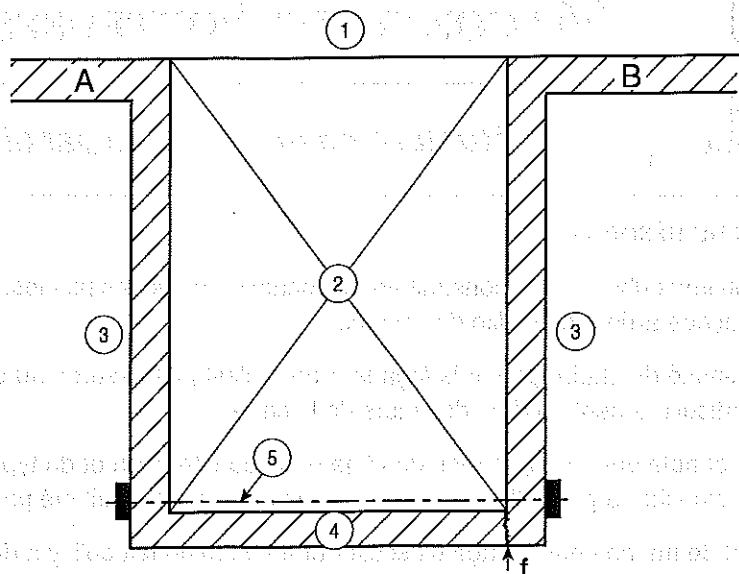
QR

ST

UV

WX

YZ



- ① Niveau plancher
 ② Vide cage escalier
 ③④ Murs cage escalier
 ⑤ Tirant préconisé
 A = B : Niveau plancher
 f : Fissure

Plan schématique.

SOLUTION DE REPRISE

Afin d'éviter l'aggravation du désordre et à la limite l'effondrement du mur ③ par effet de flambage, la mise en place d'un tirant ou plusieurs a été recommandée (cf. figure).

Ce tirant, sous forme d'une barre filetée en about permet de serrer la fissure et de bloquer le mouvement amorcé par celle-ci. Des éléments de répartition sont nécessaires aux abouts de la tige-tirant.



MAÇONNERIES PORTEUSES EN BRIQUES CREUSES

Hourdage des joints

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Il s'agit ici d'une pathologie préventive sur un élément de maçonnerie porteuse avant application d'un enduit masquant tous les défauts de montage qui entraîneront en toute vraisemblance des désordres sous forme de fissurations anarchiques (photo 1).

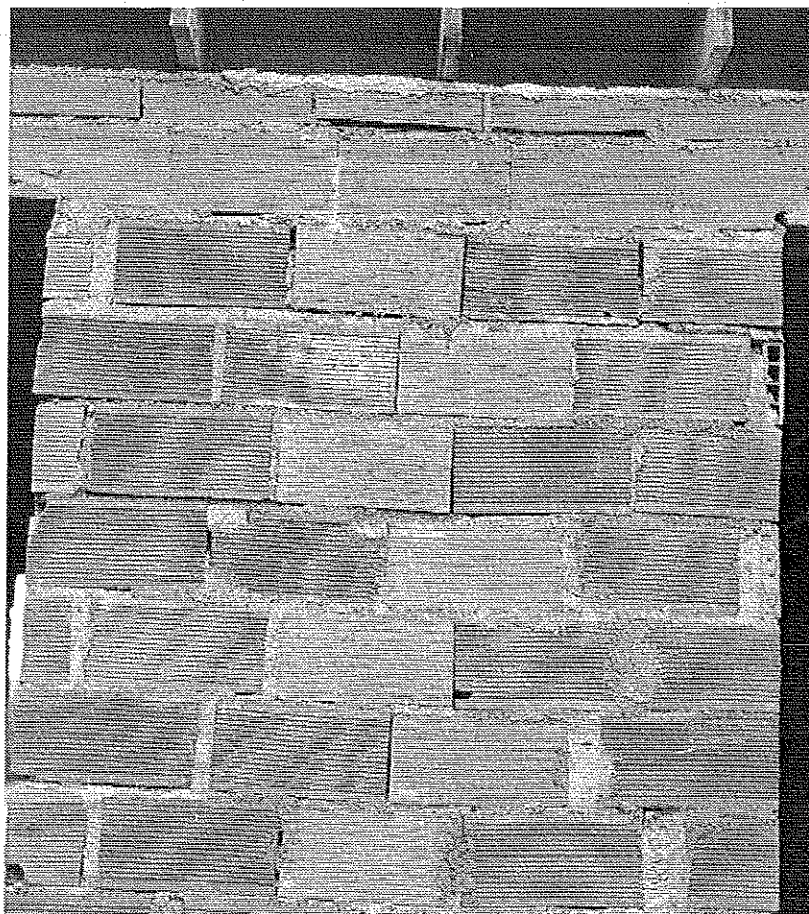


Photo 1 : Maçonnerie porteuse (trumeau) réalisée en briques creuses.
© J. Putatti

Les défauts de montage concernent les joints horizontaux et les joints verticaux.

Joints horizontaux :

- horizontalité approximative ;
- épaisseur des joints variables.

Joints verticaux :

- très irréguliers :
 - certains sont d'épaisseur nulle (non hourdés) ;
 - d'autres ont des épaisseurs excessives (jusqu'à 0,05 m) ;
 - le décalage des joints est souvent limite ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- utilisation d'éléments de briques de quelques centimètres de longueur montés sans joints verticaux garnis ;
- utilisation de briques d'origines différentes ;
- rebouchages superficiels de défauts ;
- brique creuse « plâtrière » utilisée en tableau (3^e rang à partir du haut, côté droit) ;
- rang de briques plates en dernier rang supérieur (chaînage ?) ;
- planéité générale approximative.

L'application de l'enduit améliorera l'aspect fini de cette maçonnerie, mais le comportement d'ensemble pourra révéler d'autres types de désordres (fissurations anarchiques de l'enduit).



Question/Réponse

MAÇONNERIES SEMI-ENTERRÉES

Utilisation de blocs creux manufacturés en béton de granulats courants

QUESTION

Est-il possible de mettre en œuvre des blocs creux en soubassement ?

Ces éléments peuvent-ils satisfaire à l'existence d'étanchéité ?

TEXTE RÉGLEMENTAIRE

DTU 20.1 (édition de septembre 1985, NF P 10-202), et amendements d'avril 1994 et décembre 1995.

RÉPONSE

La réponse suivante concerne les soubassements de mur, c'est-à-dire la partie apparente du mur de sous-sol et la partie enterrée (ou semi-enterrée) du mur qui assure la fonction soutènement.

Conception des murs

1/ Partie hors sol des maçonneries de soubassement

La conception globale de la partie non enterrée des murs de soubassement est à déterminer en fonction des exigences spécifiques à ce mur.

En particulier, si les exigences sont les mêmes que pour les maçonneries de façade utilisées en superstructure, le choix s'effectue comme pour ces parties de mur (cf. DTU 20.1 « Guide de choix en fonction du site »).

Même principe pour les épaisseurs minimales. Si les murs de soubassement n'assurent que la résistance mécanique, cette seule exigence détermine l'épaisseur minimale de la paroi (cas des soubassements de vides sanitaires ou de murs périphériques de terre-pleins).

2/ Partie enterrée des maçonneries de soubassement

La conception de cette partie de paroi est à déterminer en fonction des exigences d'utilisation.

- 1^{re} catégorie : le mur borde des locaux utilisés, où aucune trace d'humidité n'est acceptée sur sa face intérieure (locaux habitables).

- 2^e catégorie : le mur borde des locaux pour lesquels l'étanchéité de la paroi n'est pas obligatoire et où notamment des infiltrations peuvent être acceptées par le maître d'ouvrage (cas de locaux de chaufferie, garages et certaines caves).

- 3^e catégorie : le mur n'a à assurer aucune fonction autre que la résistance mécanique. Cette exigence détermine l'épaisseur minimale de la paroi (cas des murs de vides sanitaires et des murs périphériques de terre-pleins).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Règle

Pour les 3 catégories, lorsque la partie enterrée sur les 2 faces est à une profondeur suffisante pour la mettre à l'abri du gel, on peut utiliser des éléments creux.

Lorsque ce n'est pas le cas :

- les éléments creux ne peuvent être utilisés que lorsqu'un drainage est prévu ;
- on doit utiliser des éléments pleins s'il existe un risque d'accumulation prolongée de l'eau.

Épaisseurs brutes pour les murs de 1^{re} et 2^e catégorie

Les maçonneries constituées de blocs creux de béton doivent avoir une épaisseur minimale de 0,20 m. Les matériaux constitués de blocs pleins (cf. ci-dessus) doivent également avoir une épaisseur $\geq 0,20$ m.

Étanchéité de la paroi

Les dispositions visant l'étanchéité de la paroi ne sont valables que dans le cas où il n'y a pas de risque d'accumulation prolongée de l'eau le long des murs périphériques. Ce risque est lié à la présence d'un drainage.

Dans certains cas (présence d'eau sous pression d'une nappe phréatique), les dispositions prévues peuvent être insuffisantes pour éviter les pénétrations d'eau dans les locaux en sous-sol. Il y a lieu, alors, de prévoir un cuvelage établi selon les dispositions du DTU 14.1.

1^{er} cas : le drainage n'est pas utile (cas des bâtiments fondés sur des terrains perméables)

- Les murs de catégorie 1 doivent être revêtus extérieurement. Les locaux correspondants doivent être aérés et ventilés.
- Pour les murs de catégorie 2, le maître d'œuvre doit décider de la nécessité d'un enduit selon la destination du local. Cet enduit doit être appliqué de préférence sur la face extérieure du mur.
- Le revêtement peut être :
 - un enduit de type traditionnel à base de liants hydrauliques (cf. DTU 26.1) ;
 - un enduit d'imperméabilisation certifié pour cette utilisation ¹⁾, éventuellement complété par un produit noir (émulsion bitumineuse) appliqué en 1 ou 2 couches.

2^e cas : le drainage est prévu

- Pour les murs de catégorie 1, il doit être prévu un système permettant d'éviter l'apparition d'humidité par infiltration sur la paroi intérieure :
 - système d'étanchéité traditionnel à base de chape souple (minimum 1 chape 40 TV autoprotégée par feuille d'aluminium) ;
 - système d'étanchéité élasto-plastique par membrane souple (PVC, etc.).

Ces systèmes doivent être protégés des chocs et mouvements de remblais (tassements) par des blocs drainants.

- Pour les murs de catégorie 2, la partie enterrée de la face extérieure des murs de soubassement doit recevoir un revêtement imperméable à l'eau (enduit extérieur ou dispositif vertical filtrant).

¹⁾ La certification de ce type de produit a remplacé la procédure antérieure d'Avis technique.



MAÇONNERIES VERTICALES

Fissuration des angles

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le type de désordre illustré ci-après correspond pour les dalles de type rectangulaire au phénomène de soulèvement des angles d'une dalle posée sur une maçonnerie d'éléments. Ce phénomène appelé « effet pagode » ou « effet mouchoir » a été examiné pour les dalles qui peuvent présenter en sous-face des fissures à 45° dans les angles (photo 1).

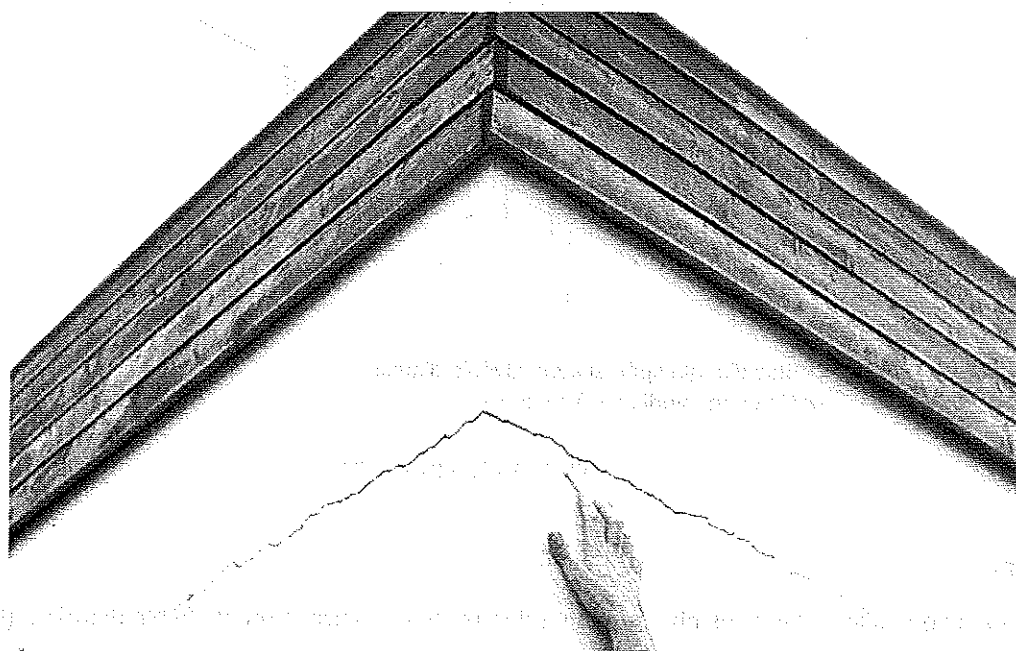


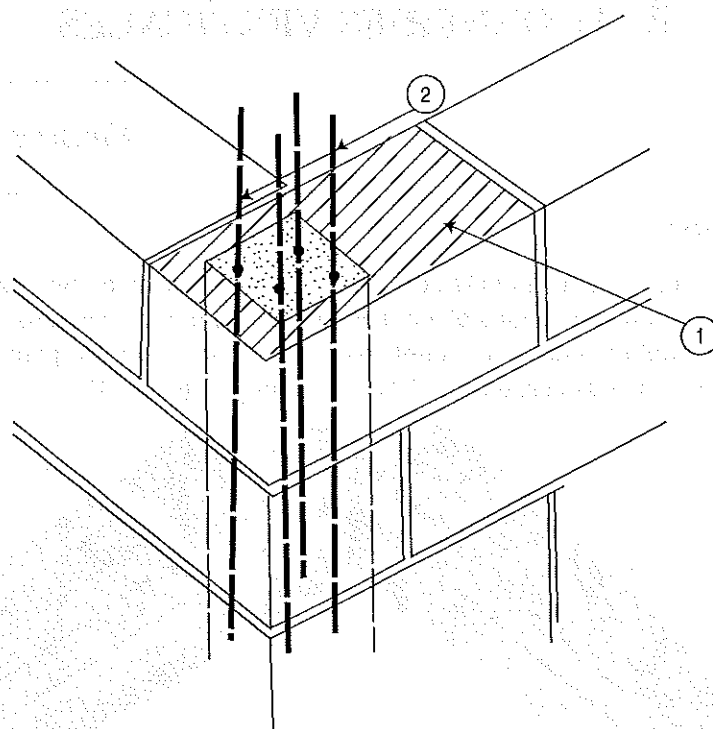
Photo 1 : Manifestation du phénomène de soulèvement des angles de dalle par une fissuration d'angle des maçonneries sous-jacentes. © J. Putatti

Il est systématique pour le dernier niveau (dalle-terrasse) (cf. fiche : Planchers en dalle pleine béton). Les fissures concernent ici les maçonneries et les revêtements (enduits) appliqués sur celles-ci.

Les remèdes concernent également les maçonneries. Compte tenu du fait que l'on ne peut empêcher le soulèvement de la dalle dans les angles par le poids des niveaux supérieurs, la seule solution consiste à disposer dans chaque angle un chaînage vertical efficace assurant le blocage de chaque niveau de plancher.

Un système efficace pourrait consister à exercer une précontrainte modérée dans l'axe de chaque chaînage vertical d'angle, par exemple une tige ancrée à la base dans le chaînage de l'étage inférieur, filetée en partie supérieure avec plaque de répartition et écrou de serrage.

Ceci implique que les aciers verticaux du chaînage d'angle soient liés aux aciers des chaînages horizontaux de chaque plancher (fig. 1).



- ① Bloc d'angle spécial avec alvéole d'angle
② Chaînage vertical - Armatures

Fig. 1 : Chaînage d'angle.

Remarque

Les aciers utilisés dans les chaînages verticaux sont généralement de faible diamètre ($\varnothing 8$).

Ils présentent deux défauts :

– ils sont flexibles donc déformables avant remplissage de l'alvéole réservée dans les blocs ou éléments d'angle ;

– les recouvrements avec les aciers du niveau inférieur peuvent être insuffisants pour mobiliser l'effort fort de traction dû au soulèvement d'angle de la dalle.



Désordre

MARCHES D'ESCALIER

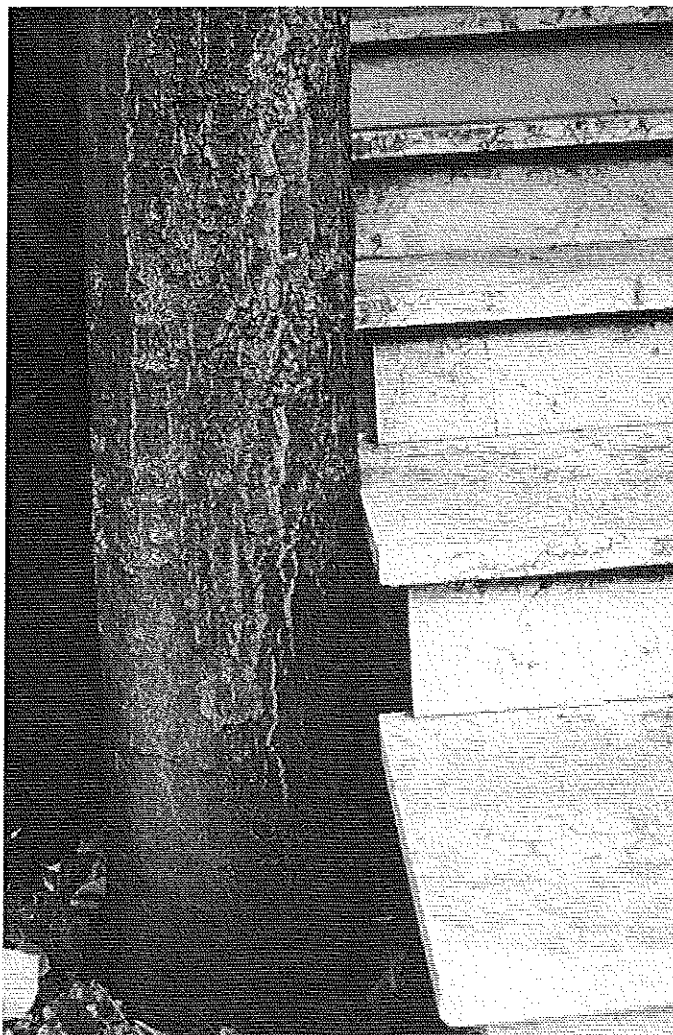
Désordre provoqué par la croissance d'un arbre

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Lors de la construction d'un escalier extérieur d'une habitation individuelle, la présence d'un arbre jeune (érable) implanté près de l'ouvrage n'avait pas gêné sa construction bien que placé très près de celui-ci.

Au fur et à mesure de sa croissance, l'arbre augmenta de diamètre jusqu'à venir toucher la tranche des marches voisines, ceci après plus de 20 ans de croissance continue.

Dans un premier temps, un « compromis » s'établit entre l'arbre et l'obstacle, correspondant à l'encastrement du tronc dans le bord de marches voisines.



Bord des marches. © J. Putatti

Cette première phase se poursuivant, le risque d'une mise en compression des marches avec fissuration puis éclatement du revêtement entraînera :

- le sciage de l'arbre à un niveau inférieur à la zone des marches affectées par le phénomène ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

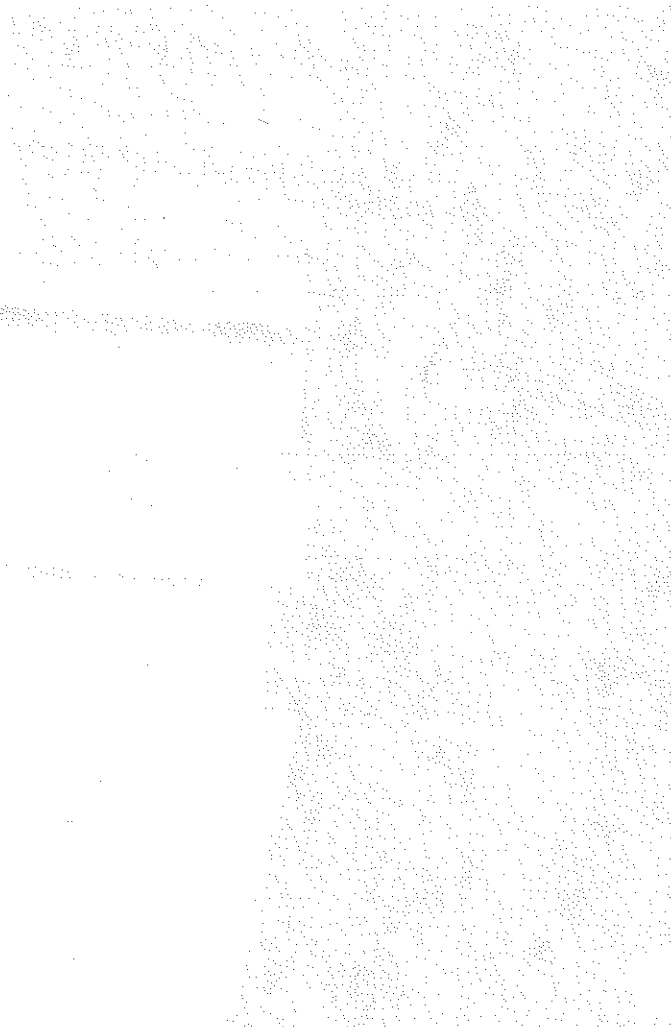
UV

WX

YZ

– la réfection du revêtement de l'escalier extérieur (à l'origine COMBLANCHIEN) rendu glissant par suite de l'usure et dangereux en cas de pluie, et menacé de rupture brutale par poussée active de l'arbre.

À noter que l'arbre avait été conservé à l'origine de la construction par la seule volonté du propriétaire.





MENUISERIES BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : le *Lyctus*

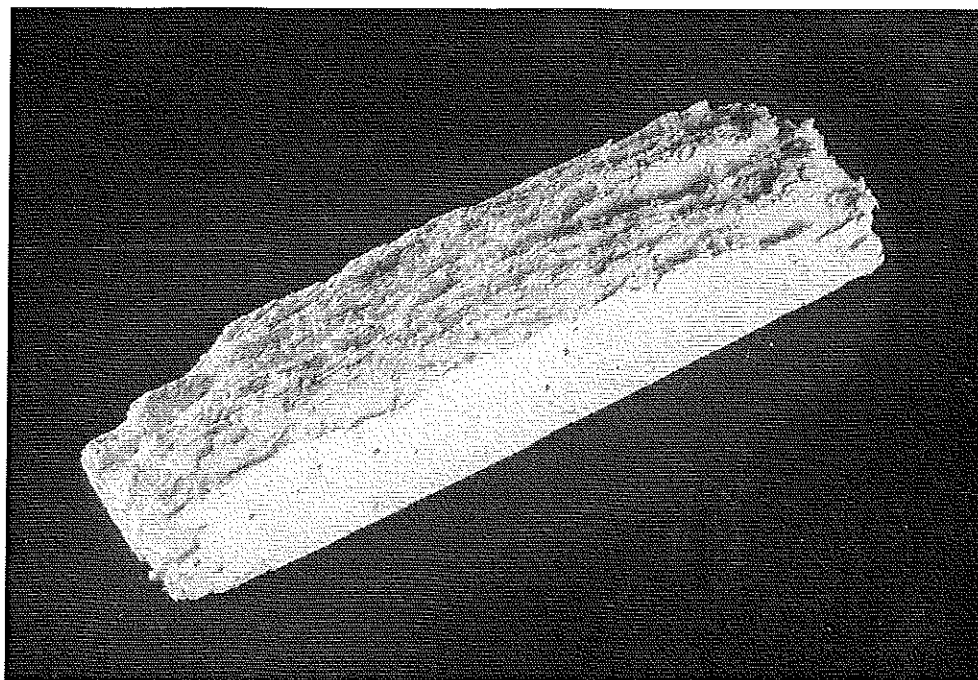
ASPECT DU BOIS ATTAQUÉ

- Trous de sortie des adultes de première génération peu nombreux ; ils sont en grand nombre lors de la 2^e génération ; les orifices circulaires de 1 à 2 mm de diamètre peuvent être observés sur des pièces de bois non sensibles, sur le duramen de pin et de chêne, à proximité d'éléments comportant de l'aubier. Les adultes sont capables de traverser différents matériaux, sans les ingérer, pour regagner l'air libre. Ces insectes sont attirés par la lumière, on peut alors les observer près des fenêtres au moment de l'essaimage (sur voillages).

- Fine vermoulure (déjections) souvent observée avant les premiers trous. Elle semble s'écouler du bois sans trace de dégradation en surface, rejetée des vaisseaux du bois par les larves ayant atteint une certaine taille avant l'état adulte ; elle forme des petits cônes.

Vermoulure extrêmement fine présentant au toucher la même consistance que la fleur de farine.

- Les galeries de section circulaire de 1 à 2 mm de diamètre sont parallèles au fil du bois et remplies de vermoulure.



Élément de bois dégradé par le *Lyctus*. © CTBA

MORPHOLOGIE DE L'INSECTE

Adulte :

- longueur : 2,5 à 6 mm ;
- forme : étroite et allongée ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

– couleur : brun à brun roux, selon l'espèce ;

– élytres (ailes antérieures coriaces) : couverts de poils plus ou moins régulièrement implantés.

Larve :

– longueur : 5 à 7 mm ;

– couleur : blanchâtre, glabre ;

– forme : arquée ;

– trois paires de pattes.





Diagnostic

MENUISERIES BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : le *Lyctus*

AGENT BIOLOGIQUE

Lyctus : *Lyctus brunneus* Steph ou *Lyctus linearis* Goeze.

Ordre : Coléoptères.

Famille : *Lyctidae*.

BOIS DÉGRADÉS

Les dégradations provoquées par le *Lyctus* concernent les bois mis en œuvre (parquets, lambourdes, contre-plaqués, menuiseries extérieures et intérieures), les meubles et éléments de décoration.

Le *Lyctus* ne dégrade que les essences feuillues indigènes ou tropicales possédant :

- des zones aubieuses dont les vaisseaux sont suffisamment gros (diamètre $\geq 0,05$ mm) pour que la femelle puisse y introduire sa tarière au moment de la ponte ;
- une teneur en amidon > 3 % en poids par rapport au poids anhydre du bois.

Les essences à aubier attaquable sont : chêne, châtaignier, frêne, hickory, noyer, orme, tous les bois tropicaux. Parmi les essences dégradables dans leur totalité, citons : Ako, Fromager, Koto, Ilomba, Ramin, Limba.

L'humidité du bois requise doit être comprise entre 6 et 32 %.

CYCLE ÉVOLUTIF ET CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Apparition des adultes

Essaimage au début du printemps, se poursuivant jusqu'à la fin de l'été. Les mâles vivent entre 2 et 3 semaines et les femelles 6 semaines.

Ponte

Les femelles déposent leurs œufs à l'aide de leur tarière qu'elles glissent dans la lumière des vaisseaux de dimension correcte ; les œufs peuvent être aussi déposés dans des fentes du bois. Les larves éclosent 1 à 2 semaines plus tard.

Développement larvaire dans le bois

La durée varie en fonction des conditions climatiques ambiantes. Sur des bois à l'extérieur ou entreposés dans un local non chauffé, le développement est rallongé. Dans des locaux chauffés, le développement est très raccourci (d'où les fréquentes sorties d'insectes dans les locaux d'habitation).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Durée totale du cycle de développement

Elle est le plus souvent de 1 an, mais varie de 3 mois sous les climats tropicaux à 2 ans au froid.
Elle peut être de 6 à 10 mois dans des locaux chauffés.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Autrefois, constatation de dégâts importants sur parquets et lambourdes en chêne et sur contre-plaqués ; suite à des consignes strictes de préservation, les infestations ont régressé.

Actuellement des dégradations importantes sont constatées sur des essences tropicales importées sans protection à l'origine. Problèmes réels causés aux menuiseries extérieures et intérieures, meubles et éléments de décoration.

RÉPARTITION

L. brunneus : monde entier.

L. linearis : Europe, mais en voie de régression.



MENUISERIES BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : le Lyctus

MESURES PRÉVENTIVES AVANT MISE EN ŒUVRE

Traitement préventif chimique de classe 3 (menuiseries extérieures)

- Traitement de classe 3 visant à protéger le bois à la fois des Lyctus, mais aussi des champignons lignivores.
- Produit de préservation appliqué par un procédé (CTB B+) choisi en fonction du niveau de pénétration de produit dépendant de la conception et de la réalisation de la menuiserie (classe 3, faible exposition ou classe 3, forte exposition) par trempage, par pulvérisation (flow coat) ou en autoclave.
- Produit insecticide et fongicide adapté aux agents biologiques et présentant une efficacité prouvée par des tests normalisés appropriés, en solvant organique ou en émulsion (CTB P+).

Durabilité naturelle

Utiliser les essences purgées d'aubier, admises à la marque de qualité CTB Fenêtre (Groupe A).

TRAITEMENT PRÉVENTIF CHIMIQUE APRÈS MISE EN ŒUVRE

- Vérification par un sondage qu'il n'y a aucune trace d'attaque, même localisée.
- Traitement en profondeur dans les encastrements et les pièces au contact de la maçonnerie.
- Après dépoussiérage et décapage des finitions, pratiquer une double application de surface du produit à raison de 200 à 250 g/m².

TRAITEMENT CURATIF PHYSIQUE

Le traitement curatif physique utilise des procédés qui n'ont qu'une efficacité curative n'empêchant pas le retour de l'insecte. Ces procédés sont actuellement très nombreux, mais leur efficacité est parfois limitée. Ils nécessitent souvent un équipement spécialisé et peuvent présenter des risques. Les deux principaux sont les suivants.

Traitement par la chaleur

- Application de vapeur d'eau à 100 °C à partir de chaudières mobiles dans des greniers rendus étanches.
- Maintien d'une température de 80 °C au cœur du bois pendant le temps nécessaire en fonction de l'épaisseur.

Traitement aux micro-ondes

- Procédé également fondé sur l'action de la chaleur, la montée thermique rapide détruit les larves sans provoquer un échauffement du bois dommageable.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Procédé nocif pour l'homme car les protections sont difficiles à mettre en place.

TRAITEMENT CURATIF CHIMIQUE

Brouillards insecticides

Les brouillards résultent de la vaporisation de particules insecticides à l'intérieur d'un lieu clos.

L'action au niveau des adultes au moment de leur envol est efficace quand l'essaimage se produit dans un laps de temps réduit ; les insectes à l'intérieur des pièces de bois ne sont pas atteints et l'éradication est souvent incomplète.

Fumigation

Action de gaz toxiques (acide cyanhydrique, phosphine, bromure de méthyle, etc.) en atmosphère saturée sur les bois infestés dans des enceintes hermétiquement closes.

Les insectes à tous les stades de développement, même en profondeur dans le bois, sont atteints par inhalation du gaz toxique.

Ce procédé est très efficace mais limité, car interdit dans les locaux d'habitation. La mise en œuvre est dangereuse et il n'y a pas d'efficacité préventive.

Atomisation

Celle-ci s'effectue par des insecticides de contact lors des périodes d'éclosion.

Application d'un produit de préservation

Technique à la fois curative et préventive, elle élimine en surface et en profondeur la totalité des larves et crée une barrière protectrice évitant toute nouvelle infestation.

Après un sondage pour évaluer l'ampleur de l'infestation et un bûchage mettant le bois à nu, procéder à une imprégnation des bois.

Injection de produit dans des trous percés dans le bois par remplissages répétés du produit avec un entonnoir ou par application en une seule fois à basse pression avec un injecteur en plastique spécifique. Terminer par une application de surface.

Le produit de préservation en solvant organique ou en émulsion doit être adapté à l'agent biologique et présenter une efficacité curative prouvée par un essai de laboratoire normalisé approprié (CTB P+).

Produit rémanent pendant de nombreuses années, prémunissant le bois contre une infestation ultérieure.

Remarque

Il est vivement conseillé de faire appel à une entreprise spécialisée travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB A+).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France, le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir la performance.

- Certification de services : marque CTB A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation.

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.
- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.
- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.
- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.
- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation. Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.
- NF P 23-305 : Menuiseries en bois - Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres et châssis fixes en bois, 1988.
- DTU 36.1 : Menuiseries en bois, 1984.

ANNEXE 3 (suite)

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

ANNEXE 4 (suite)

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.

Le présent document a été préparé en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Il est possible que certaines informations contenues dans ce document soient exemptées de la divulgation en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Toutefois, la divulgation de ces informations n'est pas nécessaire pour la compréhension de l'ensemble du document.



MENUISERIES EXTÉRIEURES

Pathologie générale

ÉCHANTILLON ÉTUDIÉ

Près de 3 000 sinistres portant sur les fenêtres extérieures et les portes-fenêtres à l'exclusion des portes d'entrée de bâtiment, des portes de garage et autres ouvrages assimilés (volets, etc.).

Coût moyen : 21 000 F HT environ.

RÉPARATION DES SINISTRES PAR TYPE D'OUVRAGE (cf. tableau)

Types de menuiseries	% du nombre des désordres	% du coût de réparation	Coût de réparation moyen
Menuiserie bois	45,4 %	39,2 %	18 500 F
Menuiserie aluminium	32,4 %	38,7 %	25 500 F
Menuiserie acier	2,1 %	2,0 %	19 800 F
Menuiserie PVC	18,8 %	18,8 %	21 400 F
Menuiserie mixte	0,9 %	0,6 %	15 300 F
Autre	0,3 %	0,6 %	35 700 F
Total	100 %	100 %	21 300 F

Les menuiseries bois qui sont les plus répandues sont aussi celles qui présentent en nombre le plus de désordres.

RÉPARTITION DES SINISTRES PAR TYPE DE BÂTIMENT (cf. tableau)

	Maison individuelle	Logement collectif	Autres bâtiments
Menuiserie bois	82,2 %	33,0 %	14,0 %
Menuiserie aluminium	8,1 %	32,8 %	67,6 %
Menuiserie acier	0,5 %	1,7 %	5,4 %
Menuiserie PVC	8,5 %	30,7 %	11,9 %
Menuiserie mixte	0,3 %	1,5 %	0,6 %
Autre	0,4 %	0,2 %	0,6 %

La répartition par type de bâtiment montre que les sinistres de menuiseries extérieures en bois de maisons individuelles sont prépondérants du fait qu'elles sont plus utilisées qu'en bâtiments collectifs.

CAUSES DES DÉSDORDRES (cf. tableau)

Types de menuiseries	% du nombre des désordres	% du coût de réparation	Coût de réparation moyen
Vice du matériau	16,6 %	13,4 %	17 300 F
Défaut de protection	1,5 %	2,4 %	35 000 F
Défaut d'étanchéité de la menuiserie	30,7 %	31,3 %	21 800 F
Défaut de liaison menuiserie-structure	28,3 %	28,7 %	21 700 F
Défaut au niveau des seuils	7,0 %	5,0 %	15 200 F
Autre cause	15,9 %	19,2 %	25 800 F
Total	100 %	100 %	21 300 F

La cause principale des désordres résulte :

- de la liaison menuiseries-gros œuvre (calfeutrements, adaptation bâtis, etc.),
- des défauts d'étanchéité des menuiseries proprement dites,

tant en nombre de sinistres qu'en coûts de réparation (près de 2 sinistres sur 3 pour ces 2 causes).

RÉPARTITION DES SINISTRES PAR TYPE DE MENUISERIE ET PAR TYPE DE BÂTIMENT (cf. tableau)

	Menuiserie bois	Menuiserie PVC	Menuiserie aluminium	Toutes menuiseries confondues
Maison individuelle	61,8 %	15,5 %	8,5 %	34,1 %
Logement collectif	31,1 %	70,0 %	43,4 %	42,8 %
Autres bâtiments	7,1 %	14,5 %	48,1 %	23,1 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

Les sinistres les plus importants concernent les menuiseries bois pour les maisons individuelles et les menuiseries PVC, apparues plus récemment pour les bâtiments collectifs.

CAS DES MENUISERIES BOIS (cf. tableau)

Les causes de sinistres sont reprises par type de bâtiment pour les menuiseries bois.

Cause des sinistres par type de bâtiment	Maison individuelle	Logement collectif	Autres bâtiments
Vice du matériau	40,0 %	24,8 %	22,6 %
Défaut de protection	1,7 %	2,2 %	3,2 %
Défaut d'étanchéité de la menuiserie	26,5 %	34,8 %	31,2 %
Défaut de liaison menuiserie-structure	9,1 %	20,1 %	17,2 %
Défaut au niveau des seuils	2,5 %	3,4 %	3,2 %
Autre cause	20,1 %	14,7 %	22,6 %

Le vice du matériau intervient en cause prépondérante pour les maisons individuelles. Le défaut d'étanchéité de la menuiserie est la cause prépondérante pour les bâtiments collectifs et autres types de bâtiments.

CAS DES MENUISERIES PVC (cf. tableau)

Cause des sinistres par type de bâtiment	Maison individuelle	Logement collectif	Autres bâtiments
Vice du matériau	4,8 %	1,1 %	1,3 %
Défaut de protection	0 %	0,3 %	0 %
Défaut d'étanchéité de la menuiserie	23,8 %	28,9 %	35,4 %
Défaut de liaison menuiserie-structure	42,9 %	48,9 %	40,5 %
Défaut au niveau des seuils	10,7 %	10,8 %	3,8 %
Autre cause	17,9 %	10,0 %	19,0 %

Pour les menuiseries en PVC, la cause prépondérante tant en maison individuelle qu'en bâtiment collectif est à rechercher dans la liaison menuiserie-gros œuvre.

CAS DES MENUISERIES ALUMINIUM (cf. tableau)

Cause des sinistres par type de bâtiment	Maison individuelle	Logement collectif	Autres bâtiments
Vice du matériau	3,8 %	1,5 %	2,2 %
Défaut de protection	2,5 %	1,2 %	0,4 %
Défaut d'étanchéité de la menuiserie	31,3 %	35,7 %	32,0 %
Défaut de liaison menuiserie-structure	26,3 %	37,9 %	40,0 %
Défaut au niveau des seuils	22,5 %	12,1 %	8,7 %
Autre cause	13,8 %	11,6 %	16,7 %

C'est encore la liaison menuiserie-gros œuvre qui constitue la cause prépondérante pour les menuiseries aluminium utilisées en bâtiments collectifs (et autres). Pour les maisons individuelles, les défauts d'étanchéité de la menuiserie représentent près du tiers des cas.

Note

Les menuiseries acier qui représentent un pourcentage moindre n'ont pas fait l'objet d'une étude détaillée.

2. Les Menuiseries extérieures : Pathologie générale

Pathologie	Localisation	Aspect clinique	Aspect histologique
Leucodermie	Extrémités	Plaques blanches, atrophiques	Atrophie épidermique
Psoriasis	Extrémités	Plaques rouges, squameuses	Prolifération des kératinocytes
Éczéma	Extrémités	Plaques rouges, prurigineuses	Inflammation chronique
Parvityphologie	Extrémités	Plaques rouges, squameuses	Prolifération des kératinocytes
Parvityphologie	Extrémités	Plaques rouges, squameuses	Prolifération des kératinocytes
Parvityphologie	Extrémités	Plaques rouges, squameuses	Prolifération des kératinocytes

Les Menuiseries extérieures : Pathologie générale - page 4

Les Menuiseries extérieures : Pathologie générale - page 4



MENUISERIES EXTÉRIEURES

Travaux de réhabilitation - Absence de coordination entre corps d'état ¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Dans le cadre des travaux de réhabilitation d'un immeuble, différentes transformations sont envisagées :

- création de baies (portes-fenêtres, fenêtres) ;
- déplacement d'ouvertures ou agrandissement de certaines ;
- remplacement d'anciennes menuiseries bois par des ensembles en PVC.

Dispositions particulières

Les ouvrages concernent un appartement au dernier étage avec retrait par rapport aux façades (rue et cour).

Difficulté de coordination entre l'entreprise de maçonnerie et l'installateur des ensembles de menuiserie.

Défaut de liaison et de calfeutrement, etc.

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les désordres se manifestent surtout aux liaisons, avec pénétrations d'eau par période de pluies violentes avec vent (cf. photos 1 à 5).



Photo 1 : Pénétration d'eau à partir d'une porte-fenêtre. © J. Putatti

¹⁾ Cas concret rencontré en expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Remontées d'humidité dans les murs latéraux. Insuffisance de seuil. © J. Putatti

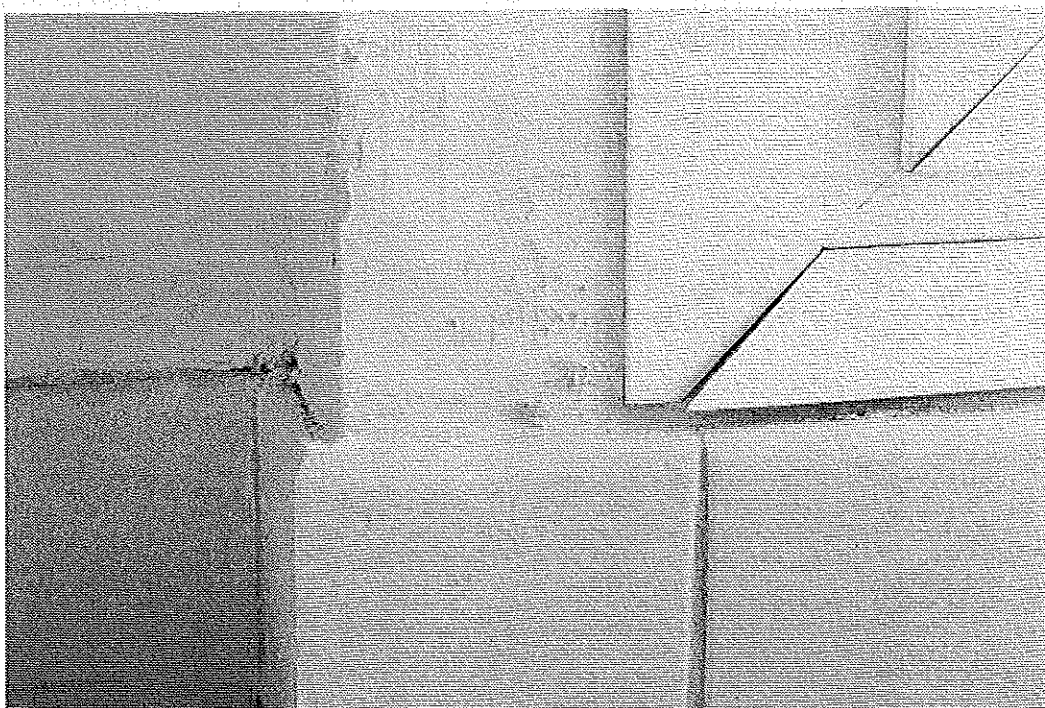


Photo 3 : Défaut de raccordement des éléments d'habillage du bâti. Humidification des parois en maçonnerie. © J. Putatti



Photo 4 : Défaut d'étanchéité du seuil de la porte-fenêtre. Fuites, écaillage de la peinture. © J. Putatti

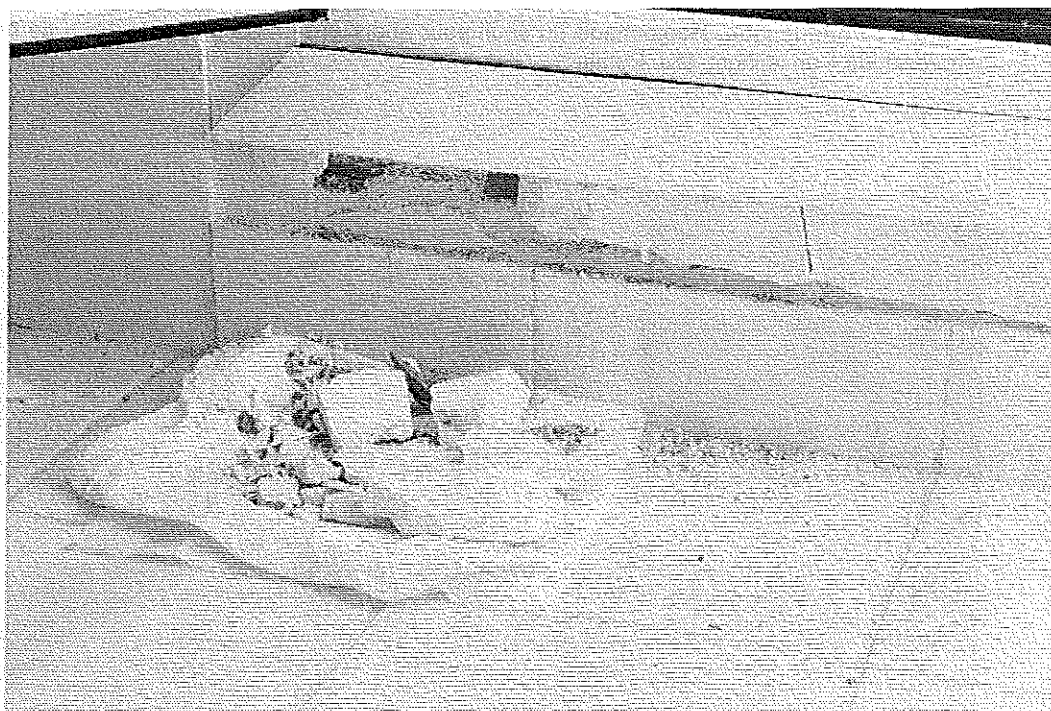


Photo 5 : Défaut de liaison et d'étanchéité au droit d'un seuil. © J. Putatti

RECONSTITUTION DES TRAVAUX EFFECTUÉS

- Il semble, d'après les éléments recueillis en cours d'expertise, que certaines portes-fenêtres ont été posées par l'entreprise (de service) avant toute préparation des ouvrages de maçonnerie. Il est probable que les mesures des ensembles à poser nécessitaient des fabrications spéciales, compte tenu des conditions particulières des travaux à effectuer.

Certaines de ces mesures (notamment hauteur) n'ont pas tenu compte des règles de l'Art (hauteur du seuil à respecter pour l'exécution du rejingot) (cf. photos 6 et 7).



Photo 6 : Porte-fenêtre. Repiochage du seuil pour abaisser le niveau et « tenter » de réaliser « après-coup » un rejingot. © J. Putatti



Photo 7 : Disposition analogue. Abaissement du niveau de seuil par repiochage. Remarquer le raccordement de la conduite EP de l'étage en retrait avec une canalisation semi-noyée dans le balcon (?). © J. Putatti

En fait, les seuils repiochés correspondaient à des poutres longrines supportant l'étage en retrait.

En toute logique, c'est le maçon chargé du gros œuvre, maçonnerie béton armé, qui devait, sous les directives d'un maître d'œuvre (s'agissant d'un immeuble en copropriété), exécuter et préparer les ouvrages nécessaires pour recevoir les bâtis portes-fenêtres respectant les règles de l'Art, c'est-à-dire notamment les dispositions d'étanchéité du seuil et de raccordement avec un bâti de menuiserie.

Sur une autre façade (cf. photo 8), l'absence de rejingot a conduit le poseur (incompétent) à une disposition fuyarde calfeutrée (après coup) par un mastic, sans résultat positif.



Photo 8 : Autre porte-fenêtre. © J. Putatti

CONCLUSION

Pour ce cas précis, aucune autre solution que la reprise complète des ouvrages sous la direction d'un maître d'œuvre n'était possible, aucune règle tant de conception que de réalisation n'ayant été respectée.

Le projet de loi n° 100, relatif à la réforme de la justice, a été adopté par l'Assemblée nationale le 10 juillet 2009. Ce projet de loi vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire et à réduire les délais de jugement. Il prévoit notamment la création de nouvelles juridictions et la réforme des procédures d'instance.

Le projet de loi n° 101, relatif à la réforme de la justice, a été adopté par l'Assemblée nationale le 10 juillet 2009. Ce projet de loi vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire et à réduire les délais de jugement. Il prévoit notamment la création de nouvelles juridictions et la réforme des procédures d'instance.

Le projet de loi n° 102, relatif à la réforme de la justice, a été adopté par l'Assemblée nationale le 10 juillet 2009. Ce projet de loi vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire et à réduire les délais de jugement. Il prévoit notamment la création de nouvelles juridictions et la réforme des procédures d'instance.



Le projet de loi n° 103, relatif à la réforme de la justice, a été adopté par l'Assemblée nationale le 10 juillet 2009. Ce projet de loi vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire et à réduire les délais de jugement. Il prévoit notamment la création de nouvelles juridictions et la réforme des procédures d'instance.

Le projet de loi n° 104, relatif à la réforme de la justice, a été adopté par l'Assemblée nationale le 10 juillet 2009. Ce projet de loi vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire et à réduire les délais de jugement. Il prévoit notamment la création de nouvelles juridictions et la réforme des procédures d'instance.

Le projet de loi n° 105, relatif à la réforme de la justice, a été adopté par l'Assemblée nationale le 10 juillet 2009. Ce projet de loi vise à améliorer l'efficacité du système judiciaire et à réduire les délais de jugement. Il prévoit notamment la création de nouvelles juridictions et la réforme des procédures d'instance.

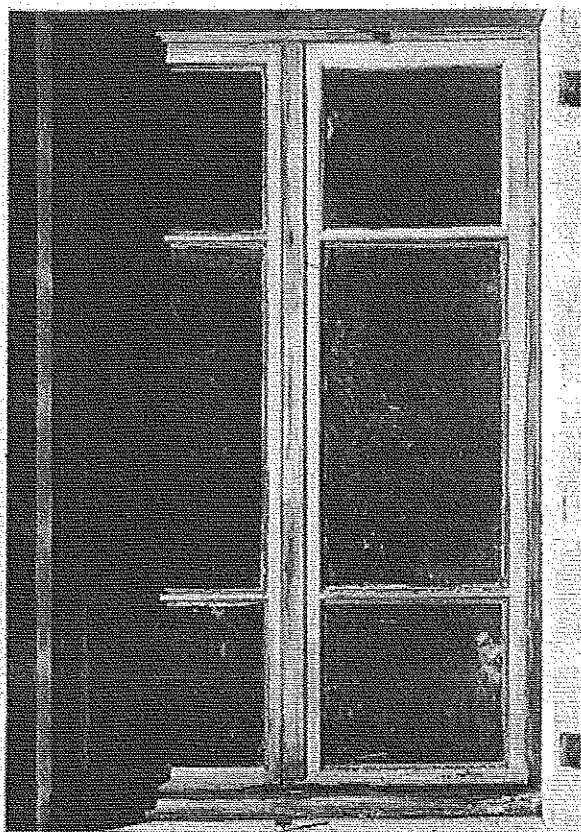


Désordre

MENUISERIES EXTÉRIEURES EN BOIS

Dégradation des assemblages

Les assemblages entre les montants et la traverse basse du dormant (partie fixée dans la maçonnerie) pourrissent.



© Lapeyre

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ÉTAT DES LIEUX DES ASSEMBLAGES

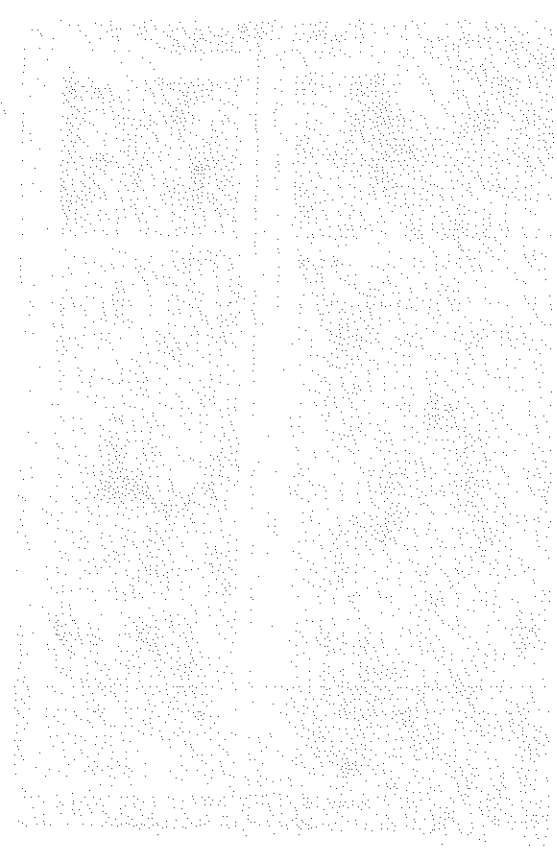
13/07/2013
13/07/2013
13/07/2013

(

(

(

(





Diagnostic

MENUISERIES EXTÉRIEURES EN BOIS

Dégradation des assemblages

- La pourriture provient d'une attaque de champignons lignivores.
- L'humidité du bois est supérieure à 20 % pendant une longue période ; la durée de cette période est étroitement liée aux conditions climatiques et aux types de champignons.
- Le bois employé n'a pas une durabilité suffisante (naturelle ou conférée par un traitement).
- L'humidité est bloquée dans le bois par la finition.
- La finition manque d'entretien.
- La durée de vie de la finition est incompatible avec la périodicité de l'entretien.
- L'assemblage sélectionné favorise la rétention d'eau dans la menuiserie.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Menuiserie extérieure en bois : Dégradation des assemblages



Présentation de la dégradation

La dégradation des assemblages en bois est un phénomène complexe, résultant de l'action combinée de différents facteurs. Elle se manifeste par une perte de résistance mécanique, une déformation et une altération esthétique. Les causes principales sont :

- L'humidité, qui favorise le développement de champignons et de pourriture.
- Les insectes xylophages, qui attaquent le bois et compromettent sa structure.
- Les variations de température, qui entraînent des dilatations et des contractions répétées.
- L'absence d'entretien, qui permet l'accumulation de saletés et de produits corrosifs.



Question/Réponse

MENUISERIES EXTÉRIEURES EN BOIS

Étanchéité à l'air de fenêtres

QUESTION

Comment peut-on améliorer l'étanchéité à l'air de fenêtres en bois à la française ?

RÉPONSE

Plusieurs solutions sont possibles.

1. Feuillards métalliques cloués dans les feuillures

Ils peuvent être posés « après coup ».

2. Profilés en caoutchouc synthétique

Ces dispositifs sont le complément indispensable à la fenêtre en bois pour lui conférer un degré d'étanchéité à l'air satisfaisant et compatible avec les exigences de ventilation des locaux (hors VMC).

Ces profilés se posent sur la menuiserie, dans des rainures qui sont à prévoir lors de la fabrication ; l'opération est plus délicate sur chantier.

3. Cordon de mastic aux silicones

Ce cordon est appliqué dans la feuillure du dormant à l'aide d'un pistolet extrudeur.

Afin d'éviter toute adhérence du mastic lors de la fermeture, il y a lieu d'appliquer, sur la partie de l'ouvrant venant en contact avec le mastic, un vernis anti-adhésif.

Après durcissement dans la masse (quelques heures à quelques jours, selon l'épaisseur et les conditions de température, l'ouverture et la fermeture de la fenêtre sont faciles, sans craindre de détériorer le cordon de mastic.

4. Mousse auto-adhésive

Il s'agit d'un bourrelet autocollant appliqué sur les deux parties de la fenêtre qui viennent en contact.

Cette dernière solution facile à appliquer présente une faible durabilité et nécessite un entretien périodique.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE À REMPLIR

Prénoms et nom de famille :

Date :

Adresse (rue, numéro, code postal, ville) :

Téléphone :

Profession :

Adresse e-mail (si vous en avez une) :

Numéro de téléphone portable :

Numéro de votre carte d'identité :

Je soussigné(e) déclare avoir lu et compris le contenu du questionnaire et j'accepte de participer à l'enquête.

Je déclare que les informations fournies sont exactes et conformes à la réalité.

Signature :

Je soussigné(e) déclare avoir lu et compris le contenu du questionnaire et j'accepte de participer à l'enquête.

Je déclare que les informations fournies sont exactes et conformes à la réalité.

Signature :

Je soussigné(e) déclare avoir lu et compris le contenu du questionnaire et j'accepte de participer à l'enquête.



MENUISERIES EXTÉRIEURES EN BOIS

Peintures

POSITION DU PROBLÈME

Les menuiseries extérieures en bois sont soumises aux intempéries et nécessitent une protection par un film de peinture.

Le matériau « bois » est un matériau naturel biologique et hygroscopique dont la composition correspond à :

- 50 % de cellulose ;
- 30 % de lignine ;
- 20 % d'eau et de matières organiques diverses.

D'une manière générale, la protection du bois est nécessaire du fait de la sensibilité de la cellulose à l'action de l'eau et de la lignine aux effets du rayonnement solaire (UV).

Le traitement *préventif* contre les micro-organismes et les insectes est généralement réalisé par l'application d'un film de peinture.

Les désordres affectant les peintures conduisent à des altérations irréversibles allant jusqu'à la destruction complète par pourriture et nécessitant le remplacement complet des éléments menuisés.

CAUSES DES DÉSORDRES

1. Humidité du bois

- Un bois « sec » à l'extérieur doit avoir un taux d'humidité d'équilibre de 15 à 18 %. Il est saturé à 30 %.

Dès que l'humidité atteint 23 à 25 % (en masse) les risques suivants sont à craindre :

- déformations mécaniques (vrillages, gerces, fentes, etc.) ;
- pourrissement.

- Le film de peinture doit empêcher la réhumidification excessive du support mais doit permettre au bois de « respirer ».

La menuiserie peut être exposée sur ses 2 faces à des ambiances différentes. La peinture de la face interne sera plus étanche (à la vapeur d'eau) que celle de la face externe.

Lorsque le bois est trop humide, le film de peinture pourra cloquer ou écailler par poussée de la vapeur d'eau.

L'application de la peinture doit donc se faire sur des bois réputés « secs » (cf. DTU 59.1 – Travaux de peinture).

2. Mauvaise préparation du support (ou subjectile)

1^{er} cas : travaux neufs

- Le ponçage du bois est une opération indispensable permettant de supprimer les effets de « mèche » des fibres relevées qui passeraient au travers du film et entraîneraient une absorption d'eau par aspiration.
- Le dégraissage de certains bois tropicaux (iroko, niangon) est indispensable pour l'accrochage du film.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2^e cas : entretien

- Les désordres résultent d'une insuffisance de préparation des « fonds » ou supports. Par exemple les anciennes peintures ne sont pas complètement éliminées.
- Le lessivage et le brossage-grattage-dépoussiérage soigné sont indispensables avant application du nouveau film.

3. Choix du coloris de la peinture

Il faut éviter les teintes sombres ou soutenues qui présentent un coefficient d'absorption solaire $> 0,7$ et qui absorbent le rayonnement IR (infrarouge) du soleil. Cette absorption se traduit par une élévation de la température de surface qui produira une poussée de la vapeur contenue dans le bois et une dessiccation du film d'où *cloquages* et *écaillages*.

4. Conception des menuiseries

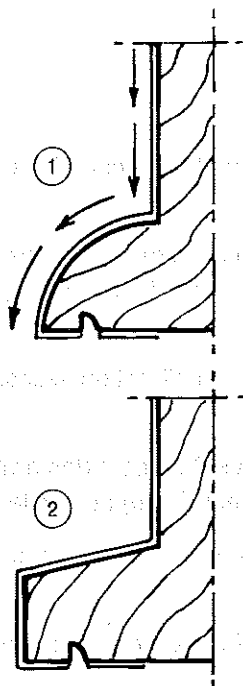
En particulier, la forme du « jet d'eau » est importante (cf. schéma).

- Jet d'eau arrondi ① : le film de peinture est d'épaisseur régulière ; l'eau de ruissellement s'écoule rapidement.

Note

Ce type se rencontre dans les anciennes menuiseries.

- Jet d'eau angulaire ② : les arêtes ne permettent pas un enrobage suffisant et continu, donc une protection correcte. Les stagnations (eau « perlante ») et l'effet des UV rendent plus vulnérable le film de protection.



5. Mise en œuvre des peintures

- Insuffisance d'épaisseur du film :
 - nombre de couches,
 - dilution exagérée,d'où protection insuffisante et vieillissement exagéré.
- Surépaisseurs du film : un film trop épais n'est pas « respirant » et entraîne des risques de cloquage, d'écaillage, d'où des entrées d'eau possibles avec destruction progressive du film.

- Présence d'enduits classiques : l'usage des enduits (sous-couche) sur menuiseries extérieures n'est pas visé par le DTU 59.1 (risque de décollement rapide).

Par contre, la peinture d'impression sur les bâtis permet de réaliser une protection provisoire pendant les travaux.

PRÉCAUTIONS (PRÉVENTION)

1. Choix des systèmes de peinture

- Retenir les peintures microporeuses en travaux neufs ou sur boiserie remises à nu.
- Éviter ces peintures en entretien si les anciennes peintures sont conservées. Utiliser des produits sans tension (à base de résine acrylique en phase aqueuse).

2. Choix des coloris

Les coloris spécifiques parfois imposés, ne correspondant pas au nuancier fabricant, peuvent entraîner des désordres par déséquilibre de la formulation pigment-liant provoquant un farinage excessif (matage et poudrage, etc.).

1. Les travaux de peinture des menuiseries extérieures en bois sont effectués en deux temps : une première couche de peinture de protection et une seconde couche de peinture de finition.

2. La première couche de peinture de protection est appliquée sur les surfaces à peindre, à l'aide d'un pinceau ou d'un rouleau, en veillant à bien couvrir toutes les surfaces.

3. La seconde couche de peinture de finition est appliquée sur la première couche, en veillant à bien couvrir toutes les surfaces.

4. Les travaux de peinture des menuiseries extérieures en bois sont effectués en deux temps : une première couche de peinture de protection et une seconde couche de peinture de finition.

5. La première couche de peinture de protection est appliquée sur les surfaces à peindre, à l'aide d'un pinceau ou d'un rouleau, en veillant à bien couvrir toutes les surfaces.

6. La seconde couche de peinture de finition est appliquée sur la première couche, en veillant à bien couvrir toutes les surfaces.

7. Les travaux de peinture des menuiseries extérieures en bois sont effectués en deux temps : une première couche de peinture de protection et une seconde couche de peinture de finition.

8. La première couche de peinture de protection est appliquée sur les surfaces à peindre, à l'aide d'un pinceau ou d'un rouleau, en veillant à bien couvrir toutes les surfaces.

9. La seconde couche de peinture de finition est appliquée sur la première couche, en veillant à bien couvrir toutes les surfaces.



Désordre

MENUISERIES MÉTALLIQUES

Pénétration d'eau par un défaut de raccordement

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Une façade verrière appuyée sur l'acrotère d'une toiture-terrasse jardin était constituée d'un ensemble de menuiserie métallique aluminium anodisé de couleur brun foncé.

Ces ouvrages se situent sur un local informatique ayant fait l'objet d'une expertise précédente suite à des fuites dans le revêtement d'étanchéité. Ce dernier ayant été refait en totalité, un autre sinistre survint dont la recherche de la cause nécessita des investigations dans le cadre d'une nouvelle procédure. Un examen détaillé du bandeau d'acrotère et la reconstitution des dispositions constructives aboutit aux conclusions suivantes (photo 1 et voir figure).

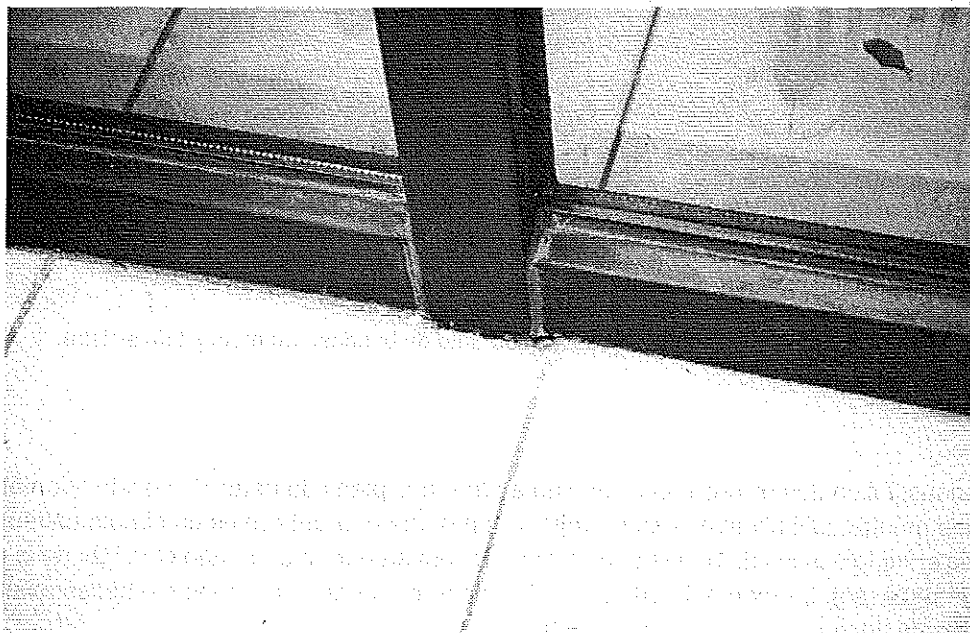


Photo 1 : Repérage du point d'entrée d'eau. Celle-ci, révélée par un sondage effectué à l'aide de fluorescéine, se situe à la base du poteau (carreau échanté). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

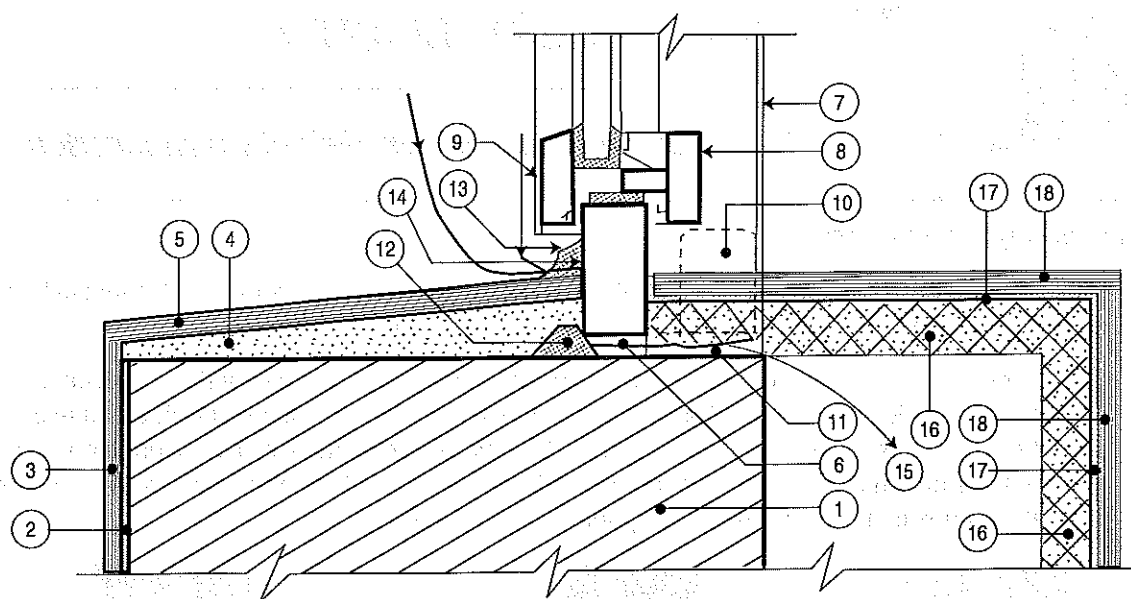
QR

ST

UV

WX

YZ



- | | |
|--|--|
| ① Gros œuvre - Béton murette | ⑩ Fixation poteau sur gros œuvre (équerre) |
| ② Colle carrelage extérieur | ⑪ Cale |
| ③ Carrelage extérieur vertical | ⑫ Joint mastic |
| ④ Recharge mortier pour pente | ⑬ Profil bavette sous parclose |
| ⑤ Carrelage dessus d'acrotère | ⑭ Joint mastic |
| ⑥ Traverse basse bâti (profil creux 20/10) | ⑮ Gaine |
| ⑦ Poteau menuiserie | ⑯ Cloison-carreaux de plâtre |
| ⑧ Traverse basse | ⑰ Colle carrelage |
| ⑨ Parclose (démontable) formant « goutte d'eau » | ⑱ Carrelage intérieur |

Reconstitution de la situation en partie courante de bandeau au moment du sinistre.

La reconstitution des dispositions d'origine à partir des plans de détail de construction et les observations montra qu'il n'y avait pas de rejingot en partie courante mais un simple calfeutrement au mastic entre le dessus du bandeau d'acrotère recouvert par un carrelage et le bâti de la menuiserie (traverse basse). Le montant vertical intermédiaire en saillie sur la traverse basse avait nécessité une légère découpe du carreau (photo 2).

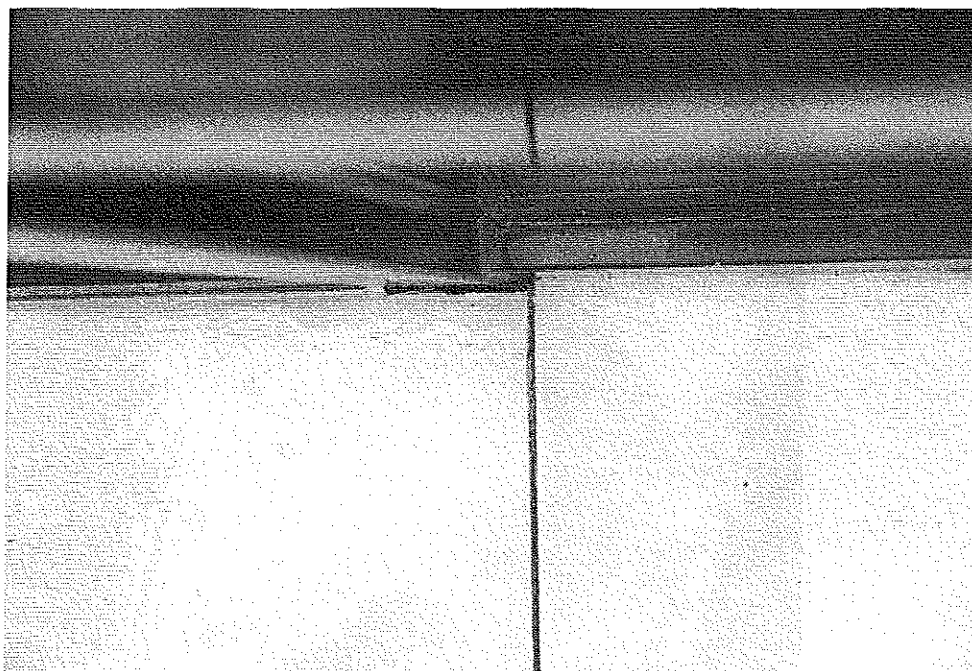


Photo 2 : Détail du dessus de bandeau après dépose du montant vertical. Noter l'échancrure de la dalle carrelage. © J. Putatti

Le ruissellement de l'eau sur la façade raccordée à une verrière trouvait son chemin par le défaut de calfeutrement localisé décelé ci-dessus, ainsi que par la jonction courante traverse - dessus de bandeau.

Remarque

La figure 1 reconstituée agrandit volontairement le raccordement qui en réalité se ramène à une faible épaisseur de mastic.

INVESTIGATIONS

Afin d'expliquer la discordance entre l'ouvrage réalisé et les plans de détail, l'expert a demandé la dépose du carrelage du bandeau-carrelage ainsi que du mortier de pose (photo 3).

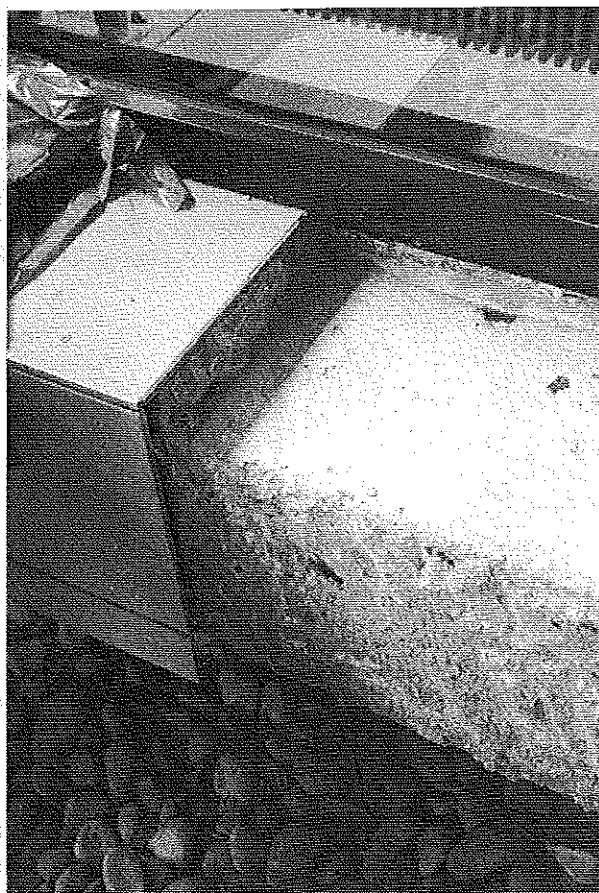


Photo 3 : Détail bandeau et appui menuiserie après dépose carrelage et mortier de pose. © J. Putatti

La constatation effectuée montre :

- une très forte épaisseur de mortier (0,06 m environ) ;
- l'absence de rejingot entre la traverse basse et le couronnement du bandeau.

Dès lors, le cheminement de l'eau pouvait s'établir facilement :

- ruissellement sur la façade verrière ;
 - passage par le point faible décelé au droit du poteau de menuiserie ;
 - cheminement par la base traverse, couronnement de bandeau ;
 - passage sous le bâti posé sur cales de réglage,
- et de là, par une gaine sous banquette intérieure jusqu'au plancher sur local sous-sol.

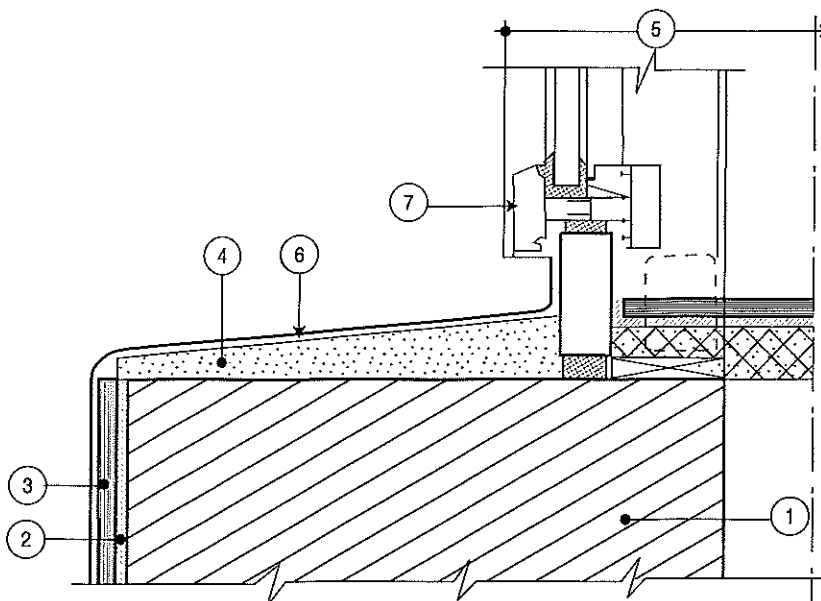


MENUISERIES MÉTALLIQUES

Pénétration d'eau par un défaut de raccordement

Le sinistre par pénétration d'eau faisant l'objet de la fiche Désordre dont la responsabilité fut partagée entre l'entreprise de carrelage ayant exécuté la pose du couronnement d'acrotère, et l'architecte n'ayant pas fait de réserve sur l'exécution de ce travail, a été réparé selon les dispositions suivantes (voir figure).

- ① Gros œuvre -
Béton murette acrotère
- ② Colle carrelage extérieur
- ③ Carrelage extérieur vertical
conservé partiellement
(après sciage partie haute)
- ④ Nouveau mortier de pente
- ⑤ Dispositions existantes
conservées (menuiserie)
- ⑥ Profil tôle laquée aluminium
- ⑦ Parclose basse



Réparation du désordre.

Le principe de la réparation a consisté à rétablir un rejingot continu par :

- dépose complète de la dalle carrelage en couronnement de bandeau, plus démolition du mortier de pose jusqu'à l'arête extérieure de celui-ci ;
- reconstitution d'une forme en mortier respectant les cotes du rejingot ;
- habillage du dessus de bandeau et retour :
 - côté façade par rejingot contre le bâti,
 - côté extérieur par habillage existant (carrelage conservé),
 - fixation par mastic spécial.

Utilisation d'éléments en tôle d'aluminium laquée de 2,00 m de longueur assemblés pour assurer la dilatation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

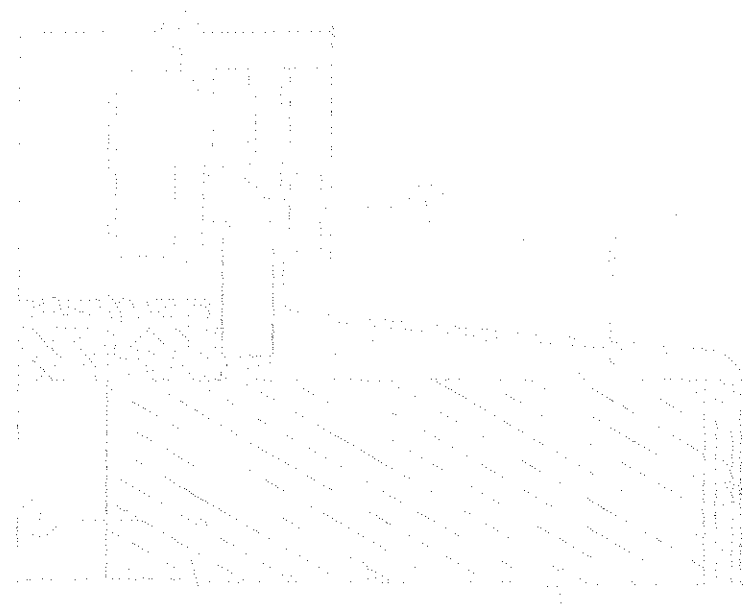
YZ

MN - Menuiseries métalliques



Menuiseries métalliques

Menuiseries métalliques



Menuiseries métalliques

Menuiseries métalliques

Menuiseries métalliques



Question/Réponse

MORTIER DE RÉPARATION À PRISE RAPIDE

Types de mortiers

QUESTION

Quels sont les types (compositions et modes d'utilisation) des mortiers à prise rapide pour effectuer des réparations urgentes ?

RÉPONSE

Pour réaliser des scellements à utilisation rapide ou des colmatages de fuites par fissures ou trous, on doit utiliser des mortiers de composition particulière.

Les solutions suivantes sont proposées avec leurs avantages et leurs inconvénients.

Dans tous les cas, il s'agit de réparations permettant de parer à un cas d'urgence.

1. Mortier à base de ciment prompt

Le ciment prompt est à base de calcaire naturel et présente une teneur assez élevée en aluminates (15 %).

Le début de prise est de 10 minutes environ, mais le durcissement est lent.

Le coût est peu élevé, mais les qualités mécaniques sont assez mauvaises.

2. Mortier à base de ciment CPA + ciment fondu

Le mélange donne des résistances à la compression supérieures à celles du mortier précédent.

Le temps de prise varie avec les proportions des liants. Par exemple avec 40 % de ciment fondu, la prise commence à 4 minutes et se termine à 14 minutes.

Le temps de gâchage + la mise en œuvre doit être égal à la moitié du temps du début de prise, soit dans le cas cité : 2 minutes. D'où la nécessité d'essais.

Toutefois, ce mélange conduit à des mortiers ayant un retrait et un gonflement du mélange assez important. D'autre part, le coût du mélange est beaucoup plus élevé que dans le 1^{er} cas du fait de l'utilisation du ciment fondu.

3. Mortier à base de ciment CPA + accélérateur de prise

Ce type d'adjuvant permet d'adapter le temps de prise au problème posé, mais nécessite des proportions de mélange très précises :

- un retard à la pose supprime l'adhérence ;
- une pose prématurée donne un mortier trop mou donc peu résistant.

Le prix du produit est élevé du fait de la forte proportion d'accélérateur.

Remarque

Ces solutions doivent être confirmées par les fabricants de ciments et d'adjuvants, ces produits étant en évolution constante.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE



Question/Réponse

MORTIER SANS RETRAIT

Ciments expansifs

QUESTION

Existe-t-il des ciments expansifs ou sans retrait ?

RÉPONSE

Le ciment expansif n'existe plus sur le marché depuis de nombreuses années. Il existait en fait deux sortes de ciments expansifs :

– l'un faiblement expansif qui comprenait dans sa composition du ciment sulfo-alumineux qui est expansif et qui compensait le retrait normal au moyen d'un accroissement du squelette cristallin. Suffisamment liquide, il pénétrait dans tous les interstices et infractuosités, et en gonflant il se bloquait contre les parois. Sa mise en œuvre nécessitait une hydratation permanente durant toute sa prise ;

– l'autre, expansif : la pâte pure s'expandait de 10 à 20 mm par mètre, contre 3 à 4 mm pour le précédent.

Actuellement (et sous réserve de vérification), il existe dans le commerce un mortier d'origine américaine appelé « Embeco » qui joue le même rôle qu'un ciment expansif.

Sa mise en œuvre est néanmoins délicate :

- respect du dosage ;
- durée de prise variable avec la température ;
- main-d'œuvre qualifiée.

Pour les mortiers courants soumis au retrait, on arrive à limiter le phénomène en maintenant le mortier humide pendant le temps de prise.

Le non-respect de cette précaution conduit aux déboires connus de la fissuration.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. Le mortier est un matériau de construction qui sert à lier les briques, les pierres ou les blocs de béton.

QUESTION

2. Le mortier est composé de ciment, de sable et d'eau.

3. Le mortier est utilisé pour :

4. Le mortier est un matériau de construction qui sert à lier les briques, les pierres ou les blocs de béton.

5. Le mortier est composé de ciment, de sable et d'eau.

6. Le mortier est utilisé pour :

7. Le mortier est un matériau de construction qui sert à lier les briques, les pierres ou les blocs de béton.

8. Le mortier est composé de ciment, de sable et d'eau.

9. Le mortier est utilisé pour :

10. Le mortier est un matériau de construction qui sert à lier les briques, les pierres ou les blocs de béton.

11. Le mortier est composé de ciment, de sable et d'eau.

12. Le mortier est utilisé pour :

13. Le mortier est un matériau de construction qui sert à lier les briques, les pierres ou les blocs de béton.

14. Le mortier est composé de ciment, de sable et d'eau.

15. Le mortier est utilisé pour :

16. Le mortier est un matériau de construction qui sert à lier les briques, les pierres ou les blocs de béton.

QUESTION/RÉPONSE



Question/Réponse

MUR MITOYEN

Infiltrations d'eau

QUESTION

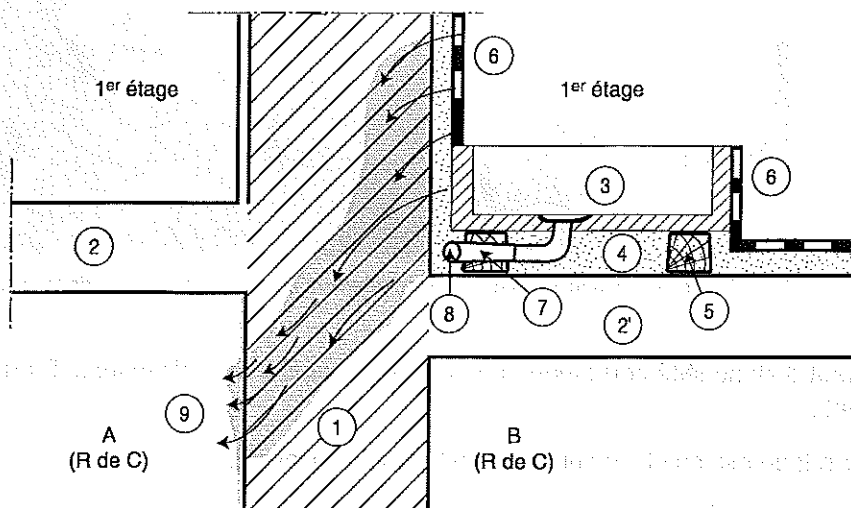
Quelle est l'origine d'une infiltration d'eau dans la partie haute du rez-de-chaussée d'un local à usage de bureau (cas concret rencontré en expertise judiciaire) ?

RÉPONSE

Problème

Un mur mitoyen sépare deux immeubles bâtis à destinations différentes :

- l'immeuble A comporte un rez-de-chaussée et un étage à usage de bureaux ;
- l'immeuble B correspond à un pavillon de gardien et comporte un rez-de-chaussée et un étage.



- ① Mur mitoyen A/B/
- ② Plancher immeuble A/
- ③ Plancher immeuble B/
- ④ Bac à douche B
- ⑤ Pose sur sable et mortier maigre

- ⑥ Cales bois
- ⑦ Carrelage
- ⑧ Évacuation PVC du bac à douche (cf. photo)
- ⑨ Évacuation E/U vers réseau
- ⑩ Cloquage peinture

Situation du problème

Ce dernier comprend une salle d'eau avec coin douche adossé au mur mitoyen. La douche comporte :

- un bac de forme carrée posé sur cales de bois (retrouvées lors de l'expertise) et sur une forme sable et mortier maigre ;
- un revêtement carrelage faïence posé contre le mur mitoyen (côté B) et raccordé au bac à douche.

Désordres

Les désordres se sont produits côté A sur la face du mur mitoyen dont le revêtement peinture avait été refait et qui présentait des phénomènes de cloquage en évolution en partie haute du rez-de-chaussée.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

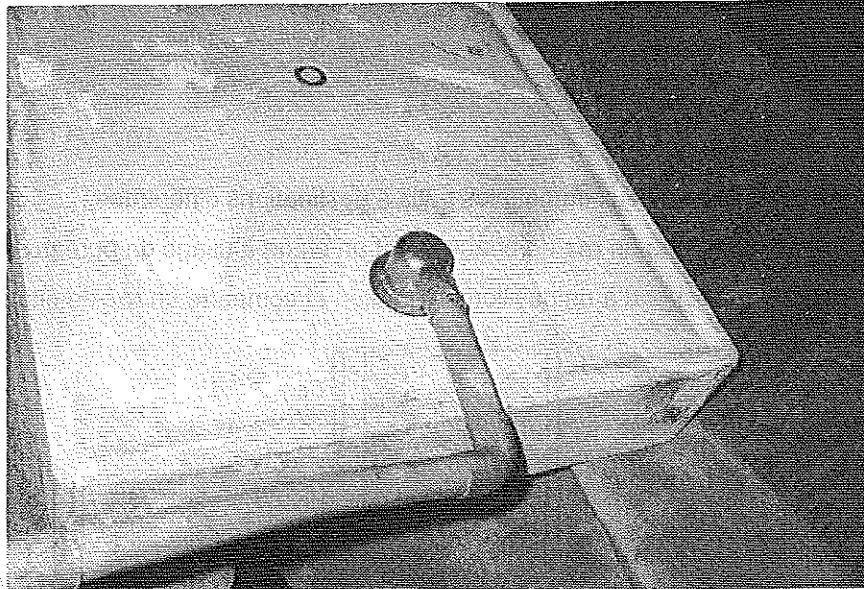
UV

WX

YZ

L'instance avait été introduite auprès du tribunal par le locataire des bureaux de l'immeuble A à l'encontre de son propriétaire. L'expert, après avoir examiné les différentes possibilités de pénétrations d'eau dans le mur mitoyen notamment par son couronnement, par les raccordements de couvertures, etc., a orienté ses recherches sur l'autre face du mur mitoyen. Le propriétaire du bâtiment B a été assigné à son tour afin de poursuivre l'expertise et de procéder à l'examen des lieux côté B.

Le coin douche, qui fait l'objet d'une pathologie abondante, a été soupçonné. Des sondages par dépose du bac à douche ont révélé, après dépose de ce dernier, un défaut de raccordement de l'évacuation réalisée en canalisation PVC raccordée à une bande siphon en laiton.



Sous-face du bac à douche et de son raccordement après dépose (origine de la fuite)

Ce défaut d'étanchéité correspond à la cause principale des infiltrations. D'autres passages proviennent :

- du carrelage mis en place sur la face (B) du mur mitoyen :
 - joints non étanches ;
 - raccordement avec bac à douche ;
- des canalisations d'amenée d'eau chaude et d'eau froide encastrée dans le mur mitoyen fuyardes dans la traversée du carrelage et aux raccordements avec les robinets.

Ces différentes causes d'infiltrations dont l'origine se situe au 1^{er} étage du bâtiment B se propagent par capillarité à l'intérieur du mur mitoyen en le traversant complètement et tendent à ressortir sur la face intérieure du bâtiment A.

Le revêtement peinture présente des cloquages caractéristiques dans la partie haute du mur du rez-de-chaussée.

Remèdes

L'installation de la douche côté B a été entièrement refaite, (bac, carrelage, plomberie, etc.).

Le sinistre peinture (A) a dû faire l'objet de plusieurs interventions, le locataire de la partie A ayant fait intervenir l'entreprise de peinture alors que les maçonneries du mur n'étaient pas asséchées, ceci malgré les indications de l'expert.



Question/Réponse

MURS EN BÉTON BANCHÉ

Rebouchage de scellements

QUESTION

Dans quelles conditions peut-on réaliser un rebouchage correct de scellements dans un mur en béton ?

RÉPONSE

La première condition est de maintenir la cavité à combler dans son état d'humidité constant avant son rebouchage.

Le vieux béton doit être saturé d'eau afin de ne pas absorber celle du mortier frais de rebouchage.

Cette précaution permet d'éviter le retrait qui risque d'entraîner un manque d'adhérence du bouchon avec l'ancien béton et de provoquer la chute de ce dernier. Le délai de mouillage est de 24 heures pour les petits trous.

La méthode la meilleure et la plus sûre consiste à bourrer le trou avec des chiffons humides, arrosés de temps à autre, et à protéger le trou par une planchette ou un masque quelconque pour éviter la dessiccation.

La seconde condition est de préparer la cavité en créant si possible une forme en « queue d'aronde » avec des parois aussi rugueuses que possible.

Le mortier de remplissage doit être aussi sec que possible (1 part de ciment, 2 parts 1/2 de sable).

Le mortier risque, lors du séchage de prendre une teinte plus foncée que le reste du mur. Cet inconvénient peut être évité en ajoutant une quantité suffisante de ciment blanc.

La mise en place du mortier doit être effectuée en couches minces (≤ 1 cm). Le remplissage sera effectué sans interruption en griffant légèrement chaque couche pour faciliter la liaison avec la couche suivante.

En aucun cas il ne faut faire alterner mortier sec et mortier humide.

Chaque couche doit être bien tassée en mettant le mortier avec une baguette de bois dur. Le trou doit être complètement rempli, mais sans excès, c'est-à-dire jusqu'au nu du mur.

On pourra tasser l'ensemble avec une planchette appliquée sur le nu du mur. L'aspect final peut être amélioré par quelques coups de chiffon.

La cohésion de l'ancien béton et du mortier de remplissage peut être améliorée par :

- application d'un primaire époxy appliqué sur les bords de la cavité avant le remplissage du trou ;
- incorporation de latex émulsionné ou de résines époxy.

Les mortiers de résine époxy « prêts à l'emploi » peuvent également être utilisés. Ils ont l'avantage de ne pas présenter de retrait et s'emploient généralement avec un primaire d'accrochage. Ils présentent l'inconvénient d'une teinte différente du béton des parties courantes et d'un aspect non lisse.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Évaluation de l'impact de la Loi

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



Question/Réponse

MURS DE FAÇADE

Amélioration de l'isolation thermique

QUESTION

Peut-on améliorer l'isolation thermique d'une paroi de façade en remplissant la lame d'air située :

- entre les deux murs d'un mur double ;*
- entre le mur extérieur et la cloison de doublage ?*

RÉPONSE

Le but recherché consiste – semble-t-il – à améliorer le coefficient K de déperdition thermique de la paroi.

En fait, on remplace la résistance partielle de la lame d'air par celle d'un isolant mis en œuvre « après coup ».

• Si l'on se place sur un plan uniquement thermique, par exemple avec une lame d'air de 0,03 m minimum, si la paroi de doublage intérieure est maçonnée sur place ou de 0,02 m minimum et si la cloison de doublage est une cloison sèche, le gain d'isolation va être faible. Ce dispositif présente par ailleurs des inconvénients :

– transformation d'un mur de type II b, comprenant une coupure de capillarité en mur de type I plus vulnérable vis-à-vis de la pénétration de l'eau de pluie ;

– utilisation d'isolants de type hydrophile tels que :

- billes injectées (polystyrène),
- mousses injectées (urée-formol) ;

– techniques dangereuses : injection de mousses gonflantes (polyuréthane basse densité) pouvant exercer une poussée importante sur la cloison de doublage.

Ces techniques qui ont engendré des sinistres caractéristiques ont pratiquement disparu pour faire place aux systèmes d'isolation par l'extérieur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



()

()

()

()

()



Question/Réponse

MURS DE MAÇONNERIE

Mur double avec paroi extérieure en blocs de béton

QUESTION

- Peut-on réaliser le type suivant de mur double :
 - paroi extérieure en blocs manufacturés de béton enduits ;
 - isolant ;
 - paroi intérieure en béton banché de 0,15 m ?
- Quelle est l'épaisseur minimale à prévoir pour la paroi extérieure ?

RÉPONSE

Au point de vue de la codification technique, seul le DTU 20.1 traite de la conception et de la réalisation des murs doubles. Le DTU 23.1 ne traite pas des murs doubles.

- La paroi extérieure étant considérée comme un pare-pluie, il y a lieu de prévoir une lame d'air de 0,02 m d'épaisseur minimale entre la paroi en blocs béton et l'isolant qui doit être réalisé en panneaux rigides. Cet intervalle peut être équipé de cales ou plots assurant cette condition.

- D'autre part, ce type de mur, compte tenu de la nature de sa paroi extérieure, doit être équipé de dispositifs d'évacuation de l'eau ayant pu s'infiltrer (cf. définition des murs de type III).

- L'isolant doit être non hydrophile et les cales ou plots destinés à maintenir l'écartement minimal de 0,02 m entre isolant et blocs doivent être imputrescibles.

- La paroi extérieure étant réputée non étanche, seule l'exigence de stabilité détermine l'épaisseur minimale :

- celle-ci doit être $\geq 0,10$ m et dans ce cas il y a lieu de prévoir des attaches de liaison de la paroi extérieure à la paroi interne en métal non corrodable (acier, inox). Toutefois, cette disposition présente des sujétions d'exécution avec une paroi intérieure en béton banché ;

- l'épaisseur de 0,20 m permet de régler le problème de la stabilité, mais présente l'inconvénient d'épaissir le mur.

- Le risque de fissuration de l'enduit n'est pas à négliger avec les parois minces qui subissent les effets des chocs thermiques. Ce risque est surtout esthétique (mur pare-pluie), mais doit intervenir dans le choix du mur.

Le choix peut se porter sur des blocs ou éléments destinés à rester apparents :

- blocs spéciaux béton manufacturés ;
- briques pleines de parement ;
- maçonnerie de pierre.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.



Question/Réponse

MURS EN MAÇONNERIE

Efflorescences

QUESTION

Comment peut-on éviter et traiter les efflorescences sur les murs en maçonnerie ?

RÉPONSE

Par définition, les efflorescences sont des dépôts blanchâtres qui tirent leur nom de leurs formes et couleurs de type cotonneux. Elles correspondent à des cristallisations de sels solubles apparaissant parfois par temps sec à la surface des maçonneries ou des enduits et plus rarement des revêtements verticaux. Ces sels de provenances diverses existent en solution dans l'eau qui les imprègne. Celle-ci chemine par capillarité sous la surface, s'évapore et dépose les sels dissous.

Ce phénomène est lié à la composition des matériaux constitutifs (béton ou enduits à base de liants hydrauliques...), c'est-à-dire à la présence de sels plus ou moins solubles.

Les taches d'efflorescences constituent dans la plupart des cas une *nuisance esthétique* ne provoquant pas de dommages notables aux maçonneries mais très préjudiciables lorsqu'elles apparaissent sur des parements tels que briques appareillées. Le cas présenté ici est un mur de soutènement réalisé en blocs manufacturés dits « à bancher », revêtus d'un enduit de mortier à base de liants hydrauliques.

Le phénomène est apparu peu après la construction du mur, après une saison humide (migration des eaux de drainage à travers le mur). La désignation courante de ces traces est le « salpêtre ». En fait, la nature des efflorescences est variable :

- béton, mortier de hourdage des blocs (ou briques) ;
- enduit extérieur éventuel, à base de liants hydrauliques.



Efflorescences sur un mur de soutènement. Détail. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La réaction de prise des ciments résultant de l'hydratation des sels minéraux (silicates de chaux des clinkers et de celles des chaux hydrauliques) libèrent de la chaux partiellement soluble dans l'eau. Cette dernière, en excès au moment de la construction, devra tôt ou tard quitter les matériaux par évaporation ou migration.

La nature principale des sels efflorescents est donc le carbonate de calcium.

Pour les briques fabriquées à partir de terres, on rencontre également :

- des sulfates ;
- des chlorures ;
- des nitrates ;
- et d'autres provenant de combinaisons (vanadium, manganèse, fer, molybdène et chrome...).

Les ciments utilisés pour la fabrication des blocs manufacturés ainsi que celle des mortiers de hourdage sont actuellement des CPJ (ciments Portland avec ajouts). Ces ajouts interviennent dans leur composition dans des proportions non négligeables bien qu'ils soient appelés constituants « secondaires ». On y trouve des cendres volantes, des laitiers de hauts fourneaux, des pouzzolanes, etc. Ces constituants contiennent des sels plus ou moins solubles pouvant réapparaître en surface après migration des eaux de mouillage ou de constitution des maçonneries.

C'est probablement ce type de sels qui est à l'origine du cas illustré par la photo.

Par ailleurs on distingue :

- les efflorescences primaires provenant des matériaux mis en œuvre et principalement les mortiers de hourdage ;
- les efflorescences secondaires provenant d'un apport extérieur :
 - sol extérieur (remblai, rejaillissement, remontées capillaires...),
 - lavage par les eaux de pluie (ruissellement) ou condensation.

Dans le cas présenté, les efflorescences sont dues pour partie aux eaux de rejaillissement et aux remontées capillaires. En effet, les zones concernées se situent en partie basse du mur. La photo suivante montre plus nettement les effets des remontées capillaires sur le phénomène d'efflorescence.



Autre mur affecté par les phénomènes d'efflorescences avec influence des remontées capillaires. © J. Putatti

TRAITEMENT DES EFFLORESCENCES

Les efflorescences primaires provoquées par le matériau du mur et uniquement par lui tendent à disparaître dans le temps par épuisement des sels inclus. Si l'humidité migrante est entretenue et renouvelée par de l'eau souillée, les phénomènes se poursuivent et peuvent s'aggraver. Si les sels ont des origines particulières, il faut d'abord en déterminer la nature. Le traitement peut être tenté avec des lavages par aspersion à l'eau acidulée et rinçage. Toutefois, si la source ou l'origine des sels n'est pas déterminée, le phénomène se poursuivra.

DATE DE RÉDACTION : 10/01/2017

Le présent questionnaire a pour objet de recueillir les informations relatives aux travaux de maçonnerie effectués sur le site de la commune de [nom de la commune]. Les informations recueillies sont destinées à la mise à jour du dossier de suivi des travaux de maçonnerie.



Question/Réponse

MURS-VOILES PORTEURS EN BÉTON BANCHÉ COULÉ EN PLACE

Épaisseur minimale

QUESTION

Quelle est l'épaisseur minimale d'un mur-voile porteur en béton banché ?

Le béton doit-il être armé ?

RÉPONSE

Du fait qu'il s'agit d'éléments porteurs verticaux transmettant des charges verticales centrées ou non, le critère principal est la *résistance mécanique* qui doit tenir compte des contraintes maximales admissibles.

Les règles de calcul sont définies pour le béton armé dans les règles BAEL (édition 91). Le DTU 23.1 (octobre 1975, 1^{re} édition - Règles de calcul) mentionnait les valeurs suivantes :

- épaisseur a : $12 \leq a \leq 120$ cm, donc épaisseur minimale 12 cm ;
- longueur d'un élément de voile ou de mur : $c \geq 5a$, soit mini 0,60 m (soit poteau-voile de section minimale 12×60 cm) ;
- élancement mécanique : $\lambda \leq 80$;
- longueur libre de flambement : $\lambda_f \leq 600$ cm (soit 2 niveaux) ;
- excentricité initiale : e doit être inférieure à la plus grande des 2 valeurs :
– 0,01 m ;
– $\lambda_f / 300$;
- qualité du béton : $\sigma'_{28} \leq 350$ bars.

Le second critère à prendre en compte est la *résistance à la pénétration de l'eau de pluie* pour les murs-voiles extérieurs. Cette caractéristique pouvant être affectée par la fissuration du béton (effet du retrait) l'épaisseur minimale en parties courantes est de **0,15 m**.

En pratique :

- Pour les murs-voiles *intérieurs* et sous réserve de la possibilité d'une mise en place correcte du béton entre les banches, l'épaisseur peut être réduite à **0,12 m** (mise en œuvre néanmoins délicate, notamment si le mur-voile est armé).

Ce cas est applicable pour des murs faiblement porteurs, des cloisons ou des poutres-voiles (désignation courante : poutres-cloisons).

Toutefois, il s'agit alors de pièces en béton armé et une condition supplémentaire vient contraindre cette épaisseur minimale (BAEL) : « Le diamètre des barres employées comme armatures de dalles ou de voiles courbes doit être au plus égal à $1/10^e$ de l'épaisseur de ces éléments ».

L'application de cette règle aux poutres-cloisons résulte des conditions d'un bétonnage correct.

- Pour les murs-voiles *extérieurs*, l'épaisseur minimale assurant la résistance à la pénétration de l'eau de pluie est **0,15 m**.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pour ce type de murs, les armatures minimales dites « de peau » sont nécessaires pour répartir les contraintes dues au retrait.

Elles sont à disposer sur la face extérieure du mur et sont prépondérantes dans le sens de la longueur du mur (horizontales).

Les armatures verticales permettent la répartition des armatures horizontales et assurent les reprises de coulage, etc.

D'autre part, des armatures sont nécessaires :

- au droit des planchers (chaînares) ;
- au droit des ouvertures ;
- dans les étages sous toitures-terrasses (cf. DTU 23.1).



OUVRAGES DE FONDATION

Déchaussement des semelles

SITUATION DES OUVRAGES ¹⁾

Dans le cadre d'une opération de construction, un terrain est complètement dégagé de ses constructions existantes par une entreprise chargée du lot « démolitions », bien avant que les opérations de construction ne soient commencées.

La situation du terrain dégagé dure ainsi plusieurs mois (deux saisons environ).

L'opération de construction étant comprise dans un environnement complexe de bâtiments existants, un référé préventif est demandé à l'initiative du constructeur afin de prévenir les risques éventuels de travaux en limite d'existants.

ÉTAT DES LIEUX (cf. photos 1, 2 et 3).



Photo 1 : Vue d'ensemble du terrain dégagé après démolition des existants. © J. Putatti

¹⁾ Cette situation est fréquente.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

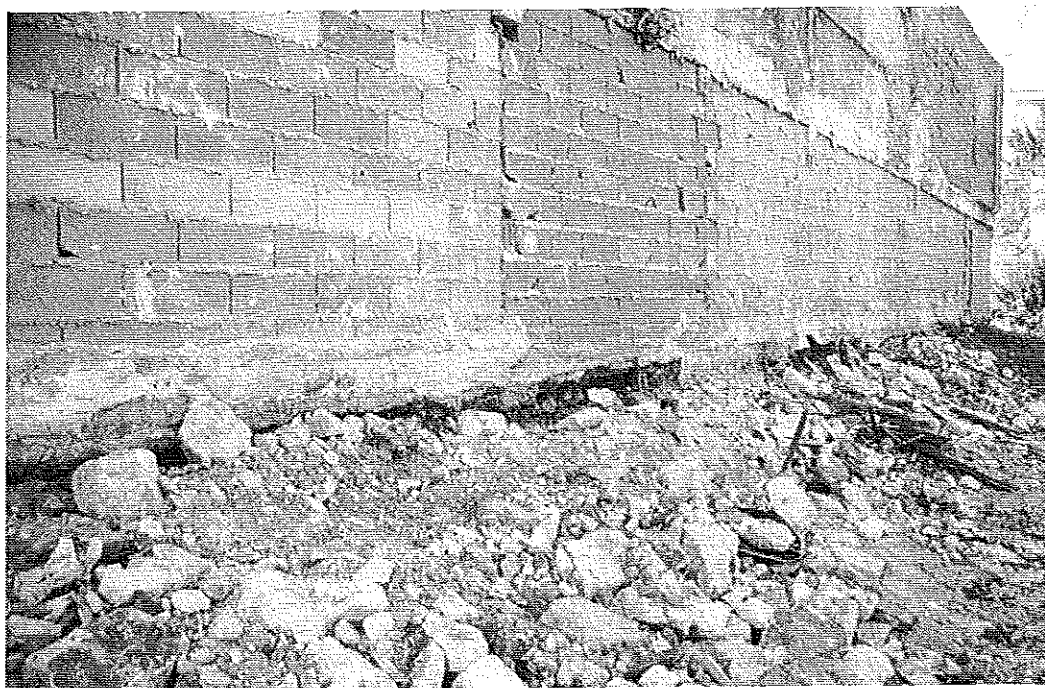


Photo 2 : Bâtiment existant en limite, ouvrages de fondation dégagés sans protection. © J. Putatti



Photo 3 : Bâtiment en limite. Zone comportant une fondation (sommaire) de mur affouillée par les terrassements généraux. © J. Putatti

La totalité du mur en limite comportant deux niveaux (rez + étage) et correspondant à une maçonnerie autoportante – la structure du bâtiment étant en charpente métallique – est complètement dégagée au niveau de sa fondation, le niveau de la plate-forme voisine s'établissant entre 0,50 à 1 m en contrebas.

La fondation constituée d'une simple semelle en béton est pratiquement dégagée.

À titre de précautions, l'expert désigné demande une protection de la base du mur par un talus rapporté revêtu d'un film plastique pour éviter les risques d'affouillements.

POURSUITE DES OPÉRATIONS

La construction du bâtiment projeté en limite d'ouvrage existant avec un niveau de sous-sol conduit à modifier le projet pour réduire d'environ 1 m l'emprise du sous-sol en laissant une risberge afin de protéger la base du mur existant (photos 4 et 5).

La rampe d'accès au sous-sol permet de diminuer la hauteur du voile limite en about de mur. Des éléments de voile en BA sont coulés dans cette zone en limite de la risberge (cf. photo 4). Un voile plastique protège le terrain contre les eaux de pluie.

Dans l'autre about de mur, la situation est plus délicate et l'entreprise de construction prend des risques importants, en effectuant les terrassements à la verticale au droit du mur existant (cf. photo 5).

Néanmoins, une zone douteuse est reprise directement en sous-œuvre jusqu'au niveau de la risberge.

Le mur de sous-sol coulé en place contre le massif taillé à la verticale est « étayé » par des butons tubulaires à caractère purement symbolique.

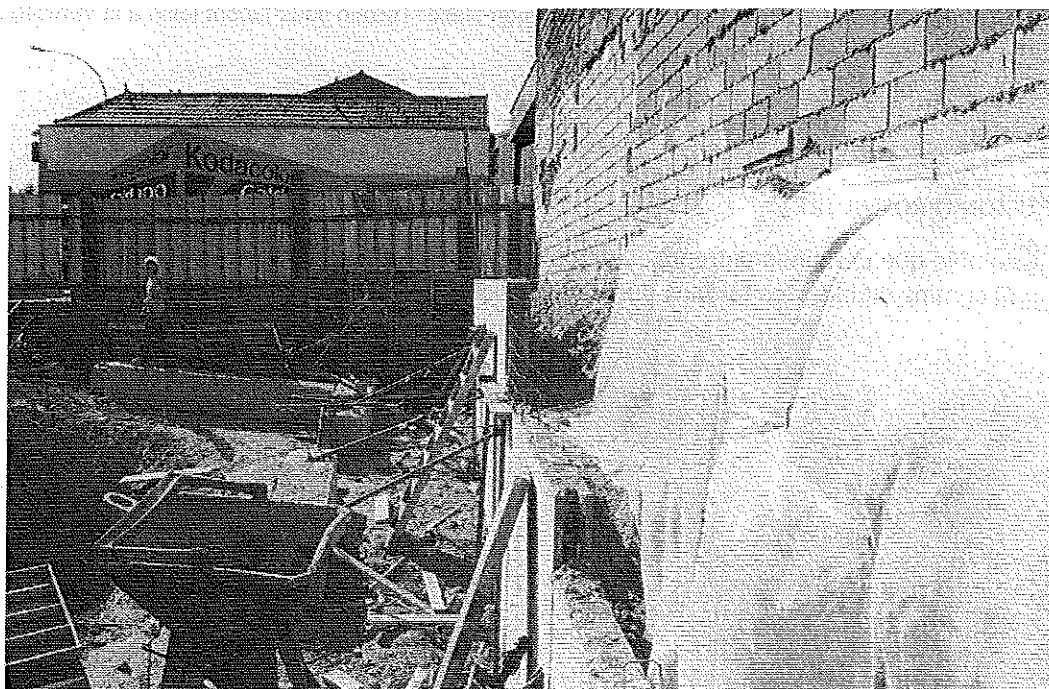


Photo 4 : Détail about du mur côté rampe d'accès. © J. Putatti

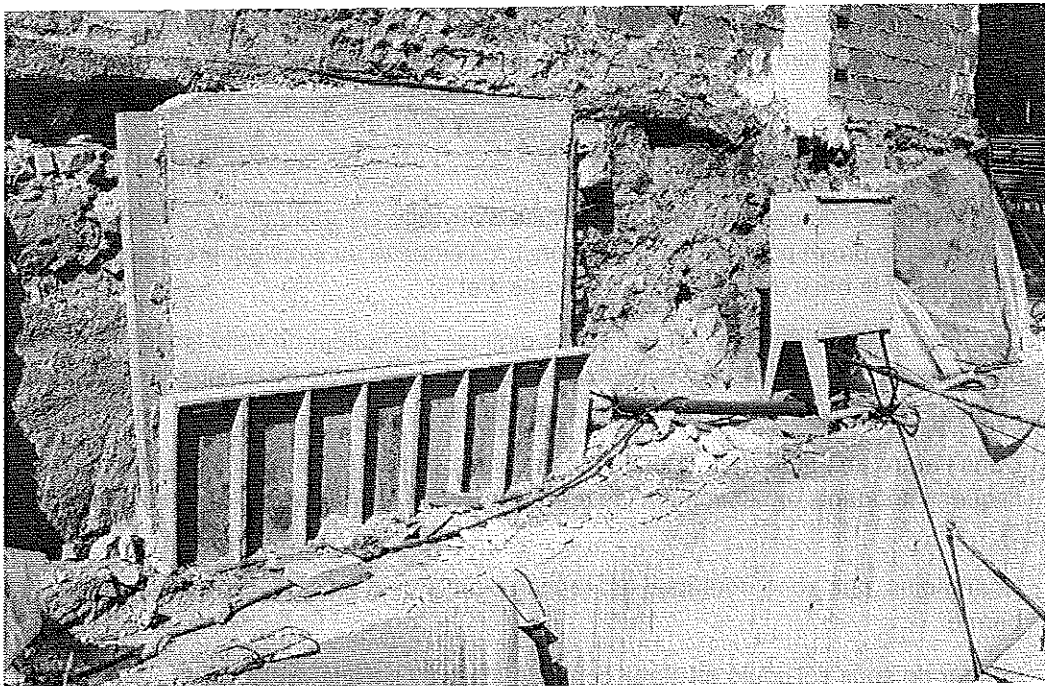


Photo 5 : Détail du mur existant à son autre extrémité. Reprise partielle en sous-œuvre. Présence d'une risberme. Voile BA en sous-sol coulé en place. Terrain sous-jacent taillé à la verticale, sans protection. © J. Putatti

CONCLUSION (PROVISOIRE)

Il semble que certaines entreprises de construction prennent des risques importants en considérant comme stables des terrains dont la cohésion n'est souvent qu'apparente.



Question/Réponse

PARQUET

Parquet pour salle de sport

QUESTION

Quelles précautions adopter pour le choix et la mise en œuvre d'un parquet destiné à une salle de sport ?

TEXTE RÉGLEMENTAIRE

- DTU 51.1 : Travaux de parquets massifs et contrecollés.
- DTU 51.2 : Travaux de parquets collés.
- DTU 51.11 : Parquets contrecollés.
- Norme NF P 90-203 « Salle sportive - Revêtement de sols sportifs intérieurs - Caractéristiques et méthodes d'essais ».

RÉPONSE

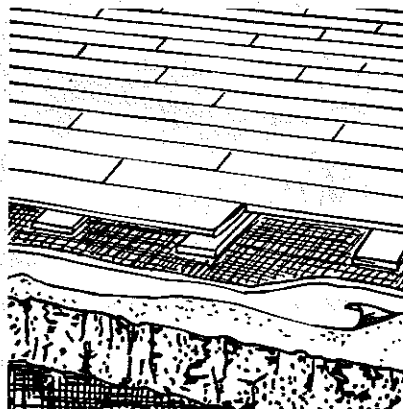
Le parquet répond aux exigences des activités sportives en offrant les critères de qualité requis pour la pratique des sports en salle, dont :

- la résistance à l'usage ;
- la facilité d'entretien ;
- la planéité ;
- le rebond des balles et ballons ;
- la souplesse et élasticité ;
- la limitation des risques d'accidents corporels (chutes, brûlures par frottement, etc.).

Les essences utilisées en France pour les salles sportives sont principalement le chêne et le châtaignier qui possèdent une très bonne résistance naturelle. Certains bois tropicaux peuvent également être employés.

Principaux types de parquets

1/ Le parquet massif sur lambourdage flottant rapproché



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Cette solution est la plus courante et la mieux adaptée.

2/ Le parquet massif sur double lambourrage calé

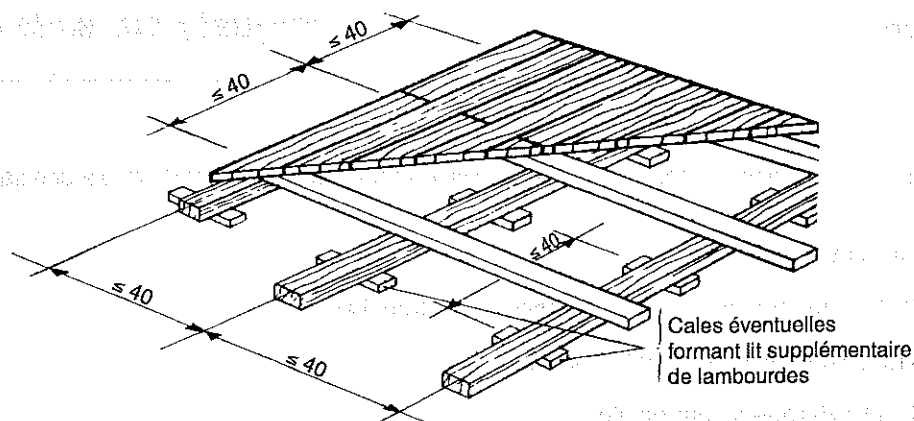


Schéma d'un parquet sur double lambourrage, avec joints sur lambourde

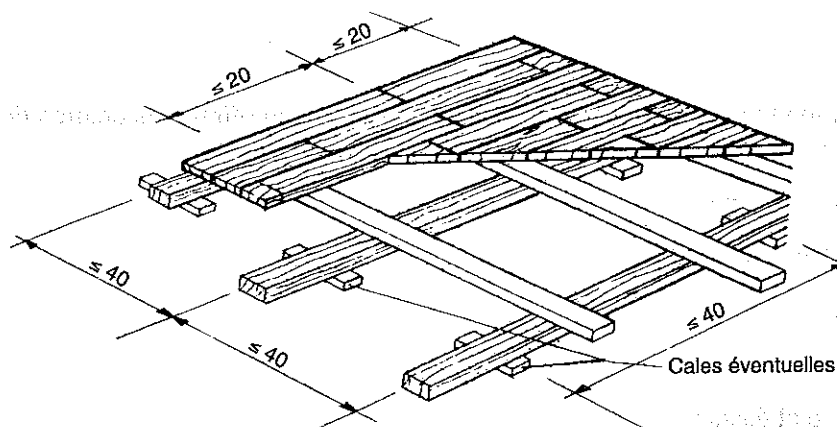
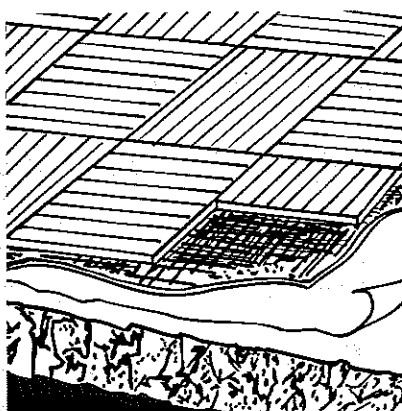


Schéma d'un parquet sur double lambourrage, avec joints à coupe perdue

Il permet d'apporter la souplesse recherchée.

3/ Les panneaux contrecollés flottants sur sous-couche résiliente



(d'après la documentation du CTBA)

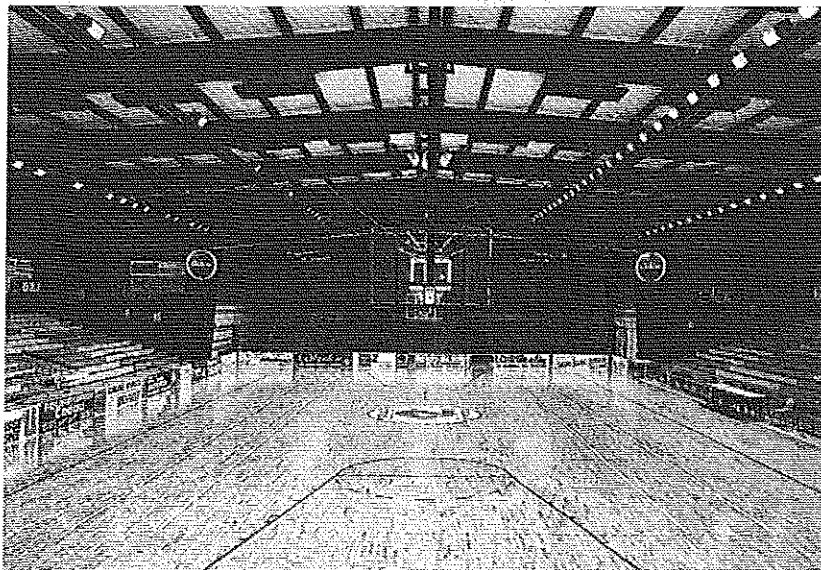
4/ Les parquets mosaïques collés sur sous-couche résiliente.

Afin de conserver le revêtement de sol sportif en bon état, il est souhaitable de n'autoriser que le port de chaussures à semelles souples.

Type de parquet en fonction de l'activité sportive

Les informations suivantes, relatives à des sports spécifiques, sont issues d'indications fournies par l'AFDES (Association française pour le développement des équipements sportifs).

1/ Basket-ball et hand-ball



© CTBA

Pour les salles de niveau national, il est recommandé d'utiliser des parquets flottants.

2/ Danse classique

On utilise, de préférence, un parquet en bois résineux sur double lambourrage. Le parquet est bien adapté si l'essence et la qualité du bois choisies ne provoquent pas d'échardes.

3/ Escrime

Les pistes réglementaires, utilisées en compétition officielle, sont des éléments rapportés fixés sur le sol des gymnases. Ils doivent être, de préférence, constitués d'un parquet sur lambourdes.

4/ Judo

Afin d'apporter un amortissement supplémentaire, il est préférable de prévoir des planchers souples (type parquet en bois résineux sur double lambourrage, par exemple).

5/ Hockey sur roulettes

Le sol peut être en bois avec une finition reconnue non glissante.

6/ Danse rythmique

Le parquet en bois sur simple lambourrage est actuellement le sol le mieux adapté.

7/ Squash

On utilise uniquement le parquet sur lambourdes posées sur des semelles résilientes. Le parquet doit être en bois clair sans nœud ni tache sombre (hêtre, frêne, etc.).

8/ Tennis de table

Un parquet souple est préférable. Cependant, les sols trop souples (parquet bois sur lambourdes) sont à éviter.

9/ Volley-ball



© CTBA

Le parquet en chêne ou en châtaignier sur lambourdes est conseillé en priorité, ce qui n'exclut pas l'emploi d'autres essences comme le hêtre.

Finition des parquets destinés aux activités sportives

La finition du parquet doit répondre à la norme NF P 90-203 « Salle sportive - Revêtement de sols sportifs intérieurs - Caractéristiques et méthodes d'essais ». Des conditions très strictes de non-glissance et de brillance diminuée doivent être respectées.

Références bibliographiques

Guide d'emploi des parquets, Éditions CTBA.

Les parquets, les connaître, les poser, les restaurer, Éditions Eyrolles.



Désordre

PARQUET EN BOIS

Grincement sous les pas

Un parquet massif présente de nombreuses lames qui fléchissent sous les pas. Cela provoque des grincements systématiques et gênants.



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

01-01-2012

12/12/11

12/12/11

12/12/11

12/12/11





PARQUET EN BOIS

Grincement sous les pas

- Le fléchissement ne provient pas d'un manque de résistance du parquet mais d'un défaut de planéité du support du parquet.
- L'origine du défaut de planéité dépend du support : les *solives* :
 - le bois est mis en œuvre avec une humidité trop importante. Il est fréquent d'employer du bois en charpente dont l'humidité est de 25 à 30 % ;
 - l'humidité du bois est plus importante que son humidité d'équilibre lorsqu'il sera mis en œuvre, 8 à 13 % pour les bois situés dans un local chauffé ;
 - une diminution de l'humidité du bois provoque un retrait du bois. Cette propriété n'est pas négligeable. Elle doit être prise en compte dans toute conception d'ouvrages en bois ;
 - le retrait du bois est très hétérogène. S'il est négligeable dans le sens axial de la bille, dans le sens tangentiel, il peut être de 10 %. Cette anisotropie provoque des déformations ;
 - certaines parties du bois plus sensibles aux insectes xylophages ont pu être endommagées.
- Calage défectueux entre les *lambourdes* et leur support. Les lambourdes peuvent être posées sur des solives dont l'entraxe est supérieur à 0,45 m, collées sur une dalle en béton ou posées sur un isolant et une forme en sable.
- Planéité défectueuse du *faux-plancher*. Celui-ci peut être constitué d'un panneau de particules, d'un parquet de qualité inférieure, etc.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



PARQUET EN BOIS

Grincement sous les pas

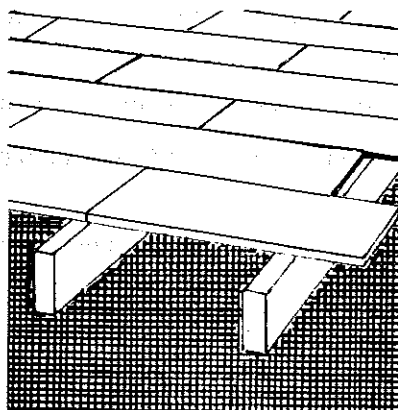
TEXTES RÉGLEMENTAIRES

- DTU 51.1 : Travaux de parquet massifs et contrecollés.
- DTU 51.3 : Plancher en bois ou en panneau dérivé du bois.
- DTU 31.1 : Charpente et escalier en bois.

Les grincements proviennent du fléchissement des lames de parquet. Il est donc nécessaire de veiller à la bonne planéité du support du parquet. Le DTU 51.1 Travaux de parquets massifs et contrecollés précise que le support doit être réalisé conformément aux textes réglementaires le concernant. Par ailleurs, la planéité d'un parquet (en liaison avec son support) est jugée satisfaisante lorsqu'une règle de 2 m posée en un endroit quelconque ne révèle pas de flèche supérieure à 5 mm et qu'une réglette de 20 cm ne dévoile pas de flèche supérieure à 1 mm.

Solution préventive

Le support est composé de solives



Sur solives (DTU 51.1). Ce type de pose convient très bien aux maisons individuelles ; l'entraxe des solives ne doit pas dépasser 0,45 m

Le DTU 31.1 Charpente et escalier en bois précise que le désaffleurl d'une rive de solive ne doit pas excéder 1 cm par rapport à la surface définie par les solives adjacentes.

La mise en œuvre devra respecter cette condition pour éviter les grincements.

Par ailleurs, le retrait et la déformation des solives peuvent augmenter le désaffleurl entre les solives. Une solive en chêne de section 15 × 15 cm posée sans avoir été séchée (H = 30 %), aura un retrait tangentiel de 10 mm et retrait radial de 5 mm (humidité d'équilibre de 10 %).

L'origine du retrait et des déformations sont décrits dans la fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles. L'estimation du retrait d'une solive est défini dans la fiche solution « Plancher en bois - Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher ».

Pour limiter le retrait du bois, il est nécessaire d'employer du bois dont l'humidité sera proche de l'équilibre hygroscopique lorsqu'il sera mis en service. Le séchage de pièces de chêne ayant une section importante nécessite l'immobilisation d'un séchoir artificiel pendant plusieurs mois. Le coût

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

d'une telle opération étant important, il est difficile de trouver ce type de pièce sur le marché. Cependant certaines scieries possèdent un stock de bois important, et peuvent proposer des sciages ayant plusieurs années de séchage naturel, c'est-à-dire à l'air libre. Pour limiter le désaffleurement lié au séchage du bois, il est préférable d'employer :

- du bois sec ;
- du bois lamellé collé : l'épaisseur de chaque lamelle étant de l'ordre de 40 mm, leur séchage ne pose aucun problème économique.

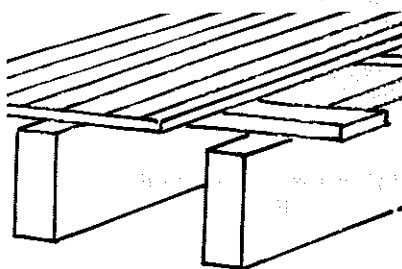
Enfin, les défauts de planéité provenant d'attaques d'insectes à larve xylophage peuvent être évités en traitant les zones sensibles (aubier s'il représente plus de 10 % en volume et tous les bois sensibles aux agents d'altération biologique). La préservation du bois sera décrite dans la fiche synthèse Bois - La préservation du bois vis-à-vis des agents d'altération biologique.

Le support est composé de lambourdes

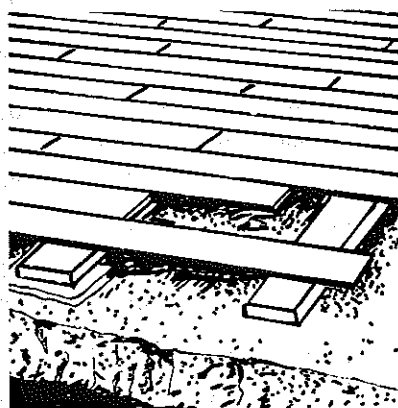
Les lambourdes doivent avoir une bonne assise pour éviter tout grincement du parquet sous les pas.

- Les lambourdes doivent être posées de manière que leur face supérieure présente une planéité compatible avec la planéité du parquet : une règle de 2 m posée en un endroit quelconque ne révèle pas de flèche supérieure à 5 mm et une réglette de 20 cm ne dévoile pas de flèche supérieure à 1 mm.
- Toutes les lambourdes doivent être posées à écartement régulier et être alignées avec des joints décalés d'une rangée à l'autre.
- Les extrémités des lames doivent être supportées par des lambourdes.
- Lorsque le calage sous lambourdes dépasse 30 mm de haut, il faut éviter de superposer plus de 3 éléments.

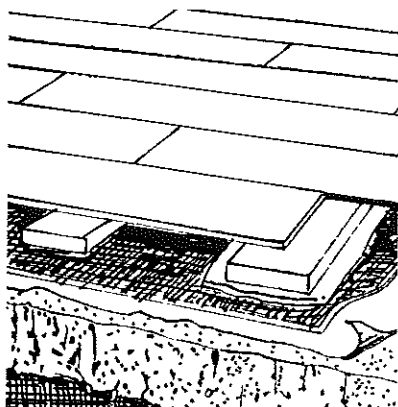
Les différents modes de pose des lambourdes sont décrits par les schémas ci-dessous.



Sur lambourdes clouées sur solives (DTU 51.1)
Lorsque le solivage est trop écarté, il est nécessaire de poser des lambourdes rapprochées



Sur lambourdes collées (DTU 51.1)
Lambourdes collées sur dalle béton, avec ou sans cales



Sur lambourdes flottantes (DTU 51.1)

Sur lambourdes flottantes, avec ou sans cales, et isolant posé sur forme en sable ou chape ciment

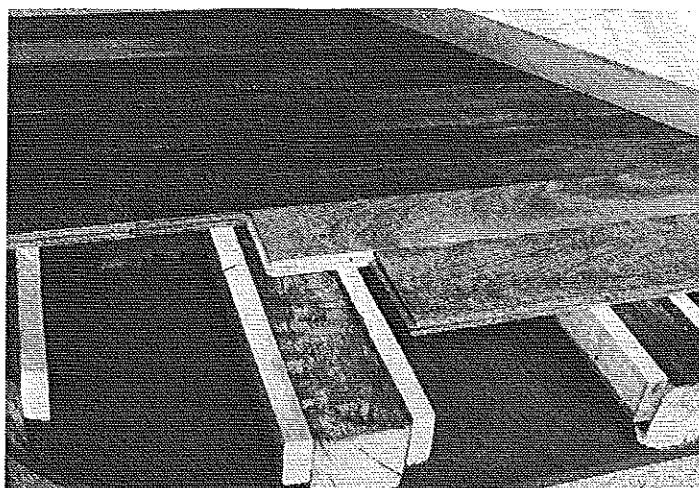
Le support est un plancher en panneaux dérivés du bois

Le DTU 51.3 Plancher en bois ou en panneau dérivé du bois précise les tolérances de l'ouvrage terminé : après replanissage des lames à plancher et des planches ou ponçage éventuel des joints entre panneaux et ponçage de l'emplacement des têtes de clous ou de vis, les planéités générales et locales de la paroi plancher doivent assurer aux revêtements un support lisse, exempt de flaches ou bosses, de rigidité et de dureté convenable.

La valeur de la tolérance est similaire à celle du parquet : une règle de 2 m posée en un endroit quelconque ne révèle pas de flèche supérieure à 5 mm.

Solution curative

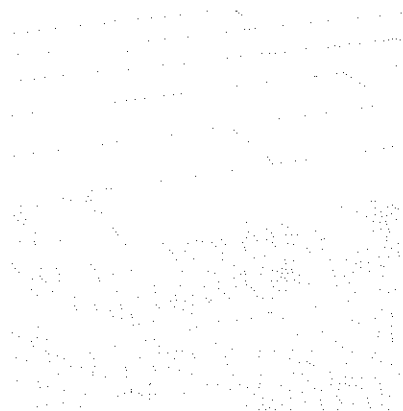
- Si le grincement provient de quelques lames, il est possible de le limiter en appliquant du talc.
- Si le grincement concerne de nombreuses lames, il est nécessaire de réaliser une dépose du parquet afin de redresser le support :
 - les solives : appliquer des lambourdes sur des solives pour les rectifier. Si la réservation (distance entre la porte et le plancher) est insuffisante, il est possible de les mettre sur le chant des solives ;



© CTBA

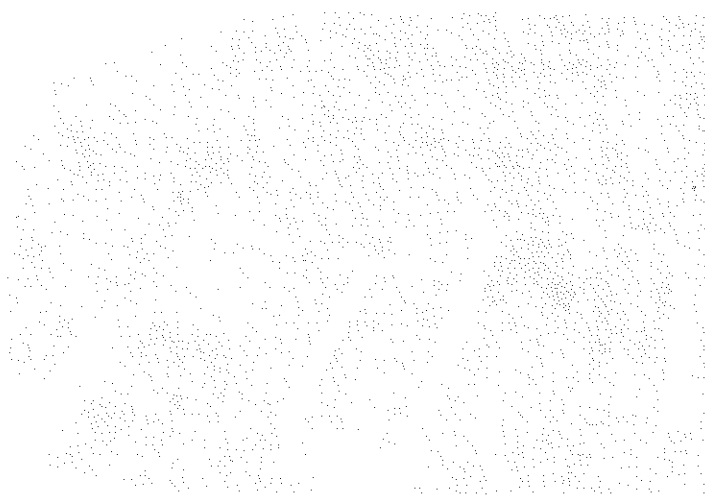
- les lambourdes : réaliser ou reprendre le calage des lambourdes ;
- les planchers : replanir le plancher support du parquet ou, dans les cas extrêmes, rattraper la planéité avec un panneau de contre-plaqué mince.

Le grincement du parquet est un problème fréquent qui peut être causé par plusieurs facteurs. Voici quelques solutions pour y remédier :



1. Vérifier l'humidité relative de l'air. Une humidité relative trop élevée peut provoquer le gonflement du parquet, ce qui entraîne le grincement. Une humidité relative trop faible peut provoquer le retrait du parquet, ce qui entraîne également le grincement. L'humidité relative idéale pour le parquet est comprise entre 45% et 65%.

2. Vérifier la pose du parquet. Si le parquet n'est pas posé correctement, il peut grincer. Vérifiez que le parquet est bien posé sur le sous-couche et que les lames sont bien ajustées les unes contre les autres.



3. Lubrifier le parquet. Une couche fine d'huile ou de cire peut réduire le frottement entre les lames de parquet et empêcher le grincement. Cependant, il est important de choisir un produit adapté au type de bois et de l'appliquer régulièrement.

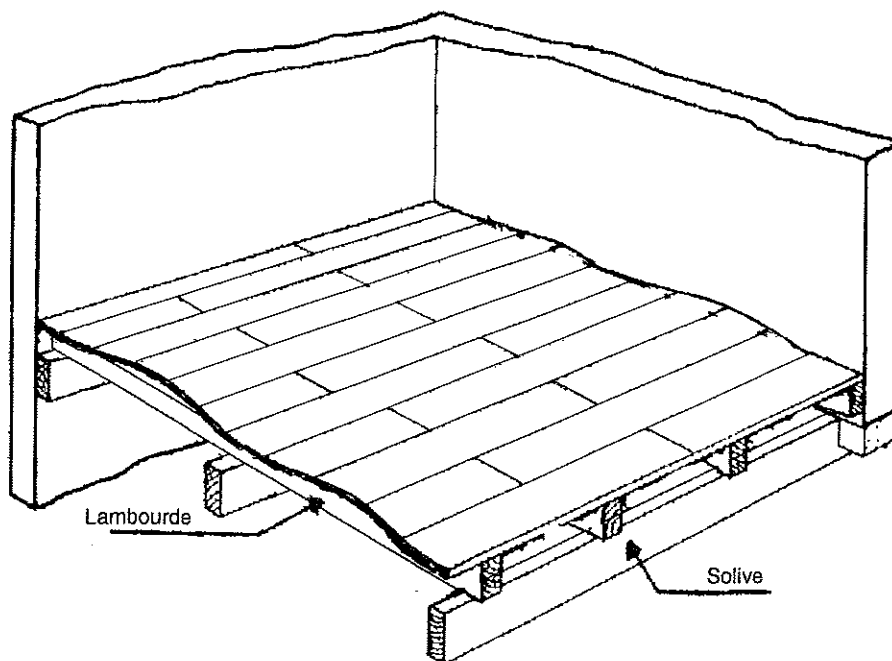


Désordre

PARQUET MASSIF EN BOIS

Soulèvement d'un parquet massif posé cloué

Un parquet traditionnel, composé de lames de chêne de 23 mm d'épaisseur, cloué sur des lambourdes, se soulève de plusieurs centimètres de son support.



(d'après la documentation du CTBA)

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

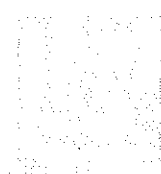
ST

UV

WX

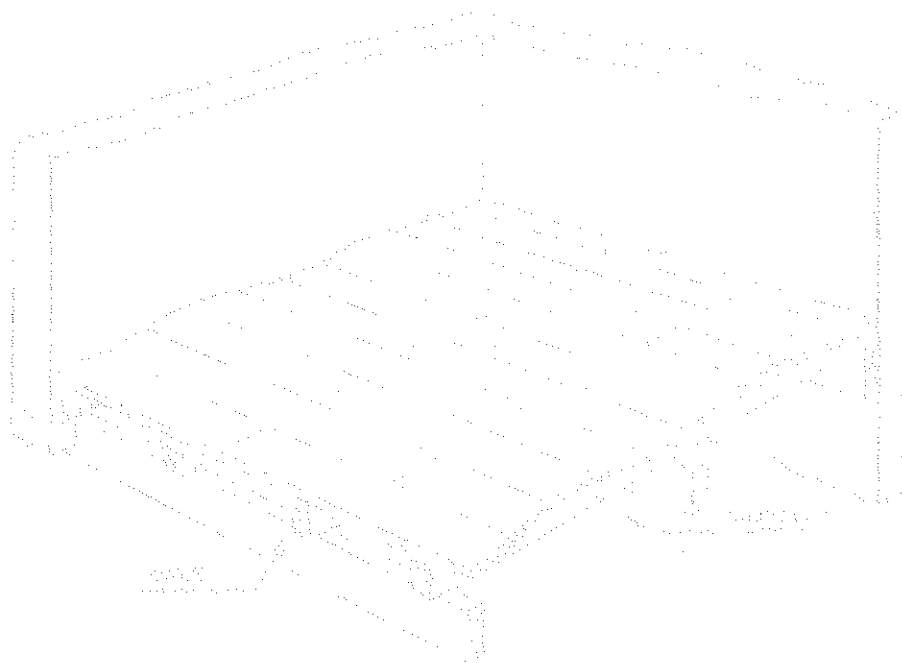
YZ

PROJET DE RECONSTRUCTION



PROJET DE RECONSTRUCTION

PROJET DE RECONSTRUCTION



PROJET DE RECONSTRUCTION



PARQUET MASSIF EN BOIS

Soulèvement d'un parquet massif posé cloué

- Le parquet est posé pendant l'été, le climat est très sec. L'équilibre hygroscopique du bois est très bas, de l'ordre de 8 %.
- Le parquet est mis en œuvre avec une humidité très faible. Pour la fabrication des lames de parquet, le bois a été séché artificiellement à un taux d'humidité de 8 à 10 %.
- Les lames de parquet sont posées très serrées. Il n'existe pas de jeu entre chaque lame.
- Le joint périphérique entre le parquet et le mur est interrompu. Le parquet est bloqué entre les murs de la maison.
- Le bois sélectionné est nerveux. Le coefficient de rétractabilité et les variations dimensionnelles sont importants.
- Le local est resté non chauffé pendant l'hiver, favorisant une reprise d'humidité et un gonflement du bois.
- Des contraintes mécaniques, provenant du blocage du parquet sur les murs, ne peuvent pas empêcher le gonflement du bois.
- Le soulèvement du parquet provient du gonflement du bois associé au blocage du parquet sur les murs.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROCES-VERBAUX

13

Le 13/05/2014, à 14h00, s'est tenu le conseil d'administration de la commune de...

Le conseil d'administration a été présidé par le maire, M. ...

Le conseil d'administration a délibéré sur les propositions de...

Le conseil d'administration a adopté à l'unanimité la proposition de...

Le conseil d'administration a décidé de...

Le conseil d'administration a décidé de...

Le conseil d'administration a décidé de...

Le conseil d'administration a décidé de...

Le conseil d'administration a décidé de...



PARQUET MASSIF EN BOIS

Soulèvement d'un parquet massif posé cloué

TEXTES RÉGLEMENTAIRES

- DTU 51.1 : Travaux de parquets massifs et contrecollés.

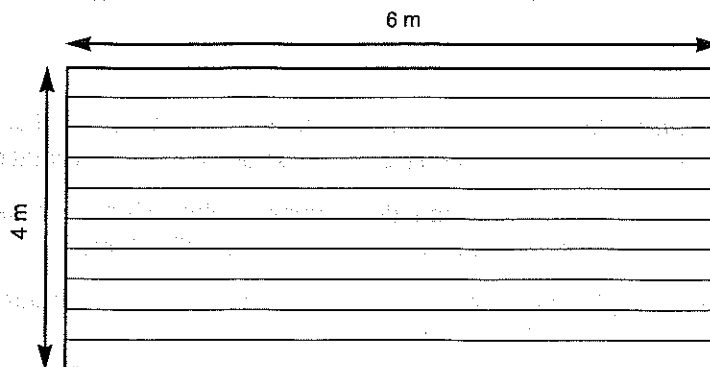
ORIGINE DU GONFLEMENT

Le gonflement du bois a un mécanisme similaire au retrait du bois. Il provient d'une augmentation de l'humidité du bois. Le coefficient appliqué est toujours un coefficient de rétractibilité du bois. C'est une approximation. L'assiette du coefficient devrait être la dimension à $H = 0\%$. Le coefficient de rétractibilité a comme référence une dimension à $H = 30\%$. Cette imprécision est acceptable car pour une même essence le retrait du bois peut varier en fonction de la provenance, des conditions de croissance, de l'âge de l'arbre, de la position de la pièce dans la grume (bois juvénile), etc.

La fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles décrit notamment le retrait du bois.

ESTIMATION DU GONFLEMENT D'UN PARQUET

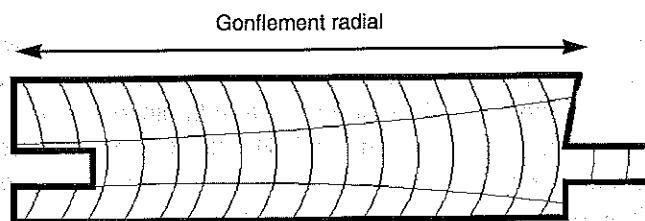
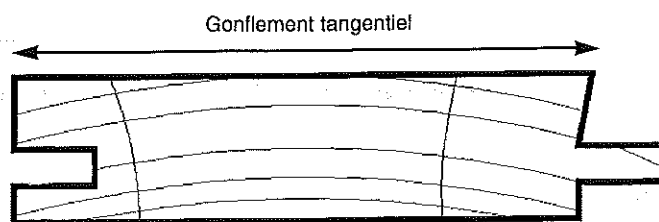
Un parquet cloué, composé de lames massives en chêne posé pendant l'été dans une pièce de $4\text{ m} \times 6\text{ m}$ d'une maison secondaire située à Bourges. Pendant l'été le bois a une humidité de 12% (humidité moyenne de l'air 65% et température moyenne de l'air $19,5^\circ\text{C}$). Pendant l'hiver, lorsque le local n'est pas chauffé, le bois a une humidité de 20% (humidité moyenne de l'air 86% et température moyenne de l'air $3,5^\circ\text{C}$).



Les variations dimensionnelles seront :

- gonflement dans le sens des 6 m (axial) négligeable ;
- gonflement dans le sens des 4 m .

Les cernes d'accroissement seront soit parallèles soit perpendiculaires aux faces, soit dans une position intermédiaire. Le coefficient de rétractibilité étant dépendant de la position des cernes, la valeur retenue sera la moyenne des deux coefficients.



$$\text{Moyenne des coefficients tangentiel et radial} = (0,0033 + 0,0017) / 2 \\ = 0,0025$$

Gonflement = coefficient \times (humidité initiale - humidité finale) \times dimension.

$$\text{Gonflement} = 0,0025 \times (20 - 12) \times 4\,000.$$

$$\text{Gonflement} = 80 \text{ mm.}$$

Cette valeur semble importante. En réalité ce jeu est réparti sur l'ensemble des lames. Dans l'exemple, si les lames font 70 mm de large, chaque lame absorbera $80 \times 70/4000$, soit 1,4 mm.

Solution préventive

- Entreposer les lames de parquet pendant 2 semaines dans le local où il sera posé. Cette précaution permet d'équilibrer l'humidité du bois en fonction des conditions climatiques de la pièce.
- Ne pas trop serrer le parquet si la période de pose est l'été. Chaque lame doit pouvoir absorber une variation dimensionnelle provoquée par les variations climatiques.
- Respecter le jeu périphérique entre le parquet et le mur, soit 2,5 mm par m de parquet. Un parquet de 4 m de large aura un jeu de 10 mm.
- Dans des situations extrêmes, préférer des essences avec une faible variation dimensionnelle (cf. la fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles).
- Si le bois est soumis à de fortes variations d'humidité, une finition filmogène (type vitrificateur), ralentira les échanges d'humidité entre le bois et l'air.

Solution curative

- Si le soulèvement n'est pas trop important, enlever les plinthes et vérifier que rien ne gêne les variations dimensionnelles du parquet dans le jeu périphérique.
- Déposer le parquet, le reposer en respectant le jeu périphérique (2,5 mm par mètre de parquet), ne pas trop serrer le parquet si la période de pose est l'été.



PEINTURE

Décollement sur un enduit de ciment

OUVRAGE

- Cloisons en briques plâtrières montées au plâtre et revêtues :
- d'un côté, d'un enduit en mortier de ciment et d'une peinture à l'huile ;
 - de l'autre, de carreaux de faïence.

DÉSORDRES

Apparition de fantômes des briques avec décollement de la peinture au droit des joints.

CAUSE

Les peintures à l'huile ne résistent pas aux supports alcalins. Elles se saponifient à leur contact.

C'est la chaux libre et les alcalins qui provoquent l'action basique se manifestant par une incompatibilité entre les peintures à l'huile et la chaux du ciment.

L'alcalinité due à la composition du ciment est particulièrement forte lorsque le matériau a été mis en œuvre et qu'il est encore humide.

Dans le cas présenté, c'est probablement l'humidité qui est à l'origine du désordre :

- enduit mortier réalisé sur des briques fraîchement montées ;
- enduit plâtre non sec ;
- mouillage des deux faces de la cloison.

La faïence a fait barrage et l'humidité s'est portée sur l'autre face, ensuite le phénomène s'est accentué sur les zones de joints, le plâtre n'ayant rendu que lentement l'eau en excès qui, au passage, s'est chargée en sels alcalins contenus dans l'enduit.

REMÈDES

- La peinture doit être d'abord enlevée sur toute la surface.
- Les deux facteurs à considérer sont :
 - le temps de séchage disponible ;
 - le type de peinture et sa définition.

1/ Le support peut sécher pendant le temps nécessaire à une application correcte.

Le séchage devra être correct en surface et en profondeur.

Dans ce cas une couche de peinture à l'huile ou une couche de peinture glycérophthalique à finition brillante peut être prévue.

2/ La peinture doit être mise en œuvre plus rapidement.

Le type de peinture à choisir doit correspondre à un système de peinture perméable donnant une finition mate.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Exemple

Émulsions vinyliques ou acryliques de bonne qualité (riches en liant) ou peinture glycérophthalique mate s'adaptant bien aux supports alcalins.

Ce système permettra l'assèchement progressif du mur sans dommage pour la peinture.



PÉNÉTRATIONS D'EAU PAR SOUCHE ET CONDUIT DE FUMÉE

Souches de conduits de fumée

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Dans une construction individuelle, des fuites au droit d'un conduit de fumée ont causé d'importants dégâts (photos 1 à 6) :

- au niveau du plancher des combles ;
- sur les plafonds des pièces sous-jacentes ;
- sur le mur pignon.

L'origine des pénétrations correspond à la réalisation du raccordement à l'aide de mortier de la souche avec la couverture (pénétration). La fissuration de ce mortier ainsi que celle des éléments de boisseaux en béton de pouzzolane est à l'origine des pénétrations dans les ouvrages voisins.

À noter que le conduit est dévié dans la hauteur du comble, ce qui a facilité la fissuration des joints de hourdage inclinés sur l'horizontale.

Les fuites, en provoquant l'humidité des parois (plafonds, murs, cloisons) ont entraîné le développement de moisissures avec décollement des tentures.

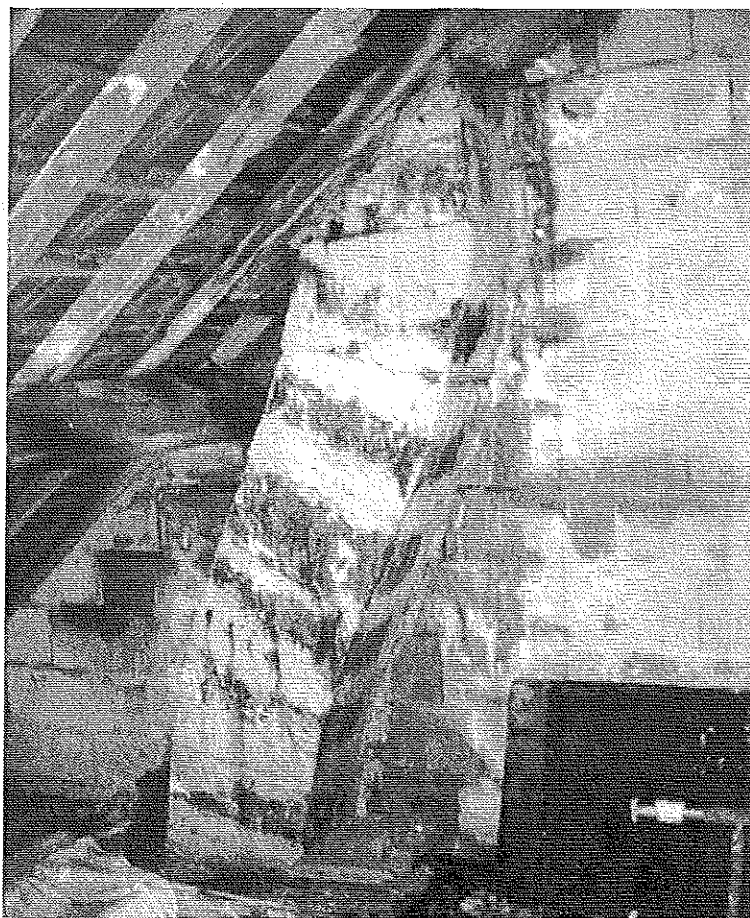


Photo 1 : Vue d'ensemble du conduit dans la hauteur du comble (grenier). Les fuites concernent également les bois de charpente et de couverture. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

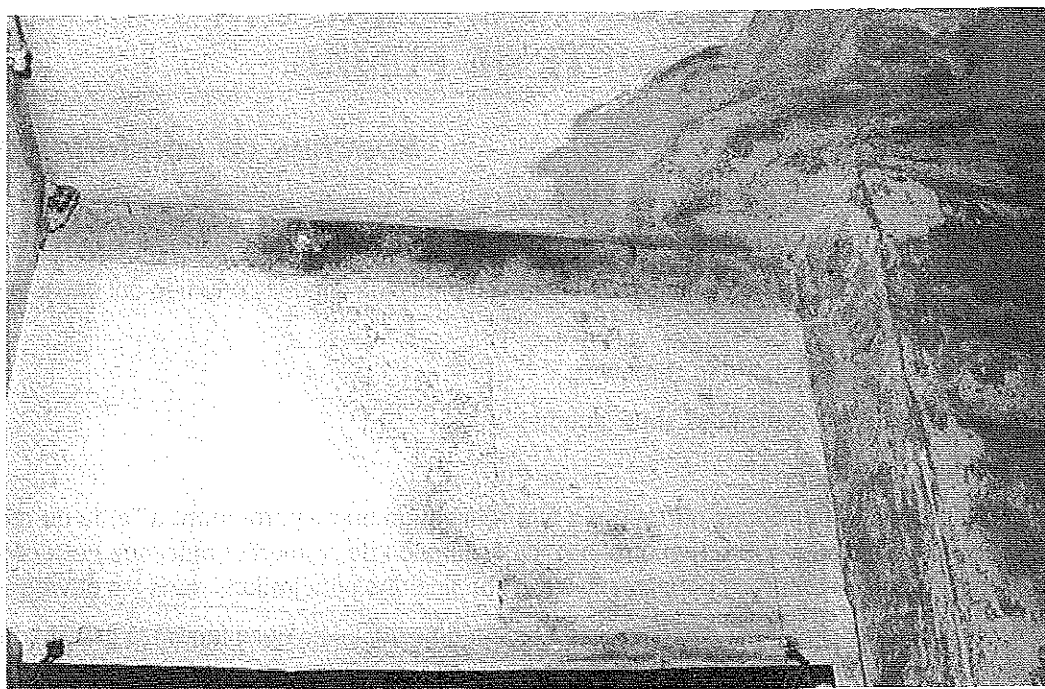


Photo 2 : Désordre dans une des pièces sous-jacentes (salle d'eau). Développement des infiltrations par capillarité en plafond et sur le mur, moisissures. © J. Putatti



Photo 3 : Désordres dans l'autre pièce adjacente. L'humidité et les moisissures concernent l'angle du plafond et la hauteur de la cloison de doublage (carreaux de plâtre), tentures décollées. © J. Putatti



Photo 4 : Détail du conduit en cours de drainage lors d'une forte précipitation. Eau recueillie dans un seau. © J. Putatti



Photo 5 : Détail du conduit dévié. Fissuration des joints, infiltrations latérales dans le mur pignon. © J. Putatti



Photo 6 : Zone du plancher du comble près du conduit. Poutrelles bois saturées d'eau ainsi que l'isolant laine minérale. Attaque des bois. © J. Putatti



Question/Réponse

PERTURBATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Protection des matériels sensibles

QUESTION

Comment supprimer les perturbations de nature électromagnétique affectant le fonctionnement des matériels électroniques ?

RÉPONSE

Nature et origine des perturbations

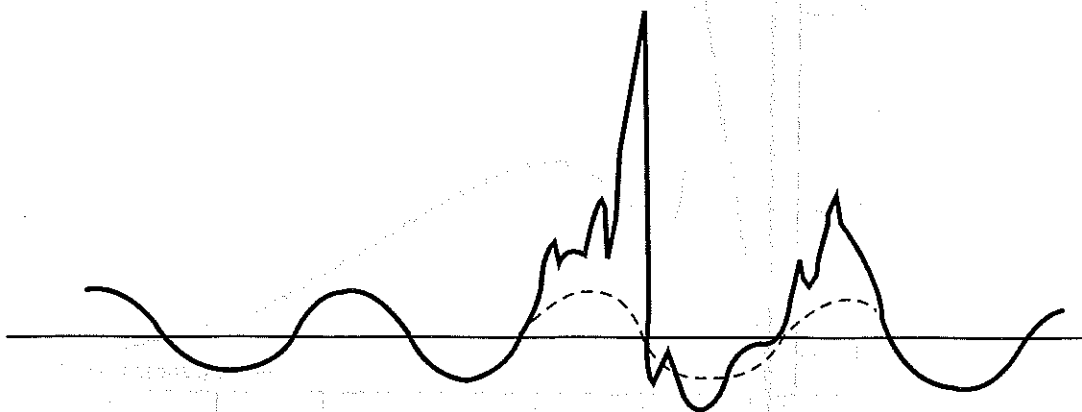
Physiquement, les sources de phénomènes électromagnétiques génèrent des tensions induites de grande amplitude, déformant l'onde des signaux d'information et d'alimentation électrique, provoquant des réponses erronées des circuits électroniques d'ordinateurs et des matériels de communication.

La transmission des perturbations s'effectue selon deux modes principaux :

- la conduction directe par les conducteurs d'alimentation électrique ou par les circuits de terre des masses ;
- le rayonnement à travers l'espace, générant dans les circuits électroniques sensibles des tensions parasites se superposant à celles des signaux d'information.

Les perturbations électromagnétiques ne doivent pas être confondues avec celles des coupures brèves du réseau d'alimentation, qui sont de l'ordre du millième au dixième de seconde (appelées aussi microcoupures) et dont on peut se préserver par des alimentations autonomes stabilisées, se substituant à l'alimentation du réseau. Les perturbations électromagnétiques sont générées par des équipements industriels comportant des organes de connexion et de déconnexion rapide sur des courants de forte puissance. Ces perturbations affectent aussi bien les alimentations autonomes que le réseau normal.

Les figures qui suivent montrent des formes d'onde de tension sur des circuits traversant certains équipements industriels ou domestiques susceptibles de produire des ondes électromagnétiques captées par les circuits des matériels sensibles.



Surtensions affectant un réseau. Les points de surtension peuvent être beaucoup plus grands que ceux représentés

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

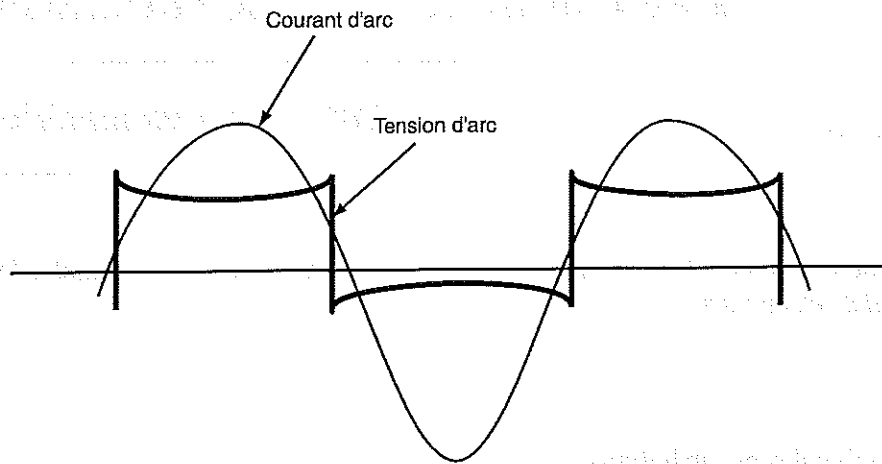
QR

ST

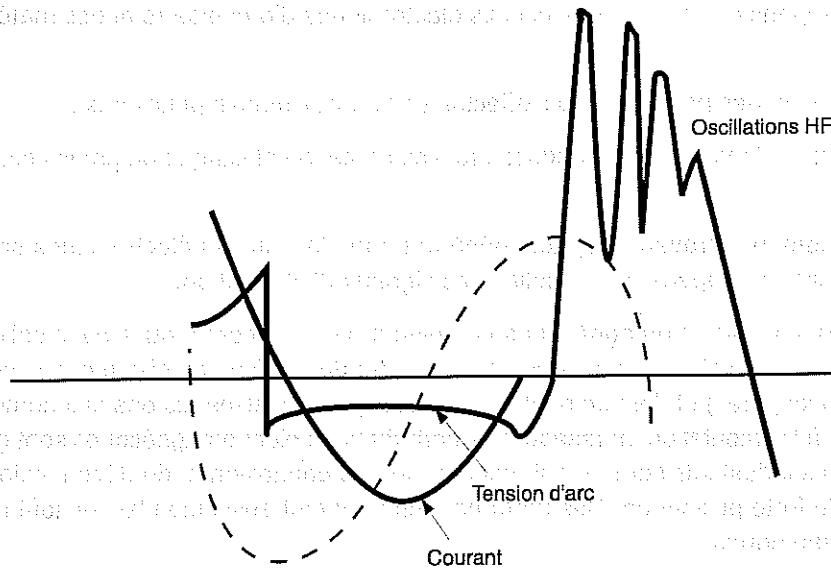
UV

WX

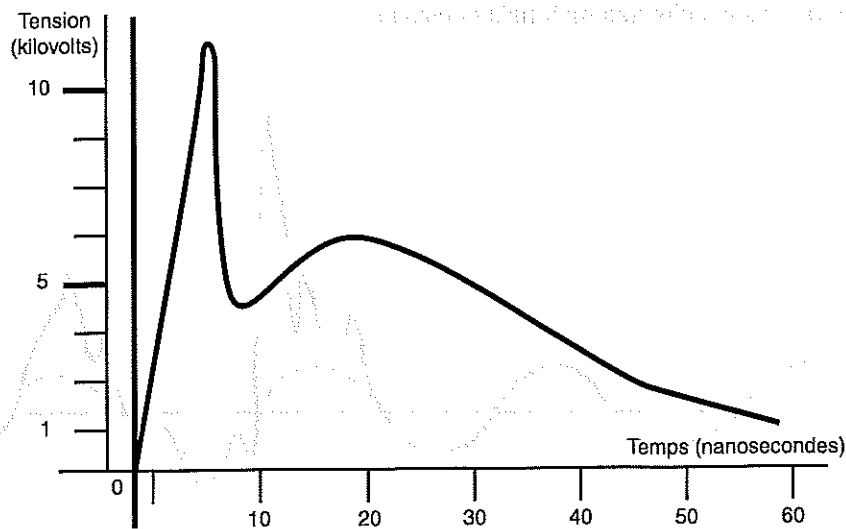
YZ



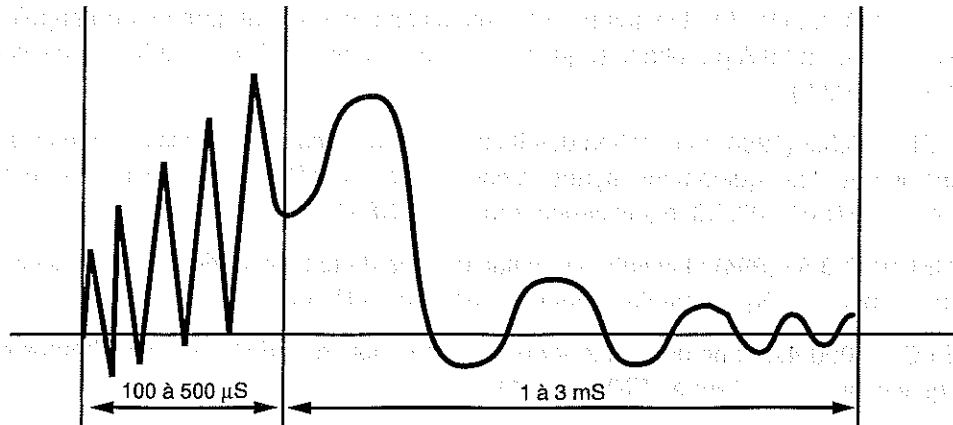
Évolution de la tension d'arc et du courant d'arc lors du début d'ouverture des contacts d'un disjoncteur en charge



Allure de la tension à l'instant de la cessation de l'arc entre contacts



Décharge électrostatique



Allure de la variation de tension à l'ouverture de contacts secs sur une charge inductive

Les appareils et machines produisant de telles perturbations sont les suivants :

- machines électriques à collecteur ;
- machines à induction, four à arc ;
- machines à souder ;
- lampes à décharge, onduleurs, redresseurs ;
- émetteurs radio et TV ;
- radars ;
- contacteurs et tous appareils connecteurs et déconnecteurs ;
- courts-circuits francs, etc.

Textes réglementaires

Les normes et documents techniques officiels (recommandations, avis techniques, etc.) sont nombreux, aux niveaux national et international. Aussi en voici une liste non exhaustive :

- NF C 15-100 : chapitre 7 (concerne la mise à la terre des matériels informatiques).
- NF ISO 8613 : Traitement de l'information - Bureautique. Architecture des documents de bureau et format d'échange.
- Z 74-200 : Technologie de l'information - Protection des informations sensibles ne relevant pas du secret défense. Recommandations pour les postes de travail informatiques.
- CEI 1000-2.1 (1990) : Environnement électromagnétique pour les perturbations conduites basse fréquence « BF » et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation.
- CEI 1000-2.2 (1990) : Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites basse fréquence « BF » et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation à basse tension.
- CEI 1000-2.3 (1992) : Phénomènes rayonnés et phénomènes conduits à des fréquences autres que celles du réseau.
- CEI 1000-2.4 (1994) : Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence (équivalence française : NF C 91-002.4).
- CEI 1000-2.5 (1995) : Classification des environnements électromagnétiques.

- CEI 1000-3.2 (1995) : Limites pour les émissions de courant harmonique appelé par des appareils inférieur à 16 A par phase (équivalence européenne : EN 61-000-3.2, équivalence française : NF C 91-003.2).
- CEI 1000.3.3 (1994) : Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé inférieur ou égal à 16 A (équivalence européenne : EN 61 000.3.3, équivalence française : NF C 91-003.3).
- CEI 1000-3.5 (1994) : Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé supérieur à 16 A.
- Pr CEI 1000-4.6 : Immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques (équivalence européenne : ENV 50 141).
- CEI 1000-4.7 (1991-07) : Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés (équivalence européenne : EN 61-000.4.7, équivalence française : NF C 91-004.7).

Solutions, règles de compatibilité électromagnétique (CEM)

La règle de base consiste à conduire à la terre le plus efficacement possible les courants haute fréquence de perturbation, en amont des branchements aux matériels électroniques sensibles.

L'application de cette règle essentielle consiste :

- à vérifier au fur et à mesure de l'installation que les composants choisis sont convenables (câbles blindés, filtres, etc.) ;
- à apporter le plus grand soin aux connexions, au maillage d'équipotentialité des masses, au chaînage des chemins de câbles et à la mise en œuvre des câbles.

Il est important de rappeler qu'une connexion douteuse, un blindage mal raccordé, une goulotte métallique non chaînée ou une masse reliée par un long conducteur peuvent dégrader sérieusement le fonctionnement du matériel informatique, et ce, d'une manière aléatoire ou permanente.

Règles de mise en œuvre des câbles

Les câbles susceptibles de transporter des fronts d'onde dangereux sont essentiellement ceux qui sont connectés, directement ou indirectement, à des équipements produisant des perturbations EM, ainsi que ceux voisinant parallèlement à de tels câbles.

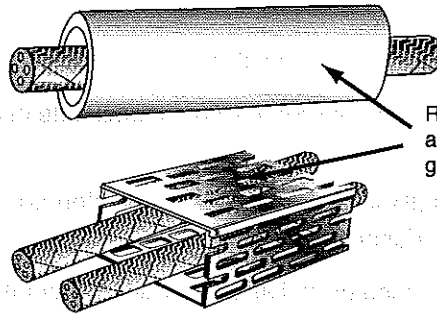
Les règles de base d'un câblage idéal sont les suivantes :

- lorsque ces deux types de câbles doivent avoisiner localement, réduire au minimum les longueurs de cheminement parallèle ;
- plaquer autant que possible, de bout en bout, les câbles contre un plan métallique (fond d'armoire, goulotte, structure de machine ou de bâtiment) ;
- faire en sorte que le câble conducteur d'aller et celui de retour soient, en tous points, le plus près possible l'un de l'autre ;
- relier efficacement le blindage des câbles aux masses à chaque extrémité. Si les longueurs sont importantes, le blindage doit être mis à la masse au moins tous les 15 m. Si une enveloppe de blindage n'est reliée qu'à une seule extrémité, un potentiel peut apparaître à l'extrémité non reliée ;
- mettre à la masse aux deux extrémités les conducteurs libres dans un même câble (fils de réserve) ;
- le raccordement aux masses des chemins de câbles et goulottes métalliques doit être fait par boulonnage direct ou tresse large et courte, et non au moyen de fil conducteur.

Tresse métallique

Méthode de mise à la masse
du blindage d'un câble

Pas de peinture sous boulonnage



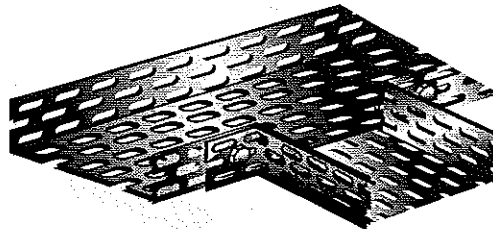
Réalisation d'un blindage
au moyen de tube acier ou
goulottes métalliques

Mise en œuvre de câbles HF

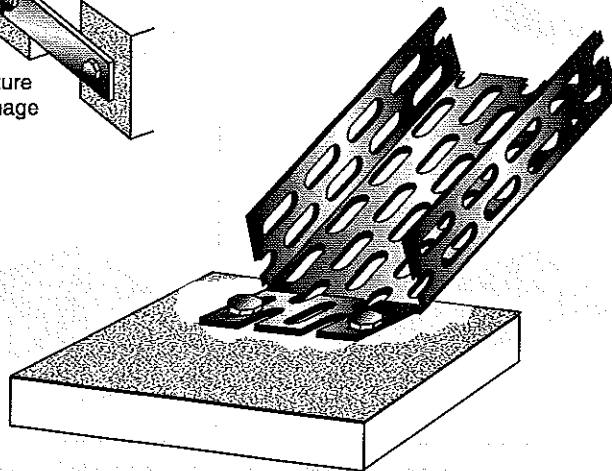
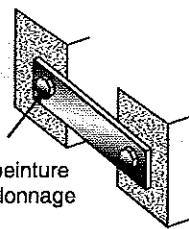


Interdit :

La règle est de boulonner ou utiliser une large tresse



Pas de peinture
sous boulonnage



Exemples de liaison boulonnage ou plaque large. Le fil conducteur (image du haut)
a un rapport longueur/largeur trop important

Liaisons équipotentielle des masses

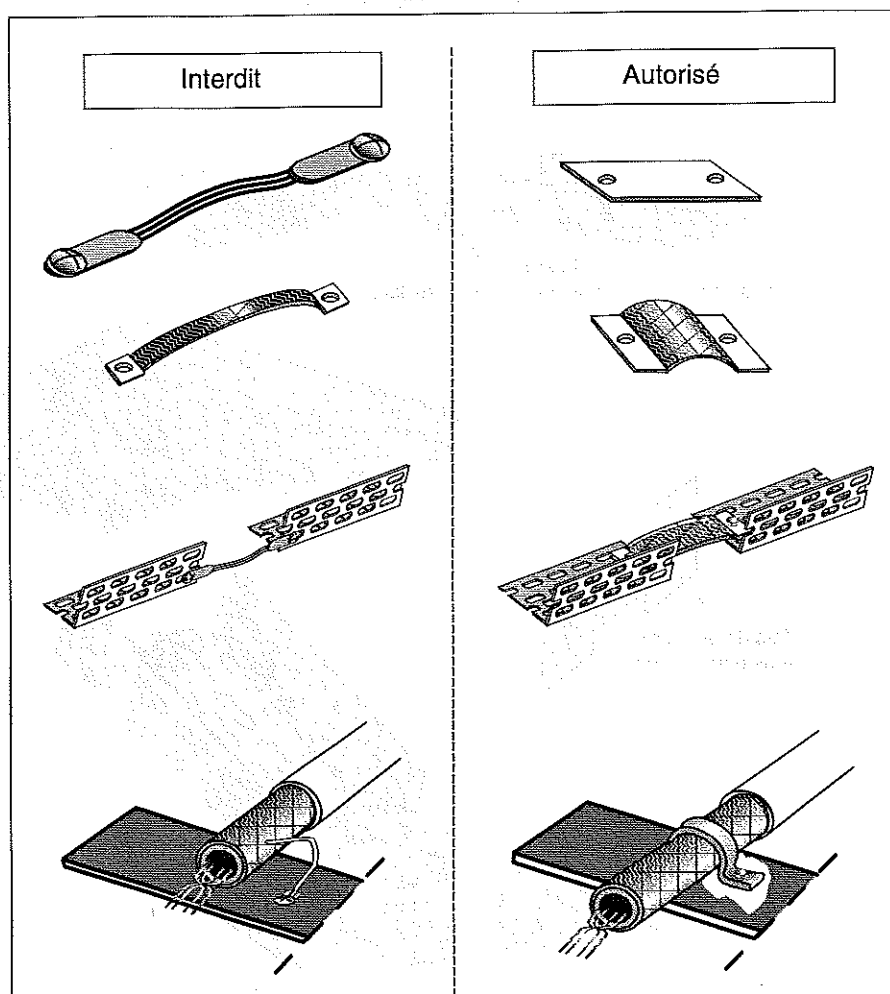
Par principe, la liaison équipotentielle de toutes les masses (enveloppes des matériels, carcasses des machines, chemins de câbles, blindage des câbles) avec le ferrailage du bâtiment assure à l'ensemble des installations électriques et électroniques un écoulement efficace des perturbations à la terre (potentiel zéro par convention).

Les phénomènes HF ont ceci de particulier : une liaison par fil ou tresse entre deux masses voisines représente une inductance caractéristique importante en HF. On doit donc :

- éviter autant que possible les fils conducteurs entre deux masses voisines des équipements sensibles ;
- utiliser un méplat ou tresse de large section ;
- boulonner entre elles les masses voisines (les chemins de câbles, par exemple) lorsque cela est possible.

En basse fréquence (installations électriques domestiques), les conducteurs équipotentiels (fil jaune-vert) conviennent parfaitement.

La règle d'or est qu'un conducteur de liaison soit dimensionné tel que le rapport longueur/largeur soit inférieur à 3.



Réalisation des liaisons des masses en haute fréquence.
À gauche ce qui est interdit. À droite, ce qui est seul valable



PIÈCES HUMIDES

Pathologie des « coins-douches »

PRÉSENTATION

Les emplacements d'installations sanitaires, et plus particulièrement les « coins-douches » sont l'objet d'une pathologie abondante :

- dans les bâtiments neufs ;
- dans les installations dans des bâtiments anciens (transformations, aménagements).

DÉSORDRES

Les manifestations d'humidité se présentent dans l'environnement immédiat des installations :

- bacs à douches et cabinets de toilette ;
- aires de douches façonnées dans le sol (installations collectives ou spécialisées) ;
- baignoires avec douchettes.

Les désordres provoqués sont :

- des décollements, cloquages des revêtements (carrelages, peintures) ;
- des développements de moisissures, champignons, exfoliations d'enduits plâtre.

Ces désordres apparaissent rapidement :

- dans le cas d'utilisations intensives (douches) ;
- dans le cas de fuites d'appareils (robinets), de débordements ou d'installations (tuyauteries amenée d'eau ou évacuations).

CAUSES (TECHNIQUES)

Les causes des sinistres sont à rechercher dans les défauts d'exécution, mais aussi dans le mauvais choix du matériel ou des matériaux ou dans les difficultés de mise en œuvre.

Ces installations font appel à des matériaux de nature différente (béton, mortier, plâtre, faïence, colle, etc.).

Les interfaces de ces produits sont sensibles aux déformations différentielles.

Les interventions sur existants comportant des planchers métalliques à poutrelles avec remplissage par augets plâtre et revêtements parquets sur lambourdes servant de support direct aux receveurs de douches, ou sur anciens planchers en bois, correspondent aux cas de sinistres graves les plus fréquents.

Ces éléments porteurs supportent des charges non prévues à l'origine et augmentées le cas échéant par la mise en place de chapes ou dalles béton.

Les liaisons entre matériaux et la nature des fixations entre appareils doivent tenir compte de l'environnement support.

- Calage : les baignoires avec douchettes peuvent être calées avec des pieds réglables mais les douches doivent être calées avec des matériaux divers souvent improvisés (cales en bois, etc.) d'où instabilité de l'installation, facilitant les fissures et passages d'eau.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Branchements : les évacuations existent et sont encastrées dans les éléments de gros œuvre. La position des siphons de receveurs de douches est généralement invariable.

Les raccordements sont souvent mal exécutés, faute d'éléments adaptés. D'autre part, ces raccordements une fois réalisés ne sont plus accessibles et à l'origine de fuites non réparables.

- Accessibilité sous bac à douches : elle est généralement impossible, surtout dans les appartements (trappes d'accès impossibles à mettre en place).

1. Choix des appareils

- Bac receveur de douche : la dimension correcte est $0,80 \times 0,80$ m ; au-dessous, confort inacceptable, d'où gros risques de projection, éclaboussures, débordements.
- Cloisonnements et plages-raccords considérés comme ouvrages délicats à exécuter.

2. Choix des parois d'adossement

- Plâtre : matériau hydrophile, se sature rapidement.
- Bois : matériau très délicat à utiliser pour ce type d'ouvrage.

3. Choix des revêtements de parois

- En partie courante : l'exécution des joints laisse souvent à désirer et constitue une cause de sinistres (joints collés et non soudés). Les eaux de ruissellement sont abondantes pour les douches étroites.
- Jonction avec receveur et partie horizontale : ouvrages délicats.

4. Points singuliers

- Traversées du revêtement carrelage par canalisations (alimentation pomme de douche, etc.), raccord bonde de fond de cuvette.

REMÈDES (PRÉVENTIFS)

- Au niveau de la réglementation :
 - préparation des travaux, plans d'installation ;
 - coordination des corps d'état.
- Conception - réalisation :
 - éviter les plages périphériques ;
 - adapter les plans de parois aux dimensions des appareils ;
 - soigner la mise en œuvre (joints de faïence) et les points singuliers ;
 - soigner le calage des appareils (baignoires, receveurs de douches) ;
 - éviter les matériaux sensibles à l'eau ;
 - prévoir des pentes pour les écoulements.



PIERRE AGRAFÉE (REVÊTEMENTS VERTICAUX)

Dalles défailantes en pierre agrafée

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Un revêtement de façade en pierre dure posée par agrafes et polochons présente une défailance locale dans une zone d'angle façade pignon (photo 1).



Photo 1 : Angle de mur comportant des dalles détachées. © J. Putatti

Les pierres ou dalles disposées en tableau d'une part et en pignon d'autre part n'ont pas subi de désordres. L'élément support est constitué par un voile en béton armé. Les dalles défailantes ont été déposées dans l'attente d'une remise en état.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

EXAMEN DES ATTACHES (photo 2)

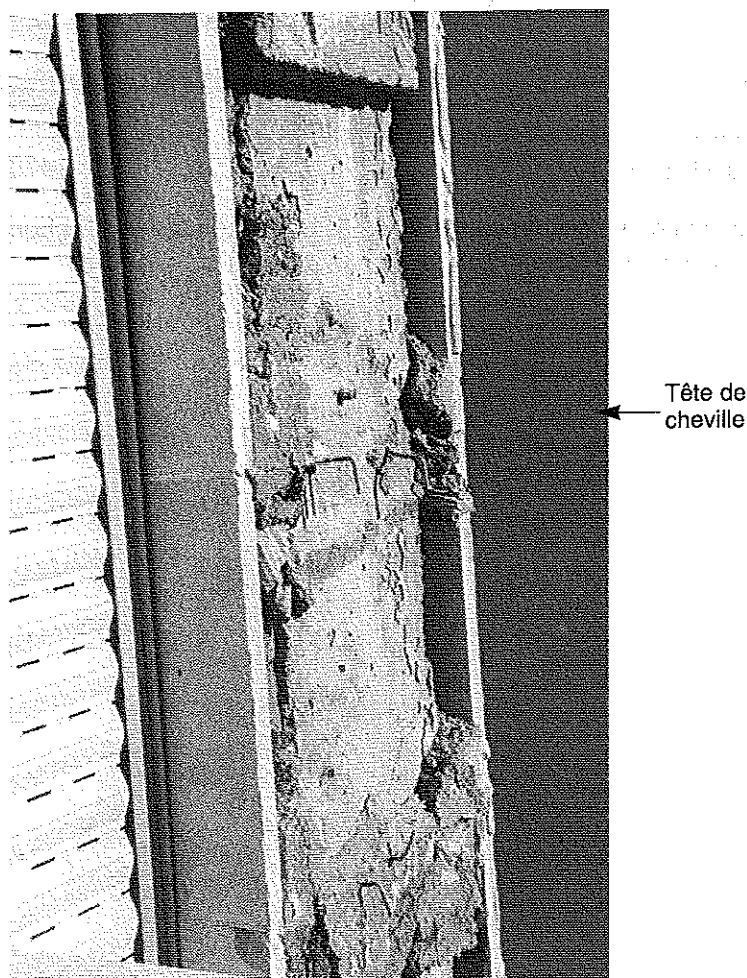


Photo 2 : Détail des attaches. Le polochon intermédiaire a disparu. © J. Putatti

Il apparaît que les polochons réalisés en mortier de ciment ont été plaqués contre la tête du voile.

La photo 1 montre qu'un polochon intermédiaire s'est décollé du support. Il semble qu'une tête de cheville subsiste néanmoins mais reste insuffisante pour assurer l'ancrage du polochon.

C'est probablement la défaillance de ce polochon intermédiaire (photo 2) qui est à l'origine de la chute des dalles.

Ce mode de pose « agrafe et polochon » est fondé sur le principe suivant : le polochon sert d'ancrage pour le support de la dalle supérieure et pour la retenue de la dalle inférieure.

Il apparaît donc que le polochon défaillant a entraîné dans son décollement du support la dalle supérieure et la dalle inférieure.

Ce mode de pose, bien que décrit dans le DTU 55.2 (édition octobre 2 000) n'est pratiquement plus utilisé. La réparation ponctuelle s'avère délicate avec ce même mode de pose, du fait de la difficulté d'insérer le polochon.



PIGNON EN MAÇONNERIE

Effondrement par effet du vent

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Un hall sportif en charpente lamellé-collé comporte une série de portiques en cours de montage. La stabilité provisoire de la structure est assurée par des câbles.

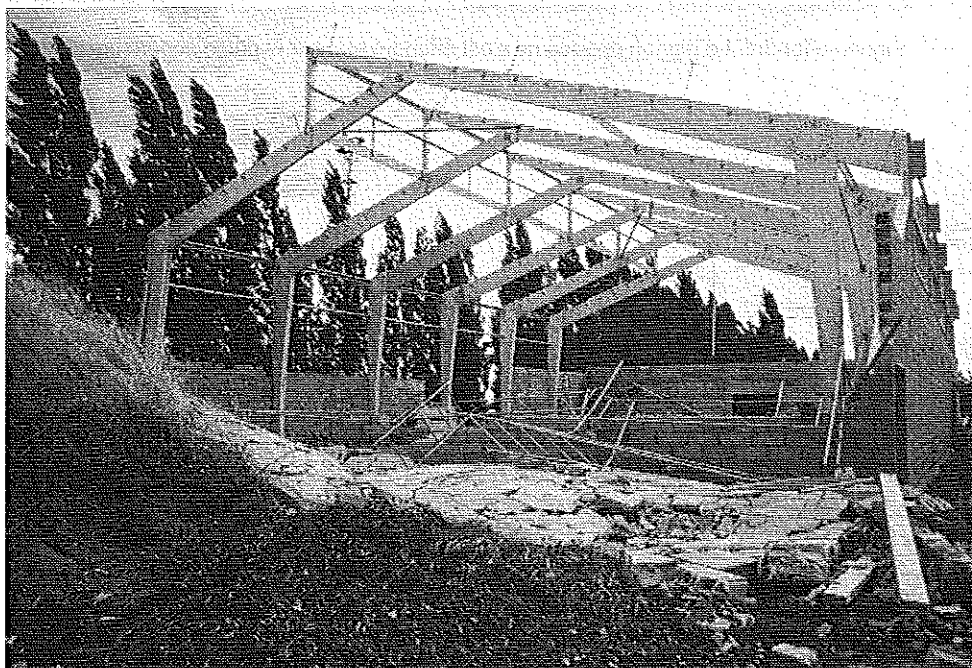
Au moment du sinistre, les parois extérieures du hall sont réalisées en maçonnerie de blocs de béton manufacturés :

- un long pan monté à mi-hauteur environ ;
- l'autre long pan partiellement au même niveau ;
- un pignon comportant un local vestiaires à rez-de-chaussée surmonté dans sa partie supérieure par un mur monté partiellement ;
- l'autre pignon monté sur sa majeure partie à partir du niveau bas du hall.

Le sinistre est survenu en fin de semaine, alors que le chantier était inoccupé, suite à un violent coup de vent qui a abattu :

- la totalité d'un pignon récemment monté sur la majeure partie ;
- la totalité de l'autre pignon monté sur la hauteur d'étage.

Les longs pans ont subi des dégâts dans les zones d'angle en liaison avec les pignons.



Vue opposée du hall. Effondrement partiel du pignon. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

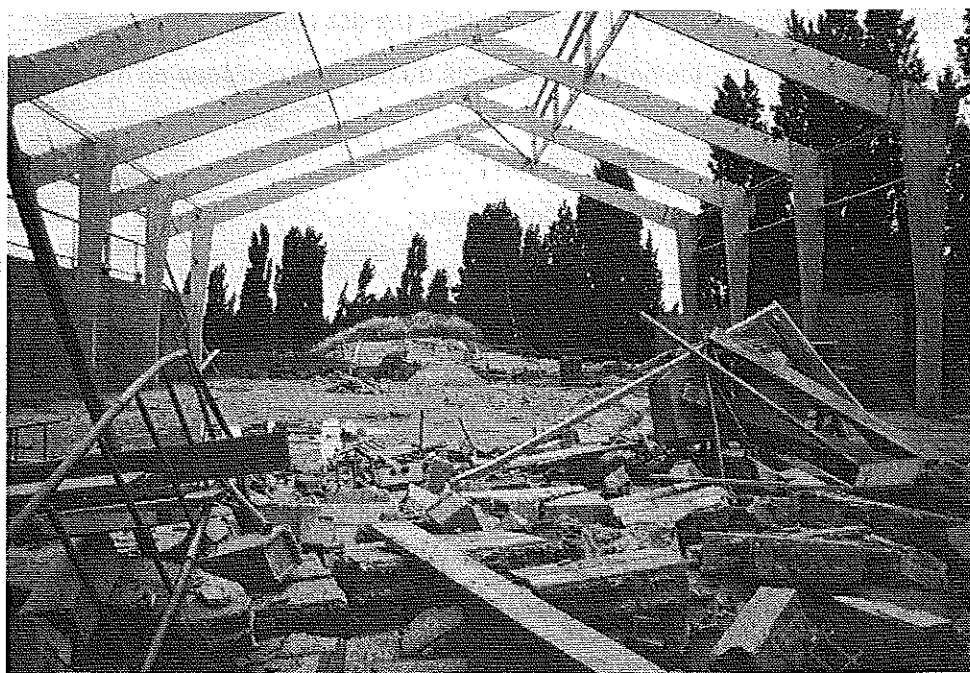
UV

WX

YZ

CAUSES DES DÉSORDRES

- La cause essentielle est l'action brutale et imprévisible du vent intervenant dans une phase de travaux particulièrement sensible (montage récent des maçonneries de blocs).
- La cause annexe est l'absence de raidisseurs verticaux et de chaînages horizontaux dans des ouvrages verticaux en maçonnerie de grande hauteur (poutres au vent). Les murs extérieurs sont en effet autostables, la structure charpente bois étant indépendante de ces murs en maçonnerie afin d'éviter la transmission d'efforts parasites.



Pignon effondré. Le pignon opposé ne s'est effondré que sur la partie supérieure. © J. Putatti



Désordre

PLAFONDS

Décollements d'enduits et de peintures

POSITION DU PROBLÈME

Ce type de désordre fréquent en construction neuve est souvent dû à des conditions d'application inadéquates (support non sec).

Ce type d'ouvrage (partition ou finition) ne met pas en cause la solidité de l'ouvrage, mais correspond à un défaut de qualité.

APPARITION - DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le phénomène de décollement apparaît généralement quelque semaines ou quelques mois après entrée dans les locaux, c'est-à-dire après réception des travaux.

Si le désordre intervient dans l'année de parfait achèvement, le recours à l'assurance est possible.

Constatations

La peinture présente d'abord une fine fissuration, généralement « en étoile ». Celle-ci évolue en taille et en densité et le film de peinture se décolle.

En phase finale, le revêtement s'écaille spontanément.

Les locaux humides, non éclairés, présentent des désordres assez spectaculaires.

RECHERCHE DES CAUSES

L'étude des plannings d'exécution est souvent significative. Elle révèle souvent des délais trop courts entre phases de travaux.

Les essais sur site visent à déterminer le taux d'humidité du support ou subjectile.

On peut réaliser le quadrillage du revêtement pour déterminer les zones saines et les zones trop humides.

Dans les zones de décollement, on devra rechercher la présence d'enduit ou de produits de ragréage éventuels.

Le degré d'absorption du béton de la dalle ou de la prédalle doit être déterminé : le temps d'absorption doit être compris entre 1 et 4 minutes.

La forme des écailles est généralement concave.

Les examens peuvent être poursuivis sur prélèvements, en laboratoire, pour déterminer le nombre des couches et leur nature, ainsi que la présence de défauts du subjectile (polluants minéraux, etc.).

La valeur du pH du béton en surface doit également être déterminée.

Les produits de cure ou de démoulage doivent être décelés par des examens spécifiques.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

FACTEURS À RETENIR

- Surépaisseur des couches d'enduit préjudiciable au bon comportement de l'enduit.
- Saponification ou hydrolyse partielle pour certains enduits de peintre ou produits de ragréage provoquant une pulvérulence anormale.
- La principale cause correspond à l'application des produits de peinture sur des *supports trop humides*.

C'est le cas fréquent des travaux neufs où l'eau résiduelle du béton apparaît en sous-face.

Cette cause correspond à des manifestations caractéristiques :

- altération physico-chimique de l'enduit ou du ragréage ;
- reliquat d'humidité : taux > 5 % (en masse) plusieurs mois après travaux ;
- traces de moisissures (grises, verdâtres ou violacées) ;
- présence d'efflorescences.

Cette cause apparaît plus particulièrement en période hivernale, au cours de laquelle les conditions d'évacuation de l'eau en excès du béton sont plus longues et plus difficiles.

Si le planning d'avancement des travaux impose une mise en œuvre des peintures prématurément, l'humidité ne peut s'évacuer en totalité.

Les phénomènes de décollement se manifesteront alors en période chaude et sèche, c'est-à-dire 6 à 8 mois plus tard ou lorsque le chauffage intervient, et particulièrement si la dalle comporte un chauffage par sol-plafond (serpentins ou câbles).

Le désordre se produit aussi bien avec les dalles pleines coulées en place qu'avec les prédalles qui sont généralement préfabriquées en usine et livrées rapidement après leur fabrication.

D'autres facteurs aggravants sont à retenir :

- locaux mal ventilés (pièces humides) ;
- revêtement de finition (peinture) étanche : peinture satinée, brillante ou laquée, ou présentant une faible perméabilité à la vapeur d'eau.

Lorsque les forces de traction du film de peinture sont supérieures aux forces de cohésion et/ou d'adhérence de l'enduit altéré par les cycles humidité/sécheresse, l'écaillage de l'ensemble du revêtement se produit.

RECOMMANDATIONS

Respect des prescriptions du DTU 59.1 (septembre 1994), NF P 74-201 :

- prescriptions de base des bétons :
 - humidité ≤ 5 % en poids (masse),
 - pH ≤ 13 ,
 - ventilation efficace des locaux pour accélérer le séchage,
 - application d'une impression insaponifiable avant enduisage ;
- enduire de manière la plus pelliculaire possible ;
- appliquer des produits ne développant pas de tensions : dispersions vinyliques ou acryliques siloxanes, peintures à solvant insoparaffinique ou huiles chaulées.



PLAFONDS

Désordres dans les pièces humides

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les désordres en plafond des pièces humides sont fréquents dans les vieux appartements mal isolés et insuffisamment ventilés. C'est souvent le cas lorsque les pièces humides sont placées sur cour avec insuffisance d'éclairage et d'aération. Les constructions des murs sont souvent sommaires et correspondent à des coefficients de déperdition surfacique (K) très élevés.

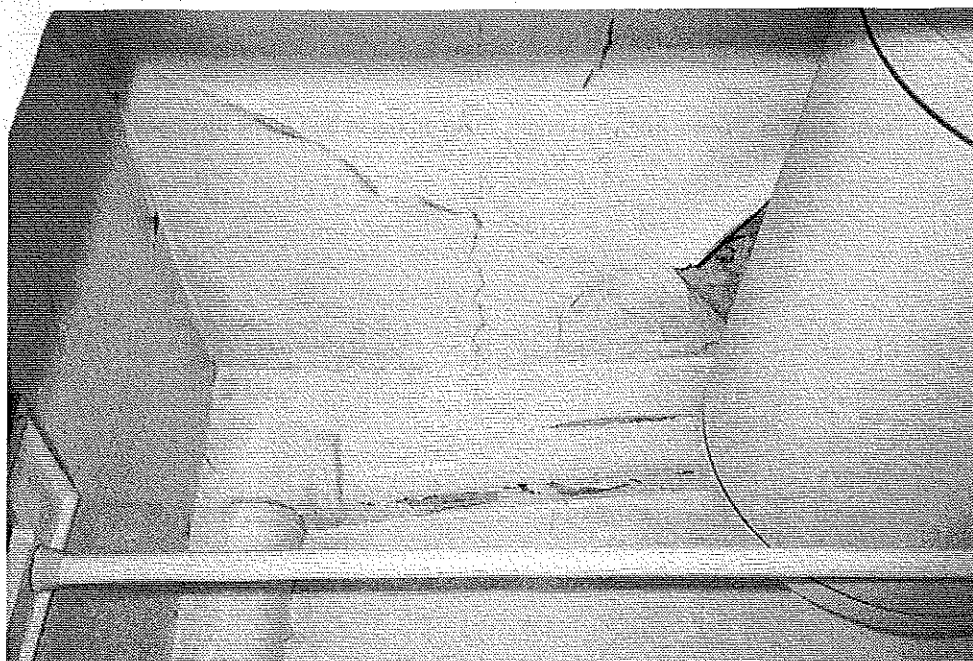
La première cause d'humidité qui affecte les plafonds sous forme de décollement des films peinture, ainsi que les parties supérieures des murs, correspond aux condensations par effet de paroi froide et excès de vapeur d'eau (accumulation sur des volumes d'air faibles insuffisamment renouvelés).

La seconde cause provient des fuites par les revêtements de sols des étages supérieurs (principalement carrelages) qui se produisent au droit des joints et des plinthes. D'autres fuites peuvent se produire au droit des traversées de canalisations qui devraient être effectuées sous fourreaux.

D'autres phénomènes de condensations se produisent sur les zones froides :

- des canalisations d'eau froide ;
- des évacuations d'eaux usées.

La disposition de la photo 1 consistant à encastrer partiellement une canalisation dans l'épaisseur d'un mur est mauvaise et contribue à ce phénomène.



Décollement du film peinture en plafond (condensations + fuites plancher).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

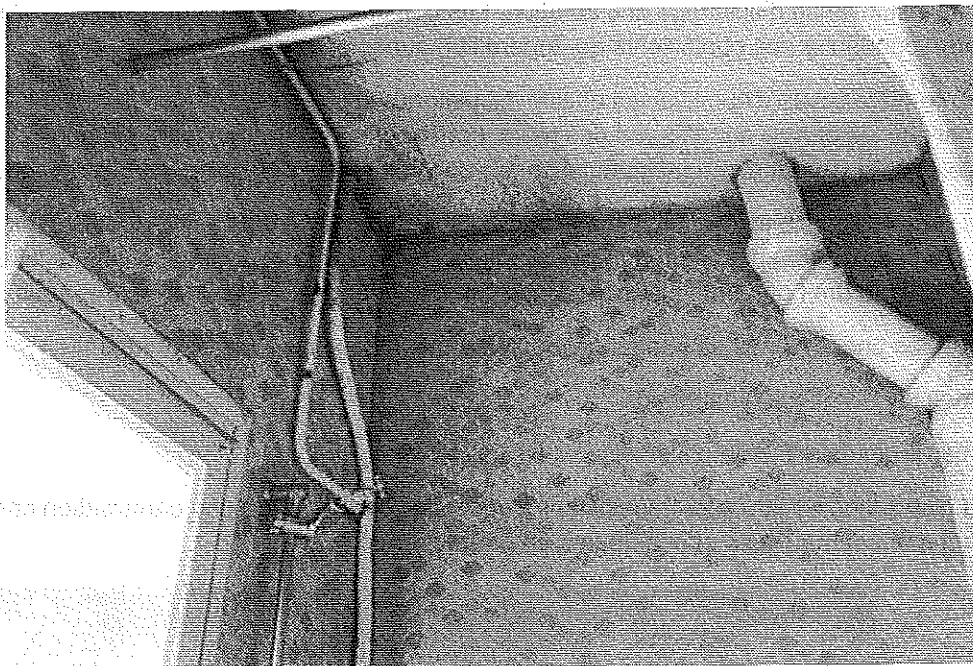
REMÈDES

Quelques remèdes peuvent améliorer les situations précédentes :

- Révision ou réfection des carrelages. Ces travaux peuvent souvent révéler d'autres désordres sur les structures et en particulier les planchers (poutrelles métalliques et augets plâtre).

Le coulage d'une dalle mince peut améliorer le support de pose.

- Création de ventilation efficace pour éliminer l'excès de vapeur d'eau générateur de condensations.



Tache plafond. Point « froid » à l'angle. Fuite probable due à une traversée de canalisation.



PLAFONDS

Peinture sur plâtre (écaillage)

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Opération pavillonnaire ; le plancher est constitué comme suit :

- poutrelles préfabriquées et entrevous en terre cuite ;
- enduit plâtre en sous-face ;
- peinture vinylique.

DÉSORDRES

La peinture s'écaille le lendemain de son application.

RECHERCHE DES CAUSES

1. Des échantillons sont prélevés pour analyse

- N° 1 : 1 de peinture écaillée.
- N° 2 : 1 autre présentant de légères efflorescences perceptibles sur le plâtre avant peinture.
- N° 3 : 1 autre de sels constatés sous hourdis sur le plafond d'une pièce d'un autre pavillon du même lotissement, non encore plâtré.

2. Résultats des analyses

Solubilité dans l'eau

- N° 1 : la peinture est peu soluble (10 % environ).
- N° 2 : le plâtre est très soluble (95 % environ).
- N° 3 : le hourdis est assez soluble (72 % environ).

Les éléments solubles dans l'eau sont :

- le sulfate de sodium (54 %) échantillon n° 1 ;
- le sulfate de calcium (49 %) échantillon n° 2 ;
- le sulfate de sodium (61 %) échantillon n° 3.

Partie insoluble dans l'eau

La partie insoluble dans l'eau du plafond peint est constituée essentiellement de pellicules de peinture.

Pour l'échantillon du plafond non plâtré, il renferme des débris de brique.

Les sels rencontrés dans l'échantillon du plafond peint sont de même nature que ceux sous hourdis avant plâtrage (sulfate alcalins en majeure partie).

L'évolution dans les proportions entre les quantités de sel provient du plâtre soluble dans l'eau (sulfate de calcium).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

3. Hypothèse concernant la cause du désordre (par reconstitution des faits)

- Le plancher (poutrelles + entrevous) est mis en place et exposé aux intempéries. L'eau de pluie traverse le plancher et se charge de sels solubles qui se déposent en sous-face.
- Le bâtiment une fois mis hors d'eau, le plâtrier qui intervient ne prend pas la précaution de broser le plafond pour le débarrasser des sels déposés en sous-face ; ceux-ci se dissolvent dans l'eau et, par le processus de séchage du plâtre, migrent à la surface de ce dernier.
- Le peintre prend possession des supports et ne brosse pas ou insuffisamment le plafond. L'eau contenue dans la peinture en émulsion dissout les sels déposés et détériore la composition de la peinture dont l'adhérence a été diminuée du fait de son application sur un support pulvérulent.
- Une autre hypothèse également vraisemblable correspond à l'application de la peinture sur un plâtre trop humide permettant la migration des sels déjà amorcée.

La *responsabilité principale* est à rechercher d'abord vers le plâtrier qui n'a pas procédé au broyage du plâtre pour éliminer les sels déposés en sous-face, alors que ceux-ci étaient visibles.



PLAFONDS CHAUFFANTS

Enduits

POSITION DU PROBLÈME

Décollement d'un enduit garnissant sur plafond chauffant.

À titre indicatif, les dalles de plancher chauffant sont réalisées à l'aide de coffrages soignés (tables coffrantes) ou par l'intermédiaire de prédalles préfabriquées.

L'état de surface de la sous-face « plafond » ne nécessite généralement qu'une application d'enduit garnissant permettant la mise en peinture.

Les enduits garnissant sont :

- soit des enduits au plâtre améliorés par des colloïdes ;
- soit des enduits glycérophthaliques en pâtes prêtes à l'emploi.

• La cause des décollements (et écailllements) est à rechercher dans les plafonds chauffants. L'enduit garnissant et le béton ne présentent pas, en effet, le même coefficient de dilatation, d'où des contraintes de cisaillement à la surface de contact béton/enduit. Les forces sont d'autant plus importantes que l'enduit est épais. Les enduits doivent avoir une certaine souplesse. Or, les enduits utilisés sont chargés en colloïdes pour les rigidifier et éviter les micro-fissurations.

• D'autre part, il est possible que l'enduit glycérophthalique ne soit pas compatible avec le ciment trop alcalin (réaction de saponification).

• L'humidité peut contribuer aux décollements. La mise en température du plancher peut provoquer une migration brutale de l'humidité accumulée localement. Cette migration entraîne une pression de vapeur sous enduit susceptible de provoquer le décollement de ce dernier.

• D'autres causes peuvent intervenir :

- mauvais dépoussiérage lors du ponçage des sous-faces de dalle ;
- excès d'huile de décoffrage ou mauvaise qualité de celle-ci.

REMÈDE

- Enlever les parties d'enduit détériorées.
- Poncer et brosser à sec.
- Effectuer un badigeonnage avec une barbotine vinylique améliorant l'adhérence de l'enduit.
- Refaire un enduit plus souple à base de résines vinyliques par exemple.

Ces résines doivent résister aux effets de la température rayonnée par la dalle.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

OP - Plafonds chauffants : Enduits



Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits

OP - Plafonds chauffants : Enduits



PLAFONDS EN PLAQUES DE PLÂTRE SUR STRUCTURE BOIS

Nuisances sonores

RAPPEL

Nuisances sonores créées par le mouvement des plaques.

Cette technique de réalisation de plafond est utilisée depuis une quinzaine d'années pour :

- des faux-plafonds sous supports bois,
- des plafonds en habillage de rampants (combles aménagés),
- la constitution de plafonds suspendus.

DÉSORDRES SIGNALÉS

Les fabricants de plaques de plâtre ont été appelés en garantie pour analyser et déterminer l'origine de bruits correspondant à des grincements ou crissements générés par ces ouvrages et plus particulièrement dans les cas de faux-plafonds sous supports bois et des plafonds en habillage de rampants.

Ces bruits se manifestent dans 2 cas différents :

- pour les *planchers en rénovation* (création de faux-plafonds pour masquer les solives) lors de l'application des charges d'exploitation ;
- pour les *plafonds sous rampants* lors de l'application de charges climatiques extrêmes (neige) dans les zones en climat de montagne ou lors de périodes très chaudes par l'effet de la dessiccation et de la contraction des fibres du bois.

CAUSES

Les bruits constatés proviennent des *mouvements* trop importants des pièces de charpente (solives de planchers, chevrons de couverture).

Dans la constitution de plafonds suspendus, on a également mis en évidence des zones anormales de frottement suspentes/contrelattage.

REMÈDES

Il y a lieu de veiller tout particulièrement :

- à la *conception des charpentes bois* (rigidité, dimensionnement, contreventement) ;
- à leur *réalisation*, utiliser des bois correctement séchés ;
- pour les *plafonds*, éviter de fixer directement sur les solives bois.

Utiliser le principe des suspentes afin d'éviter les « points durs » et les défauts d'aspect (résurgence des points de fixation, microfissuration des joints, défauts de planéité).

Veiller à ce que les suspentes, par leur déplacement ou degré de liberté, ne viennent pas frotter sur un élément rigide porteur ;

- pour les *rampants*, interposer le cas échéant des feutres entre la plaque et le support.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE DÉCRET
N° 123456789
RELATIF À LA
PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT



Le ministre de l'Environnement, en vertu de son pouvoir réglementaire, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret ci-dessus intitulé.

Le présent projet de décret a pour objet de modifier le décret n° 123456789 du 12 mars 1998 relatif à la protection de l'environnement, en ce qui concerne les dispositions relatives à la protection de la faune et de la flore.

Le projet de décret ci-dessus intitulé a été soumis à l'examen de la Commission de l'Environnement, qui a émis des observations auxquelles le ministre de l'Environnement a tenu compte.

Le projet de décret ci-dessus intitulé est soumis à votre approbation.

En conséquence, j'ai l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret ci-dessus intitulé, en vue de votre approbation.

Le ministre de l'Environnement, en vertu de son pouvoir réglementaire, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret ci-dessus intitulé.

Le présent projet de décret a pour objet de modifier le décret n° 123456789 du 12 mars 1998 relatif à la protection de l'environnement, en ce qui concerne les dispositions relatives à la protection de la faune et de la flore.

Le projet de décret ci-dessus intitulé a été soumis à l'examen de la Commission de l'Environnement, qui a émis des observations auxquelles le ministre de l'Environnement a tenu compte.

Le projet de décret ci-dessus intitulé est soumis à votre approbation.

En conséquence, j'ai l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret ci-dessus intitulé, en vue de votre approbation.

Le ministre de l'Environnement, en vertu de son pouvoir réglementaire, a l'honneur de vous adresser ci-joint le projet de décret ci-dessus intitulé.

Le présent projet de décret a pour objet de modifier le décret n° 123456789 du 12 mars 1998 relatif à la protection de l'environnement, en ce qui concerne les dispositions relatives à la protection de la faune et de la flore.



PLAFONDS EN TERRE CUITE

Mise en compression

RAPPEL

Dans les années 1950-1960, de nombreux désordres ont eu lieu sur ce type d'ouvrage, notamment dans les bâtiments scolaires d'où leur interdiction par l'Éducation nationale vers 1958 et une enquête sur les ouvrages existants en 1963-1964.

La cause des désordres de cette période était la *mise en compression* du plafond avec flambement et effondrement des éléments.

Cette mise en compression résultait :

- du retrait de l'ossature bois ;
- de la dilatation de la terre cuite à l'humidité ;
- des mouvements thermiques différentiels.

Le DTU 25.231 (août 1959) pour ce type d'ouvrage et la révision de la norme NF P 13-301 (briques creuses de terre cuite) en mars 1972 ont réduit dans une très forte proportion ce type de sinistres.

DÉSORDRES ACTUELS

1. Manifestation

- Fissures « en gradins » suivant le contour des éléments montés à joints croisés.
- Fissures en bordure et descendant dans les cloisons.

2. Ouvrages concernés

Plafonds suspendus sous fermettes industrialisées et cloisons en retour.

3. Causes principales (désordres répétitifs)

- Insuffisance de dimensionnement des pièces de charpente (sections de bois).
- Insuffisance de contreventement.
- Insuffisance des dispositifs antiplombage entre fermettes.
- Insuffisance des entretoises entre fermettes.
- Insuffisance de solidarisation des entrails de fermettes.
- Poinçonnement des plafonds par les cloisons :
 - les plafonds suspendus sont réalisés en premier (cas des maisons individuelles sans combles habitables) afin de permettre la mise en place de la couche isolante du comble ;
 - les cloisons de distribution sont exécutées ensuite et butent sous les plafonds.

La déformation des bois de charpente (séchage des bois, fluage, jeux d'assemblages) entraîne un abaissement d'ensemble du plafond :

- flexions locales ;
- poinçonnement par les cloisons ;
- fissures, rupture et effondrements partiels.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMÈDES

- Utiliser des fermettes industrialisées conformes aux dispositions du DTU 31.3 correctement dimensionnées et mises en œuvre, notamment en ce qui concerne le contreventement, les dispositifs antiflambage, les entretoises et la solidarisation des entrails de fermettes (doubler les entretoises).
- Utiliser des éléments de terre cuite conformes à la norme, mis en œuvre conformément au DTU 25.231.
- En ce qui concerne les *cloisons* :
 - éviter les « points durs » (prévoir des joints) ;
 - différer le montage des cloisons pour permettre la déformation des charpentes ;
 - assurer néanmoins la stabilité verticale des cloisons par des éléments perpendiculaires, la partie supérieure étant considérée comme libre.



Question/Réponse

PLANCHER DALLE EN BÉTON ARMÉ

Incorporation de fourreaux plastiques pour canalisations

QUESTION

Peut-on incorporer dans les dalles béton coulées sur coffrage des fourreaux plastiques pour canalisations électriques ?

RÉPONSE

Depuis de nombreuses années, les planchers en dalle pleine épaisse (0,16 m et plus), coulée sur place sur des coffrages, comportent dans leur épaisseur des gaines permettant :

- la distribution de l'énergie électrique ;
- la distribution de l'eau froide et de l'eau chaude ;
- la distribution de gaz.

D'autre part, pour les planchers chauffants, on peut incorporer :

- soit des canalisations permettant la circulation d'un liquide caloporteur ;
- soit des câbles électriques chauffants.

Toutes ces installations doivent répondre à des règles de pose et se situer dans la zone neutre de la dalle, c'est-à-dire la zone moyenne soumise à des contraintes faibles.

- La partie supérieure de la dalle étant soumise à des sollicitations de compression (zone en travée) ou de traction (zones d'appuis) doit pouvoir laisser libres les épaisseurs nécessaires pour le béton (comprimé) ou les aciers (zone tendue) (fig. 1) - Zone 1.

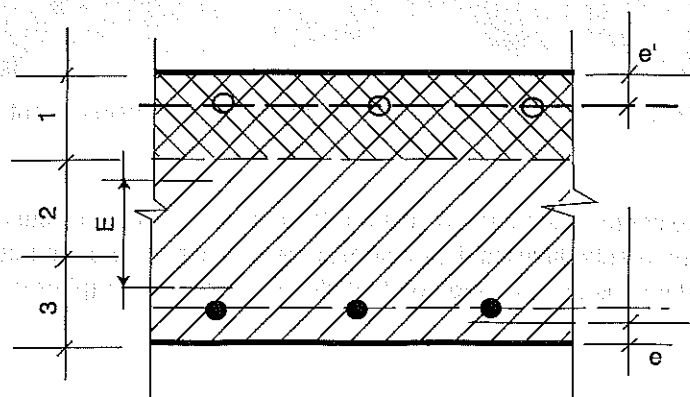


Fig. 1 : Coupe type dalle pleine.

Il y a lieu pour ceux-ci de respecter la cote e' d'enrobage minimum des armatures supérieures (cha-peaux)

- La partie inférieure de la dalle correspond à la zone tendue. C'est celle qui regroupe les aciers tendus ; ceux-ci doivent être placés le plus bas possible pour respecter les hypothèses de calcul d'une part et être suffisamment enrobés (côté e) d'autre part - Zone 3.

Il reste donc une zone (2) où les contraintes sont faibles et dans laquelle les canalisations peuvent être disposées. Toutefois, il y a lieu d'éviter l'accumulation des fourreaux, notamment les gaines plastiques destinées aux câbles électriques. Les photos suivantes illustrent des cas de figure constatés sur un petit chantier comportant une dalle épaisse (0,18 m) nécessitée par des grandes portées qui n'ont pas initialement respecté les ouvrages de structure en béton armé et plus particulièrement :

- la position optimale des armatures principales ;
- les sections disponibles pour le béton comprimé.

Les dispositions initiales ont été fort heureusement rectifiées grâce à la bonne volonté des intervenants. C'est en fait l'entreprise d'électricité qui, arrivée la première, avait commencé à installer les boîtes de raccordement directement sur les coffrages (photo 1).

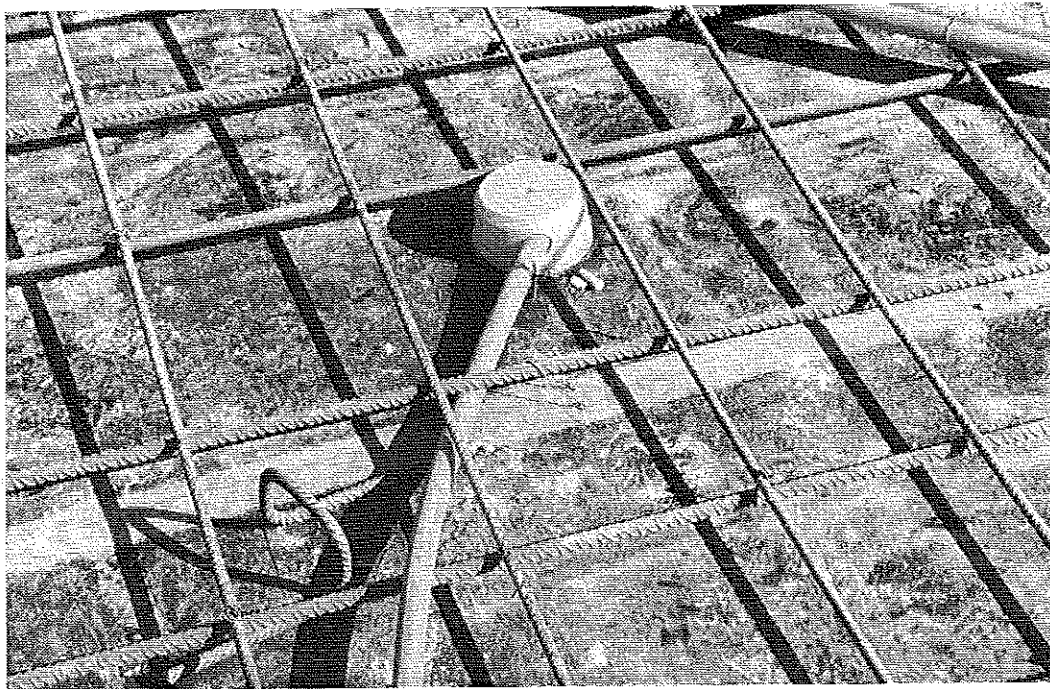


Photo 1 : Boîte de raccordement installée sur coffrage. Les armatures sont déplacées vers le haut.
© J. Putatti

Un manque de coordination flagrant, malgré la présence d'un architecte a régné sur ce chantier qui a connu des moments difficiles. Les dispositions de ferrailage et de mise en place des fourreaux s'effectuent alors que le bétonnage de la dalle était programmé (photos 2 et 3) !

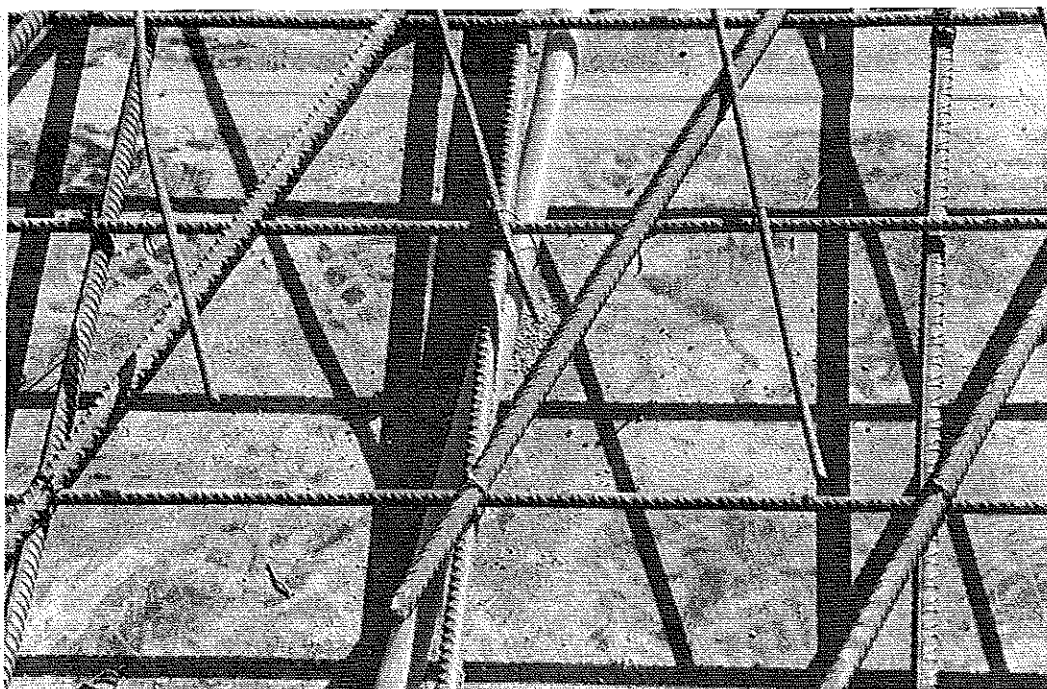


Photo 2 : Tube orange (gaine électrique) gênant les armatures inférieures. Celles-ci ne sont pas à leur position optimale. © J. Putatti

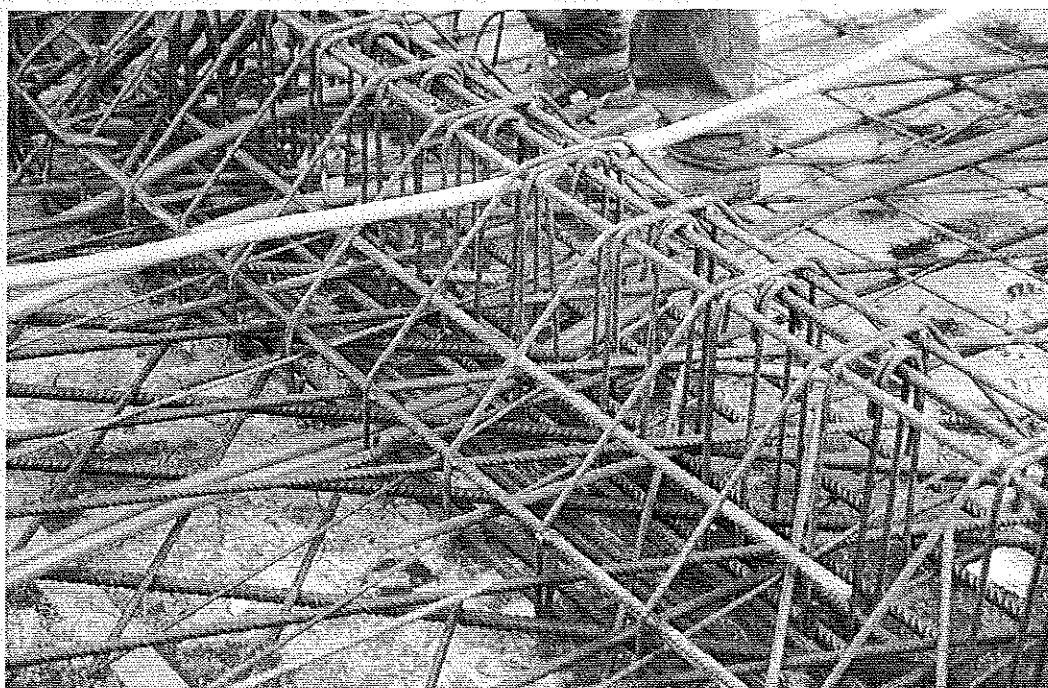


Photo 3 : La présence d'une poutre en allège et des armatures principales biaisées n'a pas facilité le travail des uns et des autres. © J. Putatti

Les photos 4 et 5 montrent que certaines accumulations de fourreaux et leur manque d'arrangement en plan risquent de nuire à la qualité de l'ouvrage de structure en béton armé. Comment peut-on envisager l'enrobage correct et le durcissement des bétons dans des zones particulièrement encombrées de fourreaux ?

L'accumulation de fourreaux plastique dans certaines zones est remarquable.

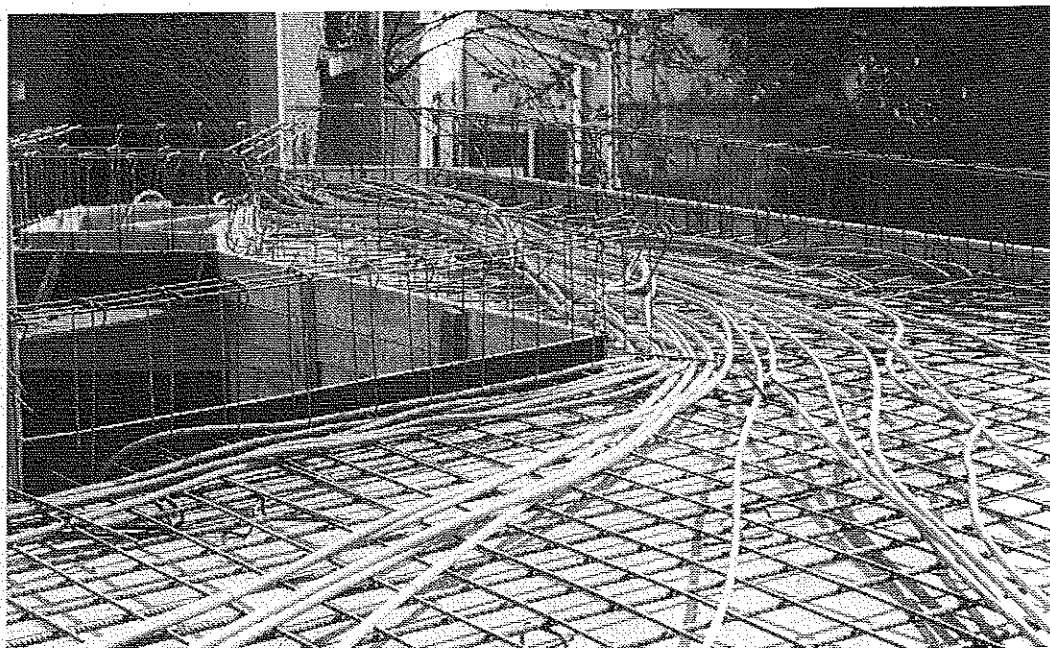


Photo 4 : Zone particulièrement dense de fourreaux électriques. © J. Putatti

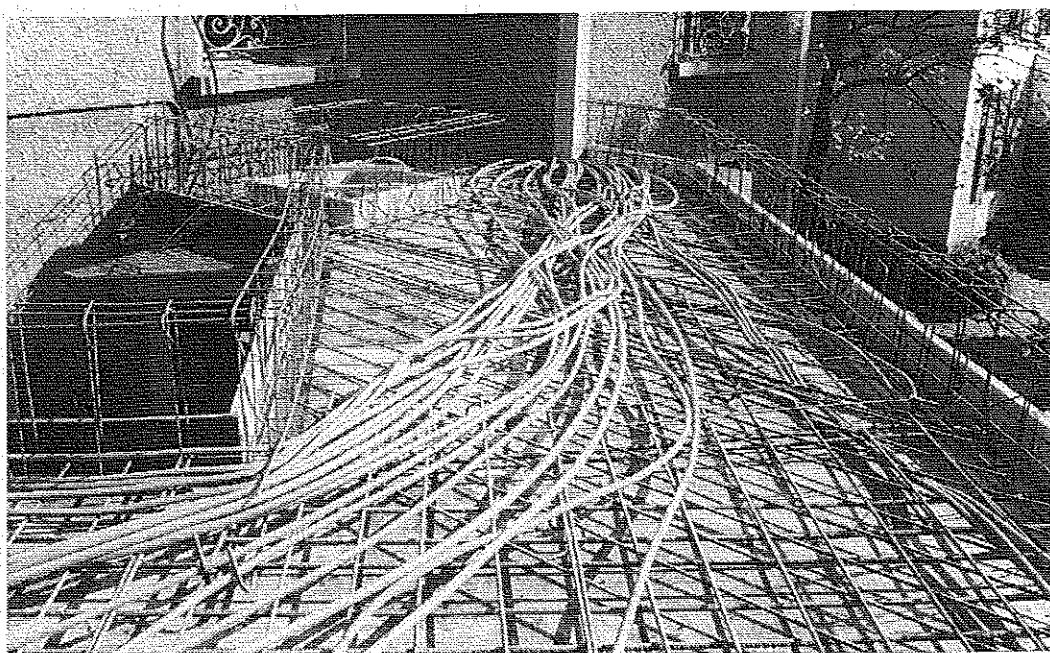


Photo 5 : Autre détail de la zone concernée. © J. Putatti

Certains s'étonnent parfois de l'apparition de fissures malgré l'intervention de bureaux spécialisés (études, contrôles).

Les plans sont établis en fonction d'hypothèses de calcul dans le respect de la réglementation en vigueur (BAEL). Les tolérances sur la qualité des bétons ne se révèlent qu'après réalisation, à condition de faire des prélèvements et des essais. Les aciers, même correctement façonnés et disposés, ne respectent pas toujours les enrobages (absence de calages d'où insuffisance d'enrobage, ou au contraire excès d'enrobage et contraintes réelles plus fortes que celles résultant des hypothèses de calcul, etc.).

Les professionnels sont souvent ignorants des principes élémentaires du fonctionnement des ouvrages en béton armé.

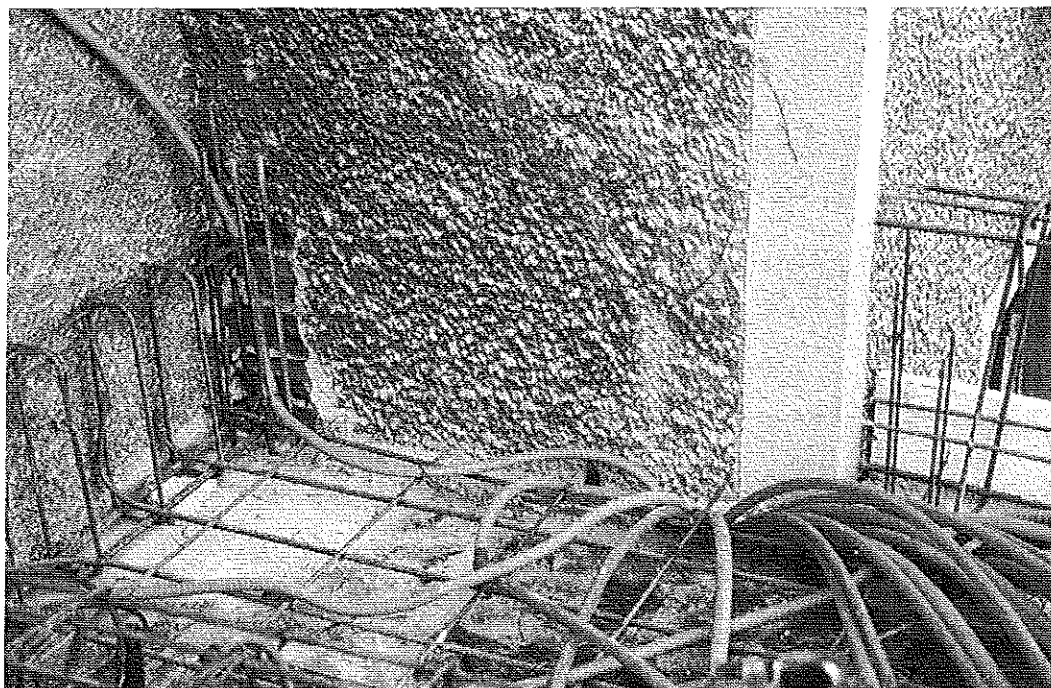


Photo 6 : Il faut souhaiter que l'électricien pourra, malgré l'écrasement probable de certains tubes ou gaines, tirer les fils... © J. Putatti



Le présent document est la propriété de la Direction de l'énergie et des ressources.
Il est communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.



PLANCHER DALLE EN BÉTON ARMÉ

Corrosion des armatures

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Au cours de travaux de ravalement et de rénovation d'un bâtiment comportant au niveau du rez-de-chaussée une galerie couverte, la sous-face de la dalle haute débarrassée de sa végétation fait apparaître les armatures porteuses du plancher du 1^{er} étage (lit inférieur) (photo 1).



Photo 1 : Sous-face de dalle porteuse. © J. Putatti

Le béton d'enrobage de faible épaisseur est éclaté. Les aciers présentent un début de corrosion.

CAUSES DES DÉSORDRES

- L'insuffisance d'enrobage des armatures inférieures constitue une première cause entretenue par la présence d'une végétation fixée en sous-face par effet de « ventouses ».
 - La présence d'une « goutte d'eau » dont le profil est inadéquat (fig. 1) a probablement facilité le cheminement de l'eau de ruissellement de la façade sur la sous-face de la dalle. La forme du profil (semi-circulaire) n'a pu empêcher le cheminement capillaire provenant du ruissellement de l'eau de pluie sur la façade.
- La présence de fissures longitudinales dans le creux du profil « goutte d'eau » a favorisé la corrosion des armatures insuffisamment enrobées et l'expansion de la rouille a provoqué l'éclatement du béton d'enrobage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

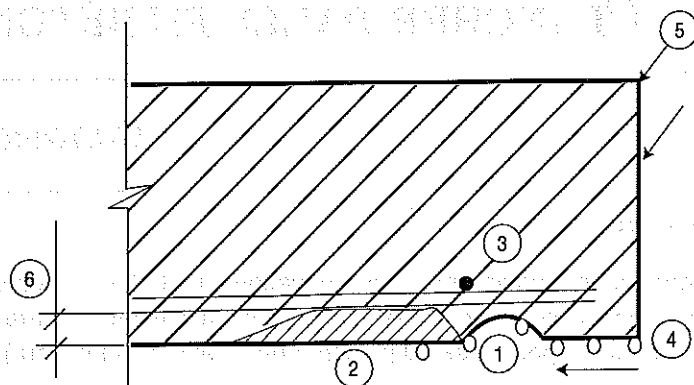
QR

ST

UV

WX

YZ

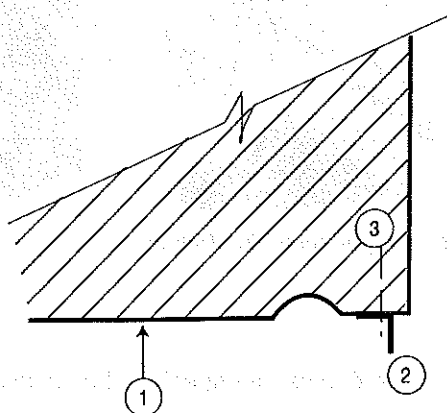


- | | |
|------------------------------------|---|
| ① « Goutte d'eau » | ④ Cheminement de l'eau de ruissellement |
| ② Zone éclatée du béton d'enrobage | ⑤ Eau de façade |
| ③ Fissure en fond de goutte d'eau | ⑥ Insuffisance d'enrobage |

Fig. 1 : Détail de la bordure de dalle.

REMÈDE PROPOSÉ

Ce remède est applicable dans tous les cas de défaillance du profil « goutte d'eau » (fig. 2).



- ① Réparation par passivation des armatures puis enduction avec mortier spécial
- ② Mise en place d'un profil alu (simple équerre ou profil plus élaboré, cf. DANIALU®)
- ③ Fixation mécanique par chevilles ou par collage époxy

Fig. 2 : Détail de la bordure après mise en place d'un profil « goutte d'eau ».

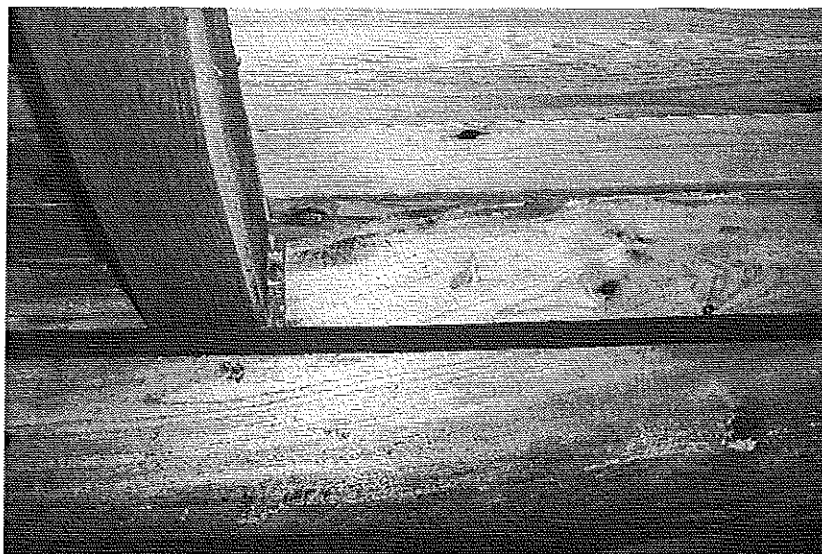


PLANCHER EN BOIS

Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher

Des assemblages mis en œuvre correctement présentent après deux années de service des espaces entre les pièces de 10 mm. Le bois employé est du chêne.

Liaison solive-poutre maîtresse



© Yves Benoît

Liaison solive-chevêtre



© Yves Benoît

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. Le plancher en bois est un élément de construction qui doit être conçu et exécuté de manière à assurer la sécurité, la durabilité et la qualité de l'ouvrage.

2. Le plancher en bois est un élément de construction qui doit être conçu et exécuté de manière à assurer la sécurité, la durabilité et la qualité de l'ouvrage.

3. Le plancher en bois est un élément de construction qui doit être conçu et exécuté de manière à assurer la sécurité, la durabilité et la qualité de l'ouvrage.

4. Le plancher en bois est un élément de construction qui doit être conçu et exécuté de manière à assurer la sécurité, la durabilité et la qualité de l'ouvrage.

5. Le plancher en bois est un élément de construction qui doit être conçu et exécuté de manière à assurer la sécurité, la durabilité et la qualité de l'ouvrage.

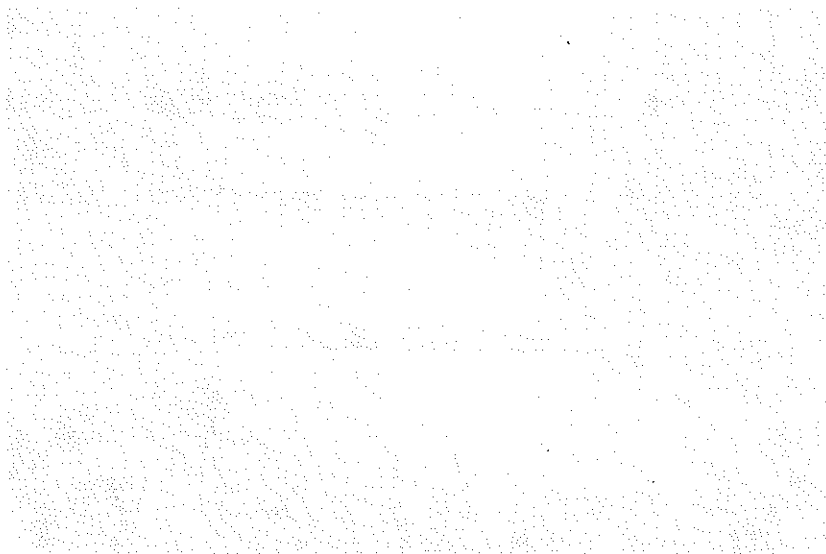


Figure 1

Figure 2





Diagnostic

PLANCHER EN BOIS

Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher

- Le bois est mis en œuvre avec une humidité trop importante. Il est fréquent d'employer des essences feuillues en charpente dont l'humidité est de 25 % à 30 %
- L'humidité du bois est plus importante que son humidité d'équilibre lorsqu'il sera mis en œuvre, 8 à 13 % pour les bois situés dans un local chauffé.
- Une diminution de l'humidité du bois provoque un retrait du bois. Cette propriété n'est pas négligeable. Elle doit être prise en compte dans toute conception d'ouvrages en bois.
- Il est difficile de trouver sur le marché des poutres de section importante avec un faible taux d'humidité.
- Le bois sélectionné est nerveux. Le coefficient de rétractibilité est important.
- Le retrait du bois est très hétérogène. S'il est négligeable dans le sens axial de la bille, dans le sens tangentiel il peut être, par contre, de 10 %.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK



REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK



PLANCHER EN BOIS

Assemblages disjoints entre des éléments d'un plancher

TEXTES RÉGLEMENTAIRES

- DTU 31.1 : Charpente et escalier en bois.
- DTU 51.3 : Plancher en bois ou en panneau dérivé du bois.

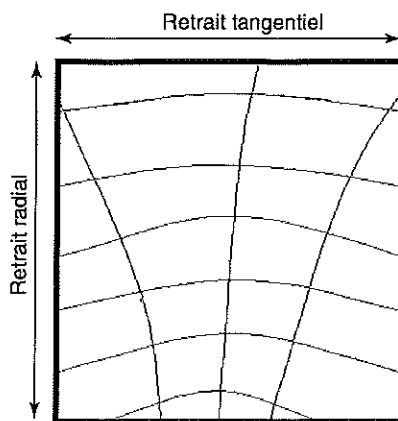
ORIGINE DU RETRAIT

L'origine du retrait et des déformations est décrite dans la fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles.

ESTIMATION DU RETRAIT D'UNE SOLIVE ENCASTRÉE DANS UNE POUTRE MAÎTRESSE

Une solive en chêne de section 15 × 15 cm posée sans avoir été séchée (H = 30 %) aura les retraits suivants (humidité d'équilibre de 10 %) :

- Retrait tangentiel :
 - = coefficient × (humidité initiale - humidité finale) × dimension ;
 - = $0,0033 \times (30 - 10) \times 150$;
 - = 10 mm ;
- Retrait radial :
 - = coefficient × (humidité initiale - humidité finale) × dimension ;
 - = $0,0017 \times (30 - 10) \times 150$;
 - = 5 mm.



Ce calcul permet de justifier l'espace qu'il existe entre la solive et la poutre maîtresse. Le mode de calcul aurait été identique pour un assemblage *solive-mur* ou *solive-chevêtre*, d'une part et pour une essence différente, d'autre part (seul le coefficient de rétractabilité aurait changé) .

Solution préventive

Le retrait provenant du séchage du bois, il est nécessaire d'employer du bois dont l'humidité sera proche de son équilibre hygroscopique lorsqu'il sera mis en service. Le séchage de pièces de chêne ayant une section importante nécessite l'immobilisation d'un séchoir artificiel pendant plusieurs mois. Le coût d'une telle opération étant important, il est difficile de trouver ce type de pièce sur le marché. Cependant certaines scieries possèdent un stock de bois important, et peuvent proposer des sciages ayant plusieurs années de séchage naturel, c'est-à-dire à l'air libre. Pour limiter le retrait lié au séchage du bois, il est préférable d'employer :

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

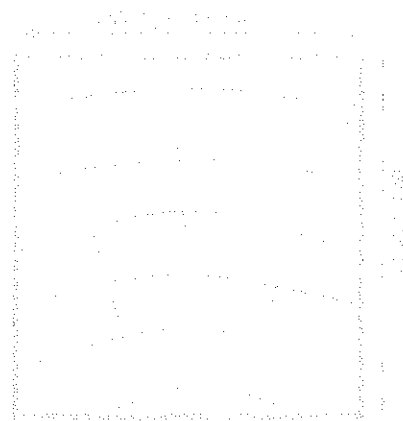
YZ

— du bois sec (10 à 18 %) ;

— du bois lamellé collé : l'épaisseur de chaque lamelle étant de l'ordre de 40 mm, leur séchage ne pose aucun problème économique.

Solution curative

Il faut combler les espaces provoqués par le retrait du bois, par des pièces de bois de même essence tout en respectant le fil du bois, et vérifier que la résistance de l'assemblage n'est pas affectée.





Question/Réponse

PLANCHER CHAUFFANT SUR TERRE-PLEIN

Fissuration d'un dallage

QUESTION

À quoi sont dues les fissures d'un dallage neuf lors de la mise en service du chauffage ?

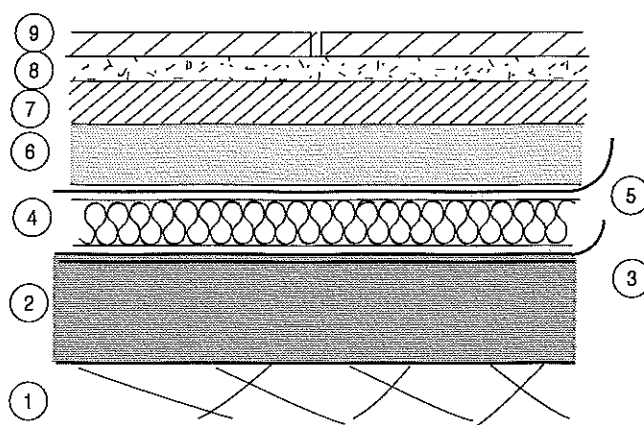
RÉPONSE

Description des ouvrages

Villa comprenant un système de chauffage par le sol par accumulation établi sur un dallage sur terre-plein (cf. figure).

Travaux de gros œuvre terminés courant de l'été. Pose des revêtements de sol fin novembre.

Mise en service du chauffage début et fin décembre.



Coupe courante

- | | |
|---|---|
| ① Terre-plein | ⑥ Béton, épaisseur 0,06 m |
| ② Dallage en béton non armé, épaisseur 0,10 m | ⑦ Câbles chauffants noyés dans une chape 0,04 m |
| ③ Film polyéthylène | ⑧ Mortier de pose |
| ④ Isolant polystyrène 0,05 m | ⑨ Revêtement de sol (dallage marbre) |
| ⑤ Film polyéthylène | |

Désordres

Les désordres sont apparus peu après sous forme de fissures dans le dallage avec peu d'évolution par la suite.

Causes

C'est la dilatation du dallage lors de la mise en service du chauffage qui est la cause de cette fissuration, la cause principale étant l'absence de joints de dilatation, aggravée par la grande différence de température entre le moment de la pose et la mise en service du chauffage, et par les joints minces et durs entre dalles (joints quasiment nuls).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Remèdes préventifs 1)

- Prévoir à la réalisation :
 - des joints périphériques (5 à 10 mm) ;
 - des joints de fractionnement (surfaces délimitées $\leq 20 \text{ m}^2$) intéressant les couches sous-jacentes jusqu'à l'isolant ;
- à l'exploitation, mise en chauffage progressive avant la pose du dallage.
- éviter les poses à joints serrés.

1) Il n'y a pas de remède curatif.



PLANCHERS À BACS MÉTALLIQUES COLLABORANTS

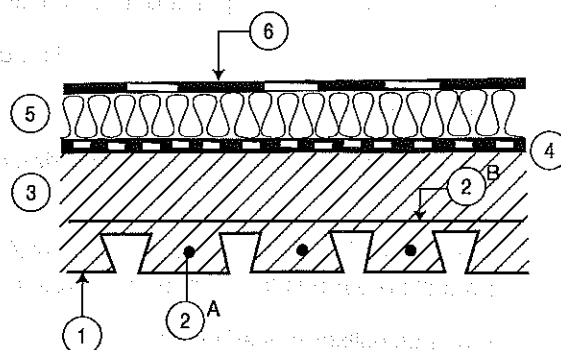
Corrosion (utilisation en toiture-terrasse plate)

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Un élément porteur de toiture-terrasse plate inaccessible, à pente nulle, a été établi sur un élément porteur constitué de coffrage métallique « perdu » collaborant constitué de tôles nervurées en acier galvanisé deux faces (procédé Zenzimir) dont l'épaisseur est de 0,75 mm.

La composition de cette toiture est la suivante (voir figure)

- ① Bac nervuré acier collaborant formant coffrage perdu
- ②A Aciers porteurs complémentaires
- ②B Aciers de répartition
- ③ Béton coulé en œuvre
- ④ Pare-vapeur (+)
- ⑤ Isolant thermique
- ⑥ Revêtement d'étanchéité



Les désordres sont apparus entre un et deux ans après la réalisation sous forme de pustules de rouille, puis de suintements correspondant à un percement de certaines pustules.

CAUSES

La corrosion de la face cachée des tôles nervurées résulte d'une humidité permanente au contact des tôles. Cette humidité provient de la période de construction. Les tôles ont dû être humidifiées lors de pluie en cours de chantier et l'eau s'est accumulée dans les creux entre nervures.

Le séchage n'a pu se produire en totalité avant pose du complexe étanche. Cette disposition consistant à utiliser des tôles nervurées est admise par le DTU 20.12 (édition septembre 1993 - NF P 10-203) au même titre que les dalles pleines coulées en œuvre ou que des dalles réalisées à partir de prédalles ainsi que les planchers préfabriqués (BA ou BP) par poutrelles et entrevous.

Ce type de plancher est néanmoins soumis à la procédure des Atec (Avis techniques), GS.3 (Groupe spécialisé n° 3).

Au point de vue durabilité et entretien, les Avis techniques mentionnent que la durabilité du plancher brut est équivalente à celle des planchers traditionnels utilisés dans des conditions comparables sauf sur locaux humides ou à atmosphère agressive.

Cette restriction d'emploi ne vise que la corrosion possible en sous-face apparente (ou non en cas de faux-plafond rapporté). Les Atec ne donnent pas d'indications concernant le béton coulé sur coffrage acier. Il est évident qu'il faut, selon les saisons et les conditions d'humidité ambiante, un certain délai pour assécher toute la masse du béton. L'humidité en excès doit pouvoir s'évacuer vers le haut, la tôle étant pratiquement complètement étanche (sauf au droit des recouvrements de plaques nervurées). Le complexe étanche ne doit donc pas être posé tant que le béton n'est pas entièrement sec, ce qui paraît souvent difficile en saison hivernale ou pluvieuse. Le pare-vapeur prescrit dans les cas courants d'éléments porteurs en béton est ici un obstacle à l'évaporation de l'humidité restant en masse.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le cloquage de l'étanchéité peut néanmoins se produire si on supprime cette barrière car la migration d'eau sous forme vapeur se produira à partir du béton et à travers l'isolant, surtout en période chaude. L'importance de la corrosion de l'élément porteur dépend de la quantité d'eau emprisonnée dans le béton.

MESURES PRÉVENTIVES

Il faut éviter :

- de laisser stagner l'eau dans les creux d'ondes, en la chassant à l'air comprimé avant cloquage du béton ou en prévoyant de petits trous dans la zone médiane de la portée des plaques nervurées ;
- d'utiliser un béton trop fluide, trop mouillé permettant de bien remplir les creux d'onde ;
- de couler par temps de pluie même fine car le béton se délave et ne peut évacuer l'eau en excès.

Il faut par contre :

- utiliser ces plaques nervurées pour des planchers intermédiaires lorsque cela est possible (faux-plafond prévu) ;
- utiliser des tôles galvanisées bien protégées (350 à 400 g/m² double face) et ne pas détruire la protection par des fausses manœuvres sur chantier ;
- ne pas utiliser des adjuvants agressifs tels que le chlorure de calcium pour la protection du béton contre le gel.

RÉPARATIONS

Il est très difficile de remédier à la corrosion affectant des coffrages métalliques « collaborateurs ». Le phénomène de corrosion ne peut cesser que si l'humidité résiduelle au contact avec la face cachée des tôles est éliminée. Si les tôles nervurées ne servent que de coffrage perdu, c'est-à-dire si elles n'assurent pas la résistance du plancher, la meilleure solution consiste à enlever les tôles affectées par la corrosion et à laisser le béton par sa face inférieure. Mais l'opération peut s'avérer difficile si l'adhérence béton-acier est importante.

Ce type de plancher comporte souvent pour satisfaire la réglementation « feu », des armatures complémentaires comme dans le cas des coffrages perdus. On pourra procéder de la même façon en vérifiant si l'armature prévue est suffisante pour assurer la résistance du plancher sans le secours de la tôle.



Question/Réponse

PLANCHERS EN DALLE PLEINE BÉTON

Fissuration

QUESTION

Pourquoi un plancher de bâtiment (dalle pleine) se fissure-t-il à 45° dans les angles de la dalle ?

RÉPONSE

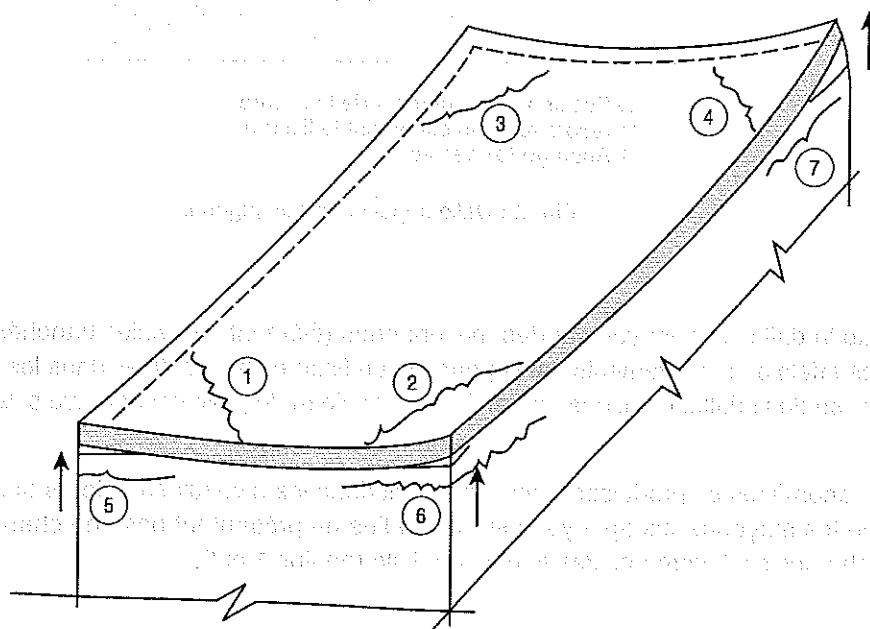
Description du désordre

Fissuration à 45° dans les angles de dalles en béton armé constituant les planchers de bâtiments. Ces fissurations concernent principalement les étages supérieurs des bâtiments. Elles peuvent être :

- non infiltrantes et ne concerner que l'aspect esthétique du plafond (par exemple avant-dernier étage du bâtiment concerné) ;
- ou infiltrantes, si elles concernent le dernier plancher formant terrasse de la construction ou si le plancher comporte un retrait d'étage.

Causes de ce type de fissuration

Ce phénomène de soulèvement des angles d'une dalle pleine appuyée sur un contour est connu depuis longtemps et a été mis en évidence par un des théoriciens du béton armé (M. Mesnager) (fig. 1).



①②③④ Fissures en sous-face de dalle

⑤⑥⑦ Fissures dans la maçonnerie verticale (cf. Fiches « Maçonneries verticales »)

Fig. 1 : Effet de soulèvement d'une dalle pleine appuyée sur quatre côtés (effet « mouchoir » ou « pagode »).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

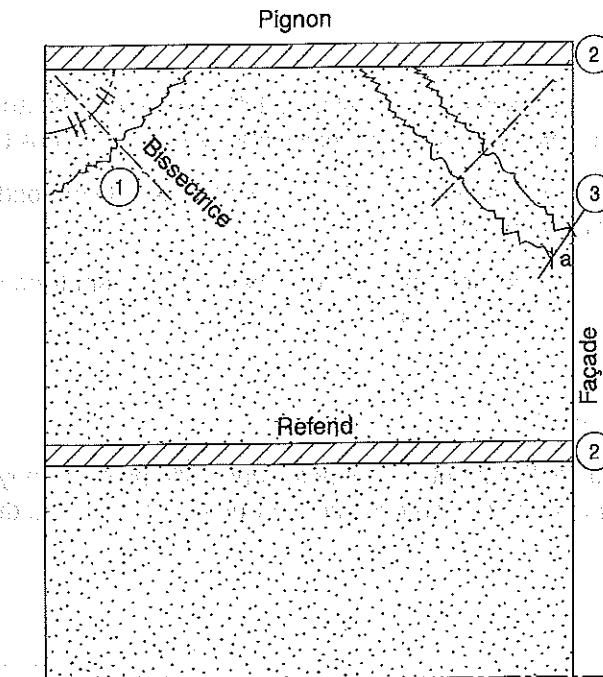
WX

YZ

L'effort de soulèvement est calculable, les valeurs données selon les auteurs étant variables. Certains praticiens ont préconisé la mise en place d'armatures en sous-face de dalle perpendiculaires à la fissure à 45° partant de l'angle de la dalle (selon la bissectrice).

Les fissures d'angle à 45° se produisent toujours en sous-face des dalles par suite de contraintes de traction résultant des soulèvements de dalle. La connaissance de la position exacte de ces fissures peut rendre inefficace la mise en place d'armatures perpendiculaires à celles-ci par suite d'une insuffisance de l'ancrage des aciers renforts.

Un cas type représenté par la figure 2 correspond à l'appui d'une dalle pleine sur un pignon (cas d'une structure à refends transversaux porteurs).



- ① Position « présumée » de la fissure
- ② Aciers renforts contenant la fissure
- ③ Ancrage (a) des aciers

Fig. 2 : Dalle appuyée sur un pignon.

Lorsque la dalle est appuyée sur des maçonneries (éléments ou voiles banchés), celles-ci subissent les effets de soulèvements par l'apparition de fissures horizontales dans les angles au-dessus de l'assise de la dalle. Le risque de pénétration de l'eau de pluie est aggravé si la façade est exposée.

Ces phénomènes se produisent principalement dans les niveaux supérieurs des constructions du fait que les maçonneries appuyées sur les dalles ne présentent pas une charge suffisante pour empêcher les soulèvements des angles de dalle (photos 1 et 2).

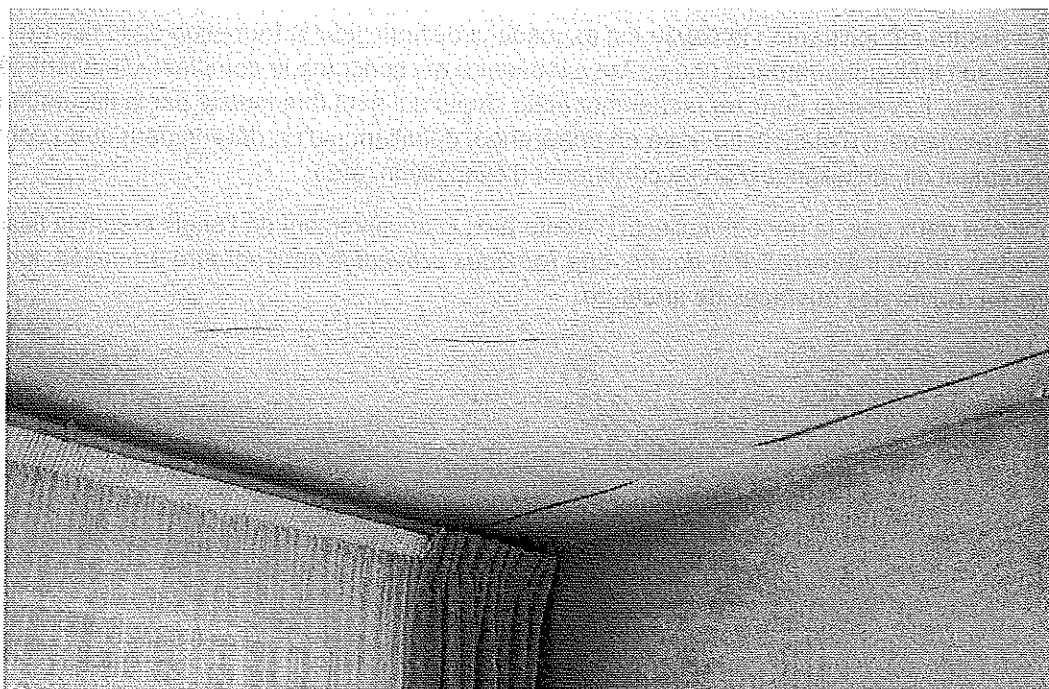


Photo 1 : Fissure d'angle droit à 45° dans une dalle BA de l'avant-dernier étage d'un immeuble élevé (R + 15) ; fissure à caractère esthétique. © J. Putatti



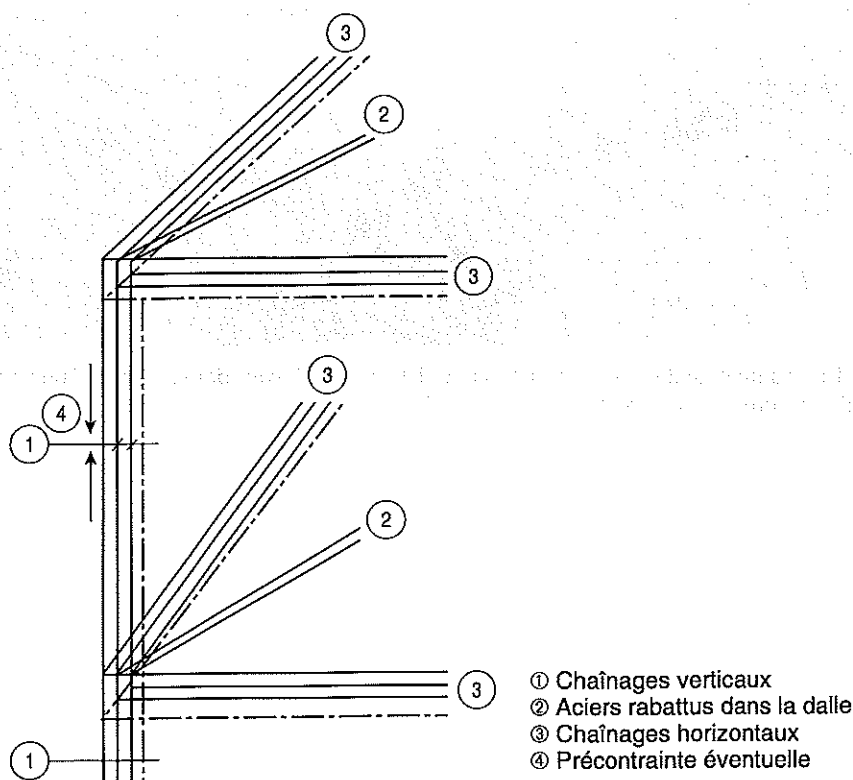
Photo 2 : Fissure d'angle à 45° dans une dalle BA sous toiture-terrasse. Fissure infiltrante, décollement et cloquage du film peinture plafond. © J. Putatti

Remèdes

1/ Le désordre se produit dans un étage non situé directement sous une terrasse. La fissure se répercute sur le revêtement du plafond. Il y a lieu de traiter cette fissure par les moyens courants, avec le risque de réapparition ultérieure, sauf à mettre en place un faux plafond ou un plafond tendu pour masquer le désordre (photo 1).

2/ La fissure est infiltrante : la cause est exposée ci-dessus pour la formation de la fissure. Le fait qu'elle soit infiltrante entraîne une cause secondaire qui concerne le complexe d'étanchéité situé sur la dalle. Il convient donc de rechercher cette cause qui peut être induite par la fissuration de la dalle (revêtement d'étanchéité posé en adhérence, défaillance d'un pare-vapeur et du complexe proprement dit, défaillance d'un raccordement d'évacuation, etc.).

Dans ces deux cas, le remède collectif n'existe pas, le soulèvement de l'angle créant la fissure en sous-face étant inévitable. Par contre, des *remèdes préventifs* peuvent être proposés, lors de la mise en œuvre des ouvrages de structure.



Blocage des angles de dalle par des aciers rabattus

Le principe consiste à empêcher l'angle de se soulever en disposant dans les éléments porteurs verticaux des aciers rabattus dans la dalle à partir de l'angle considéré. Une autre solution plus délicate à mettre en œuvre consisterait à exercer une précontrainte partielle dans l'angle et à répartir celle-ci dans les parties adjacentes (disposition à prévoir à la construction).

Toutefois, la réfection de l'étanchéité à partir du pare-vapeur (éventuel) avec pontage de la fissure permettra d'éviter le renouvellement des pénétrations d'eau.



Question/Réponse

PLANCHERS INTERMÉDIAIRES

Étanchéité

QUESTION

Quand doit-on prévoir une étanchéité sur plancher intermédiaire ?

RÉPONSE

Les planchers intermédiaires sont généralement étanches lorsqu'ils intéressent des locaux humides tels que :

- grandes cuisines collectives ;
- plages de piscines ;
- bains-douches.

Les dispositions concernant les étanchéités à prévoir et les détails (raccordements, etc.) sont donnés dans l'annexe A du DTU 52.1 « Revêtements de sols scellés ».

Les difficultés de réalisation de ces ouvrages se situent :

- dans les limites d'ouvrages ;
- au niveau des ouvrages de collecte et d'évacuation.

En particulier, le raccordement d'un revêtement d'étanchéité traditionnelle à base de produits hydrocarbonés ou d'une étanchéité à base de résine (SEL ¹⁾), à un dispositif d'entrée d'eau, ne peut se faire que sur une platine prise dans l'épaisseur du complexe d'étanchéité.

Un siphon de sol normal n'est pas conçu pour réaliser correctement ce raccordement.

Il ne peut évacuer que l'eau de surface sans assurer une étanchéité fiable au niveau du raccordement avec le revêtement d'étanchéité.

D'autre part, le siphon de sol est souvent recouvert par le mortier de sol lorsque le revêtement de sol du local est un carrelage scellé.

Or le carrelage, les joints entre carreaux et le mortier de pose ne constituent pas un revêtement d'étanchéité.

Une partie de l'eau qui ruisselle et qui peut éventuellement stagner, les pentes étant généralement faibles, va obligatoirement s'infiltrer dans le mortier de pose et devra être évacuée si on veut éviter des « résurgences » fâcheuses.

Les siphons à utiliser doivent donc être conçus :

- pour permettre une liaison étanche entre siphon et revêtement ou membrane d'étanchéité ;
- pour permettre l'évacuation de l'eau infiltrée dans le mortier de pose ;
- pour assurer l'évacuation des eaux de surface.

Remarques

Pour les locaux privatifs (appartements), il n'y a pas d'obligation de réaliser à l'origine (sauf dispositions particulières des DPM) d'étanchéité dans les locaux humides (salle de bains, salle d'eau, cuisine, buanderie, etc.).

La pathologie de ces locaux installés lors de réhabilitation d'immeubles anciens est abondante et les désordres sont souvent graves et peuvent concerner plusieurs niveaux superposés.

¹⁾ SEL : système d'étanchéité liquide.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PLANCHERS INTERMÉDIAIRES



QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION

QUESTION



PLANCHERS INTERMÉDIAIRES

Infiltrations en sous-sol

POSITION DU PROBLÈME

Les planchers intermédiaires séparant les différents sous-sols de garage pour véhicules de bâtiments situés en climat de montagne ne sont généralement pas traités comme des ouvrages étanches à l'eau de pluie et surtout à l'eau résultant de la fonte de neige amenée par les véhicules.

Aucune disposition (pente, évacuation) n'est généralement prévue pour cet apport d'eau qui, finalement, stagne par flaques du fait des irrégularités de surfaces (flaches) résultant des tolérances d'exécution.

L'eau s'infiltre par les défauts du support (fissures), traverse les dalles de structure, forme des stalactites de calcite qui se déposent sur les carrosseries de voiture en formant des concrétions indélébiles.

ACTION PRÉVENTIVE

Ces désordres peuvent être évités ou limités :

- par la conception de la structure avec un fractionnement suffisant (joints) ;
- par des pentes de l'ordre de 1 à 2 % évacuant les eaux ;
- par un dispositif d'évacuation de ces eaux ;
- par l'exécution de dalles correctement surfacées (ou avec chape rapportée) ou par la mise en place d'un enrobé ;
- à l'exécution. Exécuter un bon béton correctement dosé sans excès, avec cure pour limiter les effets de retrait.

ACTION CORRECTIVE

1^{er} cas : fissures peu nombreuses et bien localisées

Le pontage des fissures est possible avec une résine armée (toile de verre) et après avoir éventuellement bourré au mortier de ciment ou avec un mortier époxy.

Ce traitement est applicable :

- aux fissures de retrait ;
- aux joints de prédalles (éventuels).

2^e cas : fissures nombreuses et peu marquées

Dans ce cas, le traitement complet par un revêtement en résine souple doit être envisagé.

RESPONSABILITÉS

Ce phénomène ne peut être ignoré des constructeurs.

La responsabilité des constructeurs peut être engagée si aucune des mesures préventives n'a été prise.

Si l'ouvrage devient impropre à sa destination (cas limite), la responsabilité des intervenants peut être retenue.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ASSURANCES

- En règle générale, il semble que les garanties des contrats d'assurance obligatoire (dommages et responsabilités) puissent être valablement invoquées.

La prise en compte de ce problème doit être envisagée dès la conception du projet en prévoyant les dispositions adaptées.

Le risque est fréquent en régions montagneuses mais il concerne également d'autres régions.



Question/Réponse

PLANCHERS INTERMÉDIAIRES

Installation d'un four de boulanger sous un plancher en béton armé

QUESTION

L'installation d'un four de boulanger dans une boutique au rez-de-chaussée d'un immeuble, sous une dalle béton, ne risque-t-elle pas d'entraîner des désordres dans les planchers ?

RÉPONSE

Le problème se pose différemment pour un immeuble moderne. Il présente d'autre part deux aspects :

- résistance mécanique des planchers sous le poids des installations ;
- résistance de la structure béton soumise à des sollicitations thermiques.

1. Sollicitations thermiques

En général, la température d'un four de boulanger ne dépasse pas 280° à 300 °C. Les installations comportent une sole en matériaux réfractaires permettant de maintenir les températures de cuisson.

Les installations de fours prévoient généralement des matériaux isolants (type Heraklitt) avec dalle de répartition pour faire une coupure thermique avec les installations.

La connaissance du gradient thermique du plancher peut s'effectuer à partir de la température de la face supérieure et de celle du local sous-jacent.

Cette donnée est considérée en régime permanent, c'est-à-dire obtenue lors d'une période de chauffage continue.

2. Sollicitations mécaniques

Le problème se pose surtout pour les immeubles anciens. Les planchers existants sont-ils capables de supporter les installations prévues ?

Souvent, lorsqu'il s'agit d'anciens planchers « fer » constitués de poutrelles métalliques avec hourdis intermédiaires, la vérification de la résistance de ces planchers peut entraîner leur renforcement par une dalle béton. Ce problème constitue un cas d'espèce.

Pour les immeubles neufs ou récents, les planchers des boutiques en rez-de-chaussée sont souvent prévus pour les charges d'exploitation plus importantes (400 à 500 kg/m²). Néanmoins, la vérification des structures sous le poids des installations disposées sur des zones réduites s'avère nécessaire.

Les points développés ci-dessus concernent les planchers bas des locaux où doivent être installés les fours.

Selon la hauteur d'étage et l'encombrement des installations, le plancher haut du niveau d'installation risque d'être soumis également à un flux thermique plus ou moins important. Des protections thermiques en sous-face de plancher peuvent réduire les transmissions. Toutefois, la dalle béton peut rester soumise à des températures correspondant pour le local sous-jacent à un « chauffage par le sol », pouvant être préjudiciable pour les occupants.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'INTERVIEW



Je vous remercie de m'avoir permis de vous interviewer.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.

Je vous prie d'excuser les éventuelles erreurs de frappe.



Question/Réponse

PLANCHERS INTERMÉDIAIRES

Pose de feuilles de plomb

QUESTION

Quelles sont les règles techniques applicables pour la pose de feuilles de plomb sur un plancher intermédiaire ?

Codification

Pour l'exécution de petits ouvrages :

- intérieurs (salle d'eau) ;
- ou extérieurs : (balcons d'étages en retrait, etc.).

L'étanchéité du plancher peut être réalisée par des feuilles de plomb selon une technique traditionnelle.

Il n'existe pas de texte codifié (DTU) pour cette technique.

Les règles professionnelles éditées par le Centre d'information du plomb permettent de réaliser ces petits ouvrages.

RÉPONSE

Utilisation à l'intérieur

Cf. fiche série EF « étanchéité des planchers intermédiaires pour salle de bains ou salle d'eau ».

Utilisation à l'extérieur

Le DTU 40.46 amendement A.1 (mai 1999) : « Travaux de couverture en plomb sur support continu », traite des balcons.

Dispositions pratiques

1/ Pente minimale = 2 %

Pour les travaux de rénovation et si la largeur du balcon est < 1,00 m, la pente de 1% est admise.

Toutefois, avec cette pente minimale, les risques de flaches sont possibles, du fait des tolérances d'exécution.

2/ Support

Le support peut être en pierre, en béton, en bois ou autres (cf. DTU art. 5.3).

Des membranes d'interposition peuvent être nécessaires. Le plâtre est autorisé pour le ragréage.

3/ Dimensions des tables (feuilles)

Les piétements de garde-corps constituent des points fixes pouvant s'opposer à la libre dilatation du plomb. Le calepinage des tables ou feuilles doit en tenir compte de telle sorte qu'il n'y ait pas plus d'empiètement par table.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

4/ Assemblages et fixation

L'assemblage latéral des tables se fait soit sur baguettes roulées, diamètre ≥ 15 mm) soit sur tasseaux demi-ronds (diamètre ≥ 25 mm). Dans ce dernier cas, il n'est pas nécessaire de faire déborder la table recouverte du tasseau. Les fixations se font uniquement en tête de table avec une bande de clouage. L'égout et les rives sont réalisés comme pour les ouvrages de couverture (larmier ou bande d'égout).

Pour les rives, il en est de même (technique couverture) avec tasseau de rive ou bandeau.

5/ Soudure

Les assemblages soudés correspondent à des soudures autogènes. Ils doivent être positionnés en pleine feuille à 50 mm au niveau du bord. Ils ne doivent pas être positionnés dans l'angle formé par 2 plans convergents sauf pour des éléments de longueur ≤ 1 m. Les soudures autogènes exécutées avec recouvrement doivent obligatoirement comporter 2 passes décalées d'une demi-largeur de cordon.

6/ Relief

La hauteur minimale du relevé de la table contre les parois verticales est de 0,10 m, bande à rabattre ou solin non compris. Cette disposition, difficile à respecter dans les travaux de rénovation, notamment pour les seuils, doit être précisée dans les DPM.

7/ Embases

L'étanchéité au droit des piétements de garde-corps est obtenue à l'aide de plomb fondu dans un moule à embase. La protection préalable des piétements est réalisée par étamage.



PLAFONDS EN TERRE CUITE

Mise en compression

RAPPEL

Dans les années 1950-1960, de nombreux désordres ont eu lieu sur ce type d'ouvrage, notamment dans les bâtiments scolaires d'où leur interdiction par l'Éducation nationale vers 1958 et une enquête sur les ouvrages existants en 1963-1964.

La cause des désordres de cette période était la *mise en compression* du plafond avec flambement et effondrement des éléments.

Cette mise en compression résultait :

- du retrait de l'ossature bois ;
- de la dilatation de la terre cuite à l'humidité ;
- des mouvements thermiques différentiels.

Le DTU 25.231 (NF P 68-202 de mai 1993 - Plafonds suspendus en éléments de terre cuite) pour ce type d'ouvrage et la révision de la norme NF P 13-301 (briques creuses de terre cuite) en décembre 1974 ont réduit dans une très forte proportion ce type de sinistres.

La révision de la norme NF P 13-301 résulte d'un certain nombre de sinistres de briques « gonflantes » par dilatation à l'humidité (modifications de décembre 1974 à la norme de mars 1972).

DÉSORDRES ACTUELS

1. Manifestation

- Fissures « en gradins » suivant le contour des éléments montés à joints croisés.
- Fissures en bordure et descendant dans les cloisons.

2. Ouvrages concernés

Plafonds suspendus sous fermettes industrialisées et cloisons en retour.

3. Causes principales (désordres répétitifs)

- Insuffisance de dimensionnement des pièces de charpente (sections de bois).
- Insuffisance de contreventement.
- Insuffisance des dispositifs antifiambage entre fermettes.
- Insuffisance des entretoises entre fermettes.
- Insuffisance de solidarisation des entrails de fermettes.
- Poinçonnement des plafonds par les cloisons :
 - les plafonds suspendus sont réalisés en premier (cas des maisons individuelles sans combles habitables) afin de permettre la mise en place de la couche isolante du comble ;
 - les cloisons de distribution sont exécutées ensuite et butent sous les plafonds.

La déformation des bois de charpente (séchage des bois, fluage, jeux d'assemblages) entraîne un abaissement d'ensemble du plafond :

- flexions locales ;
- poinçonnement par les cloisons ;
- fissures, rupture et effondrements partiels.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMÈDES

- Utiliser des fermettes industrialisées conformes aux dispositions du DTU 31.3 correctement dimensionnées et mises en œuvre, notamment en ce qui concerne le contreventement, les dispositifs antiflambage, les entretoises et la solidarisation des entrails de fermettes (doubler les entretoises).
- Utiliser des éléments de terre cuite conformes à la norme, mis en œuvre conformément au DTU 25.231.
- En ce qui concerne les *cloisons* :
 - éviter les « points durs » (prévoir des joints) ;
 - différer le montage des cloisons pour permettre la déformation des charpentes ;
 - assurer néanmoins la stabilité verticale des cloisons par des éléments perpendiculaires, la partie supérieure étant considérée comme libre.



PLANCHERS MÉTALLIQUES À POUTRELLES ET ENTREVOUS

Destruction par corrosion

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Lors de la réhabilitation complète d'un bâtiment, l'affaissement du sol d'un local alerte le maître d'œuvre qui décide de procéder à un sondage. Celui-ci révèle rapidement un sinistre « de 1^{er} grandeur » avec la présence de poutrelles métalliques très fortement attaquées par la corrosion (cf. photos 1 et 2).

Celle-ci a fait disparaître complètement l'âme de certaines poutrelles.

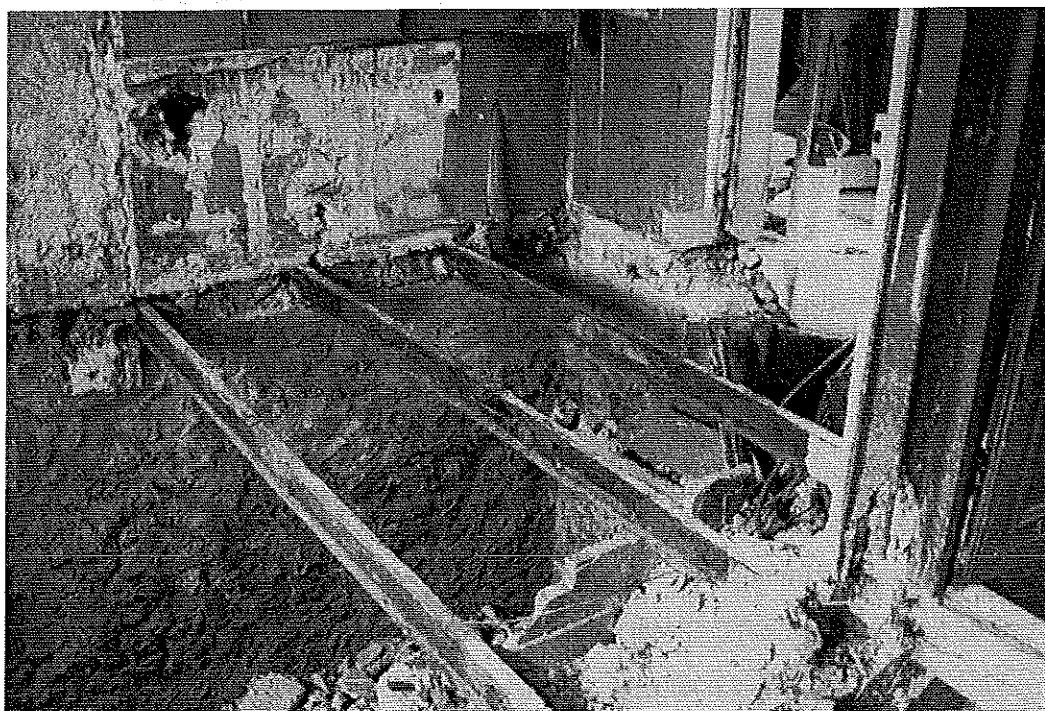


Photo 1 : Vue d'ensemble du plancher à poutrelles dégagées des remplissages (âmes complètement rongées par la corrosion). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail poutrelles attaquées par la corrosion. Les âmes des poutrelles sont entièrement détruites. © J. Putatti

CAUSES - ORIGINE

L'origine des corrosions correspond à deux facteurs défavorables :

- la présence d'humidité résultant :
 - des entrevous (remplissage à base de plâtre (milieu acide) ;
 - de fuites de canalisation (local ancien correspondant à un cabinet dentaire) ;
- la nature du métal des poutrelles : il s'agit de poutrelles en fer et non en acier, plus vulnérable au point de vue de la corrosion que l'acier.

RÉPARATION

Un plancher préfabriqué à poutrelles en béton armé (ou béton précontraint par fils adhérents) avec entrevous en béton et dalle de compression a été substitué à l'ancien plancher métallique.

Remarque

Un simple sondage ponctuel effectué au hasard n'aurait pu déceler le risque (certain) d'effondrement à (court) terme.



PLANCHERS MÉTALLIQUES ANCIENS

Pathologie

POSITION DU PROBLÈME

Ce type d'ouvrage n'est pratiquement plus utilisé en construction neuve de bâtiments. Par contre, il se rencontre fréquemment dans les travaux de réhabilitation ou les bâtiments existants, même de standing, du fait de leur période de construction.

TYPES DE DÉSORDRES RENCONTRÉS

1. Fissuration des plafonds (enduits plâtre) par suite des déformations des éléments porteurs (poutrelles) (photo 1)

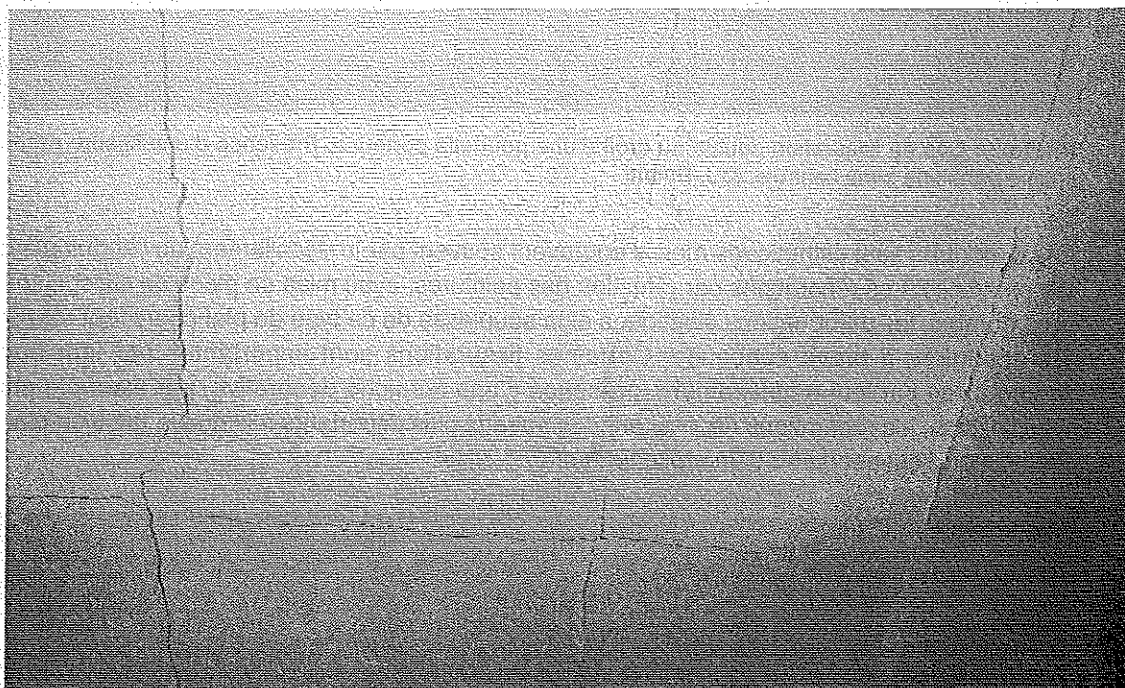


Photo 1 : Fissuration d'un ancien plancher métallique à poutrelles (enduit plâtre en sous-face). © J. Putatti

Les fissures correspondent aux poutrelles (espacement de l'ordre de 0,70 m). Elles sont parallèles. Parfois deux fissures parallèles se présentent au droit d'une même poutrelle (photo 2). Des fissures perpendiculaires peuvent apparaître également, notamment dans la zone centrale de la portée, lorsqu'une cloison a été montée après coup à l'étage supérieur, par exemple pour rediviser une pièce en deux parties.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

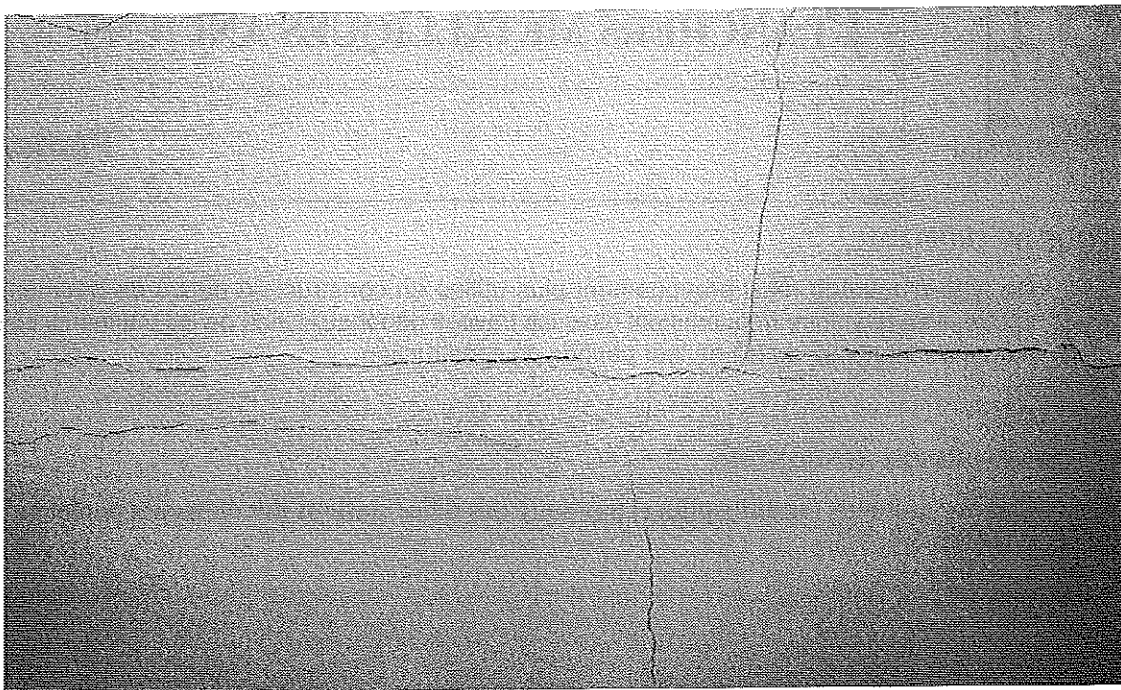


Photo 2 : Cas de fissuration double au droit d'une poutrelle porteuse. Présence d'une fissure perpendiculaire dans une zone centrale. © J. Putatti

Les désordres sont esthétiques mais s'aggravent souvent par le décollement de l'enduit plâtre sous les poutrelles. Les réparations par réfection des peintures, avec mise en place de calicot, sont sans effet durable, les déformations élastiques et la souplesse de ce type de planchers font réapparaître les désordres à brève échéance. Certaines fissurations sont importantes par leur ouverture (photo 3) ou par leur emplacement (présence d'une corniche décorative, par exemple photo 4). Dans ce cas, les réparations nécessitent des travaux plus importants tels que la mise en place d'un faux plafond suspendu ou d'une toile tendue.

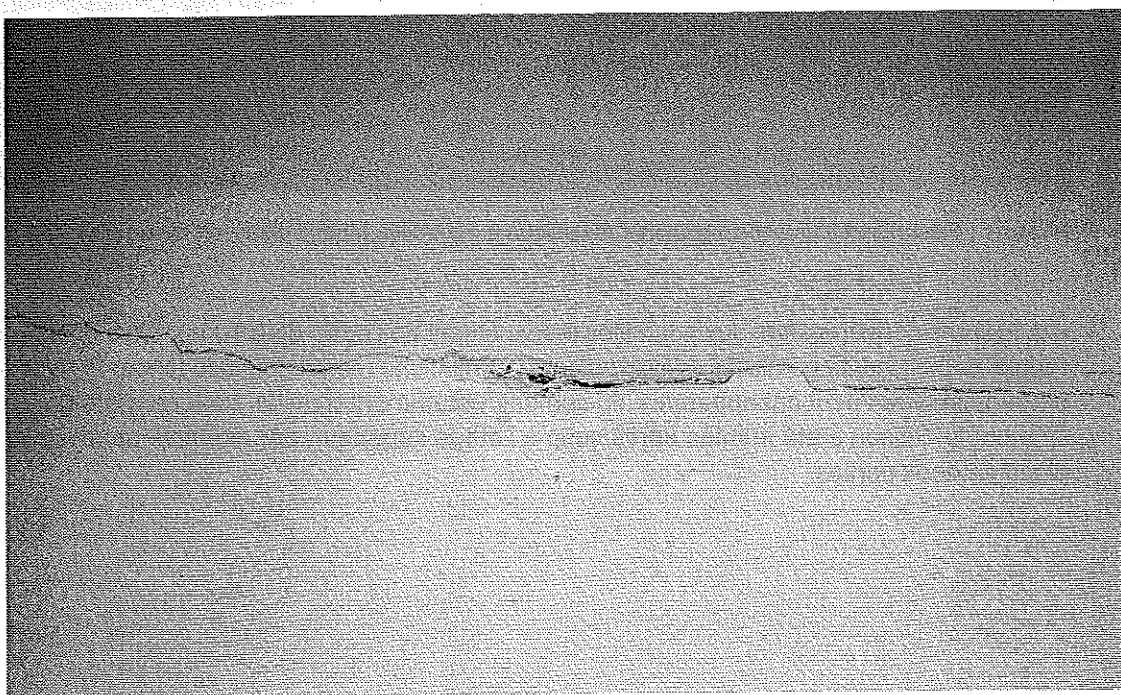


Photo 3 : Fissure sous poutrelle métallique importante avec éclatement de l'enduit plâtre. © J. Putatti



Photo 4 : Fissure double sous une poutrelle métallique et fissure perpendiculaire. Présence d'une corniche décorative. © J. Putatti

2. Fissurations avec corrosion des armatures de support des remplissages en plâtre et des éléments porteurs (poutrelles)

Ce type de désordre survient généralement sous les locaux humides (cuisines, salles d'eau...). Les plâtres de remplissage entre poutrelles sont souvent saturés d'eau du fait des infiltrations à travers les joints de carrelage. Les éléments de plâtre se détachent alors du plafond sous l'effet d'expansion de la rouille des armatures en fers carrés et du gonflement du plâtre (photos 5, 6 et 7).

La réparation de ce type de plancher fréquent en habitation individuelle (pavillon), mais également en immeuble collectif (caves privatives ou locaux de stockage boutiques), nécessite généralement :

- la découverte complète des poutrelles porteuses pour vérifier leur état ;
- la vérification de la portance des éléments de plancher, c'est-à-dire :
 - les poutrelles porteuses ;
 - les hourdis intercalaires.

Selon les exigences du local supérieur, la réfection complète du plancher par remplacement avec un ouvrage en béton armé (utilisation de poutrelles préfabriquées BA ou BP) peut s'avérer nécessaire.

À noter que les poutrelles utilisées étaient en fer et non en acier, ce qui les rendaient plus vulnérables vis-à-vis de la corrosion.



Photo 5 : Plancher de cave sous pièce humide (cuisine). Poutrelles métalliques et remplissage hourdis de plâtre armé avec suspentes métalliques. Corrosion avancée. © J. Putatti



Photo 6 : Détail d'une poutrelle après sondage. La poutrelle en fer a subi une corrosion importante du fait des infiltrations à travers le carrelage de la cuisine située au-dessus. Noter les éléments de plâtre détachés du plafond. © J. Putatti



Photo 7 : Détail poutrelle après sondage. Corrosion avancée. © J. Putatti

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000



Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information / Document released pursuant to the Access to Information Act



PLANCHERS PRÉFABRIQUÉS

Hourdis polystyrène

QUESTION

Quels sont les avantages et les inconvénients des planchers incorporant des hourdis en polystyrène expansé ?

RÉPONSE

Description

- Selon l'entraxe des poutrelles, les hourdis sont pleins ou alvéolés.
- Les faibles entraxes permettent l'utilisation de hourdis pleins.
- Les entraxes plus importants correspondent à des hourdis alvéolés.

Avantages

L'utilisation de ces hourdis correspond à une exigence d'isolation thermique.

Elle est associée à l'utilisation de poutrelles préfabriquées en béton armé ou en béton précontraint.

La correction du pont thermique situé au droit des poutrelles est obtenue par une languette disposée en sous-face de la poutrelle.

Compte tenu du poids très faible (masse volumique 20-25 kg/m³), la mise en œuvre est facilitée.

D'autre part, les éléments peuvent être facilement sciés pour être adaptés aux surfaces à couvrir.

L'utilisation principale de ces hourdis correspond à la réalisation des planchers sur vide sanitaire.

Inconvénients

- Ces hourdis ne peuvent être utilisés pour des planchers intermédiaires séparant des locaux différents. En effet, la masse minimale pour satisfaire aux exigences d'*isolation acoustique* en locaux superposés est de 350 kg/m², alors que dans le cas d'utilisation de hourdis en polystyrène, on arrive à environ 150 kg/m², ce qui est nettement insuffisant pour satisfaire à la loi de masse.
- D'autre part, la sous-face d'un plancher à hourdis polystyrène ne peut rester apparente. Lorsque les exigences acoustiques ne sont pas requises, il faut constituer un faux-plafond ou rapporter une sous-face (placoplâtre par exemple) dont la fixation peut poser quelques problèmes sur des poutrelles en béton précontraint (fils adhérents).
- Lorsque ces hourdis sont utilisés pour des planchers sur vide sanitaire, ce qui reste le cas courant, le problème de la pérennité des hourdis se pose :
 - vieillissement du polystyrène dans une ambiance humide (développement possible de micro-organismes) ;
 - attaque et destruction par les rongeurs.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Pour les sous-faces non revêtues (enduit plâtre projeté par exemple) il y a un risque vis-à-vis de l'incendie : le polystyrène brûle rapidement et disparaît par sublimation avec fort dégagement de fumée noire, mais la propagation est faible compte tenu de la quantité des matières brûlées.

- Ce matériau est fragile et nécessite des précautions pour sa mise en œuvre :

- les hourdis doivent être parfaitement positionnés afin d'éviter une fissuration longitudinale ;
- la circulation sur des éléments alvéolés est dangereuse ;
- les arêtes peuvent s'épaulfrer lors des manutentions, ce qui entraîne des difficultés et risques à la pose.



Question/Réponse

PLANCHERS PRÉFABRIQUÉS

Pose de dalles alvéolées en béton précontraint

QUESTION

Quelles sont les précautions à prendre pour la pose de dalles alvéolées préfabriquées en béton précontraint à fils adhérents ?

RÉPONSE

Les dispositions relatives à la conception, au calcul, à la fabrication et à la mise en œuvre de ce type de plancher préfabriqué sont définies au titre III du CPT « Planchers ».

Les dalles alvéolées sont posées par éléments dont la longueur correspond à leur portée libre, augmentée des largeurs d'appui. Leur largeur courante est de 1,20 m. Certaines fabrications sont réalisées en 0,60 m ou 0,30 m de large et exceptionnellement en 2,40 m.

Les épaisseurs varient entre 0,10 m et 0,40 m et la majeure partie se situe entre 0,15 m et 0,32 m.

Les règles de sécurité imposent des largeurs minimales d'appui de 0,03 à 0,06 m. Les torons des aciers de précontrainte dépassent les abouts des dalles de 0,08 à 0,15 m. Cette disposition impose donc que les cages d'armatures en attente en tête des appuis (voiles ou poutres) dans lesquelles pénètrent ces appuis soient laissées ouvertes, ce qui implique que la mise en place des armatures hautes soient réalisées après pose et réglage des dalles alvéolées.

Dans le cas contraire, la pose de ces éléments est rendue très délicate, car les torons s'accrochent aux aciers filants, ce qui rend pratiquement impossible le respect des profondeurs d'appui requises.

D'autres dispositions doivent être respectées.

- La surface d'appui doit être parfaitement plane, lisse, dépourvue d'aspérités et correctement nivelée afin d'éliminer les points durs pouvant être la cause de pianotage ou d'épaufrures.
- Les abouts de dalles ne doivent pas présenter de défauts causés par le transport ou les manutentions (chocs, épaufrures, fissures). Il en est de même des bords d'appui.
- Une attention particulière doit être apportée à la stabilité des éléments supports et notamment les poutres préfabriquées en ce qui concerne les épaufrures éventuelles des bords d'appui. Ces poutres doivent normalement être clavetées avant pose des éléments de dalles.

Si ces conditions ne peuvent être réalisées et pour éviter tout risque d'accident ou de défaut de pose, il sera nécessaire de prévoir la mise en œuvre de lisses horizontales correctement nivelées et posées sur étais pour réaliser l'appui des dalles préfabriquées.

- Les dalles alvéolées, dans leur domaine d'utilisation habituel présentent des contreflèches dont il y a lieu de tenir compte dans la conception du projet. Cette prédéformation résulte du mode de préfabrication.

Lors de la pose, des différences de contreflèches entre dalles adjacentes peuvent apparaître. Ces contreflèches différentielles doivent normalement disparaître avant la réalisation des joints de dalle.

La mise en place d'une chape de finition ou d'une dalle de compression collaborante coulée après la pose des éléments préfabriqués peut s'avérer nécessaire pour la pose de certains revêtements :

- sols durs : dallages, carrelages ;
- revêtements d'étanchéité.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Cette dalle collaborante est pratiquement indispensable dans le cas de parcs-autos soumis au passage de charges roulantes.

- Trémies : celles-ci doivent être prévues lors de l'étude. La réalisation « après coup » reste délicate notamment si des armatures tendues doivent être coupées.
- Présence d'éléments intermédiaires pouvant former appui après déformation du plancher. Lorsque des murs ou cloisons lourdes sont implantés « après coup » perpendiculairement aux dalles, ces éléments risquent de créer des points durs favorisant la fissuration longitudinale des dalles du fait de l'absence d'armatures transversales. Prévoir la désolidarisation en tête de mur ou cloison (panneaux de polystyrène, par exemple).



Question/Réponse

PLANCHERS SUR VIDE SANITAIRE

Hauteur

QUESTION

Quelle doit être la hauteur d'un vide sanitaire ?

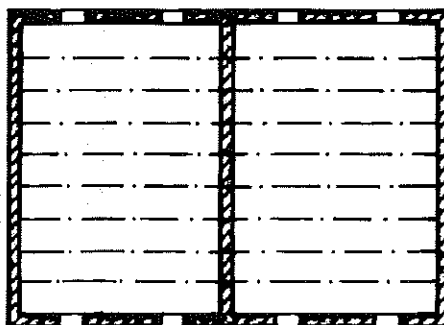
RÉPONSE

L'ancien arrêté du 1^{er} avril 1937 mentionnait une hauteur de 0,30 m. Cette prescription a été annulée par le décret n° 55-1394 du 22 septembre 1955.

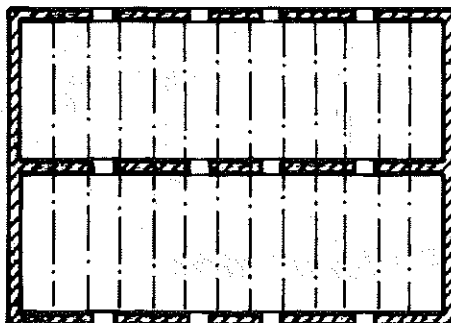
La pratique courante a néanmoins gardé cette disposition.

L'essentiel pour un vide sanitaire est qu'il soit *correctement ventilé*, en disposant des ouvertures débouchant au-dessus du sol à travers les murs périphériques (murs de façades, pignons) permettant le « balayage » de l'air de l'espace constituant le vide sanitaire en évitant les zones d'air stagnant.

Dispositions types



Disposition de ventilation du vide sanitaire de façade à façade nécessitant une hauteur de 0,50 m sous solives



Disposition de ventilation du vide sanitaire de façade à façade nécessitant le percement du refend longitudinal avec une hauteur de 0,30 m sous solives

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

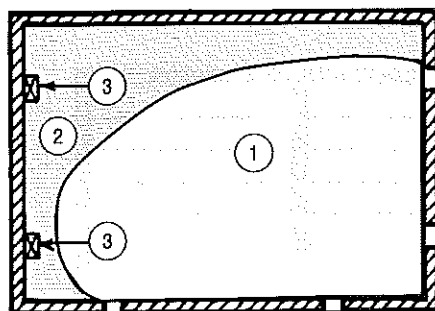
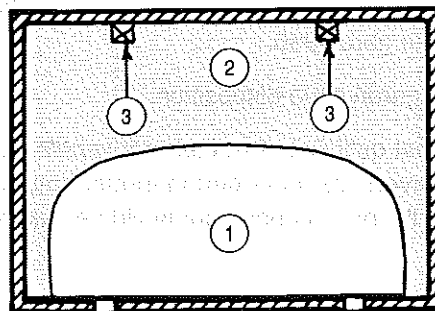
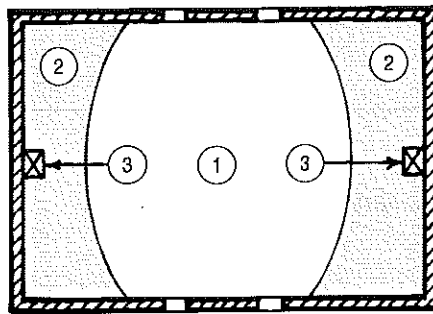
ST

UV

WX

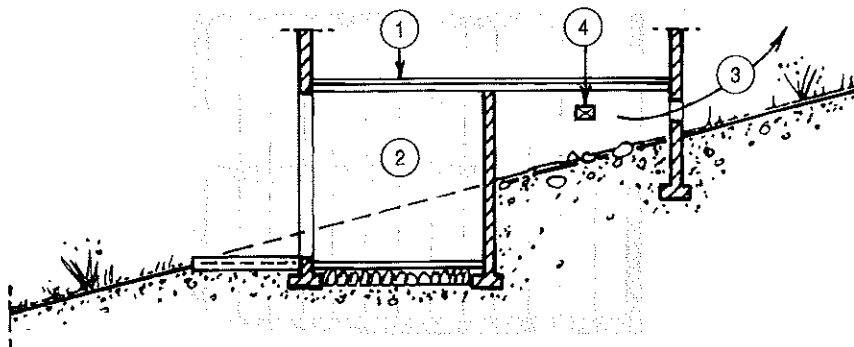
YZ

Dispositions inefficaces - présence de zones mortes (sauf ③)



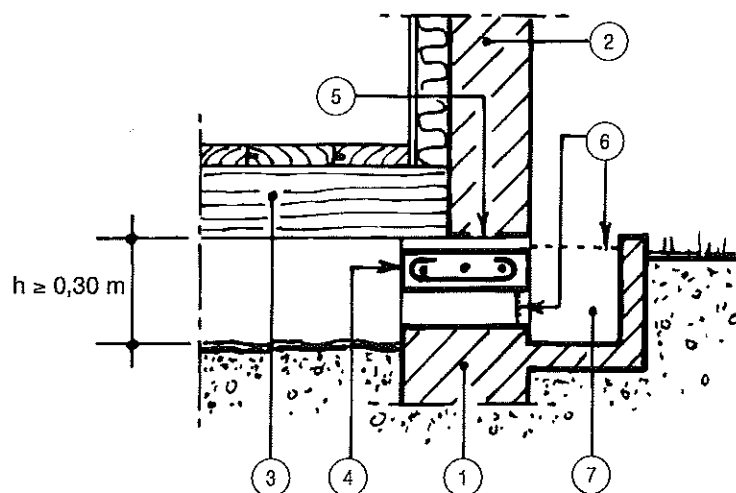
- ① Zone ventilée
- ② Zones « mortes »
- ③ Gaines verticales sortant en toiture

Cas particulier : bâtiment sur une pente



- ① Plancher bois
- ② Pièce habitable
- ③ Ventilation vide sanitaire par façade
- ④ Ventilation par pignon

Dispositions particulières (sorties de ventilation par l'extérieur)



- | | |
|-----------------|-------------------------|
| ① Mur enterré | ⑤ Arase étanche |
| ② Mur élévation | ⑥ Grille de ventilation |
| ③ Solives bois | ⑦ Regard extérieur |
| ④ Chaînage BA | |

Note

Les dispositions ci-dessus sont valables quelle que soit la nature du plancher. Elles sont impératives pour les planchers en bois.

On a pu constater que la hauteur des planchers sur vide sanitaire est variable.

La hauteur des planchers sur vide sanitaire est variable.



Hauteur de la dalle
Hauteur du vide sanitaire

Hauteur de la dalle
Hauteur du vide sanitaire

La hauteur des planchers sur vide sanitaire est variable.



Question/Réponse

PLAQUES DE PSE COLLÉES

Isolation d'un plafond

QUESTION

Peut-on installer une couche isolante en plaques de PSE (polystyrène expansé) en plafond pour améliorer l'isolation (thermique et/ou acoustique) ?

RÉPONSE

La réponse à cette question présente plusieurs aspects.

Isolation thermique

Si le local à isoler se trouve au dernier niveau d'un bâtiment, on doit distinguer deux cas.

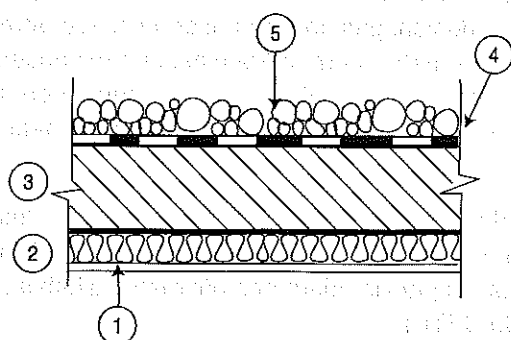
- La toiture est une terrasse plate ancienne ne comportant qu'une étanchéité sans isolation.

Les déperditions thermiques se produisant principalement vers la paroi haute (direction du flux : l'air chaud plus léger monte et s'accumule en partie haute), la couche isolante freinera les déperditions.

Toutefois, cette disposition n'est pas rationnelle du fait que l'air chaud chargé éventuellement d'humidité (pièces de repos, cuisine, sanitaires...) risque de provoquer des condensations dans la couche isolante ; d'où la nécessité d'un pare-vapeur efficace à placer sur la face intérieure de l'isolant (fig. 1). D'autre part, la face exposée de la terrasse sera soumise à de fortes différences de températures entre l'hiver et l'été.

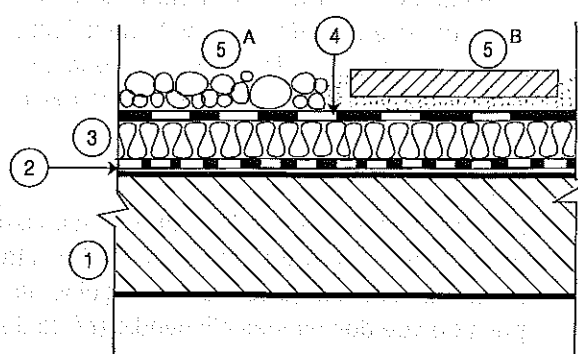
En toiture-terrasse, la disposition rationnelle consiste à placer l'isolant sur l'élément porteur et à disposer le revêtement d'étanchéité sur l'isolant (non porteur). La protection peut être lourde (meuble ou dure) ou fait partie du revêtement d'étanchéité (autoprotection) selon les différents cas d'utilisation de la toiture (plate) (fig. 2).

Une autre disposition non normalisée (procédure d'Atec) consiste à placer l'isolant¹⁾ sur l'étanchéité (fig. 4).



- ① Pare-vapeur
- ② Isolant en sous-face
- ③ Élément porteur
- ④ Revêtement d'étanchéité
- ⑤ Protection lourde

Fig. 1 : Plancher sous terrasse.
Dispositions non rationnelle.



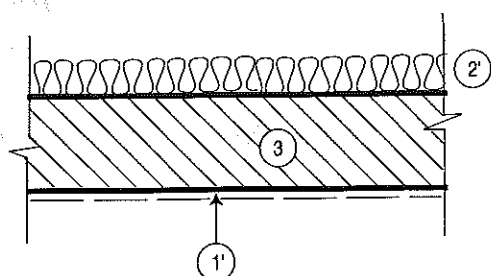
- ① Élément porteur
- ② Pare-vapeur
- ③ Isolant non porteur
- ④ Revêtement d'étanchéité
- ⑤A Protection meuble ou
- ⑤B Protection lourde dure

Fig. 2 : Disposition classique normalisée.

1) Toiture « inversée » (ou à isolation inversée).

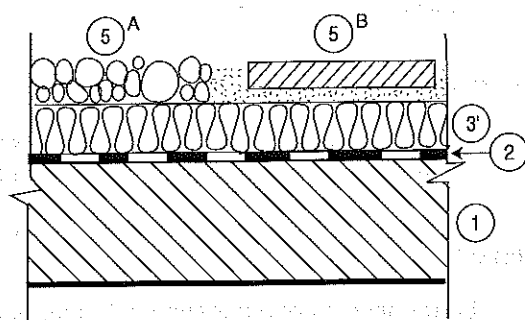
- La toiture est une couverture.

Le volume disposé au-dessus du local considéré est un comble ventilé. La solution classique consiste à disposer l'isolant sur l'élément porteur supérieur ou plancher-comble (fig. 3).



- ①' Pare-vapeur en locaux humides
- ②' Isolant
- ③ Élément porteur

Fig. 3 : Plancher sous comble ventilé.



- ① Élément porteur
- ② Pare-vapeur
- ③' Isolant spécial
- ⑤A Protection meuble
- ⑤B Protection lourde

Fig. 4 : Variante toiture inversée (toiture-terrasse).

Isolation acoustique (cas de planchers intermédiaires)

La mise d'un isolant type PSE en plaques collées en plafond correspond à une « tentative » de *correction acoustique* du local. Le PSE n'est pas le matériau idéal pour cette amélioration. Les panneaux utilisés ont généralement une sous-face non plane qui reste apparente. L'isolation acoustique aux bruits aériens ne peut être satisfaite vis-à-vis du plancher, élément porteur que si la masse de celui-ci est suffisante pour satisfaire à la loi de masse (0,16 m mini de dalle BA). L'amélioration par les plaques de PSE (ou autres matériaux) n'intervient qu'au niveau de la correction acoustique en diminuant les effets de réverbération du local.

Dans les deux cas d'isolation examinés ci-dessus, le problème majeur est le risque incendie. Pour les constructions neuves, la réglementation correspondante (arrêté du 31 janvier 1986) traite de la protection contre l'incendie pour l'isolation thermique des parois par l'intérieur. Les matériaux isolants, compte tenu de leur revêtement éventuel, ne doivent pas, lors d'un incendie, accroître l'embrasement et l'émission de gaz toxiques. Ce type de matériau (matière plastique expansée) doit être protégé par un habillage jouant le rôle d'écran pendant au moins un quart d'heure pour toutes les familles d'habitation. Cet écran peut être constitué par une couche de plâtre ou un panneau à base de dérivés de bois.

L'emploi de panneau en PSE apparent en plafond est de ce fait normalement exclu dans les logements neufs. Pour les travaux de réhabilitation, la circulaire du 13 décembre 1982 définit des recommandations qui renvoient au guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques d'incendie (cf. cahiers du CSTB).

Les recommandations précitées n'ont pas valeur de règlement mais constituent une référence aux prescripteurs (architecte, maîtres d'œuvre) et aux entrepreneurs qui réalisent ces travaux de réhabilitation. Les panneaux de PSE généralement utilisés ont une référence de classement M.1 du point de vue réaction au feu.

Lorsque ces travaux sont réalisés par l'occupant d'un logement pour son usage personnel, la responsabilité de celui-ci reste engagée en cas de départ du logement occupé, vis-à-vis de l'occupant suivant (locataire nouveau ou propriétaire).



PLAQUES ÉCLAIRANTES EN COUVERTURE

Couvertures translucides

DÉFINITION

Les plaques éclairantes utilisées depuis plusieurs décennies sont des matériaux transparents ou translucides à base de polymères. Ces matériaux ont progressivement remplacé le verre minéral généralement armé surtout utilisé en matériau de couverture.

Les utilisations actuelles des polymères translucides sont :

- les plaques d'éclairage associées (même profil) aux plaques métalliques ou autres (fibres-ciment) ;
- les lanterneaux ;
- les voûtes translucides ;
- les bardages transparents ou translucides, etc.

Les matériaux de base sont :

- des *polyesters insaturés* généralement renforcés par des fibres de verre (PRV ¹⁾ ;
- des *polyméthacrylates de méthyle* (marque commerciale : Plexiglas®), fabriqués à partir des monomères esters acryliques et méthacryliques avec double liaison permettant une polymérisation en chaîne (PMMA) ;
- des *polycarbonates*, produits alvéolaires obtenus par extrusion ou injection sous forte pression à haute température (marques : Lexan, de Général Electric ; Macrolon, de Bayer, etc.) ;
- des *polychlorures de vinyle* (PVC) (exemple : Ondex bi-orienté haute résistance de Solvay). Stabilisé aux UV, obtenus par extrusion, conformation, thermoformage ou calandrage.

Seuls les PRV sont normalisés (normes série P 38-300 à P 38-600). Les lanterneaux d'éclairage zénithal en PMMA ou PRV sont visés par la norme NF P 37-418.

Tous les autres matériaux sont soumis à la procédure des ATec.

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

- **PRV** : les propriétés physiques dépendent de l'armature en fibre minérale. Elles sont en général satisfaisantes. En revanche, la résistance au feu est médiocre, la transparence est faible et diminue avec le temps (fixation des salissures). Le vieillissement provoque l'hydrolyse des armatures avec perte de la translucidité.
- **PMMA** : les propriétés de transmission lumineuse sont excellentes (coefficient de transmission de 85 %) et stables dans le temps. La résistance aux chocs est plus faible que celle des polycarbonates. Le classement au feu est moyen.
- **Polycarbonates** : excellente qualité de la transparence mais diminuant dans le temps. Excellente résistance aux chocs, mais produits relativement plus coûteux et encore mal connus.
- **PVC** : produits économiques. Certains produits sont, du fait de leur fabrication, plus performants que d'autres (bi-orientés HR).

¹⁾ PRV : polyester renforcé fibres de verre.

Tous ces produits ont, par rapport au verre minéral, des coefficients de dilatation thermique beaucoup plus élevés (de l'ordre de 8 fois).

La conductivité thermique est plus faible (5 à 10 fois). Les produits à base de polymères sont plus souples (modules moins élevés que celui du verre).

PATHOLOGIE

Les causes des sinistres intervenant sur ces matériaux correspondent :

- aux interactions entre la forme et les dimensions des produits façonnés et le support dans lequel ils sont incorporés ;
- à la conception globale du bâtiment (ambiance, destination) ;
- aux caractéristiques physicochimiques des polymères.

Les différents produits ont une pathologie spécifique.

1. Plaque à simple paroi

Exemple : plaque ondulée PRV incorporée en couverture avec des plaques ondulées GO (fibrociment) ou nervurées métalliques pour constituer les zones éclairantes (photos 1 à 7).



Photo 1 : Plaque translucide PRV. Simple paroi. Effet du défilage de l'armature et des salissures.
© J. Putatti

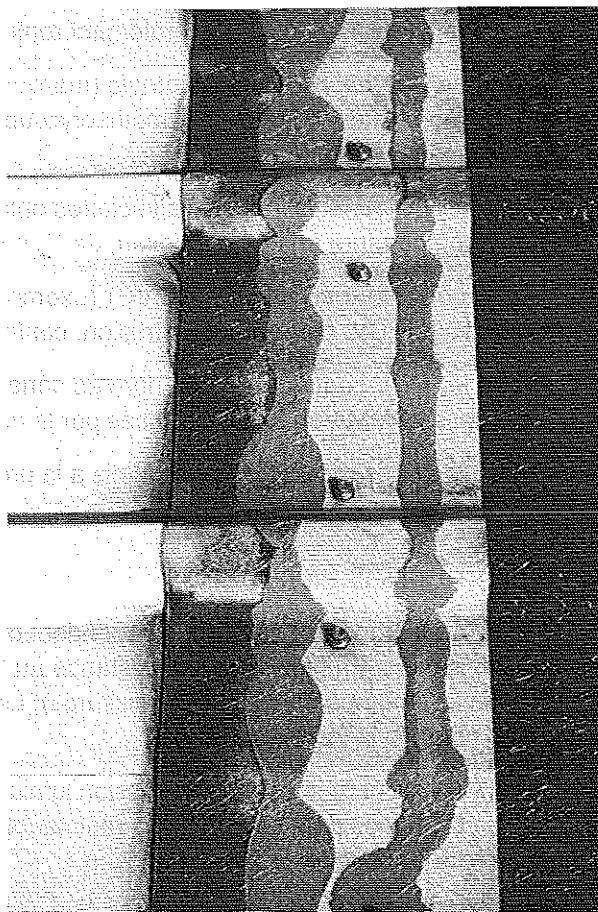


Photo 2 : Plaque translucide de PRV. Zone de recouvrement avec plaque métallique. Accumulation de poussière à l'avai. © J. Putatti

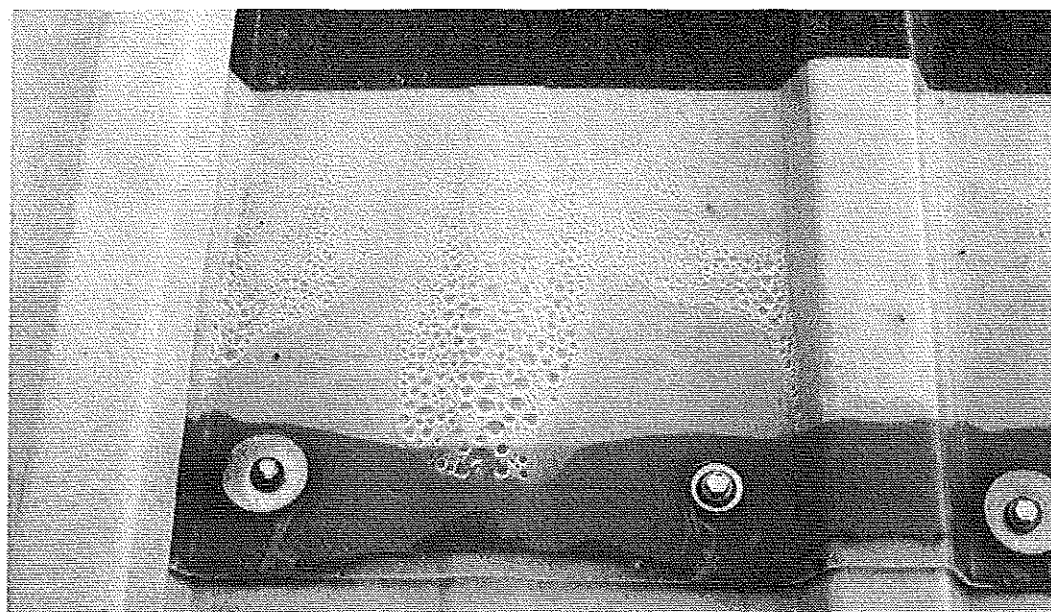


Photo 3 : Plaque PRV en recouvrement avec plaque métallique. Condensations bloquées.
© J. Putatti

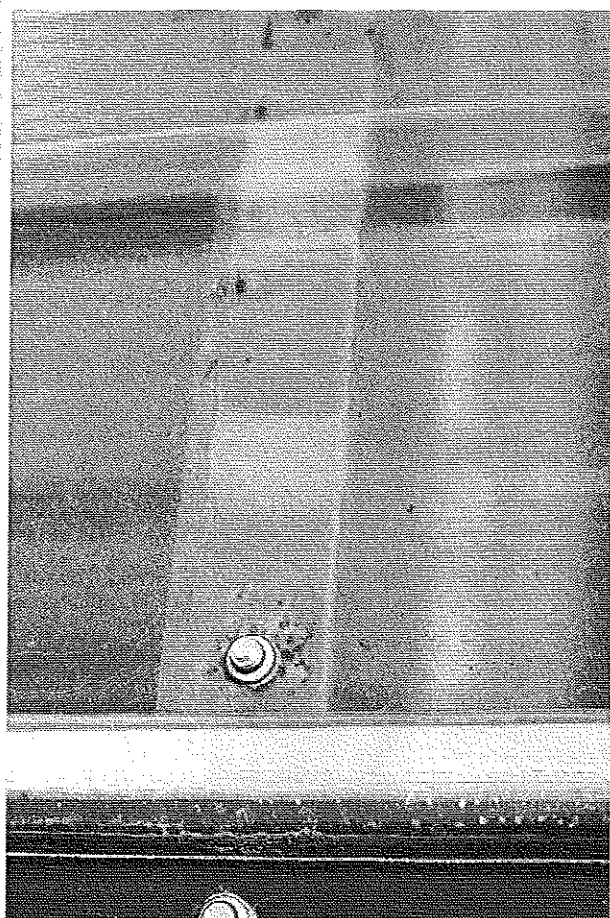


Photo 4 : Plaque PRV sur appui intermédiaire. Condensations et attaque de rouille du profilé-panne (fixations en place). © J. Putatti

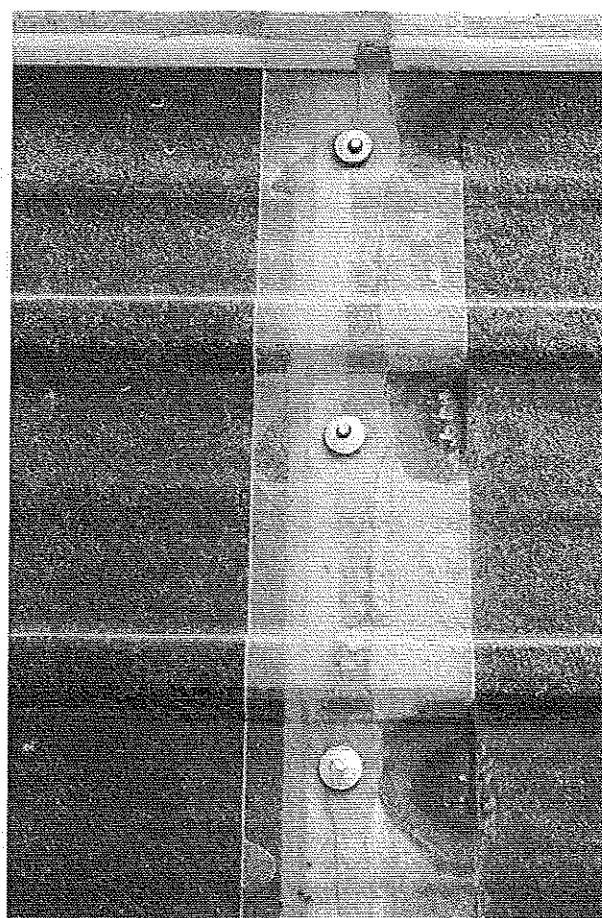


Photo 5 : Plaque PRV en recouvrement avec autre plaque PRV. Fixations en place avec mastic. Accumulation des condensations dans la zone amont du recouvrement.
© J. Putatti

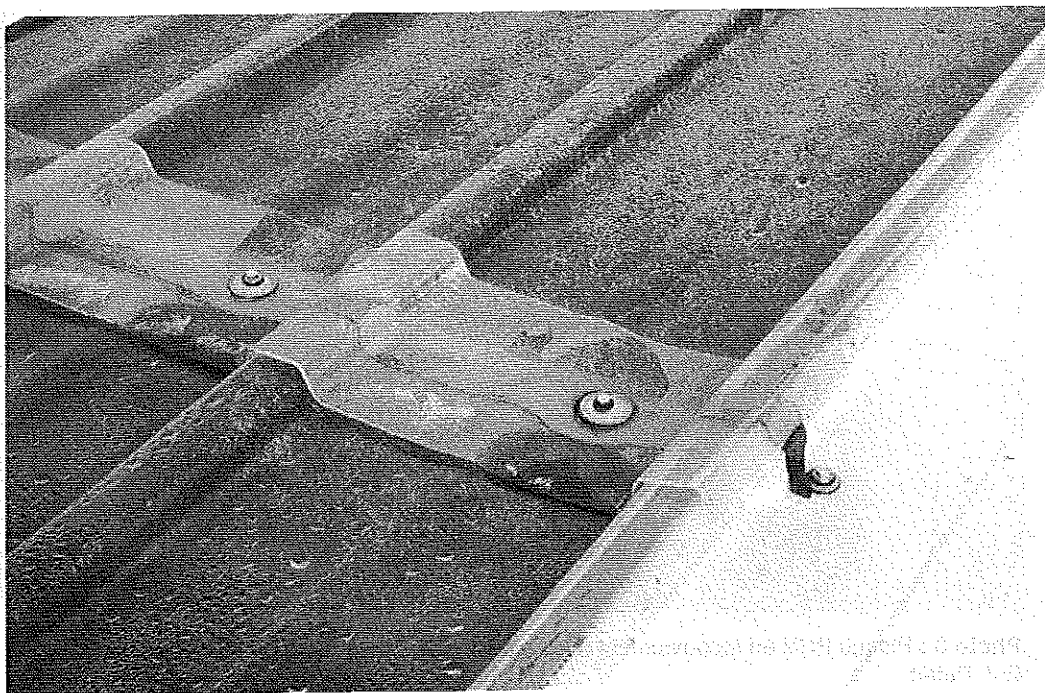


Photo 6 : Zone de recouvrement d'une plaque PRV avec une autre plaque (sens de la pente) et latéralement avec plaque nervurée métallique. Problème de l'emboîtement des profils. © J. Putatti

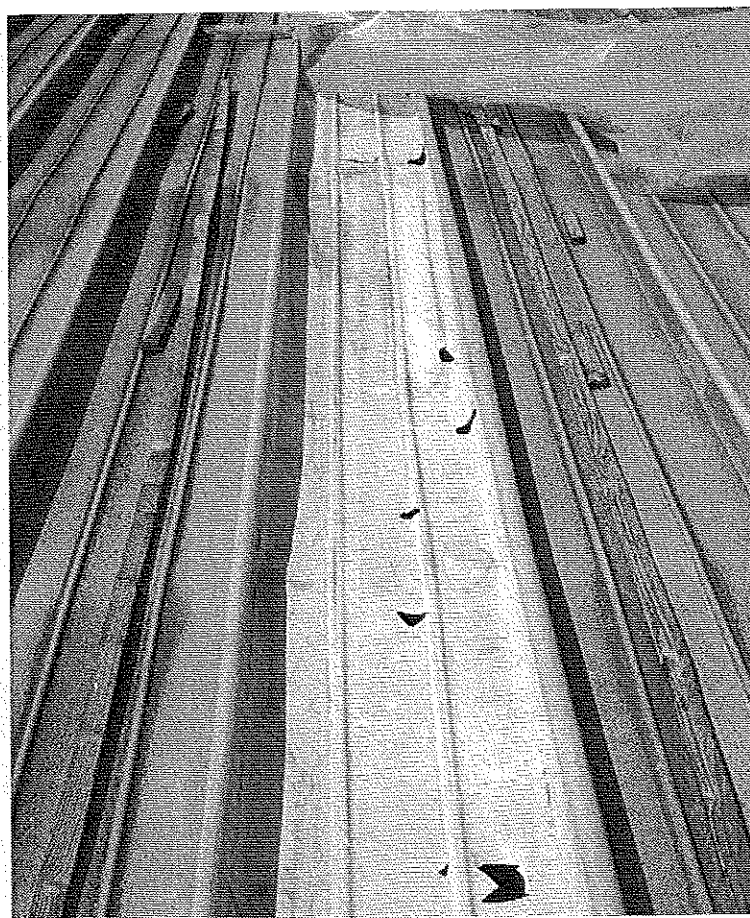


Photo 7 : Plaque PVC translucide simple peau insérée dans une couverture aluminium. Noter les déformations dues à la chaleur, le blanchiment et l'opacification dus au vieillissement et les trous causés par la chute de gros grêlons. © J. Putatti

Les désordres types sont (photo 8) :

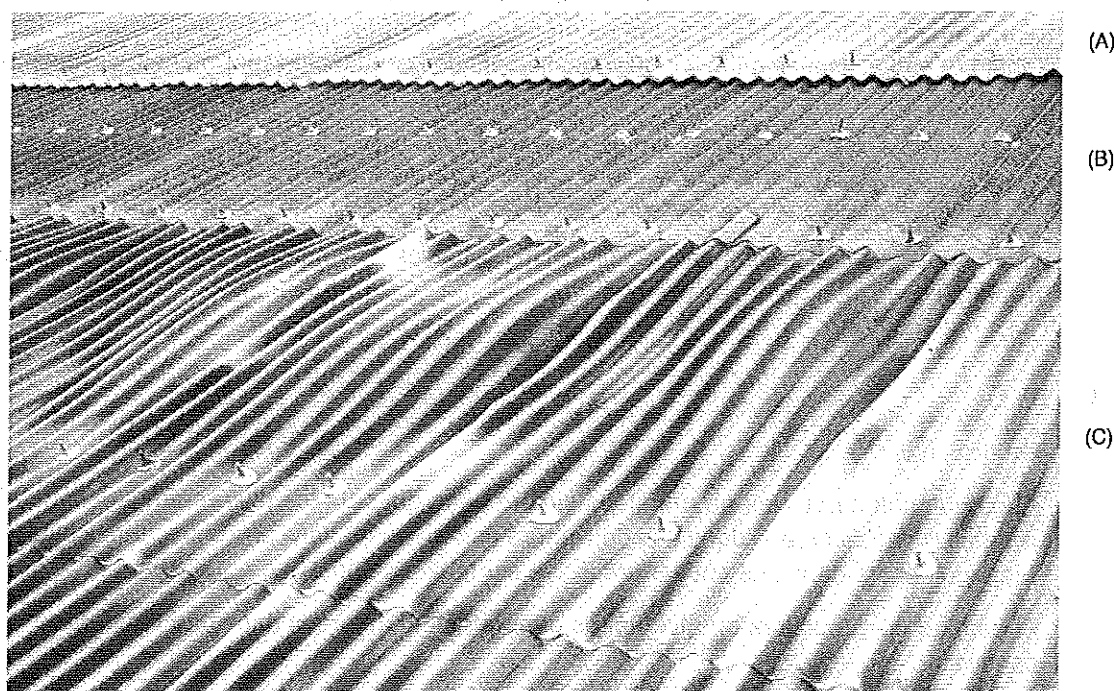


Photo 8 : Couverture composite comportant des plaques amiante-ciment (A), des plaques PRV opacifiées (B), des plaques PVC déformées par l'ambiance intérieure (usine d'engrais azotés).

© J. Putatti

- L'*opacification* brune ou noire, rarement généralisée, toujours signalée sur le recouvrement aval (plaque éclairante recouvrante) (photo 1).
- La *déformation* de la plaque qui provoque soit sa rupture autour des fixations, soit un déjointement suivi d'infiltrations.
- La *fragilisation* des plaques provoquant sous l'action de vents forts l'envol des plaques.

L'origine de la dégradation en extrémité recouvrante est évidente : elle résulte des différences de température au contact des plaques (coefficients de dilatation très différents et températures de surfaces très différentes souvent accentuées par les couleurs sombres des plaques opaques surtout si elles sont de type sandwich).

La fragilisation des plaques est liée au vieillissement des polymères. Un cas courant de dégradation correspond aux couvertures des courts de tennis recevant les chocs des balles. Des filets de protection tendus sous pannes permettent d'éviter le choc direct.

- Les *portées* trop importantes des plaques entraînent des déformations et des ruptures autour des fixations, sous l'effet du vent (pressions + sous-pressions) par flexion dynamique et fatigue et sous l'effet de la dilatation proportionnelle à la longueur de la plaque.

Les variations de longueur sont de l'ordre de 3 mm pour une plaque de 1 m de longueur soit 12 mm pour une plaque de 4 m. Les fixations, comme pour les plaques métalliques, n'interviennent pas sur tous les appuis, mais la dilatation affecte toute la longueur de la plaque. Les conséquences sont les rotations d'appuis et bâillements des plaques aux extrémités et les efforts concentrés sur les trous de fixations.

- Un autre aspect de la pathologie de ce type de plaque correspond aux différences dimensionnelles entre profils (PRV d'une part, tôles nervurées d'autre part), ce qui conduit à des difficultés d'emboîtement accentuées par les différences de température et le vieillissement des produits (photo 6) et des risques de fuites ou d'écoulement des condensats sur l'intérieur des locaux (photos 4 et 5), ou encore de corrosion des profilés supports et des fixations (photo 3).

2. PMMA (Plexiglas)

Les pathologies concernent principalement les coupoles de lanterneaux qui sont fragiles aux chocs (rupture sous l'effet de chocs tels que gros grêlons).

3. Les PVC

On distingue :

- Les plaques nervurées ou ondulées simple peau qui sont les plus répandues, sous forme de plaques isolées insérées dans une couverture non isolée ou dans une couverture isolée type sandwich, ou encore dans une couverture isolée sur faux-plafond.
- Les plaques tubulaires ou alvéolaires généralement insérées dans une couverture isolée type sandwich.

Les désordres types sont :

- Le vieillissement par opacification progressive, déformations sous l'effet de la température et résistance mécanique affaiblie notamment aux chocs, pour les matériaux de qualité courante (photos 7 et 8). La sensibilité aux ambiances agressives intérieures accentue les déformations.
- Les défauts précédents (vieillissement et mauvaise résistance aux chocs) ne concernent pas les PVC à haute résistance bi-orientés liés aux problèmes de compatibilité des profils et les jonctions entre plaques opaques et plaques translucides, ainsi que les dispositions relatives à l'étanchéité.

4. Les polycarbonates

Ils sont utilisés sous forme de plaques à parois multiples alvéolées (un ou deux rangs d'alvéoles).

La pathologie de ce matériau utilisé en bâtiment est récente, mal connue du fait de son évolution :

- on a constaté le *noircissement* des panneaux notamment pour les bardages exposés aux rayons solaires probablement par effet de serre ;
- la *résistance aux chocs* dépend de la structure uni- ou multialvéolaire et de l'épaisseur (photo 12) ;
- la *flexibilité relative* du panneau et sa résistance aux effets de pression-dépression du vent dépend des dimensions et de l'épaisseur ainsi que du type de structure. Le cadre support joue un grand rôle (photos 9 à 11). Dans le cas illustré par les photos, le sinistre survenu lors d'une très forte tempête, certains panneaux se sont déboîtés de leur cadre (mal conçu, insuffisamment fixé) et se sont envolés.

Les techniques de fabrication peuvent laisser subsister des *contraintes internes* qui ne se résorbent qu'en cas de sollicitations ultimes, notamment avec l'extrusion des profils.

Il semble que le vieillissement de la paroi extérieure d'une structure alvéolaire soumise aux effets climatiques (température, UV) affaiblisse la résistance mécanique des plaques.

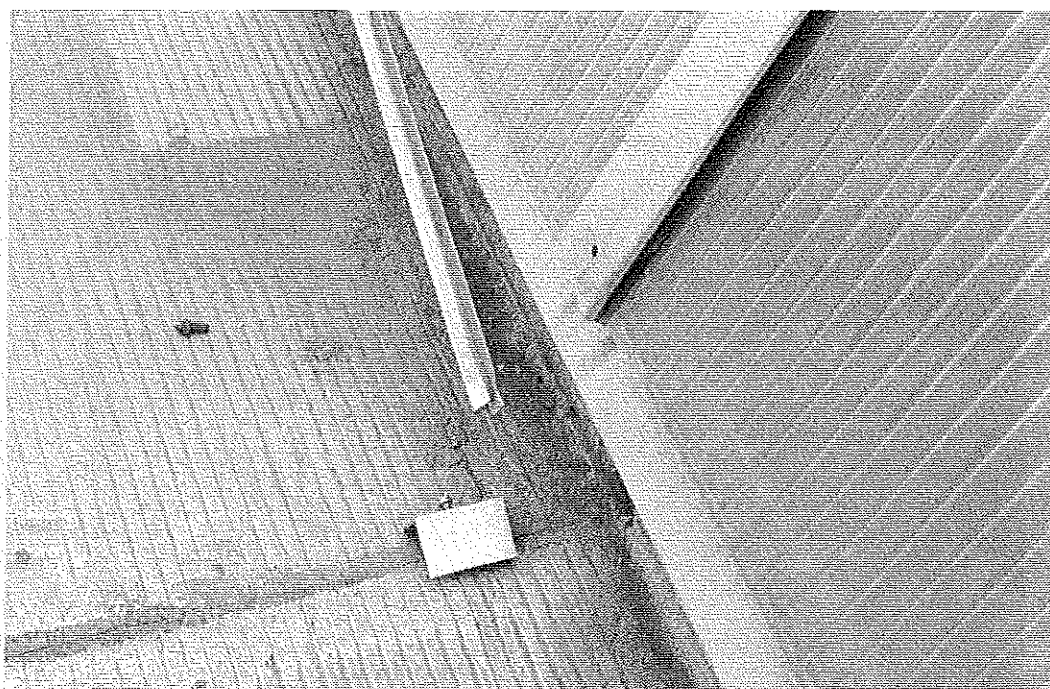


Photo 9 : Détail base face nord d'une couverture shed en plaques de polycarbonate. Rupture des fixations (dépression du vent lors d'une tempête). © J. Putatti



Photo 10 : Face nord d'une couverture shed. Déformation des lisses support. © J. Putatti

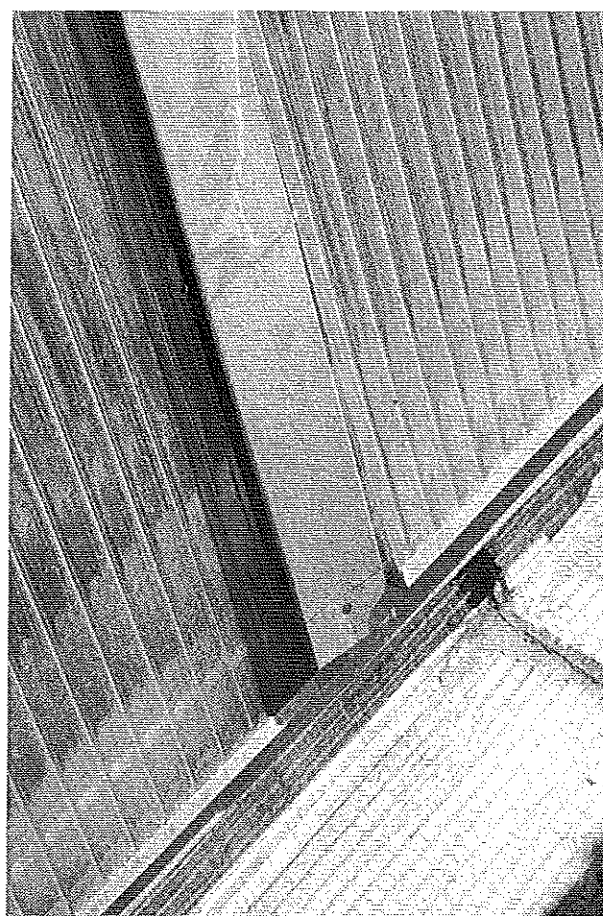


Photo 11 : Détail bas de la lisse verticale de fixation. © J. Putatti



Photo 12 : Plaque polycarbonate percée dans une couverture shed soumise à une très forte tem-
pête. © J. Putatti



Question/Réponse

PORTE PLANE

Déformation d'une porte plane

QUESTION

Est-il possible d'utiliser une porte plane de type intérieur dans les cas de figure suivant :

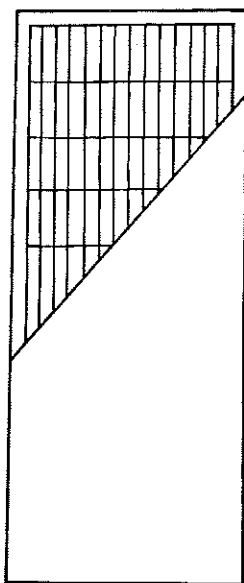
- séparation de locaux chauffés et non chauffés ;
- la porte ouvre directement sur la façade extérieure abritée par une marquise ou un avant-toit.

TEXTE RÉGLEMENTAIRE

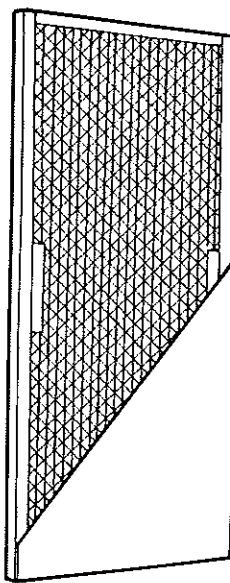
DTU 36.1 : Menuiseries en bois.

RÉPONSE

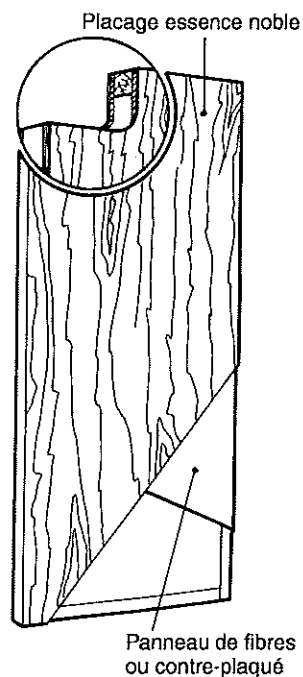
Une porte plane est composée essentiellement d'une âme, d'un cadre et de deux parois.



Porte à âme alvéolée en lamelles de bois massif



Porte à âme alvéolée du type nid d'abeilles. (Doc. Mescle)



Porte à âme pleine en panneau de fibres ou contre-plaqué de particules. (Doc. Mescle)

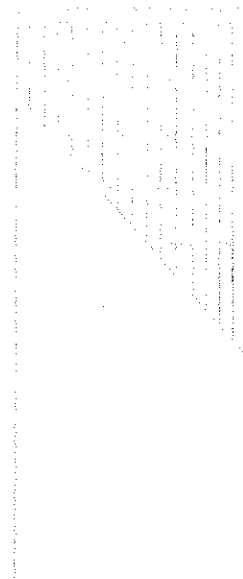
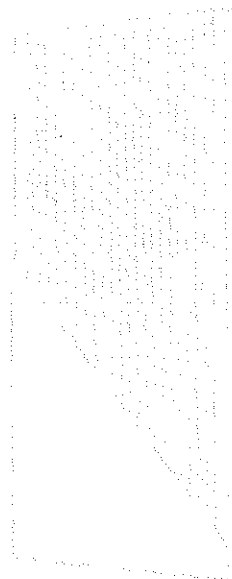
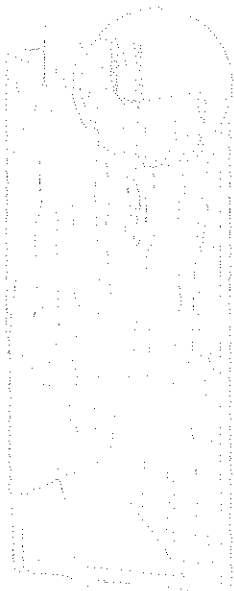
Cet ensemble forme un objet bilame. Si l'une des parois a une variation dimensionnelle différente, la porte se déforme. En hiver, l'humidité est plus importante et la température est plus basse à l'extérieur qu'à l'intérieur. Le bois de la face externe est plus humide. Cette augmentation de l'humidité du bois engendre une augmentation des dimensions de la face externe.

L'origine du retrait et des déformations sont décrits dans la fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles.

Le DTU 36.1 Menuiseries en bois précise que l'utilisation de portes planes de type intérieur ouvrant directement sur la façade extérieure de la construction est interdite.

La seule solution possible est de changer la porte.

- Elle ouvre sur la façade extérieure : il est indispensable d'employer une porte extérieure.
- Elle sépare des locaux chauffés et non chauffés : une porte palière est nécessaire car les vantaux sont beaucoup plus stables. Les conditions hygrothermiques différentes des ambiances qu'elle sépare n'entraîneront pas de déformations excessives.





RACINES D'UN RÉSINEUX

Effet des racines d'un résineux sur une chaussée

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Dans un ensemble résidentiel en bordure du Golfe du Morbihan, une chaussée de desserte accuse un gonflement très important du revêtement susceptible de causer des accidents aux piétons et aux véhicules.

CAUSE PROBABLE

Ensemble construit sur un sol granitique irrégulier avec une très faible couverture de terre végétale.

Le « cloquage » se trouvant à l'aplomb d'un « résineux » à fort développement est dû en toute vraisemblance à l'action d'une racine importante venant chercher l'humidité nécessaire à la croissance de l'arbre.

REMEDE

Vérifier cette hypothèse par réfection du revêtement et action éventuelle sur la racine « responsable ».



Gonflement du revêtement d'une chaussée (effet de racine). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

ANALYSE DES RÉSULTATS



ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE



ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE



Question/Réponse

RENFORCEMENT DES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

Procédés utilisables

QUESTION

Quel est le principe du renforcement des structures en béton ? Domaine d'emploi, techniques utilisées, avantages et inconvénients ?

RÉPONSE

Le renforcement des structures en béton armé est parfois rendu nécessaire par suite :

- d'une augmentation de la capacité portante d'une structure principalement au niveau des poutres, par exemple par l'augmentation des charges d'exploitation d'un plancher ou d'une zone de plancher ;
- d'une faiblesse localisée d'un élément porteur par suite d'une erreur de calcul d'une insuffisance de ferrailage ou d'une mauvaise mise en œuvre :
 - qualité insuffisante du béton ;
 - position incorrecte des armatures ;
 - erreur de ferrailage, etc.
- de la modification de la structure porteuse :
 - suppression de continuité d'où augmentation du moment en travée ;
 - création d'une trémie ;
 - apport d'une charge concentrée importante (mur sur dalle, poteau à reprendre, etc.).

La décision de renforcer passe obligatoirement par une vérification des dispositions existantes et des calculs justificatifs avec sondages éventuels ou détermination des aciers tendus existants et de leur position exacte.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

- *augmentation des sections existantes par ajouts d'armatures* autour de la pièce à renforcer et mise en œuvre d'un béton projeté ;
- *reprise de l'élément à renforcer par une structure métallique* (poutre + poteaux : portique) complémentaire ;
- *procédé Lhermite* (du nom de son inventeur) breveté mais tombé dans le domaine public. Ce procédé consiste à mettre en place autour de la section (de poutre) à renforcer une tôle façonnée en U collée avec une résine époxy, c'est-à-dire dans la zone tendue, pour laquelle les armatures existantes sont insuffisantes. Pour les dalles, la tôle est collée en sous-face des zones à renforcer ¹⁾.

Les zones comprimées sont rarement défaillantes du fait que le moment de flexion maximal se situe dans la zone centrale des pièces fléchies pour laquelle la section comprimée est celle d'un T.

1) Épaisseur des tôles : 3 mm en général.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Cette technique nécessite une application par des spécialistes avec :

- une préparation adéquate de la tôle par sablage et protection anticorrosion ;
- une préparation de la surface du béton par sablage, ponçage et mise en planéité afin que l'épaisseur du film de colle soit compatible avec les capacités de déformation (avant pose) de la tôle façonnée.

Le procédé par tôles collées permet de renforcer les zones insuffisantes au point de vue traction (armatures de traction de section trop faible) et au point de vue effort tranchant (par les faces verticales dans les zones d'appuis).

Cette opération de renforcement nécessite des étalements pendant toute la durée de polymérisation de la colle époxy à une température donnée.

La section de la poutre renforcée par ce procédé est très voisine de la section initiale (cf. Remarque).

L'inconvénient majeur est le manque de résistance de la colle pour des températures relativement faibles ($< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Une autre technique découlant du procédé Lhermite consiste à remplacer la tôle façonnée par la mise en œuvre d'un *tissu en fibres de carbone*, collé selon le même principe autour des sections à renforcer.

La mise en œuvre, plus simple, ne nécessite plus de préparation du matériau de renforcement mis en œuvre *in situ*.

La préparation du support béton est moins stricte et supporte quelques irrégularités de faible importance. Les étalements de la poutre existante ne sont plus nécessaires, vu le faible poids du renforcement.

En revanche, l'inconvénient majeur, en dehors du problème de la température critique pour la colle correspond au fait que ce type de renforcement ne convient que pour les zones tendues et qu'on ne peut renforcer les zones présentant une résistance insuffisante à l'effort tranchant.

Remarque

Les tôles doivent avoir une épaisseur adaptée au renforcement envisagé. Les épaisseurs $> 3\text{ mm}$ correspondent à des éléments trop raides qui peuvent soumettre le collage à des efforts de traction correspondant à un effet de « ressort » préjudiciable à la tenue dans le temps de l'ensemble renforcé.

D'autre part, lorsque la poutre à renforcer présente une flèche, il y aura lieu, dans la mesure du possible, de la redresser à l'aide de vérins. Les fissures éventuelles doivent être injectées afin de reconstituer le monolithisme de la pièce et assurer la protection contre la corrosion des armatures.

Toutefois, si la déformation résulte du fluage du béton, le redressement ne sera guère possible car le phénomène est irréversible et l'opération nécessiterait de développer des efforts considérables. Dans ce cas, la seconde méthode par résine armée est plus adaptée.

La mise en œuvre de ces procédés nécessite l'intervention d'entreprises spécialisées. Une norme (NF P 95-105 - Ouvrages d'art, réparation et renforcement par armatures passives additionnelles) est en projet (parution indéterminée).



REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ AUTOPROTÉGÉ (PAR FEUILLE MÉTALLIQUE)

Dégradation de l'autoprotection

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Certaines toitures, notamment les toitures courbes (photo 1) reçoivent directement les revêtements autoprotégés par feuille métallique aluminium (épaisseur 8/100^e mm).

Cette feuille est fragile et subit les altérations résultant des actions mécaniques (circulation principalement) et du vieillissement.

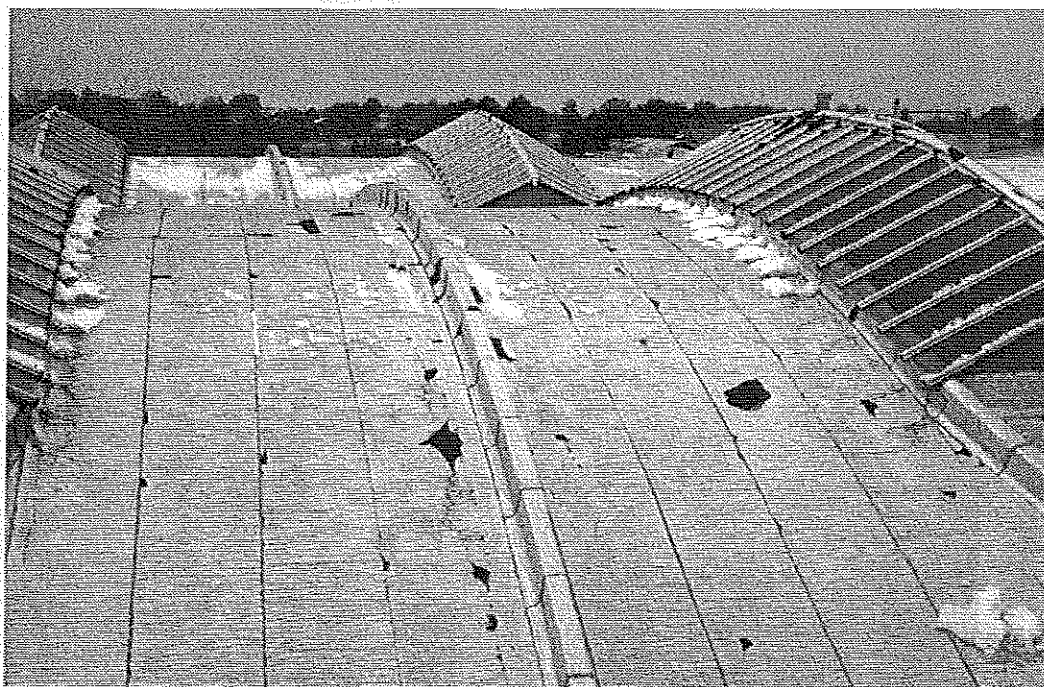


Photo 1 : Voûtes revêtues d'une chape de bitume armé autoprotégé (feuille alu). Défauts de surface.
© J. Putatti

Les désordres correspondent :

- à des déchirures de la feuille de protection ;
- des décollements, plis résultant généralement des mouvements différentiels entre la feuille bitumineuse et la protection. Ce type de défaut (plis) ne concerne que les anciennes feuilles. Les matériaux actuels sont de type thermostable (TV-Th). La feuille aluminium est gaufrée pour compenser les dilatations différentielles (NF P 84-316) ;
- des arrachements ou décollements situés généralement près des lisières de feuilles, ou au droit d'anciens plis (photos 2 à 6).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

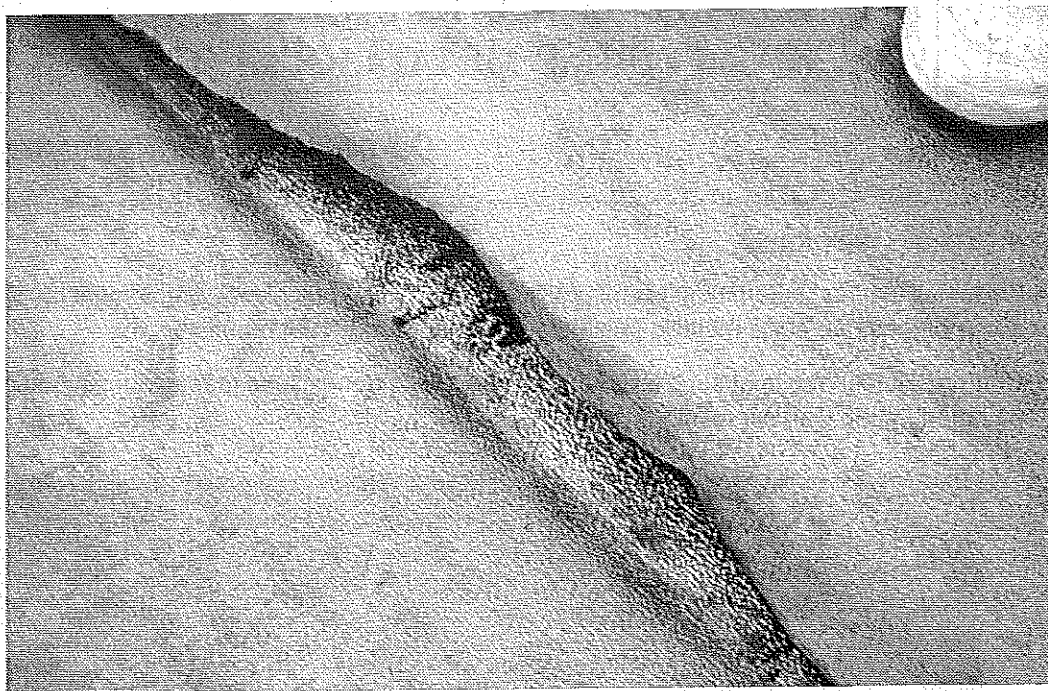


Photo 2 : Décollement de l'autoprotection en lisière de feuille. Défaut de fabrication ou de pose. Toiture en Suède. © J. Putatti

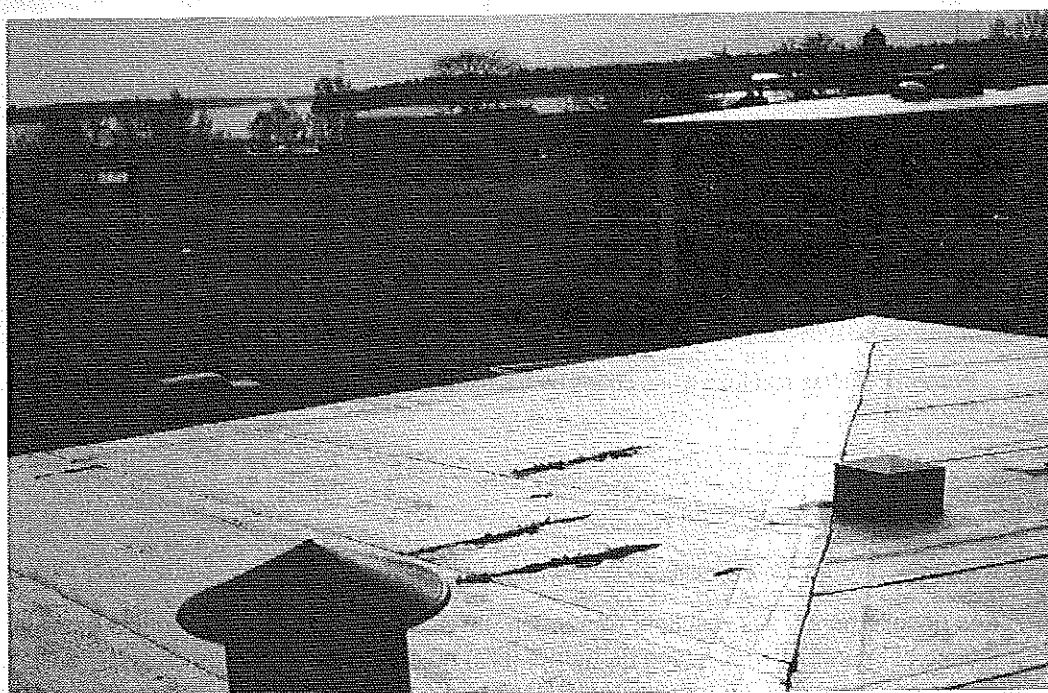


Photo 3 : Arrachement de l'autoprotection métallique sur une toiture en Suède située dans une zone de lacs (visibles à l'horizon). Action des oiseaux marins (Uppsala - Nord de Stockholm). © J. Putatti



Photo 4 : Arrachement de l'autoprotection métallique provoqué par les oiseaux marins (toiture en Suède), au droit d'un pli et d'une lisière de feuille. © J. Putatti

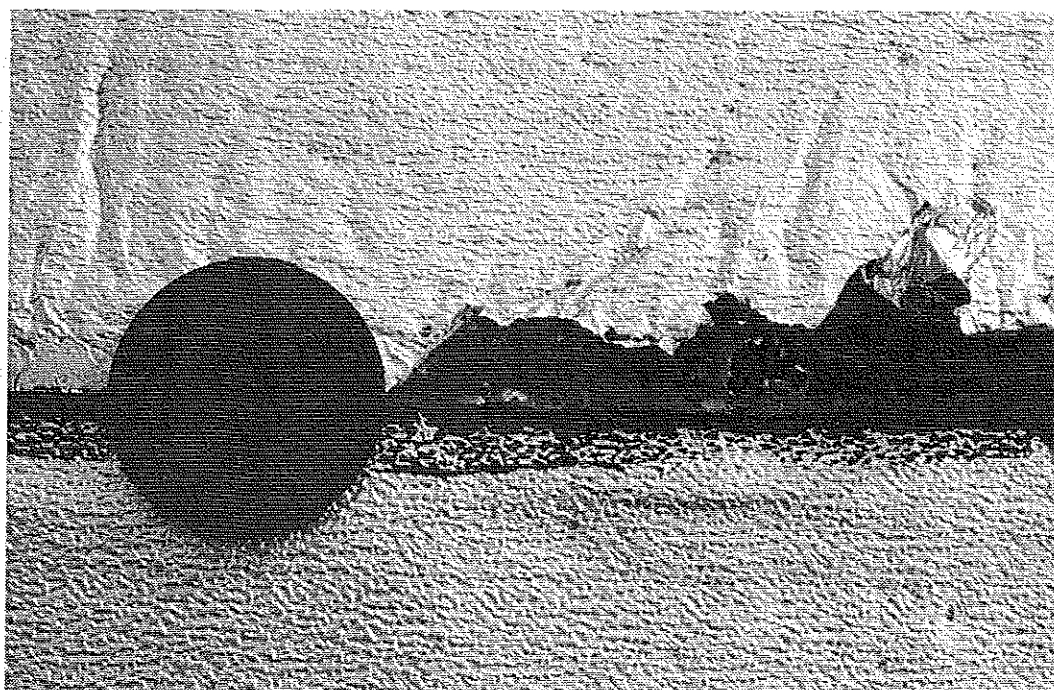


Photo 5 : Décollement puis arrachement de la feuille métallique de protection en lisière provoqué par les oiseaux (échelle : diamètre = 52 mm). Toiture en Suède.
L'autoprotection métallique des feuilles d'étanchéité ne correspond pas à une fabrication française.
© J. Putatti

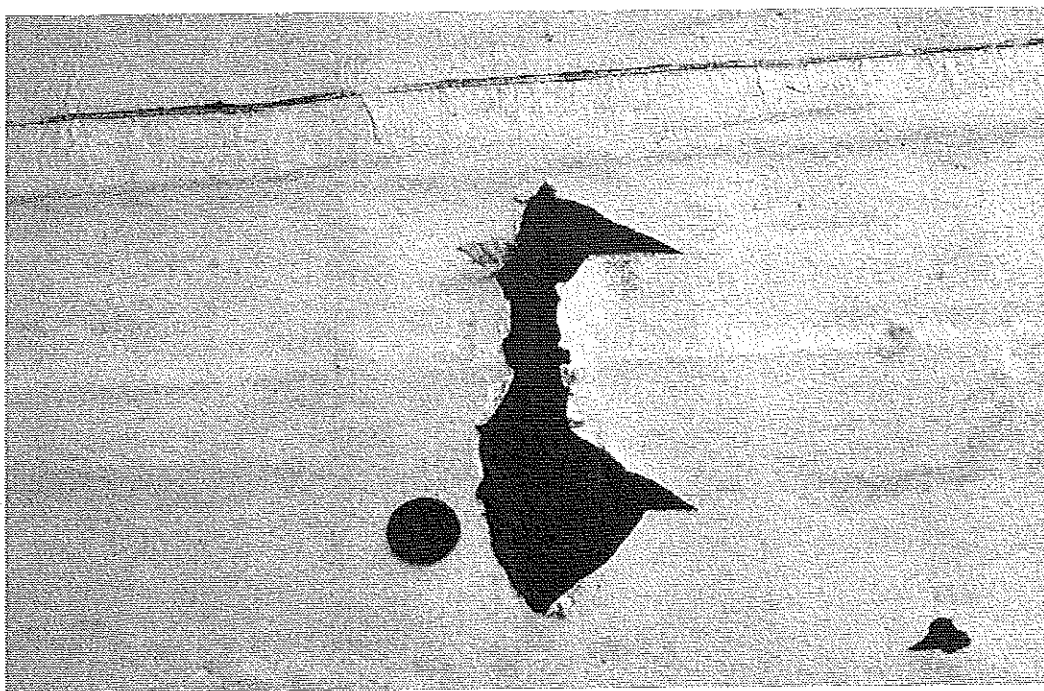


Photo 6 : Dégradation importante de la protection métallique de la feuille d'étanchéité, causée par les oiseaux marins (longueur 0,35 m environ). Toiture en Suède. © J. Putatti

Les arrachements sont souvent créés par l'action des oiseaux marins (mouettes et autres).

La brillance des revêtements sous l'effet du rayonnement solaire et les effets du miroitement des surfaces souvent ponctuées de rétentions d'eau attirent l'attention des oiseaux (eau douce, leurre poissons, etc.).

CONSÉQUENCES

La disparition de l'autoprotection métallique fait apparaître le bitume de la feuille qui, soumis à l'action du rayonnement UV va subir un vieillissement plus rapide. Les effets de décollement ne peuvent que s'accroître avec l'action conjuguée de l'eau et du vent.

Remarque

Les chapes de bitume armé à autoprotection métallique ne sont utilisées qu'en relevés. En France, elles doivent répondre aux spécifications de la norme NF P 84-316.

Pour les parties courantes, l'autoprotection est de type minéral (granulés colorés).



REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ AUTOPROTÉGÉ (PAR GRANULÉS MINÉRAUX)

Dégradation de l'autoprotection

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Un type de dégradation de l'autoprotection par granulés minéraux d'un revêtement d'étanchéité a été constaté sur une toiture neuve soumise à la visite d'oiseaux marins ou vivant à proximité des grandes étendues d'eau.

Le cas présenté se situe sur une grande surface de toiture (25 000 m²) située au Canada à Montréal (province de Québec).

Les photos 1 à 4 montrent l'aspect et l'importance des dégradations.



Photo 1 : Aspect des attaques d'oiseaux (fientes de mouettes). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail de l'attaque (échelle : la clé $\approx 0,06$ m). © J. Putatti

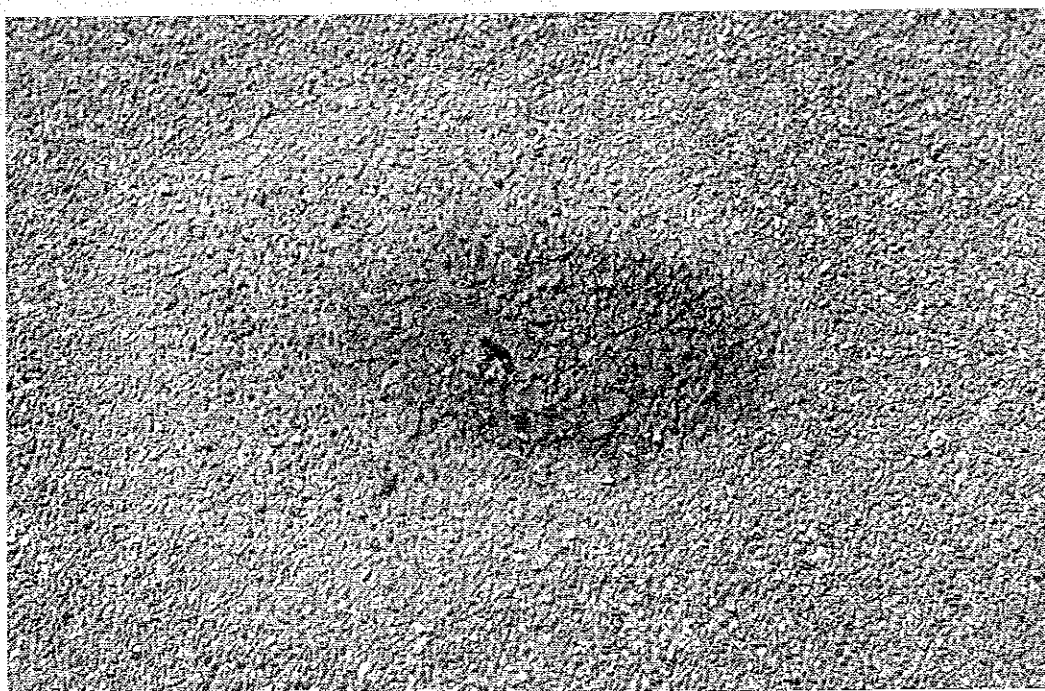


Photo 3 : Détail d'une autre attaque un peu plus ancienne (atténuation de la couleur sur les bords).
© J. Putatti



Photo 4 : Autre type plus étalé. Une partie correspond à une attaque profonde (échelle : stylo = 0,14 m). Un os d'oiseau a été trouvé à proximité du désordre. © J. Putatti

Ces dégradations sont de couleur noire et particulièrement repérables sur les toitures de couleur claire (rouge-brun).

Les surfaces dégradées sont de l'ordre de 50 à 100 cm² et concernent l'autoprotection proprement dite, mais également l'épaisseur du revêtement bitumineux (bitume élastomère d'origine française) dans la première couche du complexe d'étanchéité.

CAUSE DES DÉSORDRES

Cette terrasse est visitée en permanence par les mouettes du Saint-Laurent proche. Il semble qu'avec le temps et le délavage par la pluie, il y a atténuation de la dégradation. Cependant, les points d'attaque laissent apparaître le bitume constituant le revêtement, l'autoprotection étant détruite ou inefficace dans la zone d'attaque. De ce fait, le vieillissement du revêtement est accéléré. Seuls des prélèvements pour essais en laboratoire permettraient d'étudier l'action réelle en profondeur.

Ce type d'attaque peut survenir en France sur les toitures à revêtement autoprotégé situées dans les zones exposées (bâtiments près des côtes, des fleuves à leur embouchure et dans les ports).



Il y a eu une certaine dégradation de l'autoprotection de la part de la firme.

Il y a eu une certaine dégradation de l'autoprotection de la part de la firme.

Il y a eu une certaine dégradation de l'autoprotection de la part de la firme.

Il y a eu une certaine dégradation de l'autoprotection de la part de la firme.

Il y a eu une certaine dégradation de l'autoprotection de la part de la firme.

Il y a eu une certaine dégradation de l'autoprotection de la part de la firme.



Synthèse

REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ ET PROTECTION INADAPTÉS

Toiture courbe - Hangar d'aviation

EXAMEN D'UN CAS CONCRET (photos 1 à 3)

Un hangar d'aviation de grande surface destiné à la maintenance des gros porteurs comporte une toiture courbe constituée d'une voûte convexe raccordée à deux voûtes concaves.



Photo 1 : Chêneau central du hangar (vue partielle). L'eau est collectée par les voûtes concaves (zone sans retombée) et tombe de plus de 1 m sur le revêtement d'étanchéité autoprotégé par feuille d'aluminium (bitume armé 40) pour s'évacuer par des avaloirs. © J. Putatti

Le hangar est formé de deux ensembles de trois voûtes disposés de part et d'autre d'un chéneau central de grande largeur et de manière dissymétrique (photo 2).

Les eaux de cette toiture établie sur une charpente en fermes de lamellé-collé supportant des TAN (tôles d'acier nervurées) supports de panneaux isolants et d'un complexe d'étanchéité autoprotégé par une feuille d'aluminium, sont collectées de la façon suivante :

- la rive extérieure de la voûte convexe évacue la demi-voûte correspondante sur un chéneau latéral (photo 2) ;
- les deux voûtes concaves évacuent par le fil d'eau (zone centrale sans retombées) vers le chéneau central.

L'eau tombe dans ce dernier en cascade lors des fortes pluies par l'intermédiaire d'une bavette (photo 3). Ces zones reçoivent donc en plus du débit important, un effet dynamique qui est défavorable à l'autoprotection du revêtement de chéneau, d'autant que l'action dynamique est directe sans amortisseur tel qu'une couche de gravillons ou des dalles en béton léger.

L'absence de cette « protection » ou amortisseur résulte du poids supplémentaire qui serait imposé à la charpente présentant de grandes portées (de l'ordre de 80 m).

D'autre part, les tolérances d'exécution et les déformations inévitables ne pourront empêcher les stagnations avec pour conséquence le vieillissement prématuré du complexe d'étanchéité.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

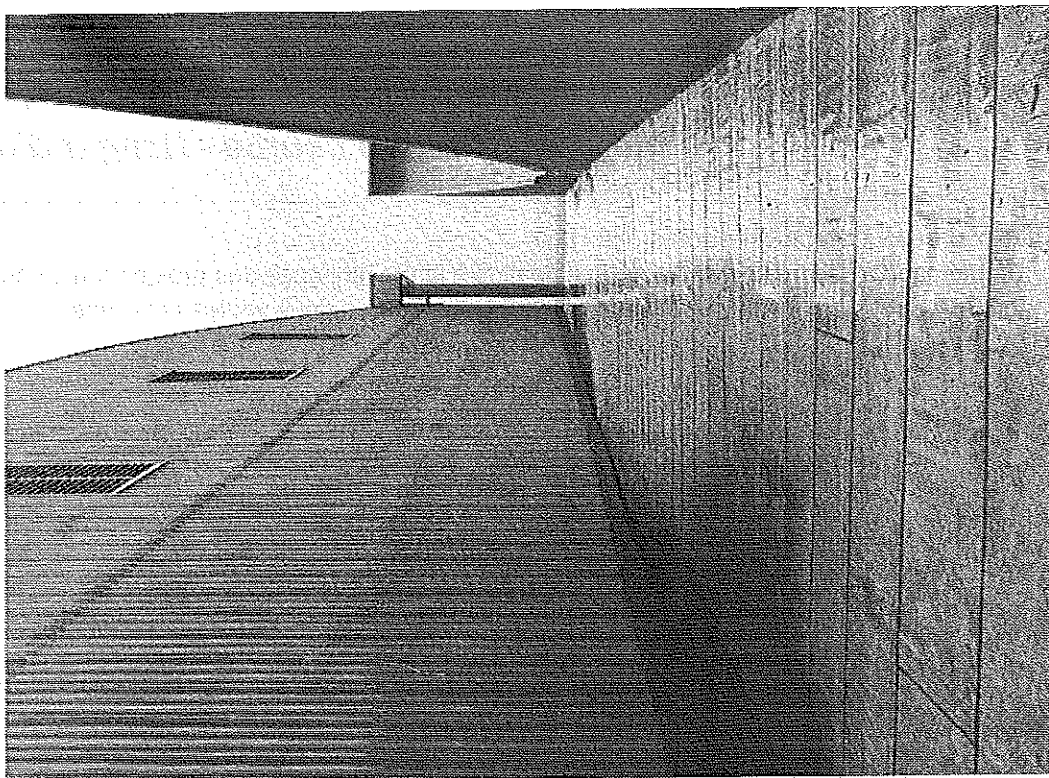


Photo 2 : Chêneau central. La voûte convexe (côté gauche) évacue (pour la 1/2 voûte côté extérieur) sur un chêneau (cf. embout avec descente verticale). Les voûtes concaves évacuent sur le chêneau central par des cascades au droit de leur fil d'eau. Noter l'accumulation de l'eau dans la zone centrale côté voûte convexe résultant de la déformation de la charpente. © J. Putatti

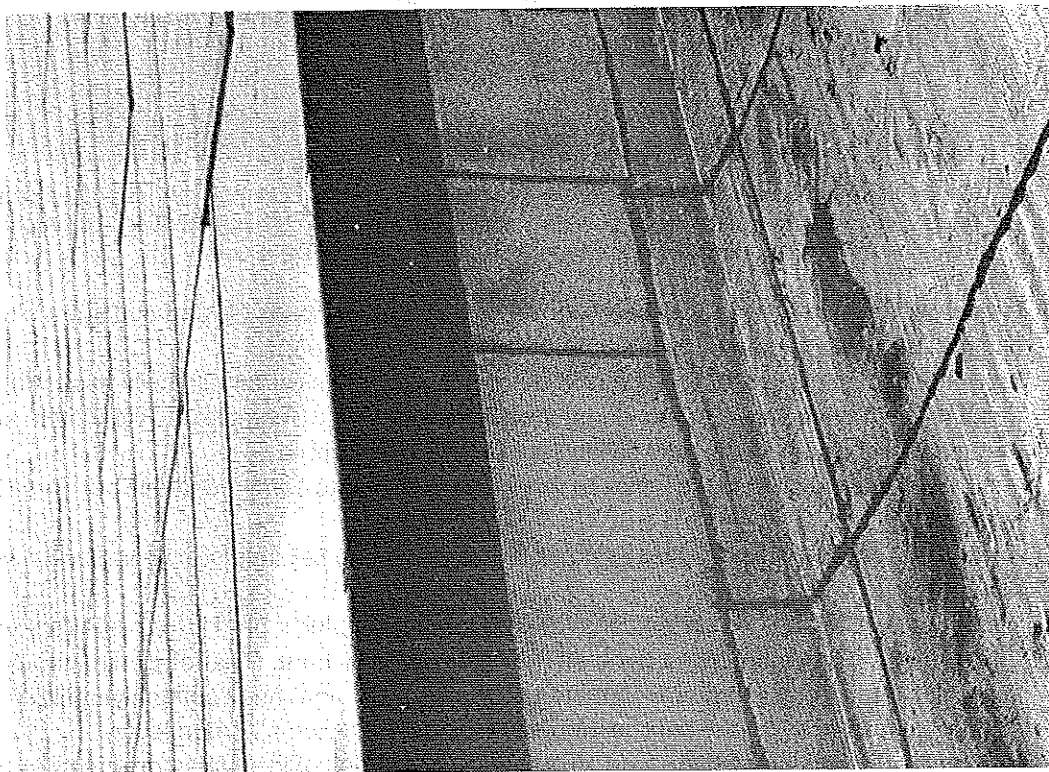


Photo 3 : Détail zone centrale voûte concave. L'eau collectée dans la zone centrale de la voûte tombe en cascade sur plus de 1 m de hauteur. Aucune protection sur le chêneau autre que le revêtement autoprotégé qui présente un creux au droit de la bavette (tassement de l'isolant). © J. Putatti



Question/Réponse

REVÊTEMENT DE FAÇADE

Enduit en ciment blanc

QUESTION

Peut-on réaliser un enduit de façade en ciment blanc sur toute son épaisseur ?

RÉPONSE

En premier lieu, cette exigence est irréaliste. En effet, les enduits en ciment blanc exécutés traditionnellement en 3 couches (gobétis, corps d'enduit, couche de finition) sont d'un coût prohibitif.

D'autre part, ces enduits ont tendance à fissurer, proportionnellement plus que les enduits courants à base de liants hydrauliques.

La solution consisterait à procéder comme suit :

- réaliser une première couche mince dite d'accrochage ou gobétis (5 mm d'épaisseur) avec un CPA fortement dosé (500 à 600 kg de ciment par m³) ;
- appliquer une seconde couche ou corps d'enduit plus épais (10 mm environ) avec un CPA ou un CPA avec de la chaux ou du 861 Lafarge prévu pour ce type d'emploi. Le dosage sera de l'ordre de 400 à 500 kg de liant par m³. Cette couche, constituant le corps de l'enduit, est talochée en conservant un aspect rugueux pour permettre l'accrochage de la couche de finition ;
- cette dernière appliquée 8 à 15 jours plus tard, selon les conditions climatiques, présente une épaisseur de 5 à 8 mm ;
- elle est réalisée en ciment blanc avec un dosage de 350 kg/m³.

La bonne exécution d'un enduit traditionnel passe par le respect des conditions de mise en œuvre :

- éviter les périodes très chaudes ou très froides ;
- protéger les couches de la dessiccation, notamment la seconde couche ;
- appliquer la couche de finition après un délai de séchage et de durcissement effectué dans des conditions favorables (température, humidité de l'air, durée suffisante).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



(

(

(

(



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE FAÇADE

Enduit monocouche

QUESTION

Un enduit de façade monocouche peut-il être descendu jusqu'au niveau du sol extérieur ?

RÉPONSE

Considérations d'ordre technique

Il est rappelé ici que cette famille de produits « prêts à l'emploi », qui présente une très grande variété, a fait l'objet pendant de nombreuses années d'une procédure d'ATec (Avis technique). Actuellement, cette procédure a été remplacée par celle de la certification des produits qui renvoie à une fiche technique établie par le fabricant et qui précise les conditions d'emploi et de mise en œuvre.

Le classement MERUC apparaît dans le certificat du CSTB avec marquage sur le sac d'emballage :

M (1 à 6) = masse volumique

E (1 à 6) = module d'élasticité

R (1 à 6) = résistance à la traction

U (1 à 6) = rétention d'eau

C (1 à 6) = capillarité

Le Cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en œuvre des enduits monocouches d'imperméabilisation de façade précise que les enduits de classe $M \geq 4$ et $C \leq 2$ sont applicables sur des parois enterrées.

Sur le plan technique, ces produits sont donc applicables jusqu'au niveau du sol extérieur (et même en partie enterrée) s'ils répondent aux deux conditions ci-dessus.

Considérations d'ordre esthétique

Les effets de rejaillissement de l'eau sur le sol (terre ou dallage) vont provoquer la salissure de la partie proche du niveau extérieur et plus particulièrement s'il s'agit de terrain naturel ou remblayé.

Les difficultés de nettoyage d'un parement gratté ne permettront pas d'obtenir une surface nette analogue à celle du parement courant.

En pratique, il est préférable de :

- remonter l'enduit extérieur de la partie enterrée sur au moins 0,20 à 0,30 m du sol ;
- raccorder l'enduit monocouche sur cet enduit traditionnel.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 26



REVÊTEMENTS DE FAÇADE

Fissuration anarchique de l'enduit d'imperméabilisation

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Un ensemble de petits immeubles R + 1, R + 2 a été construit avec des maçonneries porteuses constituées de blocs de béton cellulaire autoclavés hourdés au mortier-colle (joints minces).

Les murs ont ensuite reçu un enduit type monocouche « prêt à l'emploi » appliqué directement. L'ensemble de ces constructions a fait l'objet d'un sinistre quasi généralisé concernant l'enduit d'imperméabilisation confectionné à partir de liants hydrauliques.

Le désordre consiste en une fissuration anarchique (photo 1) de l'enduit sous forme d'un réseau polygonal de fissures avec des décollements et « soufflages » de l'enduit notamment près des angles ou arêtes de mur (photo 2). Ce dernier type de désordre se produit par exemple lorsque des têtes de mur non étanchées par le dessus (plaque ou couverture en zinc) laissent pénétrer l'eau.

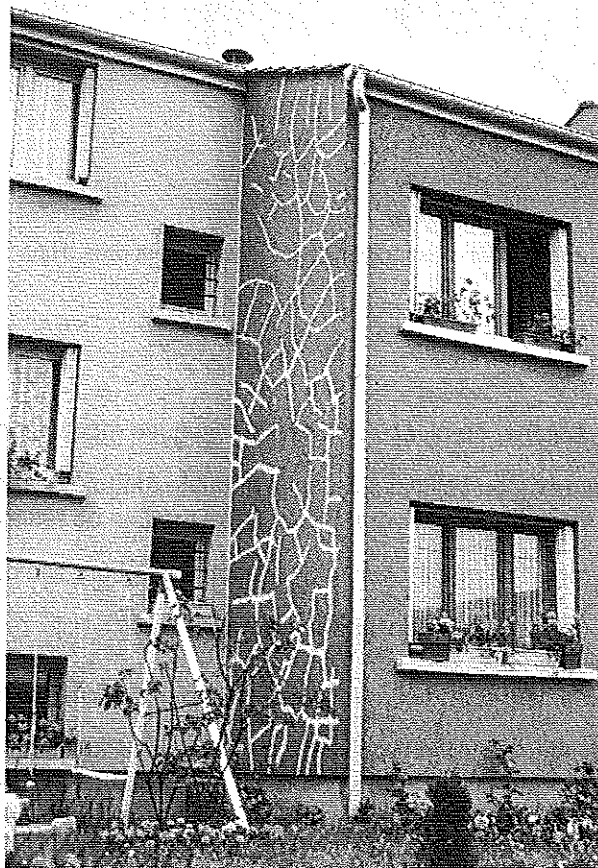


Photo 1 : Vue caractéristique du désordre d'enduit réparé de manière « décorative ». © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

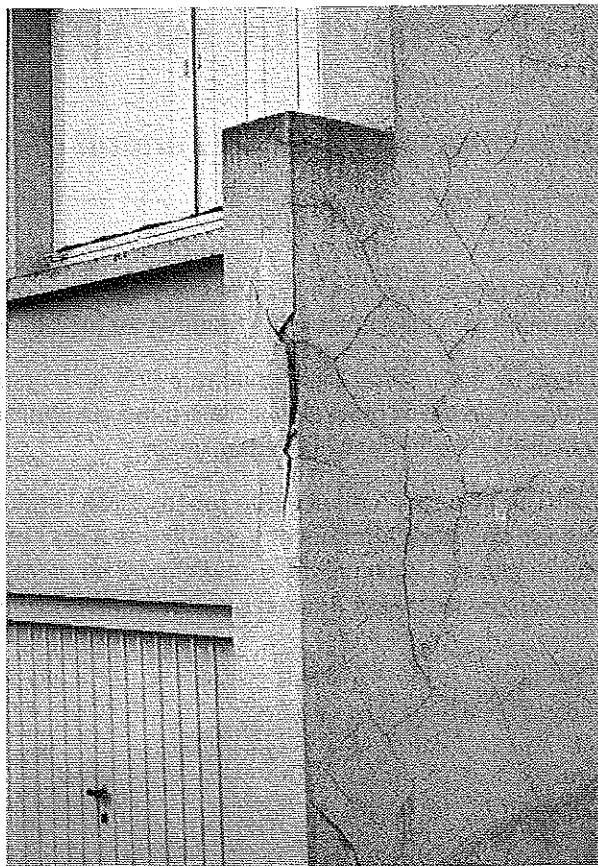


Photo 2 : Détail fissurations avec décollement près d'une arête. © J. Putatti

CAUSES

Les causes sont à rechercher au niveau des caractéristiques mécaniques :

- du support en blocs de béton cellulaire autoclavé (faible module de résistance) ;
- de l'enduit mince à base de liants hydrauliques à fort module de résistance.

Les phénomènes de retrait se manifestent d'une façon exceptionnelle compte tenu :

- de la faible épaisseur de l'enduit appliqué en une seule couche ;
- de sa richesse en liant ;
- de la dessiccation rapide de l'enduit par l'importance des surfaces et la porosité du support.

Les effets de retrait sont tels qu'ils produisent une sorte de réticulation par effet bilame et que les contraintes d'adhérence sur un matériau poreux et peu résistant (faible module) n'arrivent pas à compenser.

L'enduit appliqué est incompatible avec ce type de support.

D'autre part, la conception des supports doit permettre d'éviter que des enduits (fissurables) assurent l'étanchéité de parties horizontales (photo 2).

Ce type de sinistre survenu il y a quelques années ne devrait plus se reproduire. Les maçonneries porteuses massives en blocs de béton cellulaire peuvent recevoir des enduits « prêts à l'emploi » spécialement adaptés à ce type de matériau et tenant compte des caractéristiques physiques et mécaniques particulières. Les enduits prêts à l'emploi sont définis par des Avis techniques qui précisent le domaine d'application (nature du support) et les conditions de mise en œuvre.

Cette procédure a été remplacée par celle de la certification CSTBat pour les enduits monocouches depuis 1993.

L'évaluation technique préalable à l'obtention du certificat reprend les méthodes éprouvées dans la procédure d'Avis technique. Seules les modifications de formulation du produit donnent lieu à une révision du certificat.

1. Les fissures de l'enduit d'imperméabilisation sont dues à la mauvaise qualité de l'enduit.

2. Les fissures de l'enduit d'imperméabilisation sont dues à la mauvaise qualité de l'enduit.

3. Les fissures de l'enduit d'imperméabilisation sont dues à la mauvaise qualité de l'enduit.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE FAÇADE

Plaques de pierres minces attachées

QUESTION

Qu'est-ce qui provoque des fissurations, des éclatements, des scellements défectueux de plaques de pierres minces attachées ?

RÉPONSE

Problème

La pathologie de ce type de revêtement reste actuelle malgré l'existence de textes normatifs (DTU 55-2). Il y a lieu de distinguer le type de pose :

- traditionnel ancien, pratiquement plus utilisé correspondant au système « agrafe + polochon » ;
- moderne et général par attaches scellées au mortier dans le support ou fixées mécaniquement par chevilles à expansion.

Désordres

Les désordres constatés les plus courants sont les suivants :

- la fissuration des plaques dues à la mise en contrainte par manque de liberté par rapport au support (polochon trop rigide ou continu sous plusieurs plaques, absence de joint, support constitué de matériaux différents). Le cas le plus fréquent correspond à une pose sur une maçonnerie de remplissage de structure en béton armé ;
- le scellement défectueux (manque d'adhérence par retrait du mortier, humidification insuffisante du support) ;
- le mauvais agrafage dans les plaques (éclatement de la pierre au droit de la pénétration de l'agrafe sur la tranche de dalle).

Différents facteurs interviennent :

- la mise en charge des dalles par insuffisance de liberté des plaques ;
- les effets thermiques (rayonnement solaire) ;
- l'influence de la couleur de revêtement : les pierres foncées (vert foncé, gris foncé...) correspondent à des températures de surface importantes ;
- la présence d'une lame d'air derrière les plaques pouvant éviter l'accumulation des calories ;
- pour les poses avec polochons, la position de ces derniers : ils ne doivent pas être continus sous plusieurs dalles (disposition difficile à réaliser). C'est la raison principale qui a fait abandonner ce type de pose au profit de la pose « attachée » ;
- l'absence ou l'insuffisance de joints de fractionnement horizontaux, ...

Étude d'un cas : pose agrafée avec polochons

Les désordres sont survenus en période décennale 4 ans après pose des plaques sur trois façades (sur 4) d'un immeuble R + 11 (sinistre survenu dans les années 70 avant parution du DTU 55-2).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

• **Nature des désordres :**

- chute de plaques de pierres agrafées ;
- bombement et décollement de plaques ;
- risque d'accidents corporels graves.

• **Conception de l'ouvrage :**

- plaques de dimensions suivantes : largeur : 0,44 m, hauteurs : 0,32 à 0,58 m, épaisseur : 0,03 m ;
- joints de 0,005 m entre dalles remplis au mortier de ciment. Joints plastiques horizontaux tous les deux niveaux ;
- agrafes en laiton recuit 4 mm, à raison de 4 agrafes dans les chants verticaux des plaques ;
- scellement dans des murs en béton banché.

• **Causes des désordres :**

- nombreuses plaques d'épaisseur insuffisante (0,015 m) ;
- pierre ayant tendance au délitage ;
- oubli d'agrafes dans quelques plaques ;
- absence des joints plastiques tous les 2 niveaux sur une façade ;
- mise en compression des plaques par retrait et fluage des murs porteurs (immeuble R +11).

Remèdes (expertise judiciaire)

• **Reconstitution du revêtement avec plaques de 0,03 m d'épaisseur.**

- Scellement avec mortier amélioré.
- Création de joints plastiques sur toutes les façades.
- Création d'une lame d'air entre revêtement et murs.



REVÊTEMENTS DE FAÇADE

Principaux désordres des revêtements de façade en petits éléments rigides, scellés ou collés

La pathologie de ce type de revêtements adhérents concerne essentiellement :

- le comportement des matériaux scellés ou collés (tenue au gel, dilatation, gonflement à l'humidité) ;
- les produits de scellement ou de collage (mortiers-colles) ;
- l'interface support/mortier-colle.

Rappel :

Au point de vue de la codification technique, la pose de ce type de revêtement limitée à des éléments de petites dimensions s'effectue :

- par scellement au mortier (réf. DTU 55.1, édition 1979), pose traditionnelle ;
- par collage au mortier-colle, pose non courante soumise à la procédure des Avis techniques pour les mortiers-colles et leur application (cf. CPT du groupe spécialisé n° 13 publié en avril 1988 dans le cahier 2234 du CSTB).

CONDITIONS D'ADHÉRENCE

Les phénomènes d'adhérence sont liés à l'état de surface des matériaux à poser et aux supports, à leur siccité, ainsi qu'aux propriétés thixotropiques des mortiers de pose ou des mortiers-colles et de leur pouvoir de rétenteur d'eau (constitution ou mouillage).

Les matériaux sont souvent non lisses sur leur face de pose et les matériaux de pose sont étalés avec des spatules crantées pour les mortiers-colles.

Dans un premier temps, le produit de pose durcit et l'adhérence intervient tant que la « pégosité » (*tack* en anglais) ou propriété pour les corps poisseux de rester adhérents au support, intervient. Ceci suppose un support solide, homogène, propre et sec et une compatibilité chimique (absence de produit de décoffrage ou de ragréage...). La prise du ciment dans le cas du mortier ou du liant au mortier-colle se renforce dans toutes les aspérités et porosités de surface.

Par la suite, le revêtement est soumis aux différentes agressions climatiques (chocs thermiques, effet des températures...) et le plan de collage subit un vieillissement plus ou moins rapide :

- par fatigue mécanique (cycles de température provoquant dilatations ou retraites) ;
- par altération chimique due au lessivage par l'eau infiltrée dans le mortier-colle.

DÉSORDRES

Décollement, effondrement des revêtements et leurs conséquences (chutes des éléments souvent de grande hauteur, risques corporels).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES

1. Causes liées aux matériaux de revêtement

- Résistance au gel :
 - résistance du matériau de revêtement avant pose ;
 - résistance du système matériau de revêtement + couche de pose.

Différents facteurs interviennent : porosité faible mais suffisante pour permettre le séchage au mortier de pose, dimensions des joints et choix du produit de rejointoiement (désordres différés).

- Dilatation et gonflement à l'humidité concernant surtout les matériaux poreux tels que les terres cuites, céramiques, etc.

2. Causes liées aux produits de scellement ou de collage (mortiers-colles)

Les mortiers à base de liants hydrauliques adjuvantés préparés sur le chantier sont de moins en moins utilisés. Ils ont été remplacés par des produits « prêts à l'emploi ».

Causes imputables :

- mauvaise adhérence : surface non propre, défaut de mouillage, grillage par température trop élevée ;
- matériau de revêtement de porosité $\leq 5\%$ posé sans double encollage ;
- dimensions des éléments non respectées (éléments trop grands ou trop lourds) – cas des pierres ;
- céramiques vitrifiées, sans double encollage ;
- céramiques poreuses non ou mal humidifiées, posées par période chaude ou sur un support chaud (effet de grillage). Généralement le décollement intervient rapidement dans ce cas.

3. Défauts dans le corps du plan de collage

- Collage non homogène (épaisseur très variable de la couche de liaison). La vérification ne peut se faire qu'après le désordre (double encollage, mortier-colle cohérent ou non).
- Pose par temps de gel ou par période chaude.

4. Défauts à l'interface support et mortier-colle

- Planimétrie de surface nécessitant des épaisseurs de mortier-colle inégales (les tolérances admises sont faibles).
- Propreté des supports : le mouillage correct nécessite l'absence de poussières et d'humidité provenant du nettoyage ou de la pluie.
- Pour les vieux supports, il y a lieu de procéder préalablement à la reprise des zones dégradées ou hors tolérances. Les produits de ragréage doivent être compatibles avec les mortiers-colles.

5. Facteurs de vieillissement

- Cycles thermiques saisonniers et surtout journaliers sur les façades exposées S et SO. Éviter les revêtements de couleur foncée (gris, noir, vert foncé...).

- Cycles d'humidification (gonflement) et de séchage (retrait).
- Cycles gel/dégel.
- Cas des pierres minces collées : certaines peuvent présenter des gonflements importants lors de la reprise d'eau. Les marbres ne doivent pas être utilisés en pose collée.
- Cas des briquettes de parement : matériau poreux sensible à l'eau et à la température, susceptible de gonflement à l'humidité, de type irréversible.
- Produits peu poreux, émaillés : susceptibles de dilatations thermiques importantes, surtout s'ils sont de teinte foncée.
- Grès porcelaine : très peu poreux. La pose à joints minces de grands éléments présente de gros risques (décollements, cloquages, chutes...).
- Altération du plan de collage : la fatigue mécanique commence par altérer les joints entre carreaux donc l'étanchéité à l'eau du revêtement, puis les détruit par décohesion. L'eau pénètre alors dans les joints libres, circule dans le plan de collage qui comporte de nombreux vides, lessive les produits solubles du mortier-colle (coulures blanchâtres). Les décollements et chutes d'éléments se produisent ensuite surtout dans les zones de pluies fouettantes (arêtes, rives supérieures, appuis de baies, etc.).

DISPOSITIONS PRÉVENTIVES

- Préparation du support fondamentale et rigoureuse.
- Choix du produit de pose : respect du CPT au niveau climatique :
 - dimensions des joints ;
 - choix du produit de rejointoiement.
- Protection des points singuliers de la façade (rives exposées, acrotères, joints de dilatation, appuis de baies, joints de fractionnement, etc.).
Éviter la pénétration d'eau par les joints.
- Éviter les revêtements de couleur foncée, trop sensibles aux variations dimensionnelles en façades exposées.
- Éviter la pose scellée ou collée des pierres marbrières. À proscrire en grandes surfaces sur une grande hauteur en pose collée.



REVÊTEMENTS DE FAÇADE (RPE)

Désordre provoqué par défaut de raccordement de canalisation d'eaux usées

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Dans un immeuble ancien, les pièces de service (salles d'eau, cuisines) disposées en façade sur cour comportaient des évacuations d'eaux usées sous forme de colonnes verticales extérieures. L'une de ces colonnes traverse le mur arrière à un niveau intermédiaire (photo 1).



Photo 1 : Vue d'ensemble des désordres. © J. Putatti

La façade arrière récemment refaite avec un revêtement type RPE présente plusieurs zones dégradées (revêtement cloqué, taches brunâtres).

CAUSES

L'emplacement des zones dégradées correspond à la traversée des évacuations des installations sanitaires dans le mur arrière pour effectuer le branchement sur la colonne.

Des fuites résultant de la mauvaise qualité du raccordement (joint non étanche placé dans l'épaisseur du mur) se sont dispersées dans la maçonnerie du mur, (briques hourdées au plâtre) et dans l'épaisseur des enduits et autres ouvrages du branchement. Par la suite l'enduit plâtre étant saturé, l'eau s'est accumulée derrière le RPE en provoquant le cloquage de ce dernier.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Un examen détaillé des branchements a montré que certains aménagements avaient dû être effectués avant les travaux de ravalement (remplacement des éléments fonte par des éléments PVC). Néanmoins pour une canalisation (photo 2), le raccordement d'une évacuation d'évier en plomb était réalisé sur un coude à 1/8 en fonte à l'aide d'un mortier.

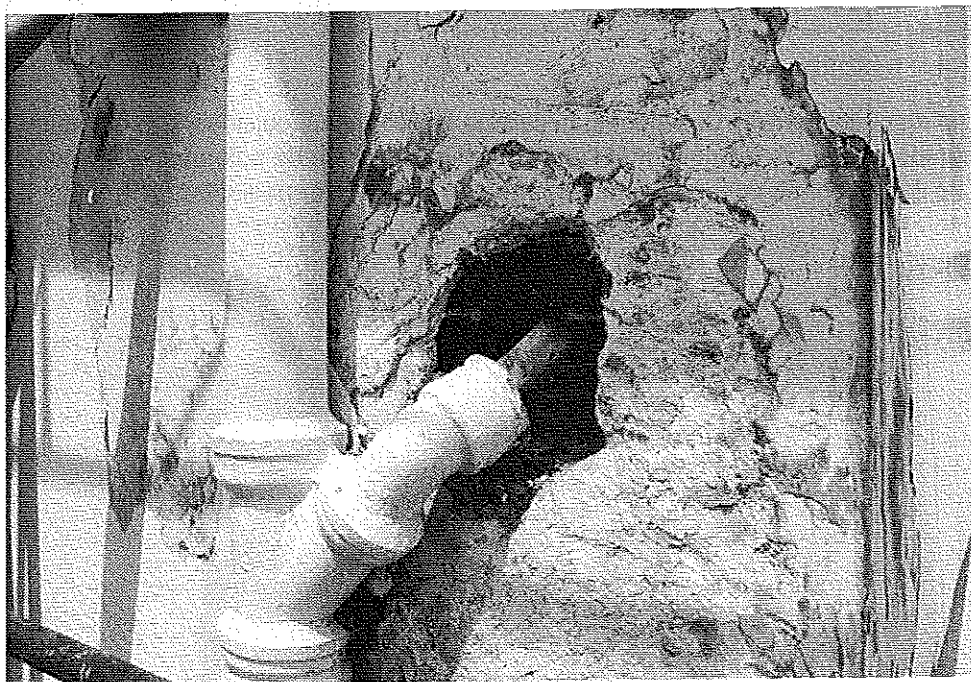


Photo 2 : Raccordement dans l'épaisseur du mur d'un raccord fonte (coude 1/8) avec tuyau plomb. © J. Putatti

En définitive, le branchement fuyard a été neutralisé et déplacé sur l'autre colonne (photo 3).

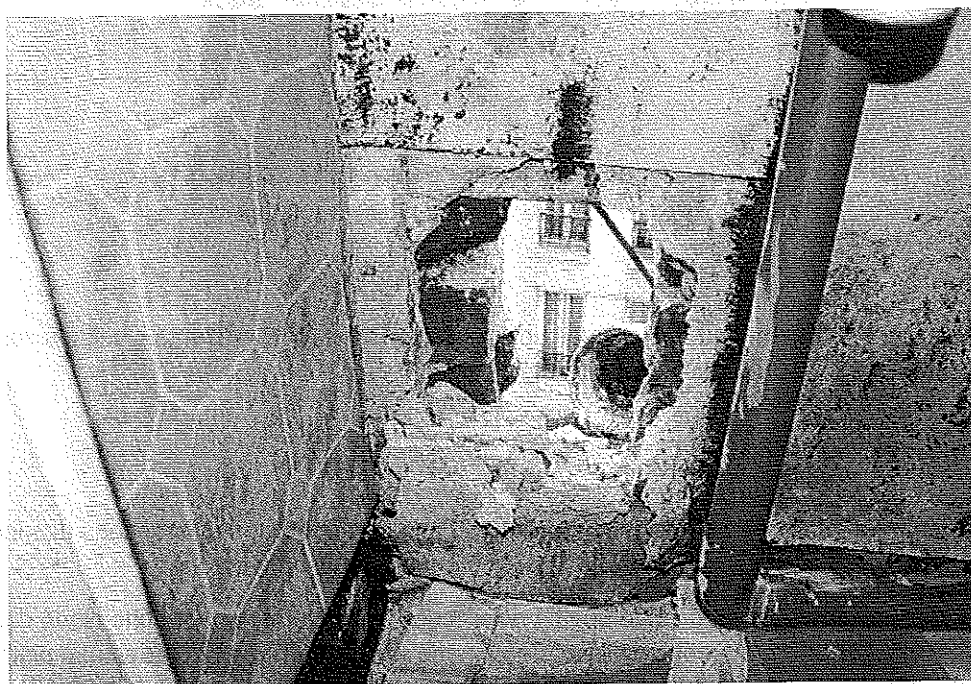


Photo 3 : Neutralisation du branchement fuyard ; évacuation par autre descente. © J. Putatti

Pour les autres zones dégradées, et par suite de modifications des installations intérieures, les évacuations par traversées ont été neutralisées et modifiées vers d'autres évacuations (photo 4). Pour l'ensemble de cette façade, le revêtement de façade RPE sur enduit plâtre a dû être entièrement refait.



Photo 4 : Modification de l'évacuation tuyau PVC ; raccord mortier spécial. © J. Putatti



REVÊTEMENTS DE FAÇADE EN CARREAUX DE TERRE CUITE

Décollement, chute des éléments

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Une façade revêtue d'éléments de terre cuite de forme rectangulaire allongée (dimensions 6 x 30 environ) a subi un décollement partiel (plusieurs mètres carrés) des éléments avec chute sur un terre-plein.

L'examen du support après décollement montre que les carreaux étaient collés chacun par deux plots. La rupture s'est effectuée de manière cohésive dans le plan de collage, le mortier-colle restant adhérent aux éléments. La trace des reliefs d'accrochage des carreaux est apparente sur le support dont l'aspect est relativement lisse (béton coffré, présence de petites bulles - photos 1 à 3).

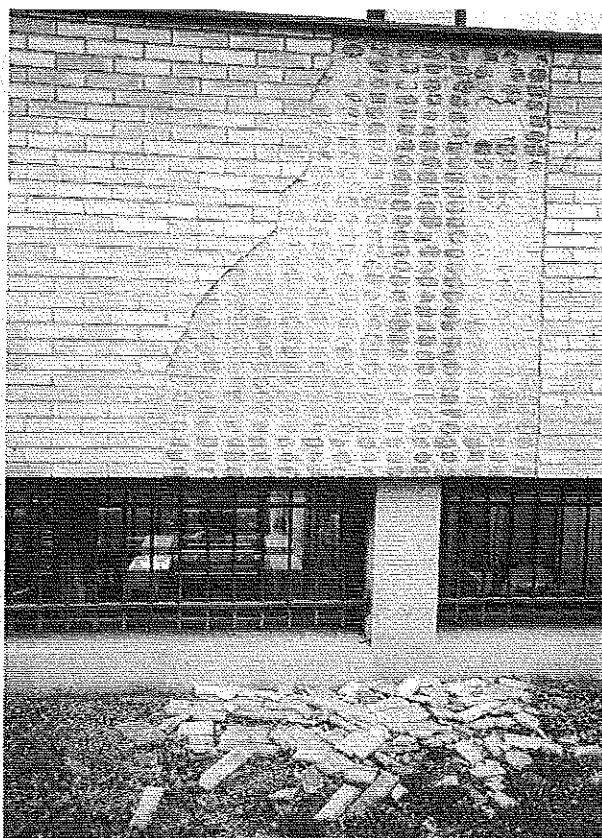


Photo 1 : Vue d'ensemble du désordre. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

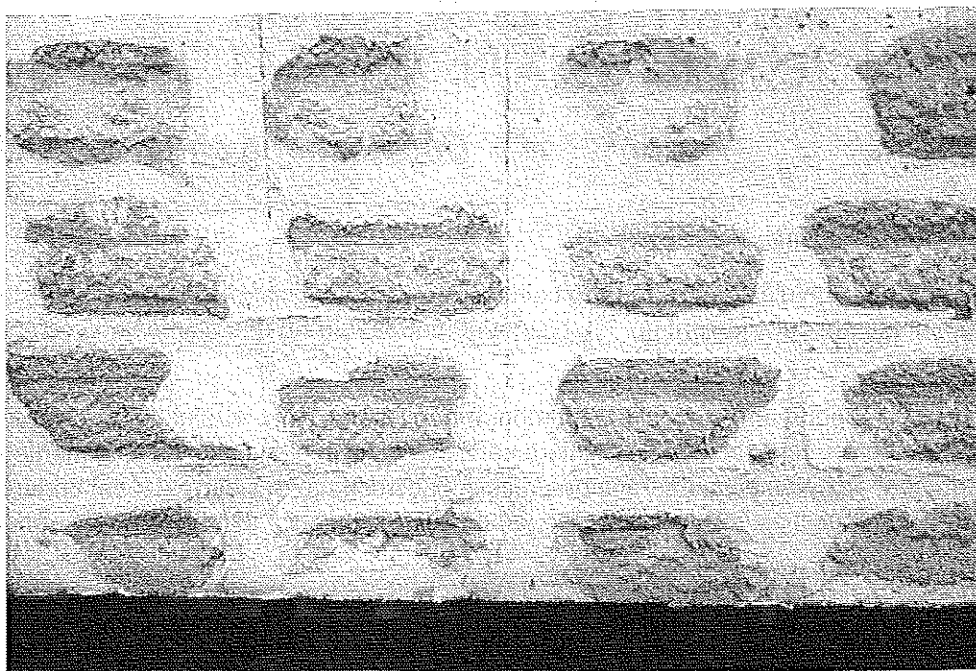


Photo 2 : Détail support (cf. aspect angle supérieur droit). © J. Putatti



Photo 3 : Détail éléments après décollement et chute. © J. Putatti

CAUSES

La nature du mortier-colle peut être mise en cause (préconisations d'emploi). Toutefois, la préparation de surface (béton lisse) a été insuffisante pour réaliser l'adhérence correcte.



REVÊTEMENTS DE FAÇADE ENDUIT

Cloquage et décollement

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Cas d'un immeuble à murs porteurs réalisés en blocs de béton cellulaire autoclavé, avec façades revêtues d'un enduit monocouche de couleur foncée (vert amande).

Le désordre se produit dans la zone de l'acrotère et immédiatement au-dessous du plancher-terrasse. Le décollement de l'enduit correspond au calepinage des éléments de maçonnerie (blocs pleins - photos 1 et 2).



Photo 1 : Ensemble façades ; désordres d'enduit appliqué sur maçonnerie en blocs de béton cellulaire. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail désordre enduit acrotère. © J. Putatti

Le cloquage de l'enduit est significatif sur la photo 2 au droit de deux blocs d'acrotère. Pour les autres l'enduit décollé s'est détaché sauf au droit des joints. Pour la façade en retour, le désordre concerne 3 à 4 rangs de blocs situés sous le chaînage.

CAUSES

Pour des raisons d'homogénéité des maçonneries de façade, les acrotères ont été réalisés comme les autres parties porteuses des façades en blocs pleins de béton cellulaire. Il n'y a pas de décollement de l'enduit monocouche dans la zone du plancher terrasse.

Le phénomène de décollement commence par un soufflage ou cloquage de l'enduit. Des infiltrations ont probablement lieu par le dessus des murs de façade et en particulier dans la zone des murets d'acrotère mais également au droit de trumeaux porteurs. L'eau infiltrée par le dessus de l'acrotère est bloquée au droit des baies par le plancher-terrasse. L'exposition solaire s'exerçant sur ces zones provoque des tensions de vapeur engendrant le cloquage de l'enduit puis son décollement et sa destruction. Au droit des trumeaux, le même phénomène se produit à des niveaux différents en fonction des cheminements dans la maçonnerie de blocs.



REVÊTEMENTS D'IMPERMÉABILISATION DE FAÇADE

Cloquage

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le cas présenté concerne un ravalement de façade d'un immeuble ancien sur enduit plâtre remis préalablement en état (réfections partielles). Le revêtement d'imperméabilité proposé par l'entreprise correspond à un type I3 (résines polymères fibrées - référence DTU 42.1, NF P 84-404).

L'application a été réalisée en période automnale et hivernale (novembre à février) tant en ce qui concerne les réfections partielles d'enduit plâtre que l'application du revêtement d'imperméabilité. Les constatations effectuées dans le cadre d'une expertise amiable ont eu lieu deux ans et demi après les travaux (photo 1).

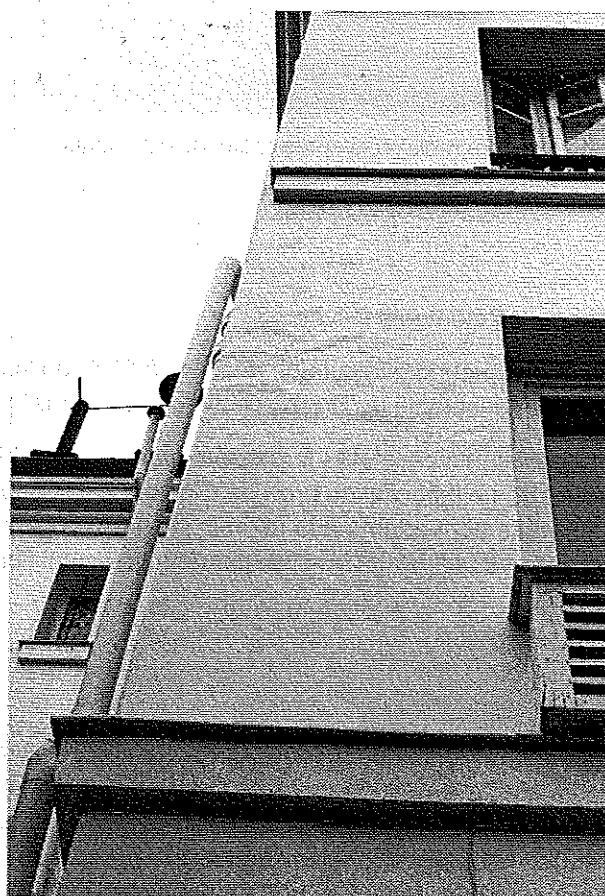


Photo 1 : Début de cloquage du revêtement. © J. Putatti

L'évolution du désordre conduit à effectuer de nouvelles constatations trois mois environ après les premières (photo 2).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

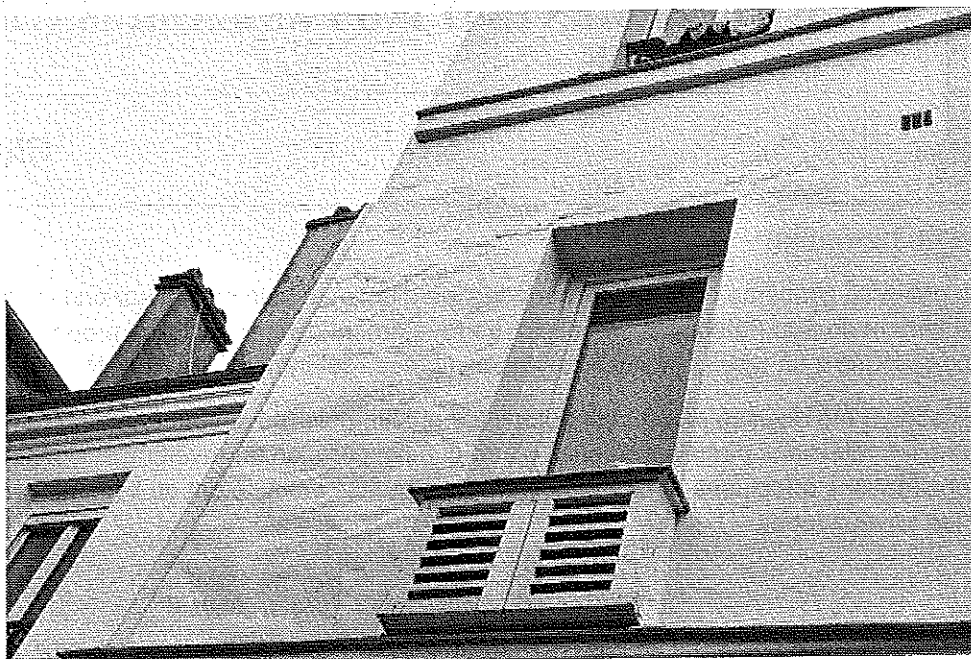


Photo 2 : Évolution du désordre (trois mois après photo 1). © J. Putatti

L'étude du dossier apporte les éléments suivants :

- Le devis retenu par la copropriété prévoyait une réfection à 60 % de la surface des enduits plâtre anciens et un traitement de l'ensemble de la surface avec un système I4 (étanchéité de façade).

En fait, l'état des plâtres existants constatés lors des travaux a conduit l'entreprise à traiter 80 % de la surface au lieu de 60 %. Le fabricant du procédé d'imperméabilisation a estimé (*sic*) que « son procédé classe I3 est parfaitement adapté à la réhabilitation de ce bâtiment » et propose le remplacement d'un système I4 avec entoilage en plein par un revêtement fibré, c'est-à-dire avec armatures en dispersion classe I3.

Avis de l'expert :

Les revêtements d'imperméabilisation de façade par revêtements polymères sont destinés à protéger les murs extérieurs contre les pénétrations de l'eau de pluie du fait de la porosité des matériaux constituant la paroi ou du fait de défauts localisés tels que fissures, joints, etc. ou des deux causes concomitantes. Ces revêtements imperméables à l'eau doivent être perméables à la vapeur d'eau résultant de l'occupation des locaux et non éliminée par la ventilation de ces locaux (ce qui est souvent le cas des immeubles anciens).

L'application de tels revêtements ne peut être faite que sur des supports parfaitement secs ayant atteint leur équilibre hygrométrique.

Or, les travaux ont été ordonnés par la copropriété pour être exécutés entre le mois d'octobre et la fin de l'année, en pleine saison humide et froide, c'est-à-dire dans les plus mauvaises conditions de séchage :

- de l'enduit plâtre refait en majeure partie ;
- du revêtement d'imperméabilisation.

La reprise des enduits plâtre anciens et des maçonneries hourdées au plâtre a nécessité d'intervenir sur 80 % des surfaces de mur (au lieu de 60 % prévus au devis) et souvent avec des épaisseurs très importantes en certaines zones. La surface d'application apparemment sèche était en réalité encore humide ou saturée dans la partie interne de l'enduit reconstitué.

Un revêtement d'imperméabilisation appliqué sur un tel support ne peut qu'enfermer l'eau contenue à l'intérieur du mur. Celle-ci tendra ultérieurement à sortir et à se manifester sous forme de cloques.

C'est l'hypothèse la plus vraisemblable pouvant expliquer l'apparition des cloques et leur rapide évolution.

- L'aspect du film en seconde constatation (photo 2) semble montrer un décollement généralisé sur la zone la plus atteinte avec une fragilisation du « feuil » constituant le revêtement. Il est possible d'avancer d'autres causes concomitantes :

- migrations de vapeur provenant d'une suroccupation des locaux, absence ou insuffisance de ventilation de ces derniers ;

- fuites de canalisations ou d'installations sanitaires ou ménagères (salles d'eau paillasses cuisine, etc.).

Ces causes pouvant contribuer à réhumidifier le mur par la face intérieure viennent s'ajouter à celles résultant du ravalement exécuté dans une période très défavorable. D'autre part, le revêtement d'imperméabilisation semble inadapté à un support enduit plâtre.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, la Loi sur l'accès à l'information.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, la Loi sur l'accès à l'information.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, la Loi sur l'accès à l'information.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, la Loi sur l'accès à l'information.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, la Loi sur l'accès à l'information.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, la Loi sur l'accès à l'information.

Le 15 mars 2011, le Service a reçu une demande d'accès à l'information de M. [REDACTED] concernant les documents relatifs à la mise en œuvre du projet de loi C-58, la Loi sur l'accès à l'information.



Question/Réponse

REVÊTEMENT EXTÉRIEUR DE FAÇADE EN PIERRES ATTACHÉES

Fissuration - Épaufrure des dalles

QUESTION

Comment remédier aux fissures et épaufrures des dalles ?

RÉPONSE

Description du désordre

Deux ans après la réalisation d'un revêtement de façade en pierre calcaire attachée, des épaufrures et des fissures commencent à apparaître dans les dalles.

La pierre a une épaisseur de 0,03 m et les dalles mesurent 0,80 × 0,40 m.

Les attaches sont métalliques et maintiennent les pierres par des ergots (4 par dalle), pénétrant dans des trous ménagés dans les chants verticaux.

Les joints entre dalles ont été laissés ouverts.

Texte réglementaire

DTU 55.2 : « Revêtements muraux attachés en pierre mince ».

Réalisation

Les attaches comportent un manchon coulissant sur un ergot et un calage sur l'ergot opposé, mais :

- la largeur du joint ménagé entre les pierres successives correspond exactement à l'épaisseur de la patte métallique ;
- des cales métalliques de réglage ont été oubliées et sont bloquées entre certaines dalles ;
- les trous dans lesquels pénètrent les ergots sont ovalisés et ne sont pas axés sur le chant des dalles.

Désordres constatés

Il se situent tous au droit d'une fixation ou d'une cale oubliée.

Les effets de la dilatation et des chocs thermiques mettent les éléments de dalle en compression au droit des points d'attache.

Les défauts de centrage et de perçage sur les chants fragilisent les éléments et provoquent l'éclatement de certains points d'attache.

L'ovalisation des trous intervient également.

Remèdes

Ce type de désordre, dont l'origine est une pose défectueuse, est évolutif avec des risques graves tels que chutes d'éléments.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Il y a nécessité :

- de revoir la totalité du revêtement ;
- de déposer les zones défectueuses ;
- de prévoir des joints permettant un jeu d'au moins 2 mm entre l'attache et le chant de la pierre coulissante ;
- de vérifier, le cas échéant, si la pierre choisie (souvent pour des raisons d'esthétique) répond de façon satisfaisante à l'essai normalisé de résistance aux attaches.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS

Carrelage sur chape flottante

QUESTION

Dans un immeuble d'habitation, on demande de poser le carrelage du hall d'entrée sur une chape flottante (présence de caves sous le hall).

Est-ce conforme à la réglementation acoustique ?

RÉPONSE

Position du problème

La chape flottante demandée permet d'éviter la transmission des bruits d'impact (bruits des pas et autres chocs sur le sol), surtout aux appartements situés près du hall (transmissions indirectes par la structure).

RÉGLEMENTATION

(Arrêté du 14 juin 1969 - modifié en 1975).

La réglementation acoustique n'impose pas de dispositions constructives et en particulier de chape flottante.

Le niveau de bruit correspondant à la machine à chocs placée sur le sol du hall d'entrée ne doit pas produire de bruit de plus de 70 dB(A) dans les pièces principales des logements voisins.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

- Plancher support : dalle BA épaisseur 0,18 m.
- Mur séparatif : du hall/logement ; béton épaisseur 0,18 m.
- Pièce attenante logement : surface de 12 m².

SOLUTIONS

- Chape flottante traditionnelle.
- Utilisation d'une sous-couche spéciale :
 - épaisseur de l'ordre de 0,01 m ;
 - collage direct du carrelage (d'où épaisseur totale moindre).

Mais *technique non traditionnelle* nécessitant un avis technique.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS

Carrelage sur support chauffant

QUESTION

Peut-on réaliser un chauffage par le sol dans des pièces comportant un revêtement carrelage ?

RÉPONSE

Le chauffage par le sol existe depuis de nombreuses années. Le premier système utilisé consistait à noyer des serpentins ou canalisations métalliques soumis à une circulation d'eau chaude (fluide caloporteur) dans la chape supportant le revêtement.

Actuellement ce système tend à être remplacé par des résistances électriques disposées dans la dalle de structure. Le chauffage est alors de type sol/plafond. Dans les deux cas, un certain nombre d'impératifs techniques doivent être respectés. Le chauffage peut concerner également un revêtement de sol posé sur terre-plein (sous réserve de dispositions particulières concernant l'isolation).

- Le carrelage est un revêtement bien adapté au chauffage par le sol du fait de sa capacité d'accumulation de chaleur.

- La construction d'un plancher chauffant doit mettre en œuvre des matériaux qui diffusent régulièrement la chaleur mais en présentant une dilatation thermique identique. La température au sol ne doit pas « pour des raisons d'ordre physiologique » dépasser 27 °C. Les revêtements céramiques permettent de maintenir cette température tout en libérant suffisamment de chaleur pour obtenir le confort désiré.

- La chape doit être chauffée préalablement à la pose du carrelage. Un délai de 28 jours est nécessaire pour poser le carrelage, après le coulage de la chape. Le chauffage de celle-ci doit correspondre aux prescriptions du maître d'œuvre. Il est éteint 24 heures avant la pose par temps froid, puis réglé ensuite sur une température de 15 °C maxi.

- Le collage doit être adapté au carrelage :

- matériaux céramiques (carreaux et plaquettes en grès étiré) de dimensions courantes : ciment-colle pour couche mince à durcissement hydraulique ;

- grandes dalles minces : n'utiliser que le mortier colle ou une colle résine, un simple encollage suffit.

Dans le premier cas on utilise le double encollage (avec une truelle crantée pour la surface de pose) ; suivre les instructions du fabricant.

- Les joints doivent être propres :

- grattage sur toute l'épaisseur des carreaux ;

- enlèvement du mortier-colle en excès ;

- nettoyage pour procéder au jointoiement ;

- enlèvement des salissures sur la surface des carreaux soigneux et rapide ;

- protection par feuille plastique pour éviter un séchage trop rapide ;

- les joints peuvent être remplis 3 à 4 jours après durcissement de la couche de pose ;

– bien dégager les joints des éléments de mortier détachés avant le remplissage par du mortier à joints ;

– protection par feuille plastique ;

– utiliser de préférence des mortiers prêts à l'emploi.

• Prévoir des joints de fractionnement permettant les dilatations et les mouvements résultant des chocs ou secousses. L'ensemble des éléments de construction verticaux (cloisons, poteaux, etc.) doit être désolidarisé de la construction au sol. Les surfaces $\geq 25 \text{ m}^2$ doivent être fractionnées en surfaces rectangulaires dont le rapport des côtés doit être $\leq 1,5$.

Les zones de chauffage doivent être séparées.

• **Nettoyage final :** n'utiliser que de l'eau claire et après un temps suffisant permettant le durcissement des joints. Les produits spéciaux à base d'acides ne doivent pas être utilisés après la prise du mortier de jointoiement. Pour nettoyer le carrelage, bien mouiller les joints préalablement afin de ne pas endommager leur mortier.



Désordre

REVÊTEMENTS DE SOLS

Joint de dilatation

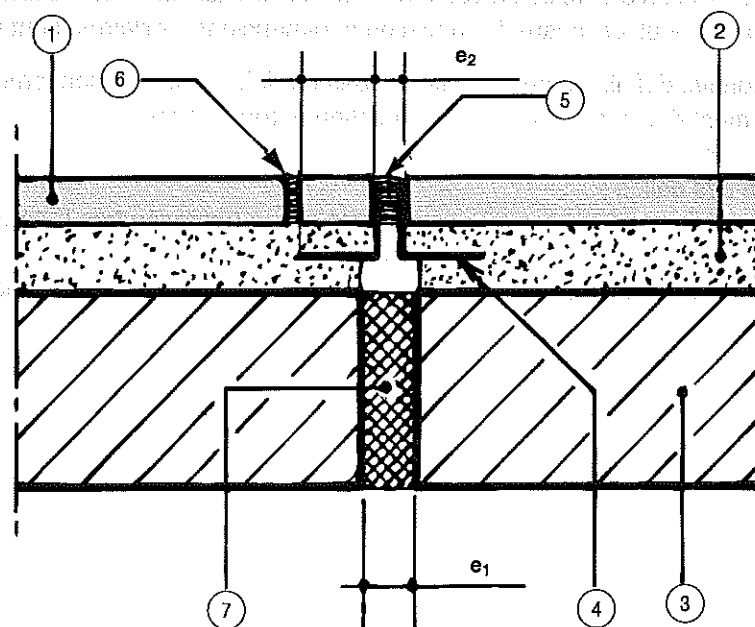
SITUATION

Dallage marbre dans une grande surface commerciale.

LOCALISATION

Désordres au droit d'un joint de structure (dilatation) avec désorganisation complète du revêtement.

DISPOSITIONS RÉALISÉES



e_1 : épaisseur du joint de dilatation de structure

e_2 : épaisseur du joint de dilatation au niveau du dallage ($e_2 < e_1$)

① Dallage marbre

② Mortier de pose

③ Structure porteuse (dalles alvéolées précontraintes)

④ Cornière laiton

⑤ Joint élastomère

⑥ Joint de pose de dalle coupée

⑦ Dispositif (schématique) joint « coupe-feu »

• Le dallage marbre est posé sur un mortier de pose qui assure le nivellement de l'ensemble du revêtement.

• Ce mortier est placé sur la structure porteuse sans couche de désolidarisation.

• La structure porteuse est constituée d'éléments préfabriqués précontraints (dalles alvéolées à fils adhérents) posés jointivement et solidarisés par des clés en béton.

La structure comporte des joints de dilatation dont la largeur minimale est de 0,02 m.

Au droit de ces joints, le dallage est bordé par deux cornières en laiton scellées dans l'épaisseur du mortier de pose (0,07 m).

Pour des raisons esthétiques, le joint de dallage a été réduit à 0,01 m et l'intervalle entre cornières garni par un profilé élastomère.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

DÉSORDRES

- Sous les effets des mouvements de la structure, les joints tels que réalisés se sont désorganisés :
 - par mise en compression des dalles adjacentes au joint (éclatement, fissurations) ;
 - par le descellement des cornières laiton (fragilité du mortier de pose) ;
 - par les sollicitations résultant du trafic (grande surface commerciale - passage public et chariots).
- Un défaut de calepinage accentue encore les désordres en affectant les zones voisines.

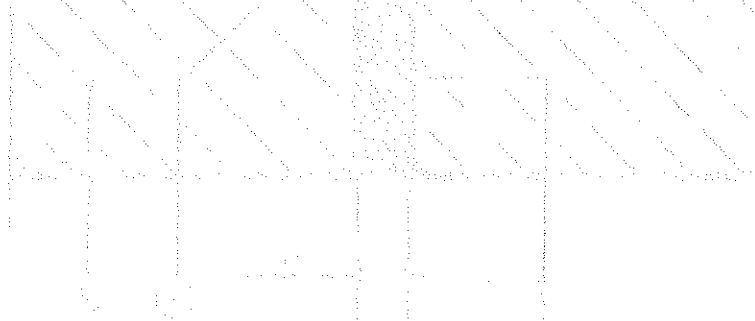
En effet, sur un côté du joint (gauche) des dalles recoupées dont la largeur est de l'ordre de 3 à 4 cm sont posées contre la cornière laiton et sur un mortier fragilisé par la présence de l'aile de la cornière.

CAUSES

Les non-conformités au DTU 52.1¹⁾ (annexe 1 - « Prescriptions techniques » concernant le mode d'exécution et la mise en œuvre des revêtements de sols scellés dans les établissements dénommés « grandes surfaces » et les locaux à circulation et dimensions similaires) sont nombreuses.

L'étude approfondie, définie en préambule, n'a pas été faite en ce qui concerne :

- le positionnement des joints et leurs caractéristiques (ouverture) ;
- le mortier de pose ;
- le calepinage des dalles ;
- le choix du matériau ; un marbre très veiné a été utilisé (matériau très hétérogène et très fragile pour les risques de flexion et de mise en compression) ;
- le dispositif de joint dont la largeur a été réduite de moitié, et qui ne pouvait pas fonctionner librement.



¹⁾ Le sinistre exposé ici relève de l'édition octobre 1985 du DTU 52.1. Toutefois, l'édition plus récente (août 1994) reprend les mêmes dispositions.



REVÊTEMENTS DE SOLS

Sol industriel en chape ciment

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Chape avec saupoudrage de corindon pour un sol industriel à usage d'entrepôt (chape refluee).

DÉSORDRES

Peu de temps après la mise en service, désagrégation de la chape dans certaines zones très localisées.

CAUSES

Plusieurs causes peuvent être avancées.

1/ *Dosage insuffisant en ciment* : le dosage courant pour une chape refluee est de 350 kg/m³ de sable.

2/ *Refluage effectué trop tardivement* : dans des conditions normales de température et d'humidité, une dalle en béton coulée le soir est refluee le lendemain matin.

3/ *Refluage mal exécuté* : l'hélicoptère ou la règle ne doit pas fonctionner trop longtemps, car on risquerait une remontée excessive de laitance, ni trop peu car la chape serait alors inexistante.

4/ *Dessication trop rapide* : celle-ci entraîne une mauvaise hydratation du mortier. En fonction de la période, protéger, le cas échéant, par un produit de cure ou une feuille de polyéthylène (autrefois on utilisait des toiles de jute).

5/ *Saupoudrage mal réparti* (par poignée ou paquets).

6/ *Talochage trop superficiel* : les abrasifs doivent être enfoncés jusqu'à disparition complète dans la chape par tassement vertical énergique exercé à la taloche à main ou mécaniquement en prenant soin d'enfoncer les grains sans les racler pour ne pas les déchausser.

RÉFECTION

- Vérifier en premier lieu la qualité de la chape et éliminer toutes les zones friables et non adhérentes.
- Nettoyer les surfaces à réparer.

1^{er} cas : le trafic peut être interrompu pendant plusieurs jours

- Badigeonner la surface avec une émulsion de résine (styrène-butadiène, acrylique ou vinylique modifié) compatible avec un sol constamment mouillé, afin de renforcer l'adhérence entre l'ancienne et la nouvelle couche.
- Appliquer aussitôt après le mortier de la nouvelle chape, dans lequel on aura incorporé 10 à 20 % de résines en émulsion.
- Saupoudrer avec des abrasifs.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2° cas : le trafic ne peut pas être interrompu

La solution est apportée par l'utilisation de résines époxy à durcissement rapide.

La circulation peut se faire quelques heures après et on peut rouler sans risque de dégrader la nouvelle couche.

Cette solution plus coûteuse donne de bons résultats à l'usure et permet de ne pas interrompre l'exploitation (intervention en période de nuit par exemple). L'application doit être faite à une température de 10 à 15 °C. Elle comprend un badigeon de résines époxy puis l'application du mortier (5 parties de granulats et 1 partie de résine).

Certains mortiers sont « prêts à l'emploi » (sable mélangé à la résine de base, durcisseur séparé et mise en œuvre dans le mélange, avec malaxage juste avant application).



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS

Sols plastiques

QUESTION

Quelles sont les précautions à prendre pour la pose d'un revêtement de sol plastique sur un support en béton neuf ?

RÉPONSE

La pose d'un revêtement de sol plastique est définie par le DTU 53.2. Ce texte, dans le cas d'un support *neuf* en béton, prévoit les dispositions suivantes pour la mise en œuvre du revêtement de sol :

- primaire d'accrochage *avant exécution* de l'enduit si le support présente des micro-fissures, des joints secs ou des joints de retrait du dallage et de fissures traitées préalablement, quel que soit le type d'enduit utilisé (P_2 ou P_3) et le classement du local ;
- primaire dans le cas d'un local classé P_3 lorsque les produits de lissage ne sont pas adjuvés au moyen d'une résine liquide.

L'utilisation d'un primaire est préconisée pour les enduits de lissage de sols intérieurs :

- dans le cas où le support a été taché par des traces de plâtre, d'enduit de peintre ou de peinture, si le support est très peu poreux ou non poreux (béton lisse par exemple). Le primaire à utiliser doit être en phase solvant afin de former une couche d'adhérence entre le support et l'enduit ;
- dans le cas de support trop poreux, le primaire à utiliser doit être en phase aqueuse pour réduire la porosité en surface du support.

Le respect des délais entre l'application du primaire et la mise en œuvre, mentionnés par les fabricants de produits est essentiel pour une bonne exécution de ce type de revêtements.

Le DTU 53.2 définit les dispositions préalables à la pose résumées ci-après. Ces dispositions doivent être rigoureusement respectées pour réaliser un revêtement de sol présentant un bon comportement et une bonne durabilité :

- le support ne doit pas présenter de fissures. Les joints de retrait doivent avoir été préalablement traités ;
- le support ne doit pas présenter de risques de réhumidification des locaux, ou de condensation au niveau des supports. L'étanchéité des installations sanitaires et de chauffage devra être vérifiée ;
- le support doit être propre et exempt de toute laitance, poussières, etc., pouvant gêner ou affaiblir l'adhérence du revêtement ;
- les travaux de préparation du support tels que les enduits de lissage dont le classement P (UPEC) doit être supérieur ou égal à celui du local et les primaires rappelés plus haut ainsi que le traitement des joints et fissures devront avoir été exécutés ;
- la siccité du support est un problème important (valeur ≤ 3 % en poids). Les délais de séchage des chapes rapportées en mortier de ciment et des dallages et planchers en béton doivent être respectés. Ces éléments, souvent négligés par les plannings d'exécution sont à l'origine de nombreux désordres ;

— pour les sols chauffants, l'humidité du support est ascendante. La mise en route de l'installation de chauffage doit se faire avant la pose du revêtement de sol, mais le chauffage devra être interrompu avant l'application de l'enduit de lissage. Sa remise en route ne sera faite qu'après la mise en œuvre du revêtement plastique.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS

Sols textiles - Électricité statique

QUESTION

Comment peut-on remédier aux phénomènes d'électricité statique d'un sol moquette ?

RÉPONSE

1. Causes du phénomène

La moquette est probablement en fibres synthétiques.

Rappel d'un principe

Tout corps isolé de la terre peut se charger d'électricité statique positive ou négative par différents moyens : frottements, contact, etc.

Il y a échange de charges entre la moquette et les personnes qui marchent en se déplaçant sur ce revêtement de sol.

Celui-ci accumule une certaine quantité d'électricité.

La différence de potentiel croît proportionnellement au frottement. Elle peut atteindre une valeur telle qu'une étincelle pourra se produire si l'on approche le marcheur d'un corps conducteur (étincelle ou décharge de rupture). C'est le cas lorsqu'une main se pose sur un objet métallique relié à la masse.

2. Facteurs favorables

Taux d'humidité trop faible de l'air ambiant (facteur prépondérant)

La conductibilité des fibres superficielles dépend de l'humidité relative.

Afin d'éviter ce problème, il faut que l'humidité relative soit au moins de 40 % environ pour les tapis de laine, de 50 % environ pour les tapis acryliques et de 60 % pour les tapis polyamides.

L'hiver, les conditions de chauffage provoquent le dessèchement de l'air et le taux d'humidité peut descendre à 30 % environ.

Nature des fibres

La nature des fibres intervient. Les fibres naturelles (sisal, coco, laine, etc.) et les fibres de polypropylène sont peu sensibles au phénomène d'électricité statique.

3. Remèdes

Application de produits antistatiques

L'application s'effectue généralement par pulvérisation sur une surface propre, par une entreprise spécialisée.

Augmentation de l'humidité relative

Augmenter l'humidité relative par réglage du conditionnement d'air ou utilisation d'appareils humidificateurs efficaces.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

À la fabrication

- Traitement antistatique en usine :
 - par imprégnation en cours de fabrication ;
 - par pulvérisation en fin de chaîne.
- Incorporation d'une fibre en acier inoxydable extrêmement fine lors de la fabrication (procédé garanti par le fabricant).

Note

Ces produits ne sont pas tous satisfaisants et ne résistent pas lors des nettoyages aux détergents.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS

Sols textiles - Enduit de lissage

QUESTION

L'enduit de lissage est-il obligatoire sous une moquette ?

RÉPONSE

Il y a lieu de distinguer :
– les sols textiles collés ;
– les sols textiles tendus.

1. Sols textiles collés

L'application de l'enduit de lissage est obligatoire dans le cas de revêtements de sol textiles collés (cf. exigences du DTU 53.1 devenu la norme NF P 62-202 (avril 2001) - Travaux de bâtiment - Revêtements de sols textiles - Partie 1 : Cahier des clauses techniques - Partie 2 : Cahier des clauses spéciales).

L'enduit sera exécuté conformément au « Cahier des prescriptions techniques d'exécution des enduits de lissage de sols intérieurs » (cahier CSTB n° 2843 - octobre 1995) pour la pose de revêtements de sols minces.

Ces enduits de lissage relèvent en effet de la procédure des ATec (Avis techniques).

Pour les locaux classés P₃, l'enduit de lissage devra être de qualité P₃ et appliqué en 3 mm d'épaisseur minimale.

Pour les locaux classés P₂, l'enduit pourra être P₂ ou P₃.

2. Sols textiles tendus

L'application de l'enduit de lissage n'est pas obligatoire.

3. Dalles textiles plombantes

L'emploi d'un enduit de lissage dépend de l'épaisseur des dalles et du type de support.

Toutes les précisions concernant ce type de sol textile figurent au « Cahier des prescriptions techniques de mise en œuvre des revêtements de sol textiles en dalles plombantes amovibles utilisées dans le bâtiment » (cahier CSTB n° 2193, octobre 1987).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS

Sols textiles - Pose sur thibaude

QUESTION

Une thibaude posée avant la moquette présente quels avantages par rapport à une moquette collée ?

RÉPONSE

Les avantages de la moquette posée sur thibaude sont de 2 ordres.

1. Résistance à l'usure de la moquette

La pose sur thibaude est une pose en indépendance, la moquette étant tendue et fixée sur le pourtour de la pièce à revêtir.

La thibaude absorbe les fines irrégularités du sol, et les effets de déplacement des personnes s'effectuent par frottement des couches superposées, sans affecter directement la moquette.

2. Gain d'isolation phonique

Une moquette posée directement sur le sol donne un indice d'amélioration de 28 dB qui peut passer à 30 ou 32 dB si la moquette est posée sur thibaude. L'indice d'amélioration d'un revêtement de sol (α) caractérise le gain de confort dû au revêtement lorsque celui-ci est posé sur un support dalle en béton armé. Il varie de 0 (revêtement non élastique) à 30-40 dB pour les moquettes épaisses.

Ces dernières constituent en effet un milieu élastique qui ne présente qu'une très faible rigidité.

Les éléments superposés sont indépendants et l'énergie acoustique d'impact se disperse entre les couches.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

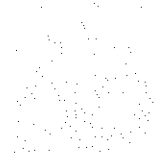
ST

UV

WX

YZ

QUESTION/REPOSE



QUESTION/REPOSE

QUESTION/REPOSE

QUESTION/REPOSE

QUESTION/REPOSE

QUESTION/REPOSE

QUESTION/REPOSE

QUESTION/REPOSE

QUESTION/REPOSE



Désordre

REVÊTEMENTS DE SOLS

Type de désordres

TYPES DE REVÊTEMENTS CONCERNÉS

Les matériaux concernés par les types de désordres traités ci-après correspondent à des matériaux étanches :

- dalles de vinyl (ou feuilles) ;
- linoléum ;
- dalles bitumineuses ;
- parquets (dalles).

TYPES DE DÉSORDRES

Il s'agit principalement de *décollements* avec éventuellement des déformations si les matériaux sont susceptibles d'une reprise d'humidité (cloques, diminution de la résistance mécanique des revêtements, etc.).

CAUSE PRINCIPALE

C'est l'*humidité* des chapes supports qui est à l'origine de ce type de désordres.

Les causes d'humidité des chapes résultent :

- de l'eau de gâchage dont une partie seulement est liée chimiquement (eau de constitution) et l'autre éliminée par séchage ;
- d'un traitement complémentaire de la surface (imprégnation d'eau par exemple) ;
- d'une absorption d'humidité (ascendante ou descendante) ultérieure à sa mise en œuvre ;
- d'une diffusion de vapeur d'eau (due à des différences hygrothermiques de chaque côté de la dalle plancher).

1. Humidité due à l'eau de gâchage

Le séchage d'une chape dépend :

- de la vitesse d'évaporation superficielle qui elle-même dépend de l'hygrométrie relative ambiante et du renouvellement d'air à la surface de la dalle plancher. Elle est forte dans les locaux ouverts et faible dans les locaux fermés non ventilés. Elle peut être très faible dans des locaux où l'atmosphère est saturée (séchage d'enduits plâtre par exemple) ;
- de la vitesse de remontée capillaire de l'humidité du fond vers la surface qui dépend elle-même de la teneur en humidité de la partie inférieure de la chape et/ou des couches sous-jacentes ainsi que de la structure capillaire de ces couches.

Une situation d'équilibre en humidité d'une chape ne correspond pas nécessairement à un degré de siccité satisfaisant pour l'application d'un revêtement de sol. D'autre part, l'apparence sèche peut être constatée en surface alors que la masse sous-jacente est encore très humide (vitesse d'évaporation supérieure à la vitesse de remontée capillaire).

Un revêtement posé dans ces conditions bloquera l'humidité restant à éliminer, qui s'accumulera dans la couche supérieure de la chape ou dans le revêtement et la couche de collage qui pourront les dégrader.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Durée du séchage

Celui-ci dépend :

- de l'épaisseur et de la composition de la chape ;
- de l'hygrométrie ambiante ;
- de la ventilation du local ;
- des possibilités d'évaporation (par exemple uniquement par la face supérieure) ;
- de l'application éventuelle d'un traitement pour éviter un séchage trop rapide faisant apparaître un réseau de fissures (produit de cure) ;
- de l'application éventuelle de produits de lissage ou de ragréage pour rattraper les défauts de planéité ou les défauts de surface.

Une règle simple mais empirique, donc sans garantie, indique : 1 semaine par centimètre d'épaisseur de la chape.

Teneur en humidité admissible

Une chape est considérée comme sèche si la teneur en humidité en tous points est $\leq 3\%$ dans la masse, par rapport à la masse sèche pour une chape en ciment.

Le poseur de revêtement de sol doit vérifier cette teneur en humidité et le cas échéant prévenir le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage si les conditions fixées par le fabricant de revêtement de sol ne sont pas satisfaites.

La valeur critique de 3 % est applicable pour les chapes à base de granulats courants (sable, calcaire, grès, etc.).

2. Humidité ne provenant pas de l'eau de gâchage

Revêtements de sols minces

La condition de siccité d'une chape correspond à un bon processus de séchage mais constitue également une protection contre une infiltration éventuelle.

Le cahier des charges CSTB ¹⁾ pour la préparation des ouvrages en vue de la pose de revêtements minces comprend 4 groupes de revêtements de sols selon leur comportement aux effets de l'humidité ascendante.

Groupe 1 : matériau constituant à la fois le revêtement et la barrière contre l'humidité ascendante (chape asphaltique).

Groupe 2 : matériaux utilisables sans précautions spéciales du fait qu'ils sont susceptibles de transmettre l'humidité ascendante sans altération (variations dimensionnelles, cintrage, changement de teinte, ramollissement, etc.) et sans rupture de la couche de collage (carrelage posé au mortier de ciment).

Groupe 3 : matériaux qui, dans des conditions moins sévères et dans une certaine mesure, sont susceptibles de transmettre ou d'arrêter l'humidité ascendante sans altération (revêtements vinyliques avec couche en feutre d'amiante).

Groupe 4 : matériaux altérés par l'eau ou la vapeur ou dont la couche de collage est altérée par l'eau ou la vapeur (presque tous les revêtements de sols minces).

Pour les matériaux de cette classe, la pose d'un écran dont l'étanchéité à la vapeur est supérieure à celle de l'ensemble matériau de revêtement/couche de collage est nécessaire.

¹⁾ Cahiers CSTB n° 286 (décembre 1958).

Dallage sur terre-plein

- Dans les cas courants, prévoir une feuille d'étanchéité sous la dalle support (feuille de polyéthylène éventuellement renforcée par un tissu de fibres d'épaisseur $\geq 0,2$ mm). Les recouvrements doivent être $> 0,30$ m avec lestage et les bords doivent être relevés verticalement au-dessus du niveau supérieur de la dalle.
- Si la dalle est en contact avec l'eau on devra prévoir un drainage ou un cuvelage étanche.
- Lorsqu'une feuille d'étanchéité est placée sous la dalle, cette dernière ne pouvant que sécher superficiellement, le séchage est plus long, d'où des difficultés d'appréciation du degré de siccité en masse.

Dans ces conditions on peut préféablement placer la feuille d'étanchéité sous la chape ; celle-ci ne sera plus alors adhérente au support.

Plancher sur vide sanitaire

C'est souvent l'insuffisance de ventilation du vide sanitaire qui est à l'origine des désordres de revêtement de sol.

Dans les cas où cette ventilation est difficile à réaliser (trop grandes surfaces, bâtiments enclavés, etc.) on peut :

- soit placer une feuille d'étanchéité sur le fond du vide sanitaire (sol) pour bloquer l'humidité du sol, avec une couche de sable. Une ventilation minimale est néanmoins nécessaire pour éviter le développement de micro-organismes ;
- soit placer la feuille d'étanchéité sous la chape comme dans le cas précédent.

1. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

2. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

3. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

4. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

5. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

6. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

7. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

8. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

9. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.

10. Les revêtements de sols sont classés en fonction de leur destination et de leur composition.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS CARRELÉS

Incorporation de canalisations de faible diamètre sous carrelage

QUESTION

Peut-on incorporer des canalisations de toute nature et de faible diamètre entre le plancher brut et un revêtement de sol-carrelage ?

RÉPONSE

Il y a lieu de distinguer :

- les revêtements de sol-carrelage scellés qui font l'objet du DTU 52.1 pour lesquels la mise en place de canalisations ou conduits sous le carrelage par enrobage dans le mortier de pose est **interdit** ;
- et les revêtements de sol-carrelage collés (procédure d'ATec et de certification des colles) pour lesquels la mise en place de canalisations ne pourrait se faire que dans la chape.

Toutefois, le CCT (Cahier des clauses techniques) du DTU 65.10 qui traite des installations de plomberie, déroge à cette interdiction :

- pour les bâtiments existants ;
- ou lorsque les pièces sont de surface réduite (bâtiments neufs ou réhabilités).

L'interdiction trouve sa cause dans la possibilité de désordres résultant de la pose du carrelage lors du battage du mortier, la canalisation pouvant remonter en surface et fragiliser localement le carrelage (couverture insuffisante et fissuration du revêtement).

Si l'on exploite la dérogation dans les deux cas « autorisés » il est nécessaire de prendre quelques précautions :

- fixer les canalisations par des cavaliers sur le plancher brut ;
- recouvrir ces canalisations par au moins 0,02 m d'épaisseur de mortier ;
- procéder après fixation des canalisations par une recharge ou ravaillage affleurant la partie supérieure des canalisations. Dans ce cas, la réservation à prévoir entre le sol brut et le sol fini doit être $\geq 0,05$ m.

Ce procédé par ravaillage concerne surtout les canalisations électriques sous tube plastique souple qui remonte facilement en surface.

La disposition de ces canalisations au pourtour des pièces est une solution à retenir à chaque opportunité favorable.

Cette dérogation qui ne doit pas être généralisée mais réservée aux cas prévus, doit pour les chapes recevant un carrelage collé, respecter l'*enrobage effectif* minimal de 0,02 m au-dessus de la génératrice supérieure de la canalisation en *tout point*. L'incorporation d'un grillage métallique dans ces zones de couverture peut limiter les fissures.

L'épaisseur de 0,02 m mini permet aussi de prévenir le risque de percements pour fixations diverses (meubles par exemple) par chevilles à expansion, sans atteindre la canalisation.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES



Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Complétez ce questionnaire.

Nom : _____

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Date : _____

Compagnie : _____

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.

Le questionnaire d'évaluation des connaissances est un outil qui permet de mesurer le niveau de connaissance des participants avant et après la formation.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS EXTÉRIEURS

Dégradation

QUESTION

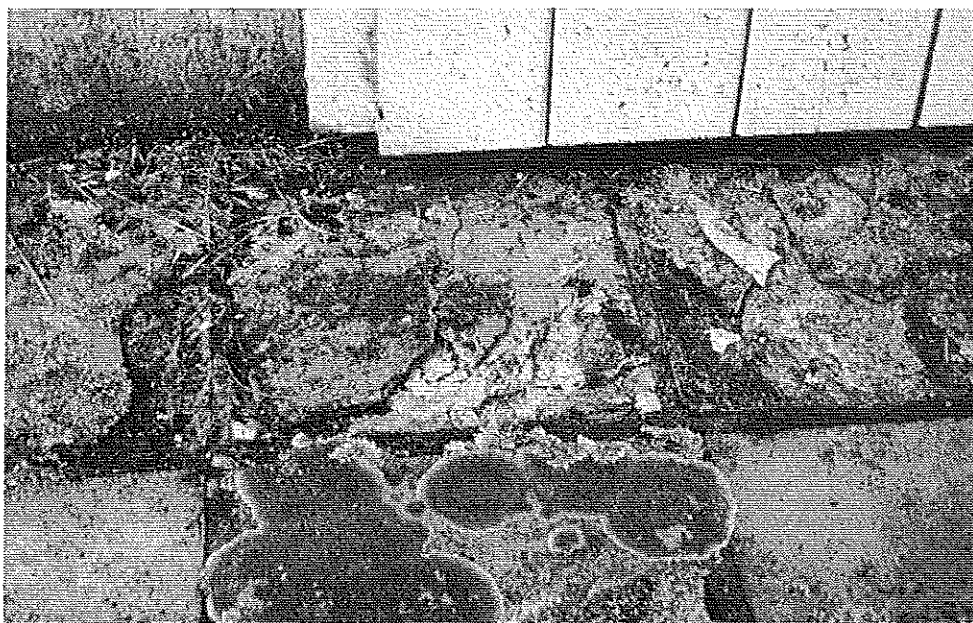
Quelles sont les causes du développement de micro-organismes et de l'effet de gel d'un revêtement extérieur en carrelage d'une terrasse sur terre-plein ?

RÉPONSE

Description du désordre

Un revêtement de sol extérieur d'une terrasse établie sur terre-plein dans une zone humide et fortement arborée présente deux types de désordres :

- effet de gel sur certains carreaux ;
- développement de micro-organismes.



Détail d'exfoliation du revêtement due au gel (zone de rejaillissement près d'un mur. © J. Putatti

Causes

La cause est commune aux deux types de désordres. C'est la porosité excessive de ce type de revêtement (carreaux de terre cuite) non adaptée à l'utilisation en extérieur qui a entraîné après un nombre important de cycles de gel/dégel l'exfoliation et la destruction de certains éléments.

Les anciens DTU 52.1 « Revêtements de sol scellés » (éditions 12/1974 - 10/1985) ne traitaient pas de la mise en œuvre des revêtements à l'extérieur. La dernière édition (NF P 61-202, 08/1994) comprend un chapitre 9 relatif aux « prescriptions techniques concernant la pose des revêtements extérieurs de sols scellés » (choix des matériaux et exigences, mise en œuvre) et plus particulièrement le choix de matériaux non gélifiés.

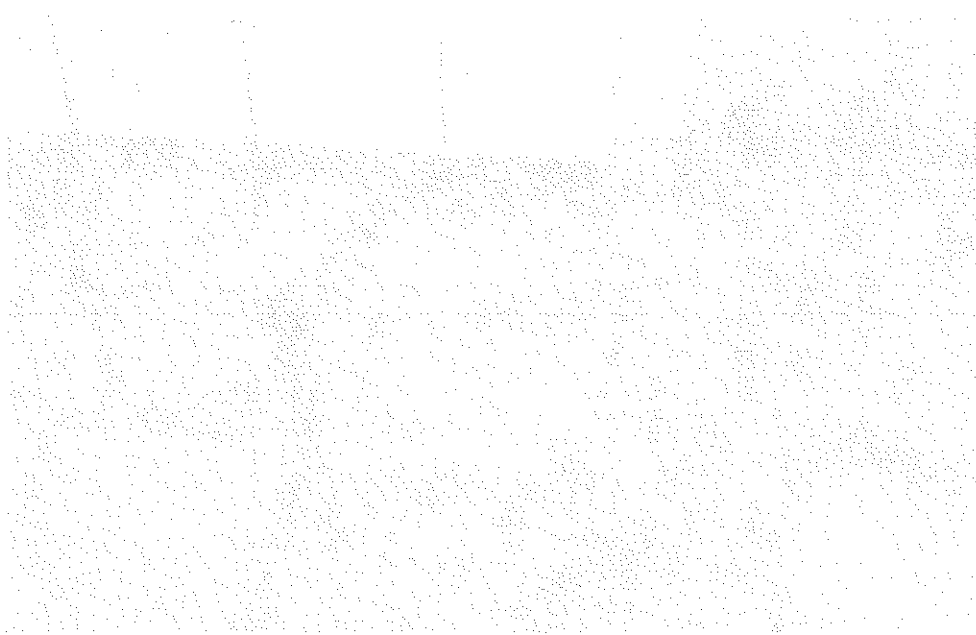
Par ailleurs, le développement de micro-organismes (moisissures, champignons), résulte :

- de la porosité des éléments ;
- de leur exposition à l'ombre en milieu arboré et en période humide.

Remèdes

Ce dernier désordre a pour conséquence un danger pour la circulation des personnes (glissance accrue en période humide avec risque de chutes).

Le seul remède consiste en la réfection complète du sol sur terre-plein, avec une légère pente de la forme vers l'extérieur. Cette réfection doit être faite en utilisant des éléments non gélifs et en respectant les prescriptions techniques du DTU 52.1.





Désordre

REVÊTEMENTS DE SOLS EXTÉRIEURS

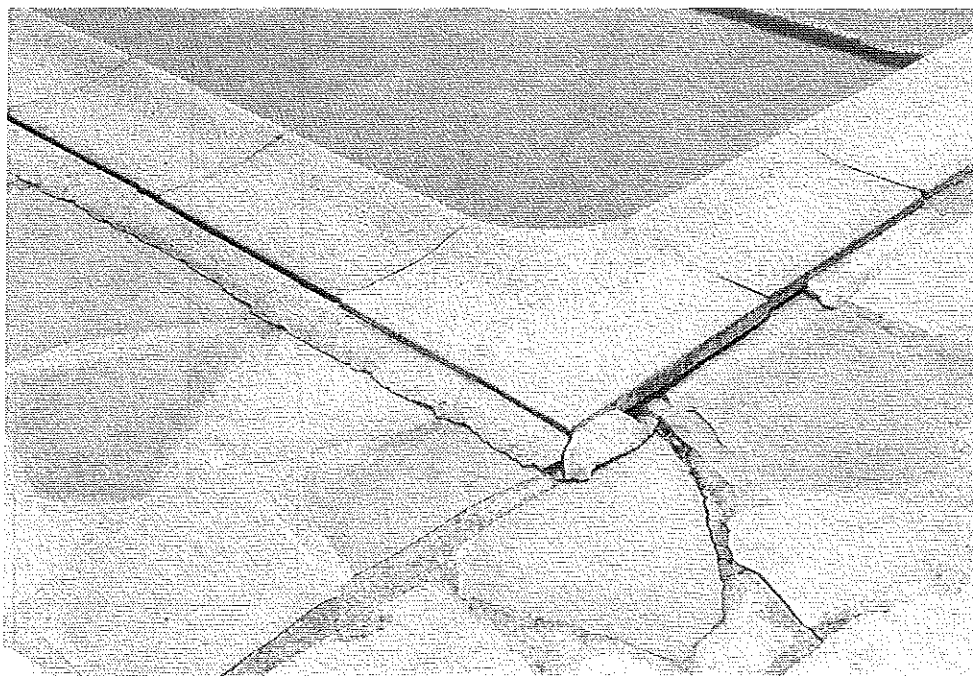
Fissuration d'un dallage de plage de piscine

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Un dallage de plage de piscine réalisé en *opus incertum* présente des fissurations, tassements, désorganisation des joints. Les réfections périodiques ne peuvent empêcher le phénomène.

CAUSES

La piscine a été installée dans un terrain argileux soumis aux effets périodiques de la sécheresse. En période très sèche, des fissures de plusieurs centimètres de largeur et souvent de plus d'un mètre de profondeur se produisent. Ce terrain est en fait une ancienne terre à vignes (cf. photo).



Dallage plage de piscine subissant les effets de tassement du sol. © J. Putatti

D'autre part, le remblai autour des parois de piscine a été réalisé :

- avec les terres de déblais ;
- sans compactage.

La dernière réparation est récente mais n'a porté que sur la mise en œuvre d'un solin au mortier entre le dallage et les pierres de la margelle. Ce solin est fissuré, décollé, et part en morceaux.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

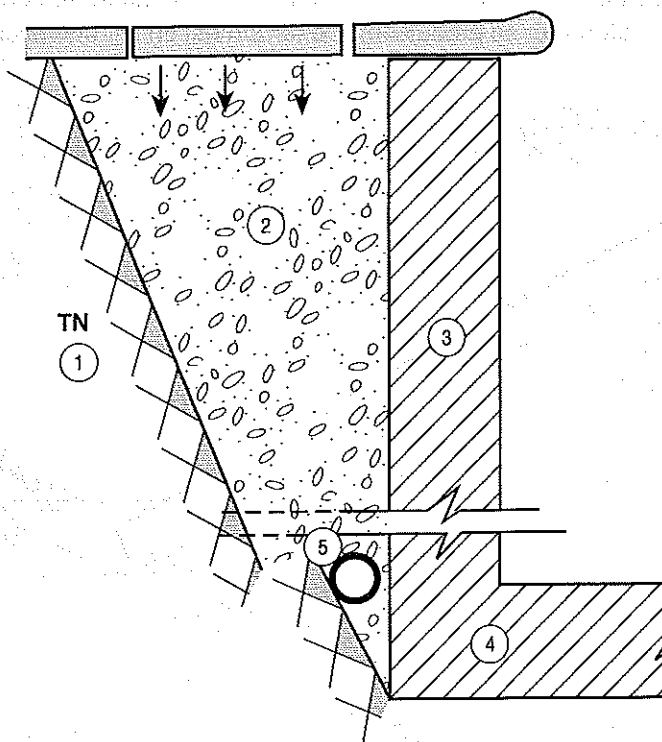
REMÈDES

Le seul remède qui pourrait donner satisfaction consiste :

- à déposer le dallage ;
- à déposer le remblai ancien autour de la piscine, jusqu'à la base des voiles périmétriques ;
- à remplacer ce remblai par une grave-ciment constituant un ensemble rigide et drainant ;
- à reconstituer le dallage.

De cette façon, la paroi verticale et la pierre de margelle considérés comme des éléments stables seront bordés par un remblai monolithe se comportant comme un béton de forme ou de blocage.

En fait la grave-ciment est un mortier ou béton caverneux à faible dosage en ciment, à fort pourcentage de vides, donc poreux et drainant (cf. schéma).



- ① Terrain naturel
- ② Remblai
- ③ Paroi verticale piscine
- ④ Radier
- ⑤ Drain (avec évacuation vers puisard)



REVÊTEMENTS DE SOLS EXTÉRIEURS

Joint défectueux sous climat tropical

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Le désordre décrit ci-après concerne un joint de fractionnement d'un revêtement de sol extérieur constitué d'élément de terre cuite mis en œuvre dans une zone tropicale.

Le désordre correspond à un reflux du matériau de joint constitué par un matériau bitumineux.

Les conditions climatiques particulières ont provoqué la dilatation du revêtement et l'écrasement du joint souple à l'origine. Par contre, le vieillissement rapide du matériau de joint notamment sous l'effet du rayonnement UV a provoqué de manière irréversible le durcissement du joint qui disparaît progressivement.

CAUSE DU DÉSORDRE

Il s'agit d'un joint non exécuté dans les règles, avec un matériau inadapté (base bitumineuse). La réfection complète du joint s'avère nécessaire pour la sécurité des piétons (aire publique).



Désordre de joint de fractionnement. © J. Putatti

RÉPARATION

Elle consiste :

- à déposer entièrement le joint du matériau initial ;
- rétablir éventuellement la largeur du joint nécessaire pour tenir compte des dilatations en fonction des conditions climatiques particulières, par resciage éventuel ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

— à effectuer le traitement du nouveau joint par mise en place d'un fond de joint et d'un mastic élastomère 1^{re} catégorie soigneusement appliqué avec éventuellement l'intervention d'un primaire d'accrochage.

2.3.3.3.3. Réfection d'un joint existant

4.2.2.2. Réfection d'un joint existant

La réfection d'un joint existant se fait par mise en place d'un fond de joint et d'un mastic élastomère 1^{re} catégorie soigneusement appliqué avec éventuellement l'intervention d'un primaire d'accrochage.

La réfection d'un joint existant se fait par mise en place d'un fond de joint et d'un mastic élastomère 1^{re} catégorie soigneusement appliqué avec éventuellement l'intervention d'un primaire d'accrochage.

La réfection d'un joint existant se fait par mise en place d'un fond de joint et d'un mastic élastomère 1^{re} catégorie soigneusement appliqué avec éventuellement l'intervention d'un primaire d'accrochage.

4.2.2.2. Réfection d'un joint existant

La réfection d'un joint existant se fait par mise en place d'un fond de joint et d'un mastic élastomère 1^{re} catégorie soigneusement appliqué avec éventuellement l'intervention d'un primaire d'accrochage.



Figure 4.2.2.2. Réfection d'un joint existant

4.2.2.2. Réfection d'un joint existant

4.2.2.2.1. Réfection d'un joint existant

La réfection d'un joint existant se fait par mise en place d'un fond de joint et d'un mastic élastomère 1^{re} catégorie soigneusement appliqué avec éventuellement l'intervention d'un primaire d'accrochage.

La réfection d'un joint existant se fait par mise en place d'un fond de joint et d'un mastic élastomère 1^{re} catégorie soigneusement appliqué avec éventuellement l'intervention d'un primaire d'accrochage.



REVÊTEMENTS DE SOLS EXTÉRIEURS

Pierre naturelle

QUESTION

Quelles sont les conditions d'utilisation d'une pierre pour l'exécution d'un dallage extérieur ?

RÉPONSE

L'utilisation des matériaux pour revêtements de sol extérieurs est fonction de leur *résistance au gel*.

Trois régions climatiques sont à considérer pour la France métropolitaine :

1/ *Climat tempéré* : pas de période durable de gel.

2/ *Climat séquanien* : périodes froides durables avec des températures comprises entre + 2 et -8 °C.

3/ *Climat alpin* : périodes de froid durables avec des températures comprises entre - 5 et - 20 °C.

La résistance au gel d'une pierre est fonction de sa *porosité*.

SOLUTION

La pierre doit présenter une porosité inférieure à 5 % attestée par des essais conformes à la norme NF B 10-503 (août 1973).

D'autres normes peuvent être consultées :

- NF B 10-504 : mesure du coefficient d'absorption d'eau (août 1973) ;
- NF B 10-512 : mesure de la teneur en eau critique (avril 1975).

Note

Les pierres extraites d'une même carrière peuvent avoir des caractéristiques différentes selon le banc ou la zone d'extraction.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE



REVÊTEMENTS DE SOLS INDUSTRIELS

Carrelage

APPLICATION (CAS CONCRET)

Établissement industriel de surface > 10 000 m² avec sol carrelé à usage industriel posé sur un dalage sur terre-plein.

L'installation comprend plusieurs lignes de fours à bande pour la fabrication de biscuiterie industrielle, avec des zones soumises à un trafic intense.

TYPES DE DÉSORDRES

- Fissuration, éclatement de carreaux.
- Décollement des carreaux, soulèvements :
 - en partie courante ;
 - au voisinage des joints de fractionnement remplis par un matériau souple ;
 - intensité des désordres dans les zones à fort trafic.

Certaines zones ont été partiellement reprises mais :

- la disposition des nouveaux carreaux n'est plus la même. Les joints latéraux entre carreaux sont alignés et non décalés. Le joint souple est souvent supprimé ;
- les carreaux voisins des zones reprises présentent des désordres de fissuration et de décollement.

PROBLÈMES POSÉS

1/ Le revêtement est-il bien adapté au trafic intense de certaines zones ?

2/ Comment peut-on estimer le risque d'évolution des désordres ?

ANALYSE DES CAUSES

L'analyse des désordres a nécessité des sondages et essais pour déterminer les caractéristiques des carreaux et des mortiers.

1. Résultats des essais

Sur les carreaux

- Carreaux 11 × 24 en grès étiré par 2 et refendus.
- Deux épaisseurs prévues 12 et 20 mm (ceux-ci prévus à l'origine pour zones à trafic intense).
- Deux valeurs de porosité relevées (4,5 % et 1,5 %).
- Résistance en flexion voisine de 25 Mpa (sans corrélation avec la porosité).
- Dilatation thermique : $6,8 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$.
- Dilatation à l'eau bouillante :
 - rétrécissement moyen après cuisson 380 $\mu\text{m/m}$;
 - allongement potentiel : 140 $\mu\text{m/m}$.

- Risque futur d'allongement potentiel faible, voisin de l'effet d'un écart thermique de 20 °C.
- Risque d'évolution faible et non imputable à ce paramètre.

Sur le mortier

- Compacité très insuffisante (1,6 à 1,9) et porosités trop fortes (40 à 30 % environ, au lieu respectivement de 2 pour la compacité et 20 % pour la porosité) ;
- Dosage en ciment : satisfaisant ;
- Taux d'hydratation de la barbotine (15 à 21 % pour un seuil critique de 18 %).

Le défaut d'hydratation (prise du ciment) correspond :

- à un défaut d'adhérence ;
- lors de la pose à un défaut de battage (vides constatés sur les carottes prélevées).

- Résistances (compression) très variables (5 Mpa à 17 Mpa) ainsi que les modules (1,4 à 13 Mpa).

Donc mortiers inaptes à supporter un trafic lourd.

2. Causes déduites

- Adhérences localement insuffisantes.
- Résistances des mortiers localement mal compactés, incapables de résister à terme à un trafic lourd.

3. Conclusions

- Risque d'évolution sous trafic dû au défaut de compactage du mortier et au défaut de battage des carreaux.
- Le risque d'évolution est lié à la qualité de la mise en œuvre ainsi qu'à celle du mortier. Compte tenu que la vérification a été faite sur un certain nombre de sondages et d'essais, l'appréciation est difficile pour les autres parties.

Le risque d'évolution dû surtout aux zones de mortier médiocre ainsi qu'aux calepinages perturbés par des joints, a dans ce cas concret limité l'importance des reprises.

REPRISE DES DÉSORDRES

Les impératifs d'exploitation ont entraîné l'abandon des techniques traditionnelles de reprise (déménagement, dépose, temps de durcissement au mortier, etc.).

Une technique nouvelle a été utilisée par *injection de résine fluide*.

Cette solution permet de combler les vides au niveau de la barbotine et de saturer le mortier en améliorant sa résistance et sa compacité.

Toutefois, le coût est supérieur à la pose traditionnelle et l'exécution nécessite un suivi et un contrôle stricts.

La solution traditionnelle qui permet de garantir les travaux consiste à déposer le revêtement jusqu'à la forme et à refaire un ouvrage adapté aux exigences du trafic et de l'utilisation.

L'inconvénient de cette solution réside dans le temps d'immobilisation des locaux, mais il est incontournable.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS INDUSTRIELS

Carrelage antidérapant

QUESTION

Comment peut-on rendre un carrelage de sol industriel antidérapant ?

RÉPONSE

D'une manière générale il n'existe pas, actuellement, d'exigence concernant la glissance des sols. Ce problème est à l'étude pour la définition d'essai normalisé.

Dans le cas concret d'installations industrielles pour lesquelles les revêtements de sol sont soumis à des lavages fréquents et à la quasi-permanence d'un film d'eau, les effets de glissance constituent un risque pour le personnel, notamment dans les zones de circulation ou dans les zones présentant des pentes pour faciliter l'écoulement des eaux.

Ce risque est très important pour les sols lisses tels que les carrelages.

Le problème posé concerne des sols existants.

Une solution possible, mais délicate, consiste à appliquer sur le carrelage existant une résine époxy, chargée d'abrasifs (silice, etc.) par saupoudrage.

Il y a lieu néanmoins de procéder à un essai préalable sur une zone réduite, puis :

- sabler le carrelage pour le rendre rugueux, l'adhérence du film résine étant ainsi facilitée ;
- après séchage complet, procéder à l'imprégnation de résines époxy (avec primaire éventuel), puis application d'une première couche à la brosse ;
- avant polymérisation complète, saupoudrer de façon régulière des granulats durs broyés (abrasifs, sable siliceux calibrés) ;
- éliminer l'excédent des granulats non fixés par balayage à la fin de la période de polymérisation.

Cette solution présente l'avantage, pour les locaux industriels, de pouvoir travailler pendant des périodes d'immobilisation très courtes (week-end, nuit) et de remettre en service rapidement après travaux : 2 à 3 heures pour le trafic piétons et 12 heures pour le trafic chariots ou engins divers.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

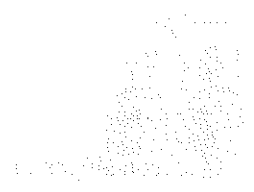
WX

YZ

QUESTIONNAIRE À REMPLIR (à retourner à l'adresse indiquée ci-dessous)

Le questionnaire est à remplir par le responsable de l'entreprise ou par un représentant qualifié.

Le questionnaire est à retourner à :



Ministère de l'Industrie

Direction des Industries et des Matières Plastiques

100, rue de la République

75011 Paris Cedex 13

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.

Le questionnaire est à retourner à l'adresse indiquée ci-dessus, sous pli fermé, accompagné d'un timbre de 100 francs.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS INDUSTRIELS

Sol de laiterie

QUESTION

Quel type de revêtement peut-on prévoir pour un sol de laiterie ?

RÉPONSE

1. Position du problème

La formation d'acide lactique qui se produit lorsque le lait « aigri » entraîne des attaques sur les ouvrages en béton brut ou sur les revêtements en béton (dallages).

Seuls les produits noirs à base bitume (enrobés, asphalte, etc.) ne sont pas attaqués.

2. Revêtements de sol intérieurs

En conséquence, les ouvrages en béton (armé ou non) sont à problème.

Ces ouvrages doivent recevoir un revêtement antiacide.

Carrelage antiacide jointoyé avec un mortier antiacide (système discontinu) (exécution soignée, notamment au droit des coupes, raccords, etc.).

Tout risque d'infiltration doit être écarté afin d'éviter les décollements de carrelage.

L'utilisation de ciment fondu en remplacement des ciments courants (CPA-CPJ) retarde l'attaque des bétons. Mais leur utilisation est délicate pour les ouvrages de structure en béton armé.

Revêtements continus à base de résines polymérisables (Époxy, polyuréthane, etc.).

La mise en œuvre de ces revêtements nécessite une préparation soignée et adéquate du support (dépoussiérage, surfacage, ragréage éventuel) avec application éventuelle d'un primaire.

L'application d'une quantité suffisante de résine (1 ou 2 couches selon le type). Les résines auto-nivelantes permettent de rattraper les irrégularités de surface, mais nécessitent des quantités plus importantes par m².

Prévoir des charges de matériaux contre l'abrasion, si les surfaces sont susceptibles d'être circulées par des véhicules (chariots, etc.).

3. Revêtements de sol extérieurs

Les voiries susceptibles d'être soumises à l'action de l'acide lactique doivent être traitées (quais de déchargement, rampes, etc.).

Revêtement par enrobé routier (économique et facile à mettre en œuvre) mais susceptible d'usure (ornières, nids de poules, etc.) et de désorganisation par disparition du liant et attaque des granulats si ceux-ci sont de type calcaire.

Revêtement par asphalte antiacide sur support béton réalisé avec un ciment fondu afin de retarder une attaque éventuelle du béton suite à une infiltration.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

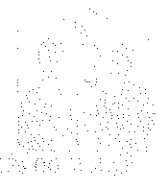
ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



(

(

(

(

1. Nom et Prénom :

2. Adresse :

3. Téléphone :

4. Email :

5. Fonction :

6. Description de votre entreprise / établissement (nature de l'activité, secteur d'activité, etc.) :

7. Adresse de votre entreprise / établissement (rue, ville, pays) :

8. Date de création de votre entreprise / établissement :

9. Nombre d'employés / collaborateurs :

10. Type de revêtement de sol utilisé actuellement :

11. Description des problèmes rencontrés avec le revêtement de sol actuel (usure, fissures, etc.) :

12. Solutions envisagées pour résoudre ces problèmes :

13. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (durabilité, sécurité, etc.) :

14. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (coût, etc.) :

15. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (sécurité, etc.) :

16. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (sécurité, etc.) :

17. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (sécurité, etc.) :

18. Date de remplissage du questionnaire :

19. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (sécurité, etc.) :

20. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (sécurité, etc.) :

21. Description des avantages attendus de la mise en œuvre d'un revêtement de sol industriel (sécurité, etc.) :



REVÊTEMENTS DE SOLS INDUSTRIELS

Sol industriel en chape ciment

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Dans un entrepôt industriel, une chape ciment refluée avec saupoudrage de corindon a été exécutée en période estivale.

Peu de temps après la mise en service, certaines zones présentent des dégradations prononcées.

CAUSES POSSIBLES

- Dosage insuffisant en ciment de la dalle béton. Le dosage courant est ≥ 350 kg pour une chape refluée.
- Refluage effectué trop tardivement. Dans des conditions normales de température et d'humidité, une dalle coulée en béton le soir est refluée le lendemain matin.
- Refluage mal exécuté. L'expérience de l'entreprise est primordiale. L'hélicoptère ou la règle ne doit pas fonctionner trop longtemps, ce qui risque de provoquer une remontée excessive de la laitance.
- Dessiccation trop rapide. Une dessiccation trop rapide entraîne une mauvaise hydratation du mortier. La protection par une feuille de polystyrène est nécessaire par période chaude.
- Saupoudrage mal réparti (par paquets). Cela pourrait expliquer les désordres localisés.
- Talochage trop superficiel. Les abrasifs doivent être enfoncés jusqu'à la disparition complète dans la chape par terrassement énergétique vertical à la taloche à main, ou par talochage mécanique en prenant soin d'enfoncer les grains de corindon sans les racler afin de ne pas les déchausser.

REMÈDES

- Vérifier la qualité de la chape.
- Éliminer toutes les zones friables.

1. Si le trafic ou l'utilisation peuvent être interrompus pendant quelques jours

- Badigeonner la surface dégagée avec une émulsion de résines (styrène, butadiène, acrylique ou vinylique modifiée) compatible avec un sol constamment mouillé pour renforcer l'adhérence entre l'ancienne et la nouvelle couche.
- Appliquer aussitôt après le mortier comportant lors du gâchage l'incorporation de 10 % à 20 % d'émulsion de résine.
- Saupoudrer avec des abrasifs.

2. Si le trafic ne peut être interrompu

La solution est apportée par l'emploi des résines époxy.

Le durcissement est rapide (quelques heures) et permet une circulation (roulage) sur les zones réparées.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Cette solution est plus onéreuse que la précédente mais exige des températures d'application de l'ordre de 10 à 15 °C.

Elle comporte :

- un badigeon de résines époxy ;
- l'application immédiate du mortier (cinq parties de granulats, une partie de résine).



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS MINCES COLLÉS

Décollement de dalles de linoléum

QUESTION

Des dalles avec un support en carton-feutre, collées auparavant avec une colle bitumineuse se décollent. Pourquoi ?

RÉPONSE

Désordre

Dans un grand ensemble, des dalles de linoléum ont été posées dans les salles de séjour et les chambres.

Deux ans après réception et occupation des locaux, ces dalles se décollent dans les angles et sur les bords et en particulier dans les zones non circulées (sous les meubles par exemple).

Les dalles comportent un support en carton-feutre. Elles ont été collées avec une colle bitumineuse.

Causes

- L'humidité du support n'est pas à considérer, du fait que les désordres ne se situent pas dans des pièces humides.
- La colle est probablement à l'origine du désordre.
- La pose peut également être imputée si le marouflage des dalles n'a pas été fait correctement.
- La colle bitumineuse est incompatible avec les dalles linoléum, son pouvoir adhésif est insuffisant. Les dalles ne présentent pas de décollement dans les zones de passage, mais se sont décollées dans les zones non sollicitées.

Remèdes

Il n'existe pas de type de colle compatible avec la colle bitumineuse. Les dalles défailtantes ne peuvent donc pas être recollées.

L'enlèvement de la colle bitumineuse est une opération difficile, qui nécessiterait un ragréage avant l'application d'une nouvelle colle.

D'autre part, cette opération nécessite de libérer la totalité des locaux pendant toute la durée des opérations.

La solution proposée consiste :

- à déposer la totalité des dalles de linoléum ;
- à choisir un revêtement de sol mince compatible avec la colle bitumineuse conservée (dalles vinyle) ;
- déterminer la colle bitumineuse compatible avec la colle d'origine et le nouveau revêtement.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. Description de l'ouvrage

()

1.1. Nom de l'ouvrage :

1.2. Adresse :

1.3. Date de construction :

1.4. Nature de l'ouvrage :

QUESTION

QUESTION

2. Description de l'ouvrage

2.1. Nom de l'ouvrage :

2.2. Adresse :

2.3. Date de construction :

QUESTION

2.4. Nature de l'ouvrage :

2.5. Description de l'ouvrage :

2.6. Nom de l'ouvrage :

2.7. Adresse :

2.8. Date de construction :

QUESTION

2.9. Nature de l'ouvrage :

2.10. Description de l'ouvrage :

2.11. Nom de l'ouvrage :

2.12. Adresse :

2.13. Date de construction :

2.14. Nature de l'ouvrage :

2.15. Description de l'ouvrage :



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS - PARQUET MOSAÏQUE

Plancher chauffant

QUESTION

Peut-on poser un parquet mosaïque sur un plancher chauffant ?

RÉPONSE

Il est possible de coller un parquet mosaïque sur un plancher chauffant à condition de respecter le DTU 51.2 concernant ce type d'ouvrage.

1. Conditions générales

Quel que soit le mode chauffage.

2. Support

- État de la forme.
- Degré de séchage (2,5 % au maximum d'humidité par rapport au poids de la chape sèche).

3. Avancement du chantier

- Travaux d'apprêt ou de peinture terminés sur plafonds et murs ou maçonneries, bétons, enduits et raccords secs.
- Vitrages posés et mise à l'abri des intempéries des pièces à parqueter.
- Température des locaux $> + 5^{\circ}\text{C}$.
- Réhumidification importante des locaux non à craindre.

4. Conditions d'humidité des locaux et du parquet

- Le parquet doit être posé à une humidité $\leq 10\%$.
- Le travail ne doit être entrepris que si l'état lysométrique de l'air est $\leq 65\%$.
- Dans le cas de chauffage par le sol, la mise en œuvre ne peut être entreprise que si le chauffage est arrêté.

Toutefois, la mise en route du chauffage avant la pose du parquet n'est pas exigée dans les cas de pose définis ci-dessus. Elle peut néanmoins être recommandée dans certains cas pour stabiliser le support à la teneur en eau correspondant aux conditions ultérieures de service, afin d'éviter une migration ascendante de vapeur d'eau lors de la mise en service.

- Si le parquet doit être verni, le DTU précise que : il ne doit être procédé au vernissage des parquets qui n'auraient pas subi de préparation spéciale, que lorsqu'ils sont stabilisés et secs. Il est admis que les parquets présentent une siccité suffisante, soit immédiatement après 2 mois de chauffage assurant une température ininterrompue d'au moins 18°C , soit après un an d'occupation effective des locaux.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Au point de vue des responsabilités, l'entrepreneur ne peut être tenu pour responsable des désordres survenus aux parquets qu'il a posés et qui seraient imputables à des travaux ou traitements ultérieurs (vernissage par exemple) effectués sans son accord.

Il est dangereux d'appliquer un vernis sur un parquet dont l'humidité est susceptible de s'abaisser de plus de 3 à 4 % lors de son utilisation ultérieure, notamment après un certain temps de chauffage.

Les vernis ont, en effet, un certain pouvoir collant qui risque de solidariser les lamelles entre elles et de cumuler leurs retraits éventuels.

L'application avant le dernier ponçage d'un produit adéquat (encaustique liquide par exemple) pour imprégner les chants des lames permet de réduire le risque de collage des lamelles entre elles.



REVÊTEMENTS DE SOLS - PARQUETS

Parquets sur sols chauffants

QUESTION

Peut-on poser un parquet sur un sol chauffant ?

RÉPONSE

Les dispositions dépendent du type de parquet et du type de sol chauffant.

On distingue :

- les parquets collés (mosaïques) ;
- les parquets contrecollés sur chape flottante ;
- les parquets traditionnels sur lambourdes.

Le chauffage par le sol peut être réalisé :

- soit par la circulation d'un fluide colporteur dans des tubes noyés dans la dalle du planchers ;
- soit par des résistances électriques incorporées dans le plancher résistant.

1. Parquets collés

Ce type de parquet est utilisé depuis longtemps sur des planchers chauffants. La résistance thermique est faible, analogue à celle des revêtements plastiques. Pour les parquets minces de 10 mm d'épaisseur, il faut éviter de poser les lamelles trop serrées, du fait des variations dimensionnelles et principalement en fonction du taux d'humidité entre la période de chauffe et la période estivale.

2. Parquets contrecollés (épaisseur maximum 25 mm)

Ces parquets posés sur chape flottante constituent une solution intéressante pour le chauffage électrique par accumulation (effet de masse), mais moins intéressante pour le chauffage à eau chaude.

3. Plancher traditionnel posé sur lambourdes

Ce type de pose est à éviter du fait de la grande résistance thermique qui nécessiterait une température élevée de la dalle porteuse ($> 90^{\circ}\text{C}$), incompatible avec ce type de chauffage.

Ce type de pose présente des risques réels de désordres alors que les parquets mosaïques ou contrecollés peuvent être utilisés sans précautions particulières comme revêtement de sols chauffants, sous réserve de quelques précautions.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



REVÊTEMENTS DE SOLS PLASTIQUES

Enduit primaire

QUESTION

La pose d'un revêtement de sol plastique nécessite-t-elle l'application d'un primaire sur le support en béton neuf avant l'enduit de lissage, et ceci dans quels cas ?

RÉPONSE

Document de référence : DTU 53.2

- Le primaire d'accrochage est prévu par le DTU 53.2 sur les supports en béton neuf avant exécution de l'enduit dans le cas :
 - de microfissures ;
 - de joints secs ;
 - de joints de retrait du dallage et de fissures préalablement traitées.

Et ceci, quel que soit le type d'enduit utilisé (P_2 ou P_3) et le classement du local.

- Ce primaire est à prévoir lorsqu'il s'agit d'un local P_3 , lorsque les produits de lissage ne sont pas adjuvantés au moyen d'une résine liquide fournie avec le produit.
- Ce primaire peut aussi s'avérer nécessaire :
 - si le support a été taché par des boues de plâtre, d'enduit de peinture ou de peinture et/ou si le support est *non* (ou très peu) *poreux* (cas du béton surfacé lisse). Le primaire doit être en phase « solvant » de manière à former un « pont d'adhérence » entre le support et l'enduit ;
 - si le support est *trop poreux*, il y a lieu d'appliquer un primaire en phase aqueuse qui réduit la porosité en surface du support.

Note

Ces préconisations *non obligatoires* figurent dans l'annexe I du « Cahier des prescriptions techniques d'exécution des enduits de lissage de sols intérieurs » (cahier CSTB n° 1835 - mars 1993).

Les enduits de lissage sont en effet soumis à la procédure d'ATec (Avis Techniques).

Important

Bien respecter les *délais* entre l'application du primaire et la mise en œuvre indiqués par les fabricants de ces produits.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES BESOINS EN FORMATION



(

(

(

(

Nom et Prénom : _____

Date : _____

Objet de la formation : _____

Page : _____

Section : _____

Le but de la formation est de _____

Les objectifs de la formation sont _____

Les compétences à acquérir sont _____

Page : _____

Les connaissances à acquérir sont _____

Page : _____

Les connaissances à acquérir sont _____



Question/Réponse

REVÊTEMENTS DE SOLS SCELLÉS

Pose à l'extérieur des revêtements de sols scellés

QUESTION

Quelles sont les dispositions techniques concernant la pose en extérieur des revêtements de sols scellés ?

RÉPONSE

1. Cas général

Les dispositions techniques concernant la pose des revêtements de sol extérieurs scellés sont définies par le DTU 52.1 (norme NF P 61-202) publié en août 1994.

Ce texte s'applique aux parties externes des bâtiments (balcons, terrasses, loggias et plages de piscine...) et aux revêtements des dallages sur terre-plein (voies piétons, aires de plain-pied, plages de piscines...).

Il ne s'applique pas aux zones circulées par des véhicules à moteur. Des prescriptions particulières sont prévues dans ce DTU pour les terrasses accessibles aux piétons comme revêtement de protection de l'étanchéité.

Matériaux de revêtement

L'aspect glissance du revêtement doit être pris en considération (consulter les DPM).

Le problème de la glissance sur sol mouillé est lié au risque de chutes. Il n'y a pas de texte définissant cette caractéristique ni d'essai correspondant (norme à l'étude). Le classement UPEC ne prend pas en compte cette caractéristique.

• Carreaux céramiques

Le classement UPEC (classification CSTB) permet un choix qualitatif des carreaux.

On distingue trois classes de carreaux céramiques :

A = carreaux étirés

B = carreaux pressés à sec

C = carreaux coulés.

Chacune de ces classes (selon mode de façonnage) comporte quatre groupes en fonction de l'absorption d'eau.

À chaque type de carreaux correspond une norme définissant les caractéristiques (formes, dimensions, aspect, propriétés physiques, mécaniques, chimiques) ainsi que le marquage et la désignation.

Pour l'utilisation à l'extérieur, les carreaux céramiques et dalles céramiques doivent satisfaire aux exigences de la résistance au gel définies par la norme NF P EN 202 (ou P 61-513).

• Carreaux à liant ciment

Les carreaux et dalles de mosaïque de marbre à liant ciment prévus pour un usage extérieur par le fabricant doivent satisfaire aux spécifications de la norme NF P 61-302.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Les dalles en béton sont conformes au cahier des charges de la FIB (Fédération de l'industrie du béton) de septembre 1984.

- Dalles en matériaux naturels

Les dalles en matériaux naturels doivent satisfaire aux spécifications de la norme B 10-601 (norme XP 11/95).

Supports et formes

La pente minimale des supports est en général de 1 %.

Les DPM doivent préciser la valeur de cette pente, par suite des tolérances de planéité des supports et des conditions d'exécution des revêtements, les pentes inférieures à 2 % peuvent présenter en service de légères retenues d'eau. La pente des parties courantes est celle de la ligne de plus grande pente.

Les supports de revêtements scellés sont :

- les dallages sur terre-plein conformes au document « Travaux de dallage » (publication annales ITBTP n° 482, mars/avril 1990) ;

- les planchers en béton préfabriqué ou non à surface continue.

Ces supports doivent avoir au moins 1 mois d'âge pour un dallage et 2 mois pour un plancher avant la mise en œuvre du revêtement ;

- les formes E, F ou G exécutées sur sol stabilisé (cf. également document « Travaux de dallage »).

- Forme E = 0,03 à 0,05 m de mortier de ciment dosé à 300 kg/m³ environ, éventuellement avec armature de treillis soudé en acier doux :

- maille maxi = 50 × 50 mm ;

- masse ≥ 220 g/m².

- Forme F = 0,04 à 0,06 m de mortier de ciment dosé à 300 kg/m³ de ciment avec armature de treillis soudé :

- maille maxi = 100 × 100 mm

- masse ≥ 325 g/m².

- Forme G = 0,04 à 0,06 m de béton ou mortier dosé à 300 kg/m³ environ avec armature en TS :

- maille mini = 50 × 50 mm

- masse ≥ 650 g/m².

Ces formes sont adhérentes au support. Elles peuvent être nécessaires pour obtenir des pentes complémentaires dans des zones limitées. Sauf prescriptions particulières des DPM, ces formes ne sont pas prévues au lot « revêtements ».

Désolidarisation

Elle est obligatoire pour les planchers de moins de 6 mois d'âge et pour les dalles récentes (moins de 1 mois d'âge). La désolidarisation n'est possible que lorsque le support est en pente. Cette désolidarisation est obtenue par l'interposition :

- d'un film polyéthylène d'épaisseur $\geq 150 \mu\text{m}$;
- d'un feutre de type 36 S (NF P 84-313 et NF P 84-315) ;
- d'un non-tissé synthétique de poids $\geq 170 \text{ g/m}^2$;
- ou tout autre dispositif sous ATec.

Lorsque l'on craint des remontées capillaires, le film de désolidarisation doit également constituer une barrière (film polyéthylène ou feutre 36 S). Prévoir des recouvrements entre lés de 0,20 m environ.

Mortiers de pose et de jointoiement

- La composition de ces mortiers est donnée dans le DTU 52.13
 - sable de rivière ou concassé, ESV ≥ 75 , classe 0,8/5 mm ;
 - liants : CPA (NF P 15-301) classe 45.55
chaux hydrauliques (NF P 15-310 - P 15-312)
CPJ sous réserves (CPJ n° 2 - n° 4) ;
 - dosages :
mortier de ciment 250 kg à 400 kg de liant par m^3 de sable sec
ou mortier bâtard 300 à 400 kg
ou mortier de chaux 400 kg de liant/ m^3 de sable sec.
- Coulis pour joints :
 - granularité des sables selon largeur des joints ;
 - liants (voir mortier) utilisés purs ou sous forme de mortiers (dosage 800 à 1 000 kg par m^3 de sable sec), ou mortier spécial pour joint ou encore mortier de chaux (dosage 400 à 1 000 kg/ m^3 de sable sec).
- Adjuvants pouvant être utilisés comme :
 - plastifiants, réducteurs d'eau ;
 - fluidifiants ;
 - hydrofuges de masse ;
 - adjuvant d'adhérence.
- Barbotine :
 - les carreaux de grandes dimensions ($> 30 \times 30 \text{ cm}$) doivent être enduits sur leur face de pose d'une barbotine de ciment pur ;
 - les carreaux vitrifiés dont l'absorption d'eau est $< 0,5 \%$ doivent être enduits sur leur face de pose d'une barbotine appropriée.

Pose de revêtements

Pente $\geq 1 \%$ pour le revêtement fini. La pente minimale est imposée par les DPM. Elle est fonction des conditions d'utilisation du revêtement et de l'état de surface des matériaux prévus.

La pose du matériau de revêtement s'effectue comme pour les zones situées à l'intérieur. Toutefois, la largeur des joints entre éléments doit être de :

- 3 mm pour les petits formats ($S \leq 100 \text{ cm}^2$) ;
- 5 mm pour les autres formats.

2. Cas particulier : terrasses accessibles

Les dispositions techniques résultent :

- du DTU 52.1 (NF P 61-202) relatif aux revêtements de sols scellés (éditions 08/1994) ;
- du DTU 43.1 (document en révision) relatif aux travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie (édition 10/1981 plus modificatif 07/1990).

Principe

Pour les sols scellés, la protection comprend successivement :

- une couche de désolidarisation (par rapport au revêtement d'étanchéité) ;
- une chape de mortier ou un dallage en béton armé ou non ;
- un revêtement de circulation par éléments scellés ou collés ou par un dallage sur plots.



REVÊTEMENTS DE SOLS TEXTILES

Miroitement des moquettes

DÉFINITION

Les tapis à velours coupé présentent parfois, peu de temps après leur pose et leur mise en service, une modification d'aspect importante. Des marques plus claires ou plus foncées que la nuance générale du velours apparaissent, ce qui peut les faire confondre avec des taches de nature diverse ou des décolorations. Les dimensions et formes de ces taches sont très diverses. Les zones concernées passent d'une bande de moquette à la bande voisine à laquelle elle est cousue. Parfois, la zone s'étend sur trois lés de façon continue.

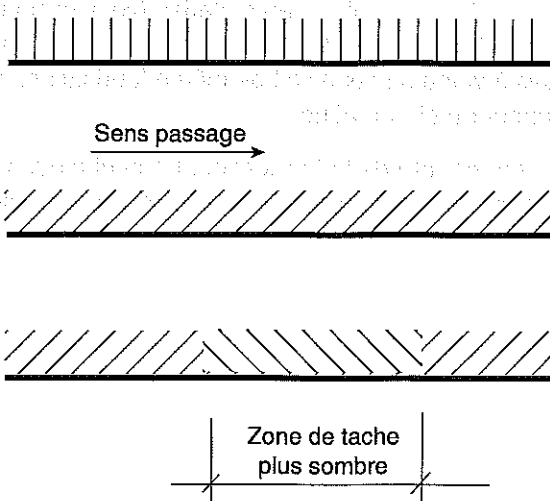
L'aspect vu côté utilisateur correspond à un résultat visuel comparable à un dégât provoqué par une inondation. Ce phénomène s'appelle le « miroitement » ou *shading* ou *schattieren*.

EXPLICATION DU PHÉNOMÈNE

Ce phénomène concerne tous les articles textiles en « velours coupé » (tapis, moquettes, velours d'habillement ou d'ameublement, tapis-brosses...) quel que soit leur mode de fabrication. Ces textiles sont composés de fibres textiles coupées et implantées dans un support par tissage, tuftage, nappage, floquage, etc.

Le velours se présente pour un observateur sous un aspect uniforme après fabrication.

Lors des premières utilisations, la pression des pas sur la moquette provoque l'inclinaison des fibres dans le même sens du couchant naturel si cette pression est dirigée dans le même sens.



C'est lorsque le couchant du velours, après s'être inversé, reprend sa position naturelle que l'impression de « tache » apparaît.

L'impression provient exclusivement du jeu de la lumière qui est absorbée ou réfléchi sur les zones de couchant ainsi créées. Lorsque la disposition des lieux le permet, le fait de regarder la zone de différents endroits autour de la zone « miroitée » la fait apparaître plus foncée, plus claire et même invisible. Le miroitement peut être plus ou moins accentué en fonction de divers facteurs (nature de la fibre utilisée, densité d'implantation du velours, etc.).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES

Lorsque le phénomène apparaît, c'est-à-dire 10 à 15 jours après la pose de la moquette, avec une stabilisation vers le troisième ou quatrième mois, on constate :

- que les formes des zones de « miroitement » sont très irrégulières mais toujours curvilignes, alors que les moquettes sont fabriquées sur des métiers rectilignes ;
- que pour une fabrication donnée, les surfaces affectées par le phénomène peuvent être très différentes d'un appartement à un autre et d'une pièce à une autre dans le même appartement ;
- que les taches suivent en général les couloirs de circulation pour passer d'un lé à l'autre sans discontinuité ;
- que le miroitement peut se produire sur tous les articles quelles que soient les techniques de fabrication (tapis moquette unis ou jacquard, tapis-brosse, velours d'ameublement ou d'habillement) ;
- que l'apparition du miroitement est favorisée ou aggravée par divers facteurs :
 - un sol humide (dalle sur terre-plein et absence de vide sanitaire) ; l'humidité remonte dans le velours et le rend plus sensible à l'écrasement et à la déformation sous l'action des pas ;
 - un sol mal préparé et non plan présentant des irrégularités plus ou moins accentuées ;
 - l'emploi d'une colle trop humide (pose collée) ou en quantité excessive ou mal répartie, suivie de la mise en place trop rapide de la moquette ; l'humidité remonte alors dans la moquette ;
 - l'entretien mal conduit pendant les premières semaines d'utilisation :
 - passage de l'aspirateur dans un délai trop court après la pose,
 - passage dans tous les sens, d'où modifications nombreuses du sens du couchant.

EN CONCLUSION

Le miroitement des moquettes est inhérent au matériau (velours coupé) et à l'orientation des fibres. Le remplacement à l'identique en cas de survenance de ce « désordre » uniquement esthétique, c'est-à-dire par un tapis à velours coupé soit de même fabrication, soit de fabrication différente, ne pourra empêcher le retour du phénomène.

La cause est donc indépendante de la fabrication. Le seul moyen d'éviter ce phénomène est de choisir une moquette d'un autre type que celle à velours coupé (velours bouclé par exemple).



Question/Réponse

REVÊTEMENTS EN PIERRE ATTACHÉE

Rupture d'une plaque

QUESTION

Comment une plaque de revêtement de pierre attachée, située au rez-de-chaussée, peut-elle se fendre sur toute sa hauteur ?

RÉPONSE

Description du désordre

Un revêtement en pierre attachée par fixations métalliques spéciales scellées dans le support subit une rupture partielle par suite d'un choc.



© J. Putatti

Le revêtement correspond au soubassement d'un immeuble (niveau bas du rez-de-chaussée) et la pierre constitue une face de l'angle. Une isolation thermique par laine minérale est disposée derrière le revêtement. La pierre ayant subi le désordre est de forme carrée (1,20 x 1,20 m environ).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La rupture correspond à une ligne pseudo verticale située à 0,25 - 0,30 m de l'arête d'angle et semble coïncider avec l'attache supérieure. La partie inférieure de la pierre, bien que fissurée, est restée en place.

Causes

L'origine de la rupture correspond à un choc de véhicule (hauteur du pare-choc). L'impact, par effet dynamique, a dû provoquer la flexion de la plaque supportée par ses attaches inférieures et retenue par ses attaches supérieures.

Les dimensions de la plaque sont trop importantes, surtout pour des éléments situés au ras du sol et plus vulnérables que les autres aux effets de choc. La pierre utilisée ne paraît pas très homogène. Il est probable que pour des raisons d'aspect architectural, le revêtement devait descendre jusqu'au ras du sol. La hauteur de la pierre correspond à une hauteur d'allège, ce qui rendait difficile une redécoupe dans le sens horizontal. La présence de l'isolant à l'arrière du revêtement était incompatible à une pose scellée.

Remède

Compte tenu du mode de fixation, la plaque complète doit être déposée et remplacée.

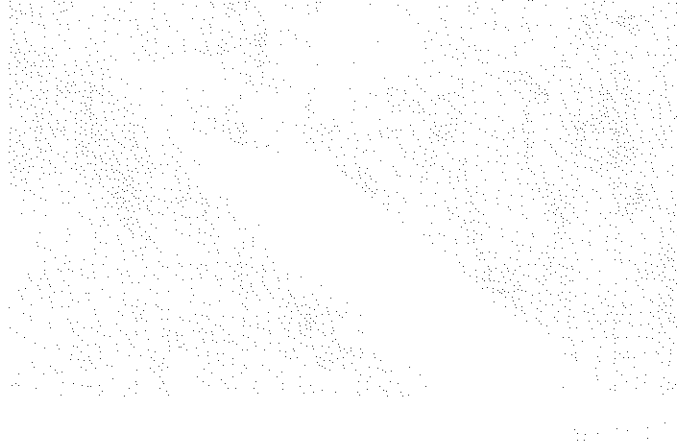
Les attaches supérieures constituent une retenue (contre le basculement) pour la pierre endommagée et doivent assurer la portance de la pierre supérieure, limitée ici à l'élément situé côté angle (faible largeur). L'autre attache est située sous le coffre d'appui de la baie.

Les attaches inférieures sont des attaches-supports.

Le dégagement de l'élément détérioré supporté par sa tranche inférieure pourra nécessiter la dépose des deux attaches-supports inférieures et leur remplacement par une autre disposition support.

Remarque

Dans ce cas de figure (revêtement accessible en rez-de-chaussée), des bornes de protection placées à une certaine distance de l'angle pourront éviter à l'avenir ce type de sinistre.





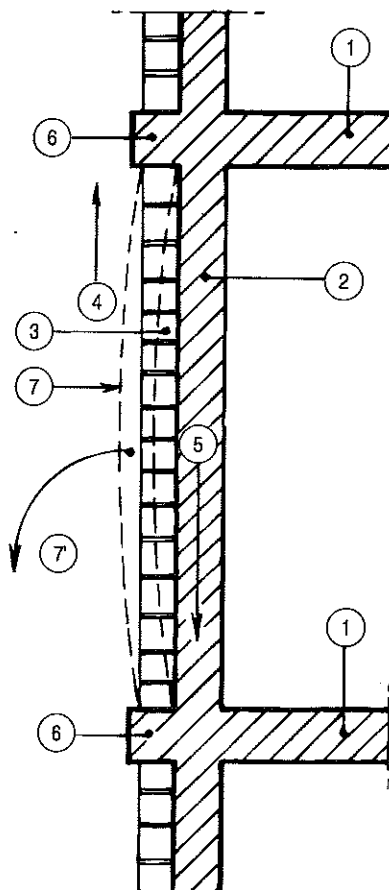
REVÊTEMENT EXTÉRIEUR EN BRIQUES DE PAREMENT

Mise en compression

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Revêtement extérieur (parement) en briques pleines.

Éclatement par effet de bombement avec chutes d'éléments.



- ① Planchers BA
- ② Voile béton banché
- ③ Paroi extérieure en briques
- ④ Poussée due au gonflement de la brique

- ⑤ Raccourcissement élastique du voile porteur
- ⑥ Abouts de dalle formant butées
- ⑦ Effet voûte puis éclatement de la paroi extérieure
- ⑧ Effet voûte puis éclatement de la paroi extérieure

Description sommaire

La structure porteuse est constituée de voiles en béton banché et de planchers-dalles.

Le revêtement extérieur est monté contre le voile béton sur des débords de plancher à partir d'un calepinage précis respectant les joints horizontaux.

Pas de liaison entre le revêtement et le voile béton.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES DU DÉSORDRE

- *Raccourcissement du voile porteur* par effet de fluage (déformation sous charge et mise en compression du revêtement considéré comme « autoporteur » dans une hauteur d'étage).
- *Cette mise en compression* s'accompagne d'un bombement vers l'extérieur (précontrainte dans le revêtement) d'une déformation instable (flambement) avec écrasement des joints de hourdage et désorganisation de la maçonnerie rapportée, chutes d'éléments pouvant aller jusqu'à l'effondrement des zones les plus sollicitées.

Risques corporels pour les personnes circulant à proximité de l'immeuble.



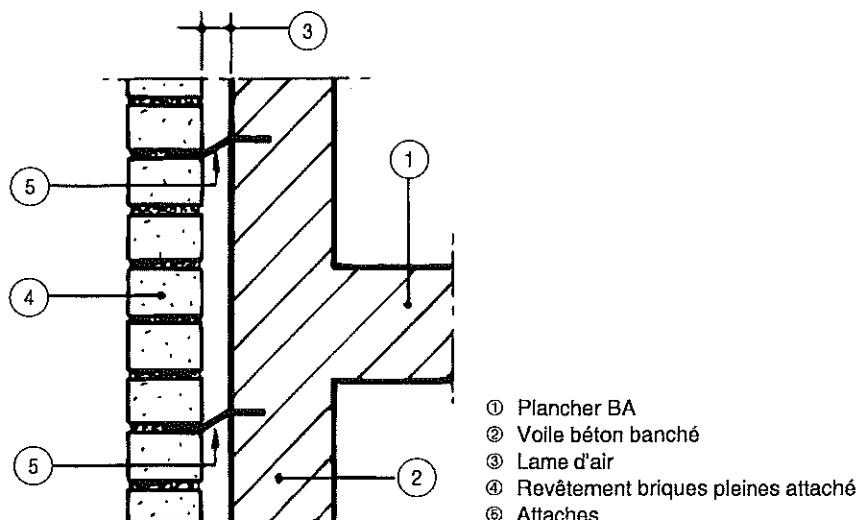


REVÊTEMENT EXTÉRIEUR EN BRIQUES DE PAREMENT

Mise en compression

SOLUTION PRÉVENTIVE

Le désordre décrit dans la fiche « désordre » étant évolutif, résulte d'une mauvaise conception. Il peut être évité si l'on considère le revêtement rapporté comme un système « indépendant » permettant les mouvements relatifs entre support et revêtement.



Principe

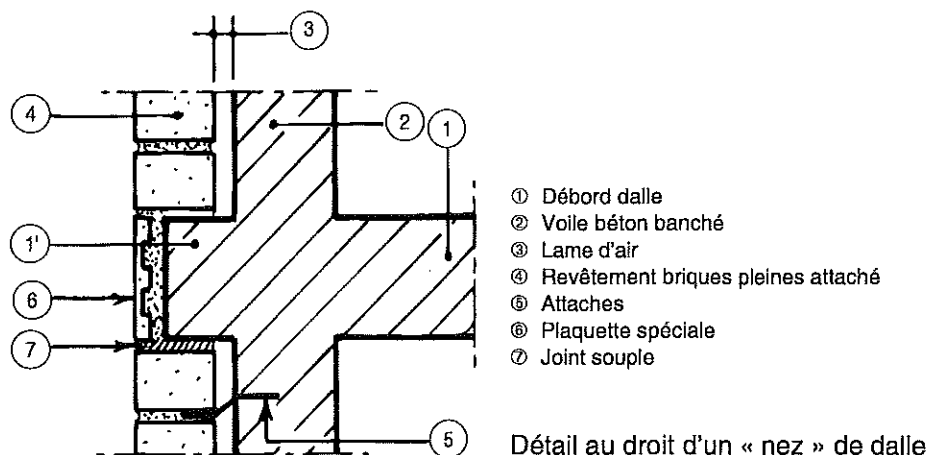
Disposer, après réalisation du gros œuvre béton armé, le revêtement extérieur en briques pleines de parement en ménageant une lame d'air de 2 à 3 cm de largeur.

Les briques sont liaisonnées au gros œuvre par des attaches spéciales en métal non corrodables recourbées vers le bas. La difficulté réside dans le scellement de ces attaches dans le voile béton. Des chevilles spéciales avec œillet permettent de réaliser ce type de liaison.

Le montage de la paroi extérieure est soumis à des règles définies dans le DTU 20.1, avec des limitations d'emploi (hauteur des façades).

SOLUTION CORRECTIVE

On peut, après dépose complète du revêtement initial, réutiliser le même principe que ci-dessus avec les débords de dalle. Prévoir néanmoins un joint souple entre chaque niveau (partie haute).



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS VERTICAUX

Ragréage

QUESTION

Comment reconnaître facilement qu'un ragréage extérieur de mur en béton est apte à recevoir un RPE (revêtement plastique épais) ?

RÉPONSE

Le ragréage doit être :

- *adhérent* (c'est-à-dire ne pas sonner le creux) ;
- *suffisamment dur* (pour estimer cette propriété, mouiller généreusement une surface localisée de ragréage et apprécier sa dureté à l'état mouillé à l'aide d'un canif par comparaison avec la dureté d'une zone voisine sèche).

Le ragréage ne doit pas être :

- pulvérulent à sec, donc ne doit pas laisser de trace sur la main ;
- sensible à l'eau, donc ne doit pas se délayer au frottement du doigt sur la zone humide.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



REVÊTEMENTS HORIZONTAUX

Tablettes de fenêtres

DÉFINITION DU DÉSORDRE

Décollement et fissuration de tablettes de fenêtres.

SITUATION

Immeuble de bureaux de grande hauteur.

Ossature béton armé avec poteaux verticaux espacés environ tous les 2 m maxi (2 trames = 1,50 et 2,00).

Fenêtres sur allèges prises entre poteaux.

Tablettes d'allège placées entre poteaux (marbre) :

- soit en 1 élément de 1,30 m ;
- soit en 2 éléments de 0,90 → 1,80 m.

Pose à bain de mortier sur une maçonnerie de remplissage en briques.

DÉSORDRE

Après une année de mise en service : décollement et fissuration d'un grand nombre de tablettes et plus particulièrement celles en 2 éléments, avec soulèvement par « effet voûte » dans le milieu des allèges.

Les fissures sont apparues sur les éléments en une seule pièce, par mise en flexion (fissure au milieu ou près des poteaux).

Maximum de désordres dans les niveaux supérieurs du bâtiment.

CAUSES DU DÉSORDRE

1. Cause principale

Absence de joints souples entre éléments (grande travée), ou aux appuis.

2. Cause annexe

Effet de fluage et raccourcissement élastique des poteaux d'ossature.

Retrait du béton des poteaux.

3. Autre cause

Dilatation thermique des tablettes placées au-dessus de corps de chauffe.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

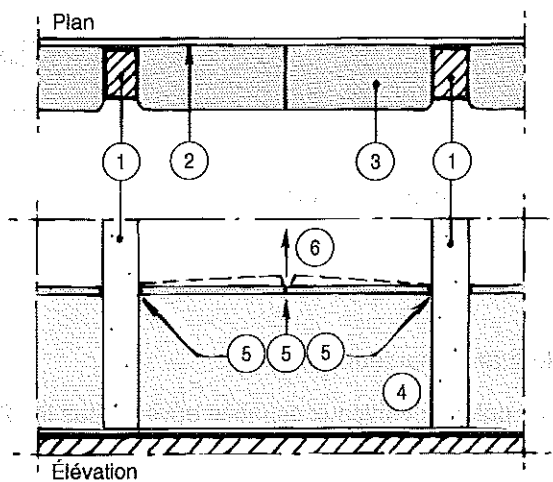
ST

UV

WX

YZ

Mise en compression (précontrainte) des tablettes qui subissent les effets d'un flambage.



- ① Poteau structure (béton)
- ② Façade
- ③ Tablette sur coffre en allège (2 éléments)

- ④ Coffre
- ⑤ Joints
- ⑥ Remontée des tablettes (effet voûte)

REMÈDE (PRÉVENTIF - CURATIF)

- Prévoir une pose avec des joints souples et larges.
- Remplissage de ces joints avec un mortier maigre.



REVÊTEMENTS VERTICAUX EXTÉRIEURS

Enduit hydraulique

QUESTION

Comment remettre en état un parement d'enduit hydraulique projeté sur un complexe d'isolation par l'extérieur, sali par la pollution atmosphérique ?

RÉPONSE

Les enduits extérieurs se salissent d'autant plus que leur surface est plus rugueuse.

Les finitions « lissées » ou « grésées » réalisent des surfaces planes sur lesquelles l'eau de pluie ruisselle plus facilement, entraînant les salissures.

Néanmoins, dans une façade certaines zones sont protégées des ruissellements et les salissures ne se déposent pas de manière uniforme.

L'application d'un enduit lissé ou grésé sur un ancien enduit tyrolien projeté sur isolant n'est pas réalisable.

SOLUTIONS

1. Application d'un nouvel enduit

L'application d'un nouvel enduit présente les risques suivants :

- charge supplémentaire incompatible avec la tenue mécanique assurée initialement par un grillage déformable seulement compatible avec un enduit mince ;
- décollements en fissurations préjudiciables à l'enduit et à la paroi.

2. Solution possible

- *Nettoyage manuel* (à la brosse et à l'eau) ou sous pression modérée (30 à 40 bars) pour le rinçage, à condition que le support ne soit pas fissuré.
- Éventuellement, *mise en peinture* avec produit compatible avec l'enduit (*exemple* : peinture à la pliolite).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La question est de savoir si l'enduit hydraulique est une solution viable.

On va donc voir si l'enduit hydraulique est une solution viable.

on, l'enduit hydraulique?

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.

on, l'enduit hydraulique?

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.

On va donc voir si l'enduit hydraulique est une solution viable.

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.

on, l'enduit hydraulique?

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.

on, l'enduit hydraulique?

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.

l'enduit hydraulique est une solution viable, car il est résistant et durable.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS VERTICAUX EXTÉRIEURS

Enduit mortier sur mur chaud

QUESTION

Quelles précautions sont à prendre pour réaliser un enduit extérieur sur un mur en moellons contre lesquels sont adossés des fours qui élèvent sensiblement la température de la paroi ?

RÉPONSE

- L'enduit doit être suffisamment épais.
- La granulation du mélange doit comporter des éléments assez gros de manière à avoir le minimum de liant.
- Pour le support en moellons dont la surface présente des aspérités, il est préférable de mettre en place une armature type treillis permettant de retenir l'enduit et d'avoir une surface de travail uniforme.
- L'application de l'enduit doit comporter :
 - une première couche de 20 mm d'épaisseur environ (granulométrie 0 à 7) ;
 - une seconde couche moins épaisse (5 mm) à granulométrie réduite (0 à 3).

Protéger l'application de la dessiccation pendant 3 jours au moins avec des sacs de jute humide (ou tout autre moyen similaire).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES



Prénom et Nom : _____

Date : _____

Le présent questionnaire a pour but d'évaluer vos connaissances sur les revêtements extérieurs. Veuillez répondre à toutes les questions.

QUESTION 1

Qu'est-ce qu'un enduit mortier ?

Un enduit mortier est une couche mince de mortier appliquée sur un support pour protéger et décorer la surface.

Il est composé de ciment, de sable et d'eau. On le trouve en deux types : à base de ciment et à base de plâtre.

Quelles sont les principales applications de l'enduit mortier ?

Il est utilisé pour la finition des murs extérieurs, la protection des surfaces et la réalisation de revêtements décoratifs.

Il est également utilisé pour la réparation des surfaces endommagées.

Quelles sont les précautions à prendre lors de l'application de l'enduit mortier ?

Il faut bien préparer le support avant l'application.



REVÊTEMENTS PLASTIQUES ÉPAIS (RPE) - CLOQUAGE

Application sur enduit plâtre

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

- Un revêtement de façade type RPE (revêtement plastique épais) à faible perméabilité à la vapeur d'eau a été appliqué sur un mur ancien constitué d'une maçonnerie de briques pleines (épaisseur 0,11) hourdée au plâtre et revêtue de deux enduits plâtre (intérieur, extérieur).
- Des cloquages sont apparus principalement au droit de parois limitant des locaux humides (cuisines, salles d'eau) insuffisamment ventilés (cf. photo 1).



Photo 1 : Cloquage du RPE sur enduit plâtre. © J. Putatti

CAUSES

Le phénomène de cloquage correspond à une tension de vapeur excessive derrière le revêtement. Cette tension est supérieure aux forces d'adhérence au support. Ce dernier tel que décrit ci-dessus présente une porosité excessive à l'eau et une perméabilité à la vapeur bien supérieure à celle du revêtement de façade.

D'autre part, le local mal ventilé ne peut évacuer le surplus de vapeur d'eau résultant de l'occupation. Le phénomène dans le cas présent est accentué par un sinistre résultant de fuites de branchement d'évacuation d'eaux usées.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Dans certaines zones, du fait de la situation en eau (chargée) du support, des poches d'eau se sont formées et accumulées derrière le RPE (cf. photo 2). La rupture (volontaire) du film montre que l'adhérence au support est quasi nulle. Cette rupture volontaire a été effectuée par l'expert dans le cadre de ses investigations. D'autre part, le pelage a permis de constater la présence d'eau liquide.

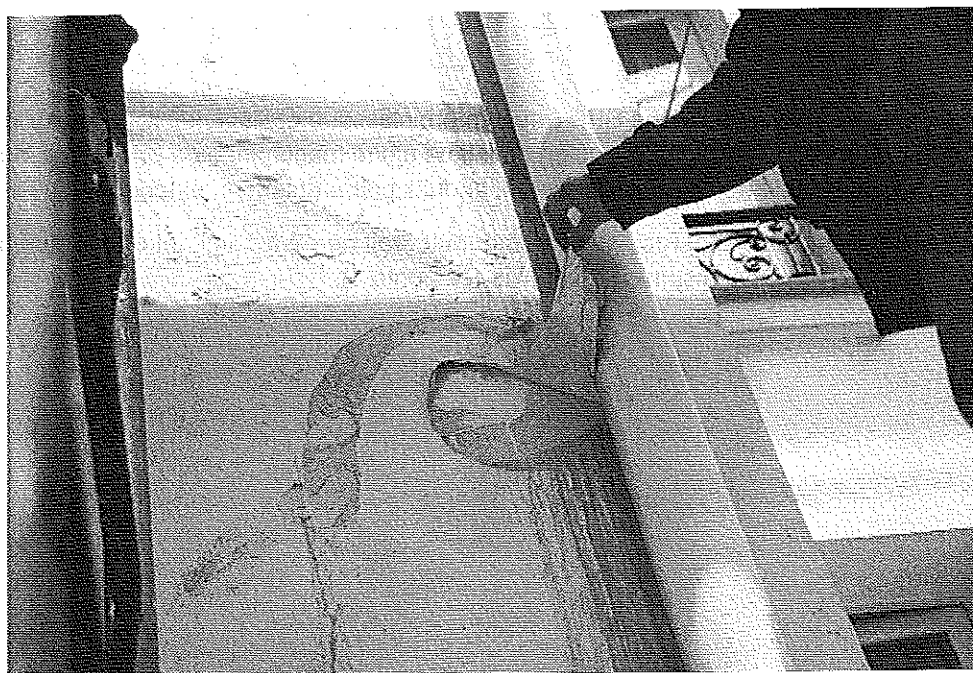


Photo 2 : Décollement (volontaire) du film RPE dans une zone de cloque correspondant à une poche d'eau. © J. Putatti

La solution de reprise a nécessité :

- la réfection complète du revêtement après pelage et dépose du film ;
- le choix d'un revêtement de façade adapté au support enduit plâtre ;
- des dispositions de ventilation des locaux, améliorées au niveau du renouvellement d'air.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS PLASTIQUES ÉPAIS (RPE)

Décollement d'un RPE

QUESTION

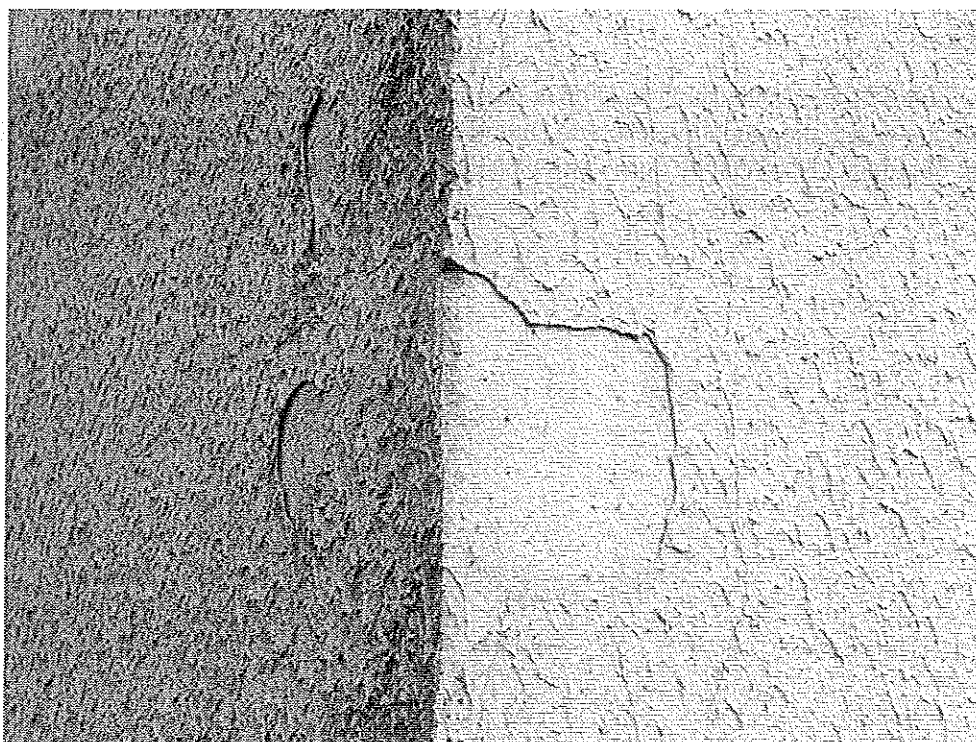
Quels sont les éléments qui peuvent provoquer le décollement d'un RPE appliqué sur un mur enduit ?

RÉPONSE

Description du désordre

Un revêtement plastique épais (RPE) constituant la couche de finition d'un enduit traditionnel présente :

- des fissurations (microfissures) ;
- des décollements partiels notamment près d'un angle de mur.



Décollement du RPE et micro-fissures. © J. Putatti

Les zones décollées font apparaître un support lisse montrant un défaut d'adhérence sur la couche de corps d'enduit correctement dressée (en apparence).

Toutefois, la trace d'une imprégnation préalable du support (primaire éventuel d'accrochage) n'apparaît pas au droit des zones de décollement. D'autre part, les micro-fissures du revêtement correspondent à un réseau orthogonal.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Causes

- L'examen de la surface du revêtement montre que l'application a été faite au rouleau à poils de mouton, donnant cet aspect grossier que l'on ne trouve plus actuellement, les finitions présentant un grain plus fin non susceptible d'accrocher les poussières atmosphériques.

- Le défaut majeur de ce revêtement est son manque d'adhérence dans certaines zones.

- La mise en œuvre des RPE correspond à des règles précises qui comprennent :

- l'application d'un apprêt afin d'imprégner le support de manière à régulariser la succion du support. Cet apprêt est généralement passé au rouleau, sa fluidité dépend de la porosité du support ;

- la couche d'accrochage distincte de la couche d'apprêt, mais faisant partie du RPE. Elle peut éventuellement permettre de supprimer la couche d'apprêt sur des supports sains de faible porosité. C'est probablement ce qui a dû se passer.

Les défauts étant situés sur les faces d'un angle de mur, il est possible que des points de condensation résultant du pont thermique constitué par cet angle aient contrarié localement l'adhérence du RPE.

- Le faïençage du revêtement est inhérent à sa composition et aux conditions d'application (dessiccation plus ou moins rapide).

Remarque

Le désordre localisé faisant l'objet de la présente fiche a de fortes probabilités de se généraliser de proche en proche par introduction de l'humidité à l'interface RPE/support. Un sondage permettrait de déterminer l'importance du sinistre et la solution de réparation (réfection).



REVÊTEMENTS VERTICAUX INTÉRIEURS

Carrelages muraux - Décollements

POSITION DU PROBLÈME

Décollement de carrelages muraux dont la mise en œuvre a été faite normalement.

DÉSORDRE - MANIFESTATION

- Mise en voûte du panneau carrelé.
- Chutes d'éléments.

1. Conditions - constatations

La pose du carrelage intervient peu de temps après la réalisation du gros œuvre.

2. Causes

- Retrait hydraulique du voile béton support ou de la maçonnerie enduite non terminée.
- Fluage (déformation sous charges).
- Occupation des locaux avec variations des conditions de température ou d'hygrométrie du revêtement et de son support.

3. À titre indicatif

- *Retrait du béton* : en France, valeur de 0,2 à 0,4 mm/m selon composition, teneur en eau. À 28 jours, le retrait effectif atteint 40 à 50 % de la valeur totale. À 60 jours, le retrait est de 60 à 70 % de la valeur finale.
- *Fluage* : pour une contrainte de 15 N/mm² (150 bars), le retrait dû au fluage est de 1,5 à 1,7 mm/m et sera stabilisé après 3 à 5 ans. Un voile en béton âgé de 90 jours n'atteint que 60 à 70 % de cette valeur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

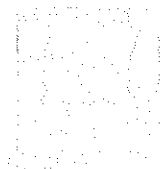
ST

UV

WX

YZ

PROCES-VERBAL DE LA REUNION



Le 14 mai 2004, à 14 heures

La Commission d'accès à l'information a tenu sa 100^{ème} réunion.

Président : M. Jean-Pierre Gauthier

Présidente : M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier

M. Jeanne Gauthier

M. Jean-Pierre Gauthier



REVÊTEMENTS VERTICAUX INTÉRIEURS

Enduit en mortier bâtard et briques plâtrières

QUESTION

Peut-on appliquer un enduit en mortier bâtard sur une cloison en briques plâtrières ?

RÉPONSE

Par définition, la *brique plâtrière* est une brique creuse de terre cuite comportant une seule rangée d'alvéoles, dont l'épaisseur est de 3,5, 4 ou 5 cm.

Ces éléments sont destinés presque uniquement à la réalisation :

- de cloisons de distribution ;
- de cloisons de doublage.

POSITION DU PROBLÈME (DTU 20.1)

- En cloison de doublage, l'enduit intérieur ne peut être appliqué que sur *une face*. Seul l'enduit en plâtre peut être appliqué.
- En cloison de distribution, l'enduit est appliqué sur les *2 faces*. Dans ce cas, les enduits doivent être de même composition sur chacune des faces. Cette règle résulte des effets de retrait provoqués par les enduits à base de liants hydrauliques, même bâtards.
- *Dérogation possible* pour les cloisons de doublage :
 - constituées de briques d'épaisseur $\leq 0,07$ m avec une seule rangée d'alvéoles ;
 - à condition d'être attachées à la paroi de maçonnerie qu'elles doublent, les attaches doivent être disposées tous les mètres dans chaque sens (1 attache/m²) ;
 - pour les parois de hauteur d'étage de 2,50 m, prévoir une file d'attaches à mi-hauteur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES DES CANDIDATS



(

(

(

(

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.

Le questionnaire est à remplir par le candidat et doit être remis avec la copie du questionnaire.



Question/Réponse

REVÊTEMENTS VERTICAUX INTÉRIEURS

Murs ou cloisons

QUESTION

Peut-on poser directement un papier peint sur un mur en béton banché présentant un parement très lisse ? (Cas de bâtiment à refends transversaux porteurs).

RÉPONSE

Le problème se situe non pas au niveau de l'état de surface (surface lisse obtenue par un coffrage soigné), mais au niveau de l'alcalinité du ciment qui attaque le papier en provoquant des auréoles et en décolorant certains pigments.

La solution consiste à intercaler une protection entre le mur et le papier peint :

- soit par double encollage ;
- soit par feuille de métal extra-mince.

- Le premier procédé ne convient pas pour les murs susceptibles de s'humidifier (murs de façade ou pignons, cas des parois isolées par l'extérieur). Il est à retenir pour les murs intérieurs non humides. C'est la couche de colle supplémentaire qui joue le rôle d'isolant. Le support doit être bien sec (un mois de séchage minimum), c'est-à-dire ne pas présenter une humidité supérieure à 4-5 %. Une couche de colle est passée et le papier encollé est posé ensuite. Les colles cellulosiques sont préférables aux colles végétales qui présentent des risques de moisissures.

- Le second procédé est réservé aux supports risquant de s'humidifier. La solution idéale est la protection par une feuille de métal contrecollée sur une feuille de papier (papier au plomb ou papier d'aluminium). Le procédé est efficace mais onéreux. On peut également utiliser pour réaliser la couche isolante, des résines vinylo-acryliques sous forme de produits prêts à l'emploi spécialement adaptés.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. Les revêtements de murs et cloisons sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre.

b) Les revêtements de murs et cloisons en brique ou en pierre.

2. Les revêtements de murs et cloisons en plâtre sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse.

b) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre à la chaux.

3. Les revêtements de murs et cloisons en brique ou en pierre sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en brique ou en pierre lisse.

b) Les revêtements de murs et cloisons en brique ou en pierre à la chaux.

4. Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux.

b) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre.

5. Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre lisse.

b) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux.

6. Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux lisse.

b) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux.

7. Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux lisse.

8. Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux lisse sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux lisse lisse.

b) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux lisse à la chaux.

9. Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux lisse à la chaux sont classés en deux catégories :

a) Les revêtements de murs et cloisons en plâtre lisse à la chaux et à la terre à la chaux à la chaux lisse à la chaux lisse.



Désordre

REVÊTEMENTS VERTICAUX INTÉRIEURS

Peinture dans une salle d'eau

DÉSORDRE

Dans une salle de bain (coin douche), une peinture a été appliquée (glycérophtalique) sur des fonds insuffisamment préparés.

L'aspect laqué de la peinture n'a pu être obtenu.

Quelques mois après cette application, des taches violacées apparaissent.

CAUSE

Il paraît probable que les taches constatées correspondent à des développements de végétations mycéliennes, ce phénomène a été déjà constaté sur des enduits extérieurs de façade (champignons microscopiques).

La couche de finition de peinture présente une surface poreuse qui s'imprègne d'eau qui favorise le développement de ces micro-organismes.

L'utilisation d'une peinture fongicide brillante devrait pouvoir régler le problème.

REMÈDES

- Laver le mur à l'eau de Javel.
- Rincer ensuite soigneusement.
- Attendre quelques jours pour obtenir le séchage complet du mur.
- Repeindre avec une peinture brillante (une à deux couches pour obtenir l'aspect brillant).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

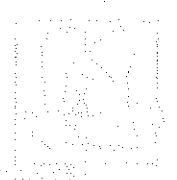
ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE DE LA REVISION (1994-1995)



À retourner à :

Ministère de l'Éducation, du Jeunesse et des Sports

Ministère de l'Éducation, du Jeunesse et des Sports
Bureau de la Révision
Ottawa, Ontario K1P 8Z1

Le présent questionnaire est à retourner à :

Ministère de l'Éducation, du Jeunesse et des Sports
Bureau de la Révision
Ottawa, Ontario K1P 8Z1

Page 1

Le questionnaire est à retourner à :

Ministère de l'Éducation, du Jeunesse et des Sports
Bureau de la Révision
Ottawa, Ontario K1P 8Z1

Le questionnaire est à retourner à :

Page 2

Le questionnaire est à retourner à :

Ministère de l'Éducation, du Jeunesse et des Sports

Bureau de la Révision

Ottawa, Ontario K1P 8Z1



Question/Réponse

REVÊTEMENTS VERTICAUX INTÉRIEURS

Plâtre coupé et plâtre lissé

QUESTION

Comparaison (avantages et inconvénients) entre plâtre coupé et plâtre lissé ?

RÉPONSE

Les deux techniques d'enduit existent mais la tendance actuelle correspond à la généralisation du *plâtre lissé*.

Les deux techniques correspondent à deux modes de finition différents qui ne mettent pas en cause la qualité intrinsèque de l'enduit – sous réserve que les règles de l'art soient respectées :

- le *plâtre lissé* présente une surface « prête à peindre » ;
- le *plâtre coupé* présente une surface où les pores sont ouverts (d'où le nom de « plâtre ouvert » donné au plâtre coupé). Ceci provient de l'utilisation d'un outil, le berthelet, qui permet de « couper » le plâtre, c'est-à-dire de régulariser la surface. Le plâtre coupé nécessite des travaux de peinture plus complexes que ceux réalisés sur plâtre lissé, notamment si une finition soignée est exigée.

- Le *plâtre lissé* nécessite un travail plus facile, moins fatiguant que celui correspondant à l'exécution du plâtre coupé, mais le séchage est plus long avec le plâtre lissé.

- La surface poreuse du *plâtre coupé* nécessite donc une préparation supplémentaire à exécuter par le peintre (enduit repassé). De ce fait, les travaux de peinture sont plus onéreux, notamment lorsqu'il est exigé une peinture brillante (laque) pour laquelle la qualité de surface est primordiale. En revanche, un rebouchage peut suffire sur plâtre coupé lorsqu'on réalise une finition par peinture mate ou lorsqu'on met en œuvre une teinture ou un revêtement par tissu tendu ou collé. Le rebouchage et le repassage sont donc nécessaires sur un plâtre coupé (sauf cas particulier de finition cités ci-dessus) pour une exécution soignée des travaux de peinture. C'est souvent la raison des différences de devis de peinture (rapport 1 à 3) qui tiennent compte – pour des entreprises sérieuses – de la préparation des fonds.

D'autre part, il existe différentes qualités d'aspect des plâtres coupés. De ce fait, certains enduits ne demanderont qu'un rebouchage tandis que d'autres exigeront en plus un repassage.

Les deux facteurs :

- qualité exigée pour la peinture,
- qualité présentée par la surface du plâtre,

interviennent et donnent lieu à des situations diverses.

Mais à la limite, on ne peut obtenir une peinture parfaite sur un mauvais plâtre.

- Le plâtre coupé, du fait de sa nature et de son mode d'application est nécessairement plus granuleux qu'un plâtre lissé, mais il ne doit pas présenter de trous.

Ces défauts peuvent résulter des causes suivantes :

- plâtre « coupé » trop tard, c'est-à-dire sur un plâtre trop dur (faute d'exécution par défaut d'appréciation du personnel d'exécution), défaut généralement limité à une partie d'ouvrage ;
- plâtre ne convenant pas à l'emploi avec, par exemple, incorporation d'un adjuvant mal homogénéisé.

D'autres défauts peuvent intervenir avec le plâtre lissé, par exemple résistance mécanique insuffisante (plâtre « mort »).

Le travail de plâtrier est un travail de spécialiste. Il exige une main-d'œuvre qualifiée.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

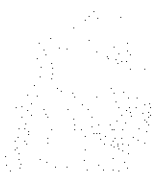
ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES



QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.

Le questionnaire est destiné à évaluer les connaissances des participants.



ROUILLE BLANCHE

Couvertures métalliques - Protection par galvanisation

QUESTION

Qu'appelle-t-on « rouille blanche » ?

RÉPONSE

La « rouille blanche » est un phénomène indésirable qui apparaît dans certaines conditions sur les surfaces galvanisées sous la forme de taches ou de revêtements de couleur blanche ou gris-blanc (photos 1 et 2).

Le produit de corrosion est spécifique du zinc et plus particulièrement des surfaces ayant subi une galvanisation au trempé.

La protection de la surface de l'acier contre les effets de l'atmosphère et de l'effet de la protection cathodique au cours d'une période de 6 à 12 mois de résistance aux intempéries extérieures est complétée par la formation d'une couche protectrice insoluble dans l'eau appelée patine du zinc composée essentiellement d'un carbonate de zinc basique.

En fait, le zinc pur constituant la couche extérieure du revêtement se recouvre, au contact de l'oxygène de l'air d'une couche protectrice d'oxyde de zinc (ZnO). Ce dernier formé en air sec se transforme en atmosphère humide en hydrate de zinc ($\text{Zn}(\text{OH})_2$) qui, avec le gaz carbonique, se transforme en hydrocarbonate basique insoluble composé en proportion équilibrée d'hydrate de zinc et du carbonate de zinc basique.

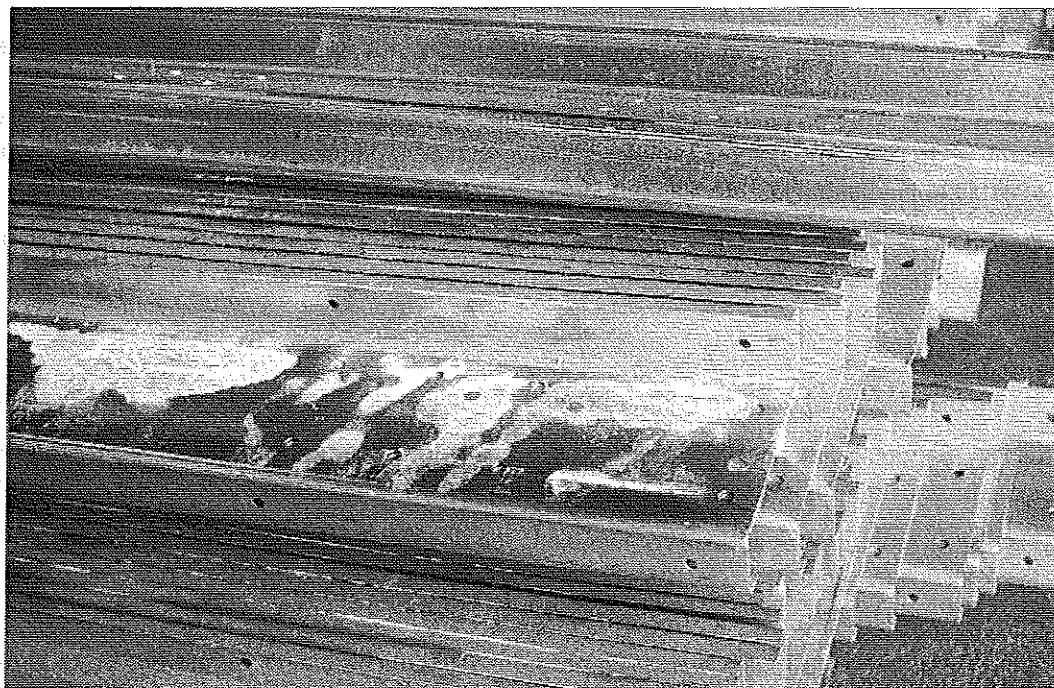


Photo 1 : Formation de rouille blanche sur des profilés type Z pliés en tôle d'acier galvanisé (condensations entre profils neufs empilés). © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

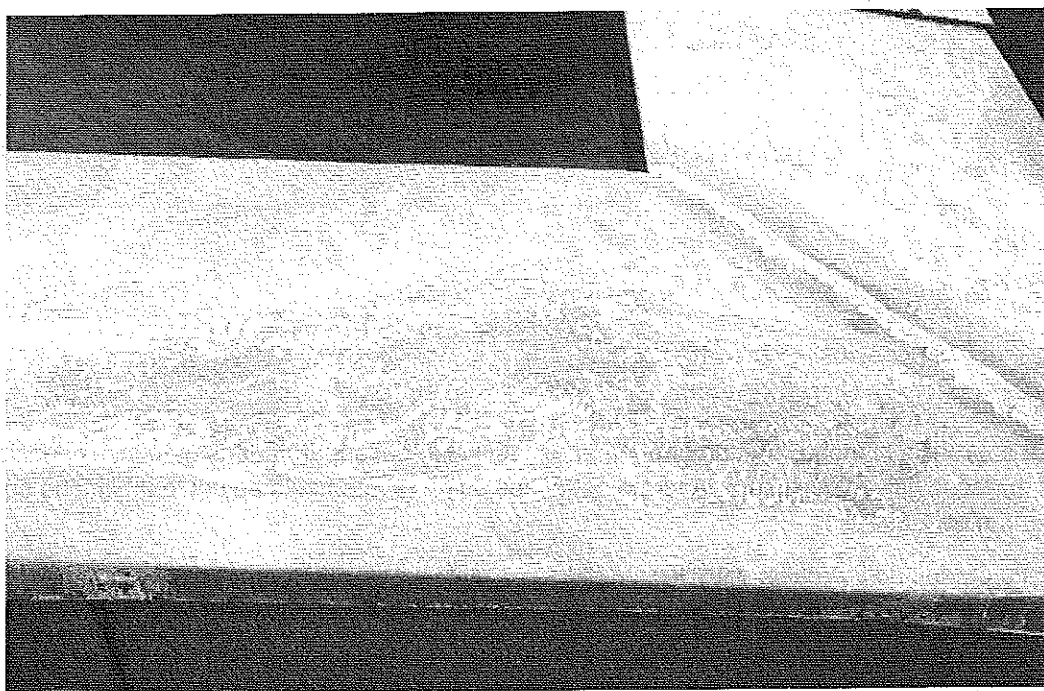


Photo 2 : Formation de « rouille blanche » sur une couverture d'acrotère exposée aux intempéries.
© J. Putatti

Pour que la couche protectrice puisse se former, il apparaît donc que la pièce galvanisée soit en contact à la fois avec l'oxygène (O) et l'humidité de l'air (OH) ainsi qu'avec le gaz carbonique ou, en d'autres termes, il est nécessaire qu'avant utilisation la pièce galvanisée doit être vieillie en atmosphère normale.

Mais cette couche n'est pas indestructible. La ventilation doit donc exister à tous les stades de l'utilisation d'un élément en acier galvanisé.

Si, en revanche, les surfaces galvanisées par trempage sont soumises à l'influence d'un air stagnant (cas de la photo 1 : profilés empilés les uns contre les autres), la patine du zinc ne se forme que d'une manière insuffisante ou pas du tout. Au contraire, l'effet simultané de l'eau de condensation ou de l'eau de pluie qui pénètre par capillarité dans les profilés empilés et l'insuffisance de l'arrivée de l'oxygène de l'air, provoquent la formation d'un hydroxyde de zinc, volumineux, blanc, instable qui constitue la « rouille blanche ».

Quand les conditions sont défavorables, le processus peut se dérouler très rapidement, parfois en quelques heures, et plus particulièrement sur des surfaces fraîchement galvanisées.

LIMITES DU RISQUE

La simple coloration blanche ou gris-blanc ne constitue généralement qu'une gêne visuelle.

Si l'on respecte une bonne ventilation et si on évite les accumulations d'eau, les produits de corrosion du zinc se transforment, grâce au processus d'oxydation normal, en une patine de zinc stable.

En cas de peinture des surfaces galvanisées, on doit éliminer les traces de rouille blanche en revêtements volumineux. Ces couches sont très hygroscopiques et absorbent l'humidité par les fissures capillaires de la couche de peinture sèche.

Si la formation de la rouille blanche a progressé, la couche de zinc pur tombe sous forme d'efflorescences et les couches d'alliage fer-zinc sont ensuite attaquées, ainsi que l'acier.

Seul un reconditionnement peut rétablir la protection initiale.

ÉLIMINATION DE LA ROUILLE BLANCHE

Pour une rouille légère, on élimine par brossage (brosses nylon ou métal) mais l'aspect d'origine de la couche de zinc ne peut être restitué.

Cette opération dans le cas de rouille légère n'est pas nécessaire si le processus normal de protection peut se poursuivre.

En revanche, en cas de mise en peinture, cette opération est nécessaire.

COMMENT ÉVITER LA ROUILLE BLANCHE ?

1^{re} précaution : au stockage

Les produits galvanisés au trempé ne doivent jamais être stockés directement sur le sol mais sur des cales. Ils ne doivent pas être empilés les uns sur les autres (cas des profilés en tôle pliée).

2^e précaution

L'air doit pouvoir circuler facilement entre les pièces stockées et il ne doit pas y avoir de condensations.

CAS PARTICULIER

Des phénomènes similaires à la formation de rouille blanche sur les produits galvanisés par trempage ont été rencontrés sur des plaques nervurées en aluminium.

Le cas représenté en photo 3 correspond à un hangar en cours de construction dans la zone portuaire d'une zone tropicale très humide d'Afrique occidentale. Les altérations superficielles observées en sous-face sont apparues peu de temps après le montage en couverture.

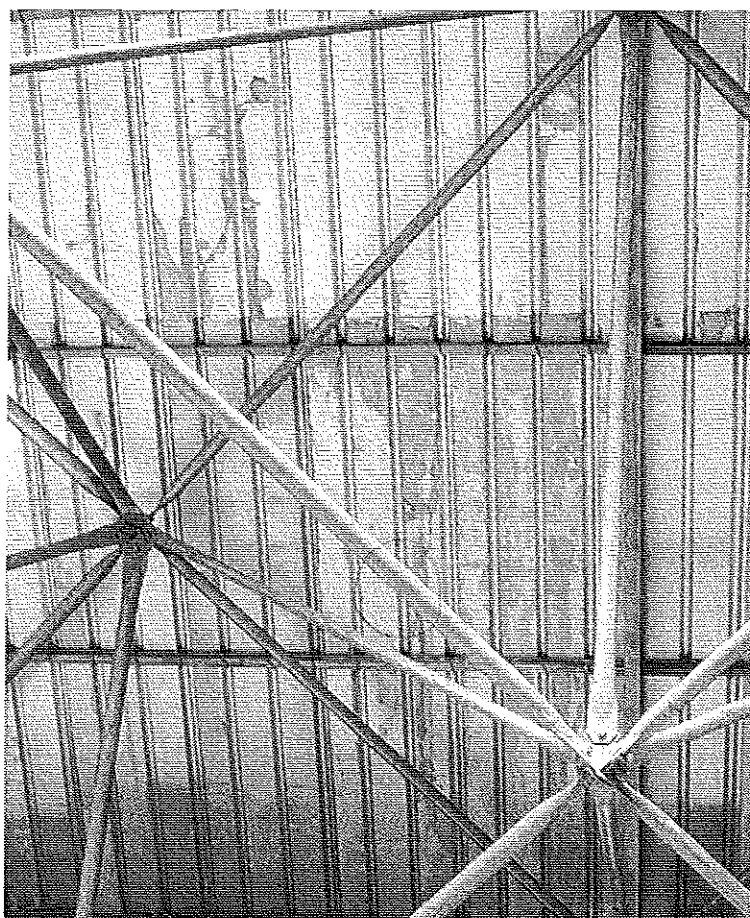


Photo 3 : Formation de taches gris-brun sous une couverture en plaques aluminium. © J. Putatti

QUESTIONNAIRE SUR LA CONNAISSANCE DES TECHNIQUES DE PROTECTION DES COUVERTURES MÉTALLIQUES

1. Quel est votre nom, prénom et adresse ?
2. Quel est votre métier ?
3. Quel est votre niveau de formation ?
4. Quel est votre âge ?
5. Quel est votre sexe ?

QUESTIONNAIRE SUR LA CONNAISSANCE DES TECHNIQUES DE PROTECTION DES COUVERTURES MÉTALLIQUES

6. Quel est le type de couverture que vous utilisez ?
7. Quel est le matériau de la couverture ?
8. Quel est le type de protection que vous utilisez ?
9. Quel est le type de traitement que vous utilisez ?
10. Quel est le type de peinture que vous utilisez ?

QUESTIONNAIRE SUR LA CONNAISSANCE DES TECHNIQUES DE PROTECTION DES COUVERTURES MÉTALLIQUES

11. Quel est le type de traitement que vous utilisez ?
12. Quel est le type de peinture que vous utilisez ?
13. Quel est le type de traitement que vous utilisez ?
14. Quel est le type de peinture que vous utilisez ?
15. Quel est le type de traitement que vous utilisez ?



LA COUVERTURE MÉTALLIQUE EST-ELLE PROTECTRICE ?



Question/Réponse

RUISELLEMENT (DESTRUCTION D'UNE PARTIE DE MUR)

Mur de clôture

QUESTION

Comment un ruissellement peut-il détruire partiellement la maçonnerie d'un mur de clôture mitoyen ?

RÉPONSE

Description du désordre

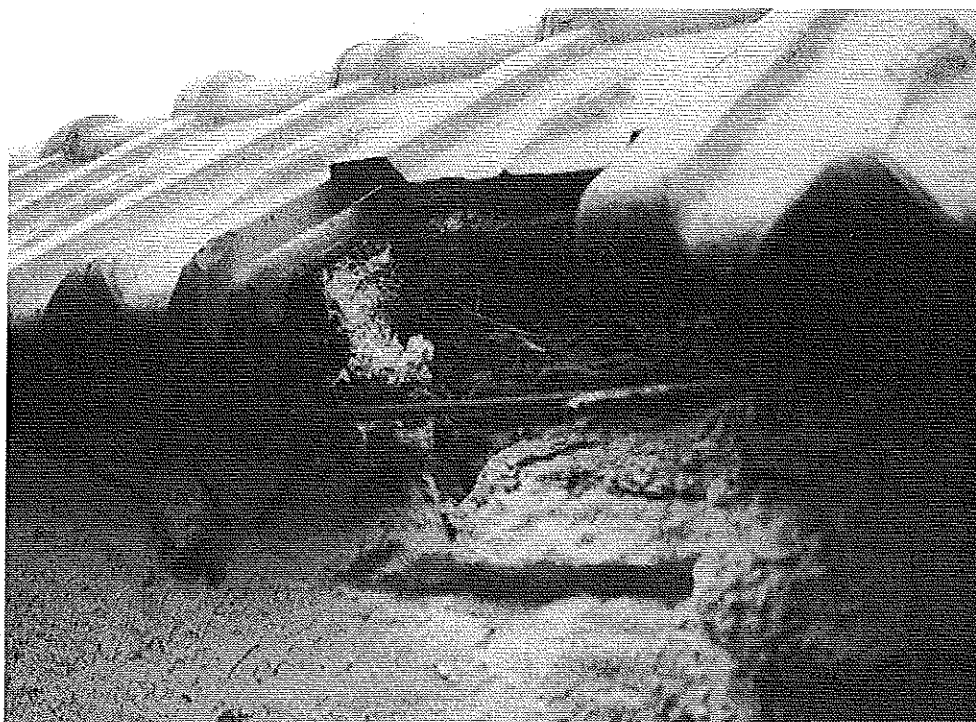
L'ouvrage faisant l'objet du désordre est un mur de clôture mitoyen constitué d'une maçonnerie de moellons hourdés au plâtre et revêtu d'un enduit en plâtre.

La protection courante du dessus de mur est assurée par un couronnement à deux pentes symétriques constitué de tuiles mécaniques à emboîtement.

Par suite d'un choc, un fragment de tuile a été cassé. L'eau de ruissellement du dessus du mur a complètement érodé l'enduit plâtre au droit de la tuile cassée et, par effet de gel, la maçonnerie du mur située sous la tuile défectueuse a été détériorée.

Réparation

La remise en état consiste à remplacer la tuile défectueuse et à reconstituer le mur. Toutefois, le modèle de tuile étant ancien, la difficulté de remplacer à l'identique se pose du fait que le modèle de tuile n'est plus fabriqué. Dans ce cas, cette simple réparation nécessite le changement de toutes les tuiles, ce qui rend l'opération très onéreuse.



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE

(à compléter par le client)



Page 1

Le client s'engage à fournir les informations nécessaires pour la réalisation des travaux.

Page 2

Page 3

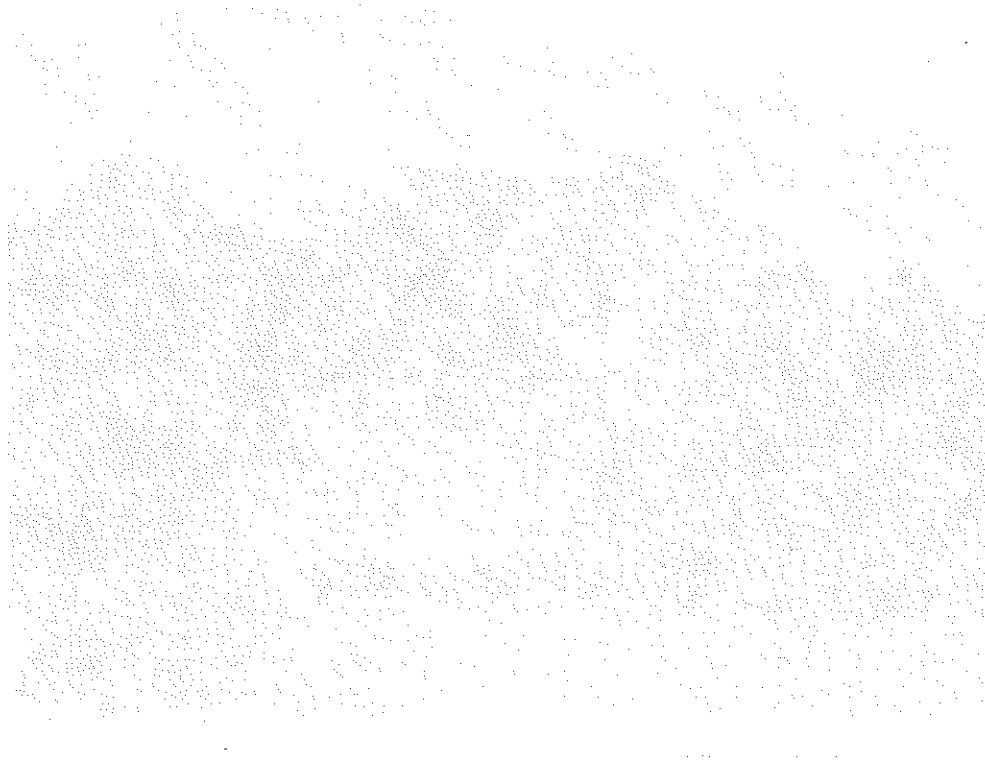
Le client s'engage à respecter les délais de livraison des matériaux.

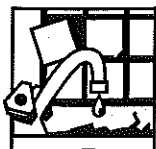
Le client s'engage à respecter les normes de sécurité en vigueur.

Le client s'engage à respecter les normes de qualité en vigueur.

Page 4

Le client s'engage à respecter les normes de sécurité en vigueur.





Désordre

RUPTURE D'UNE SOUCHE DE CHEMINÉE

Souche de cheminée isolée de grande hauteur

DÉSORDRE

Sous l'effet du vent ou de la neige accumulée, une souche peut se rompre.

Ce type de désordre concerne les souches en maçonnerie d'éléments ou en boisseaux simplement montés au mortier et enduits par un mortier à base de liants hydrauliques.

La rupture concerne surtout les conduits isolés (un seul conduit) de grande hauteur tels que ceux implantés à la base d'un pignon (fig. 1).

La règle concernant le tirage d'un conduit correspond à son arase supérieure de 0,40 m minimum du faîtage du toit.

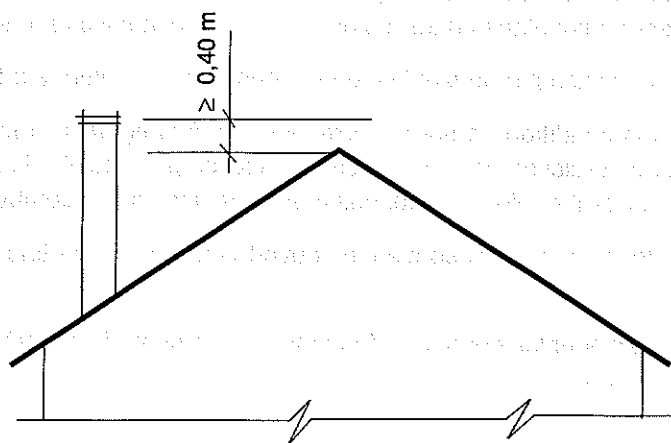


Fig. 1 : Cas d'une souche de grande hauteur implantée en bas de pente.

Les effets du vent sur le conduit sont encore amplifiés par les antennes TV accrochées au conduit.

Les tempêtes de fin décembre 1999 ont entraîné un grand nombre de désordres de ce type.

Les conséquences des ruptures de souches interviennent directement sur les couvertures par les bris d'éléments (tuiles, ardoises, etc.) et les ruptures de bois (litéaux, chevrons) et les fuites concomitantes (photos 3 à 6).

En climat de montagne, le DTU 20.12 impose que l'habillage des souches soit réalisé en béton armé. Les souches courantes soumises à la poussée de la neige accumulée sur les toitures et au glissement de celle-ci sont susceptibles de se rompre (photo 7).

Dans le cas courant de souches constituées de boisseaux en terre cuite ou en béton revêtus seulement d'un enduit, la résistance en flexion, sous l'effet du vent, de l'enduit et du mortier de hourdage des joints entre boisseaux est très faible. Le DTU 24.1 (article 3.252) « Fumisterie » prescrit :

« L'enduit ne peut être exécuté qu'après pose d'un grillage métallique. »

Lorsque le boisseau de la souche est doublé par un habillage de maçonnerie, le décalage des joints et le caractère plus monolithique de l'ensemble présente une résistance améliorée mais un poids souvent incompatible avec la charpente support qui, indirectement, reprend le moment de flexion dû au vent.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La plupart des éléments de conduits en boisseaux ne présente pas, d'autre part, une résistance thermique suffisante ($\geq 0,43 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$) selon le DTU 24.1 (article 4.16), ce qui devrait conduire systématiquement à un doublage isolant (blocs creux à 2 ou 3 alvéoles, soit une épaisseur de 10 à 15 cm), si le boisseau ne comporte respectivement que 2 ou 1 alvéoles).

Le complément de résistance thermique est réalisé par l'interposition entre le conduit et le doublage d'un isolant rigide en fibres minérales de 0,02 m d'épaisseur. La finition courante est généralement faite avec un enduit traditionnel épais à 3 couches type DTU 26.1 avec incorporation d'une armature en grillage galvanisé (1 ou 2 nappes à la base selon la hauteur de la souche).

Un autre renforcement consiste à réaliser un parement en briques pleines, en pierre calcaire ou en granit.

En climat de montagne, les souches ont souvent une forme profilée (tronc de pyramide) ou comportent, comme le prescrit le DTU 20.12, un doublage par un voile en béton armé.

Ce renforcement est nécessité par les poussées de masses de neige pouvant glisser sur les versants.

D'autres renforcements sont utilisables (photos 1 et 2) par l'intermédiaire de chaînages métalliques de retenue généralement placés dans la zone médiane de la souche (photo 1).

Le renfort comprend l'attache horizontale de retenue et une ceinture sur la souche.

Pour satisfaire à la condition de tirage correspondant à la figure 1, une souche de forte section (photo 2) peut être surélevée par une souche de section plus réduite, la masse de la partie basse assurant la résistance thermique du conduit à la sortie des gaz de combustion.

La partie haute de la souche est souvent recouverte par une couvertine dont la forme varie selon les régions.

Autrefois, on utilisait pour les conduits à feu ouvert des dispositifs appelés « mitrons » dont l'usage a pratiquement disparu.

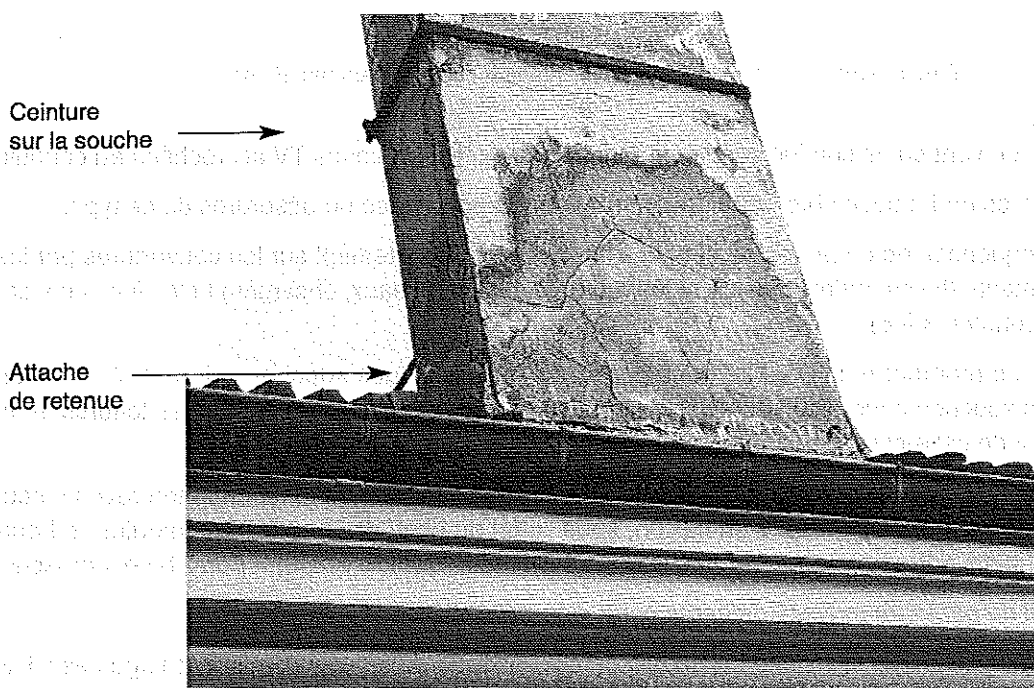


Photo 1 : Retenue de souche de grande hauteur par ceinturage métallique.

© J. Putatti

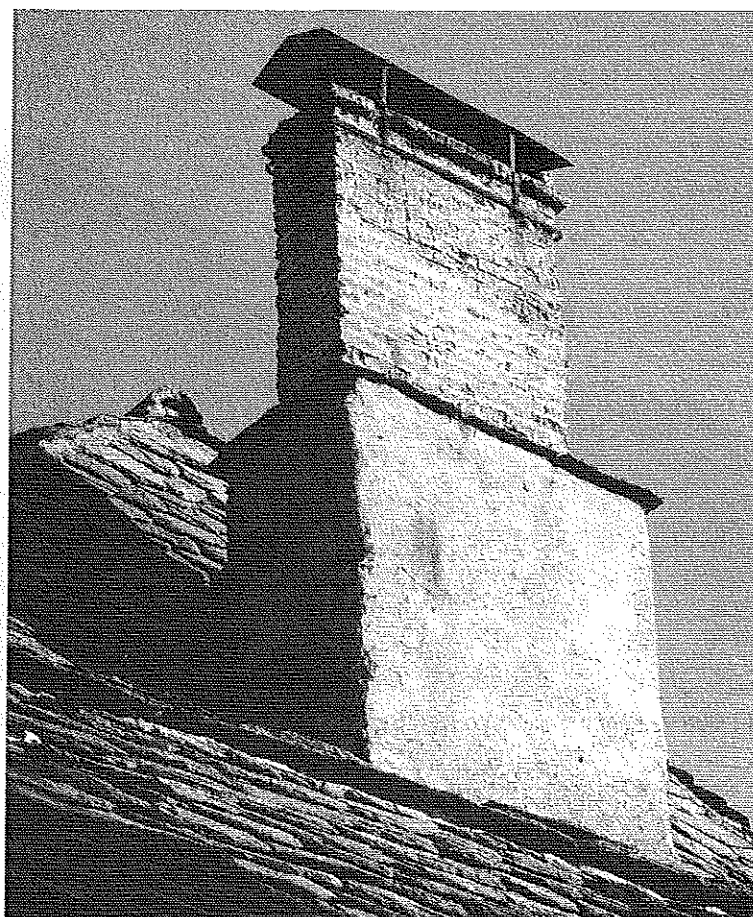


Photo 2 : Surélévation d'une grosse souche implantée en bas de versant (toiture en Ardèche). © J. Putatti



Photo 3 : Rupture d'une souche disposée en bas de versant, au droit d'un joint de boisseau terre cuite (tempête de fin décembre 1999 - Val-de-Marne). © J. Putatti



Photo 4 : Vue versant exposition ouest. Souche couchée sur le versant avec antenne. © J. Putatti



Photo 5 : Détail rupture base de la souche. © J. Putatti



Photo 6 : Vue sous toiture. Rupture des tuiles. Solin et bois de couverture. © J. Putatti

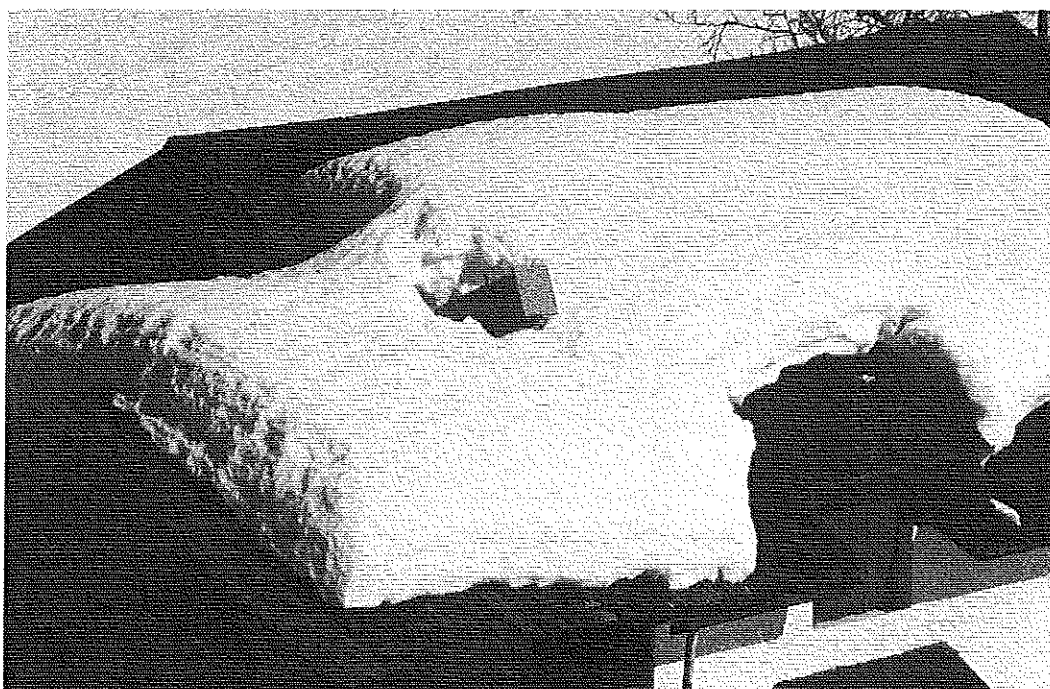
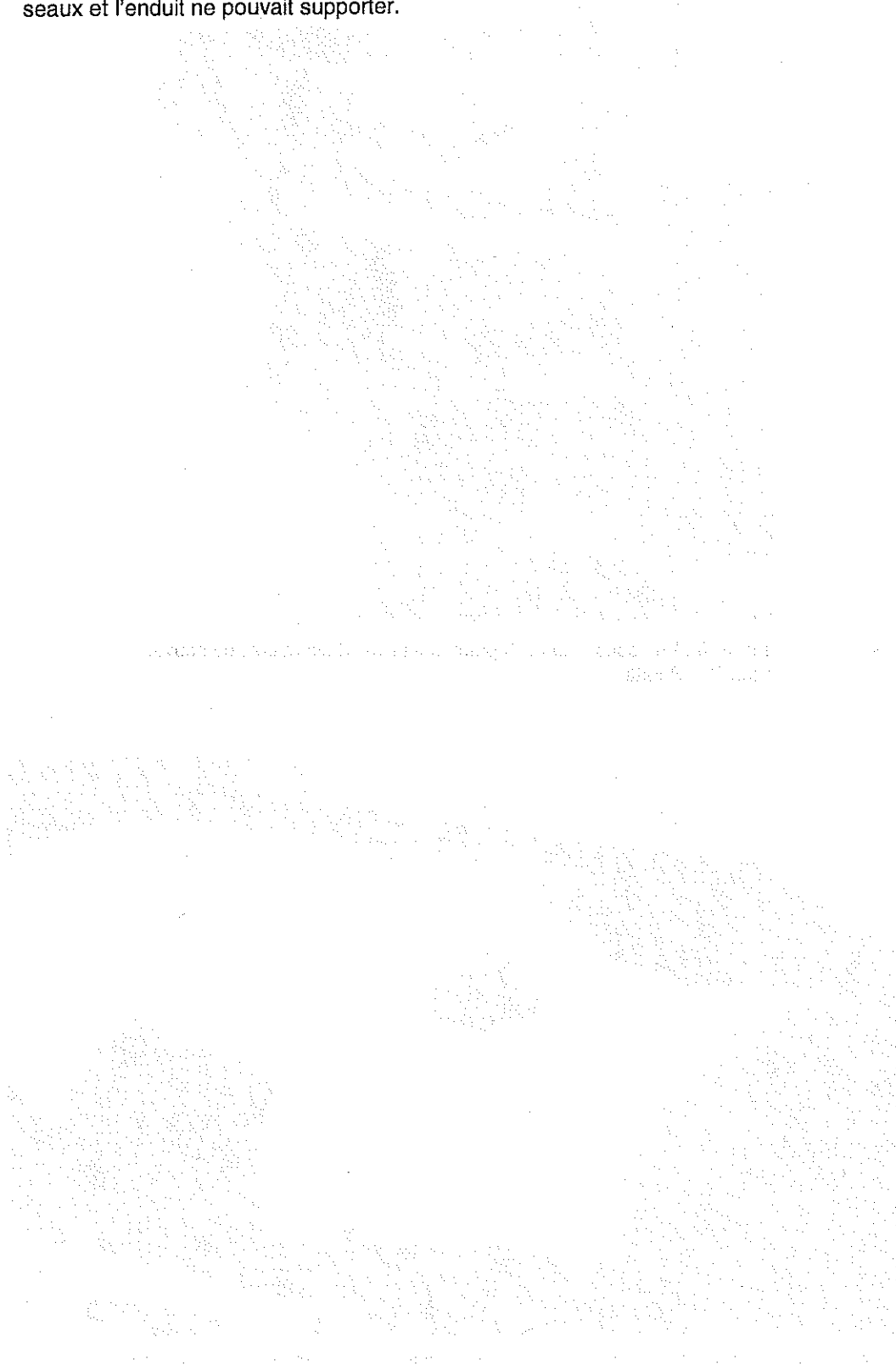


Photo 7 : Rupture d'une souche provoquée par l'accumulation et le glissement de la neige. © J. Putatti

À noter

L'ensemble des photos 3 à 6 concerne une souche de faible section (1 boisseau 30 x 30 enduit) de hauteur relative élevée, surmontée d'une antenne TV. L'ensemble soumis au vent de tempête a engendré un moment de renversement tel que la seule section du joint de hourdage des boisseaux et l'enduit ne pouvait supporter.





SÉCHERESSE (SINISTRE)

Exemple de cas concret, fissurations

Le cas de désordre consécutif aux phénomènes de sécheresse exceptionnels des années 1991 à 2000 (périodes 1989-1991 et 1995-1997) est donné pour illustrer un cas concret de bâtiment comportant un rez-de-chaussée à usage d'habitation. Les fondations correspondent pour les façades à des semelles filantes interrompues au droit des ouvertures. La profondeur de ces fondations est de l'ordre de 1,00 m.

MANIFESTATION DES DÉSORDRES

Les désordres concernent les deux façades. La façade sud présente les défauts les plus importants (cf. photos) sous forme de fissurations horizontales et verticales. Il semble qu'un angle (côté ouest) soit plus particulièrement affecté. Dans cette zone, on peut noter la présence d'une descente EP s'évacuant vers un regard dont l'étanchéité par rapport au sol voisin n'a pu être vérifiée.

La cause unique de ces désordres correspond pour la période de construction du bâtiment à une insuffisance de la profondeur des fondations (période décennale très largement dépassée). Les conséquences géotechniques des déficits hydriques accumulés sur trois années consécutives de 1989 à 1992, puis sur la période 1995-1997, ont donné lieu à ces dommages. En période normale, la dessiccation des sols argileux atteint rarement 0,60 m en profondeur. En période de sécheresse prolongée, le profil hydrique peut atteindre 2,00 m de profondeur (fig. 1).

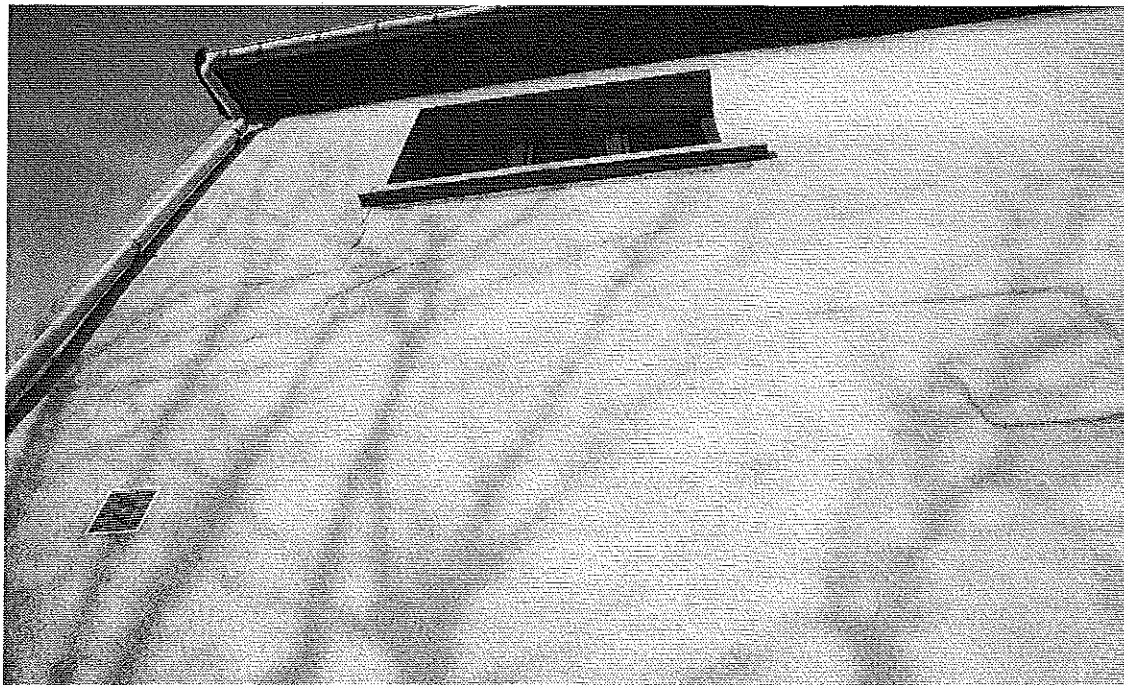


Photo 1 : Façade arrière. Présence de fissures horizontales et verticales. Noter la descente EP dans l'angle.
© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

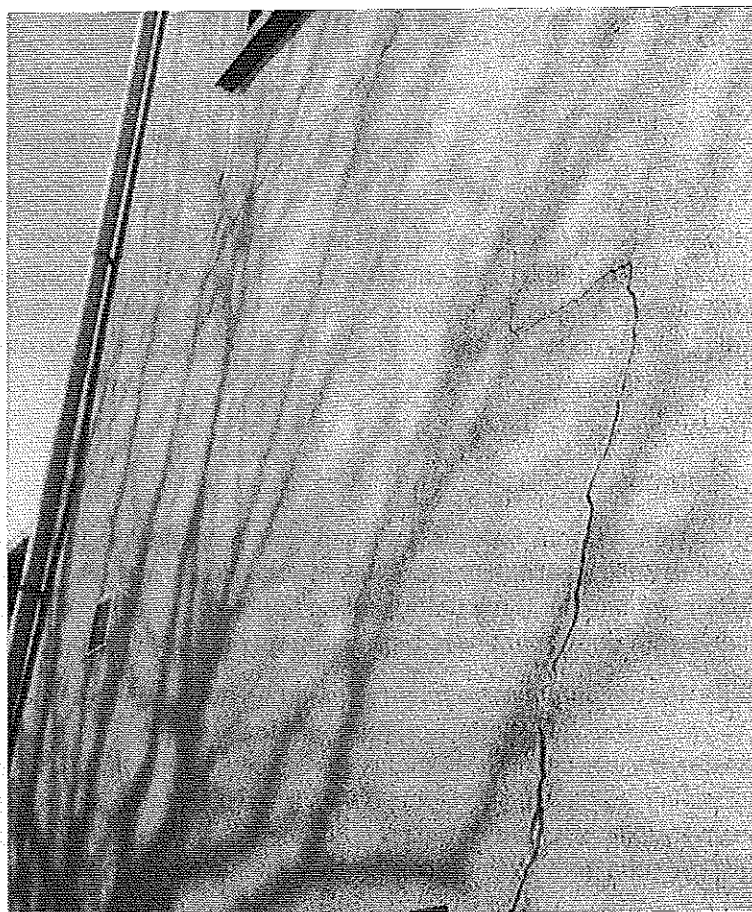


Photo 2 : Fissure verticale de rupture de la maçonnerie due au tassement de la partie gauche de la façade. © J. Putatti

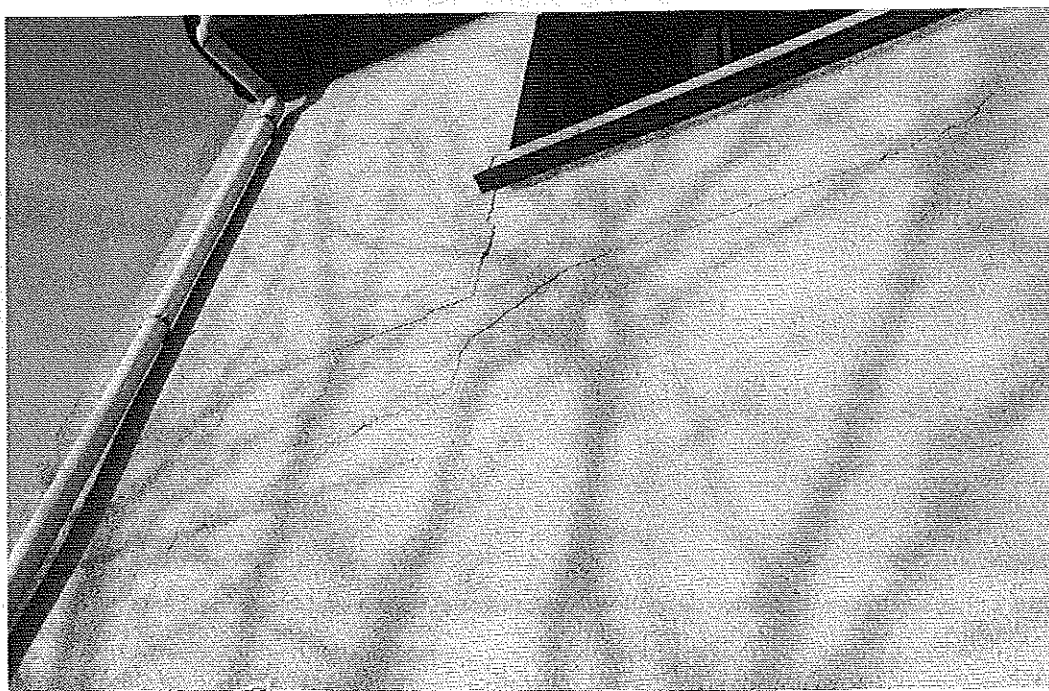


Photo 3 : Détail partie haute de l'angle façade. Fissures horizontale et verticale raccordée à la baie. © J. Putatti

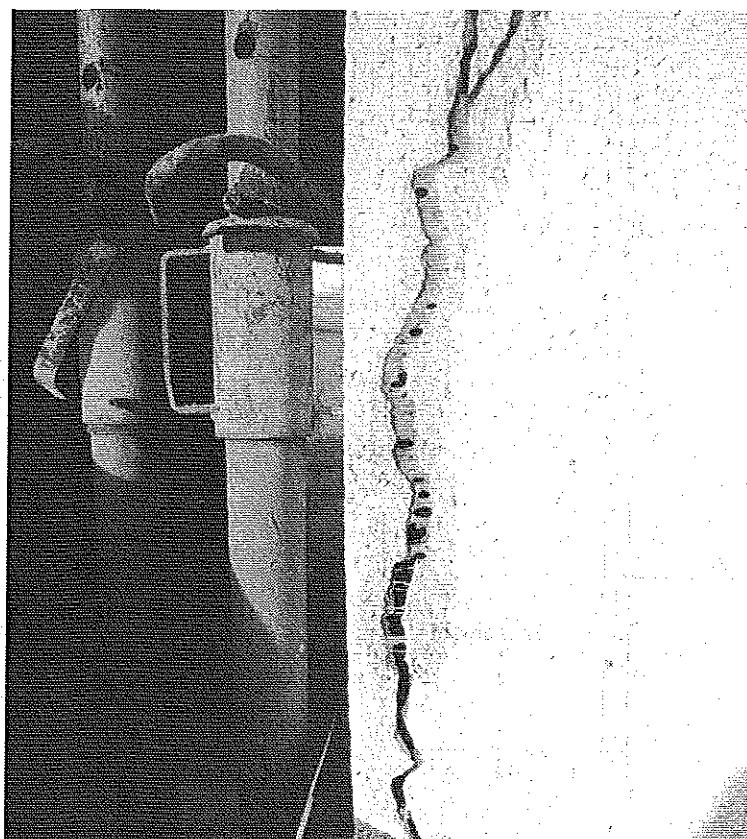


Photo 4 : Fissure verticale très importante au droit d'une porte située dans la zone incriminée (voir amorce de cette fissure sur photo 2).
© J. Putatti

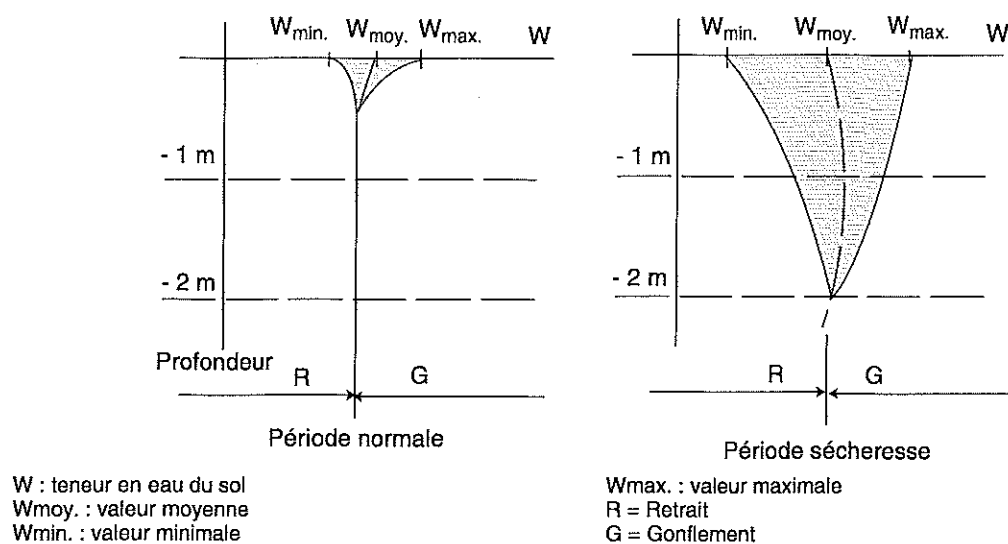


Fig. 1 : Profils hydriques d'un sol argileux.

La zone tramée correspond au déficit d'eau du sol ($R \rightarrow$ retrait) ou à un excès (reprise ou gonflement G). Pour qu'une construction soit mise à l'abri de ces phénomènes, il faut que les fondations soient descendues à un niveau où la teneur en eau est stable. Dans le cas présenté, la solution de reprise a consisté à reprendre en sous-œuvre les fondations des murs de façade qui ont subi les désordres constatés (fig. 2). D'autre part, la protection du sol autour des constructions par un revêtement tel qu'un dallage est une précaution généralement satisfaisante.

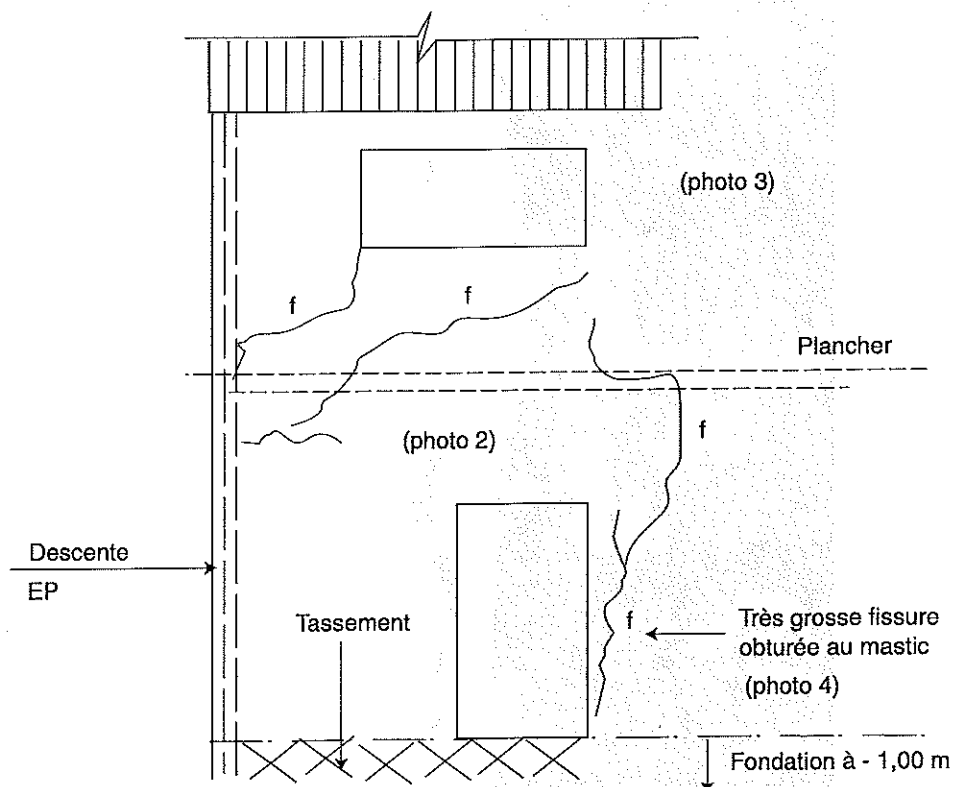


Fig. 2 : Schéma des fissurations.



Question/Réponse

SINISTRE DE RAVALEMENT DE FAÇADE PAR RPE

Décollement, cloquage

QUESTION

Pourquoi des cloques, des taches et un décollement peuvent-ils apparaître sur un RPE posé sur un enduit en plâtre ?

RÉPONSE

Description du désordre

Le ravalement d'une façade sur cour et d'un pignon réalisé par un revêtement plastique épais sur support enduit plâtre (ancienne maçonnerie de moellons ou de briques pleines hourdées au plâtre) a été le siège de différents désordres sous forme :

- de cloques ;
- de décollements avec poches d'eau ;
- d'altérations du revêtement (taches brunâtres).

La photo présentée ci-dessous correspond à l'aspect de la façade et principalement du pignon arrière, après épuración du revêtement dans les parties cloquées et altérées.



Le pignon sinistré. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Causes

Le revêtement de façade doit être imperméable à l'eau extérieure (ruissellement de l'eau de pluie) mais perméable à la vapeur d'eau pour assurer les migrations de vapeur d'eau en provenance des locaux du fait de leur occupation.

Compte tenu de la nature des murs, de l'occupation des locaux (absence de ventilation), de la présence de fenêtres (très hermétiques) en PVC mises en place après coup, ainsi que d'infiltrations par les appuis de fenêtre (absence de gouttes d'eau) une cause correspondant à la présence de cloques localisées a été avancée et vérifiée.



Cloquage du RPE sous un appui de baie. © J. Putatti

La cause principale du désordre n'a pu être révélée que par des sondages pratiqués de l'intérieur du dernier étage, au *droit des évacuations d'eaux usées*.

Les colonnes correspondantes situées à l'extérieur se trouvaient raccordées à travers le mur pignon. L'absence d'étanchéité du raccordement (piquage d'une canalisation d'évacuation de petit diamètre en PVC) dans un raccord en Y avec joint dans l'épaisseur du mur est à l'origine du sinistre. La fuite au droit de ce raccord, de faible importance mais à action répétitive, a entraîné progressivement la saturation de la maçonnerie. Les eaux chargées (dépôts de couleur brunâtre) se sont accumulées dans le mur (étalement sur plusieurs mètres carrés) derrière le film du revêtement RPE et on provoqué le cloquage généralisé avec décollement du film.



SINISTRES « SÉCHERESSE »

Formation de fissures sur un sol de fondation

CONSTATATIONS

Le cas présenté ci-après correspond à un terrain argileux situé dans le Var (ancienne terre à vigne) classé comme terrain à bâtir.

Les constatations ont été effectuées courant été 2001 (cf. photos 1 à 5).

Les fissures de retrait du terrain ont une largeur de 0,05 à 0,07 m en surface et une profondeur indéfinie (le mètre s'enfonce à environ de 0,90 à 1,00 m)¹⁾.

L'épaisseur de la couche argileuse est importante (7 à 10 m).



Photo 1 : Ensemble de la zone fissurée. © J. Putatti

1) La fissure se prolonge au-delà sans que l'on puisse mesurer son amplitude.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

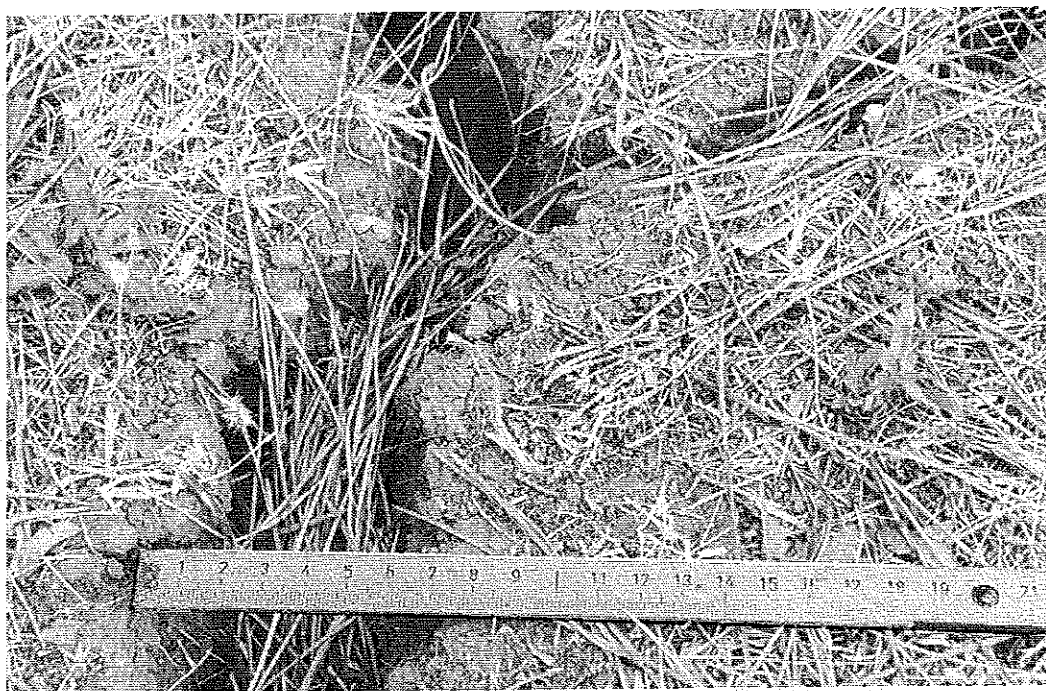


Photo 2 : Mesure de la largeur de fissure en surface (détail). © J. Putatti



Photo 3 : Mesure de la largeur de fissure en surface (détail).
© J. Putatti



Photo 4 : Mesure de la profondeur (approchée) d'une fissure. © J. Putatti



Photo 5 : Aspect de la zone fortement fissurée. © J. Putatti

CONCLUSION

Toute construction superficielle ne pourra échapper aux désordres type « sécheresse » sauf après sondages et prélèvements d'échantillons pour déterminer les teneurs en eau jusqu'à une profondeur stable et à fonder sur pieux courts (micropieux) ancrés dans la couche stable. D'autre part, tous les ouvrages superficiels tels que dallages, plages de piscine, perrons, escaliers extérieurs, devront être appuyés sur la structure porteuse principale et protéger la construction sur tout son périmètre afin d'éviter des variations importantes de la teneur en eau du sol au voisinage des fondations d'ouvrages.



Figure 1.1.1 : Vue d'ensemble de l'ouvrage avant la réalisation des travaux de réparation.



Figure 1.1.2 : Vue rapprochée de la structure de fondation, montrant des fissures et des dégradations de la surface.

Figure 1.1.3

La figure 1.1.3 illustre la situation de l'ouvrage avant la réalisation des travaux de réparation. On observe une structure de fondation en béton armé, présentant des fissures et des dégradations de la surface. Les fissures sont visibles sur la face avant de la structure, et les dégradations de la surface sont également apparentes. La structure est située dans un environnement urbain, avec des bâtiments et des arbres visibles en arrière-plan.

Figure 1.1.4



SINISTRE TEMPÊTE SUR COUVERTURE EN ZINC À TASSEaux

*Envol d'une protection provisoire
de couverture après premier sinistre*

CIRCONSTANCES

Le sinistre décrit ci-après correspond aux deux tempêtes de fin décembre 1999. Il concerne une couverture en zinc à tasseaux posée sur fermettes d'un immeuble type HLM (R + 4).

Le dernier plancher est en béton armé. La couverture présente une faible pente (de l'ordre de 20 %).

1^{re} tempête

Le versant O-S/O est arraché sur la majeure partie du bâtiment. Le versant opposé reste en place. Seule une zone en bout de bâtiment n'est pas affectée.

Une entreprise est chargée de procéder de toute urgence au bâchage des zones découvertes pour réaliser une mise hors d'eau provisoire (photos 1 et 2).

Le bâchage constitué d'une bâche raidie par des chevrons espacés régulièrement recouvre chaque versant, la partie commune se trouvant en faîtage.

Les éléments bois sont cloués de place en place sur des lattes fixées sur les anciennes fermes.

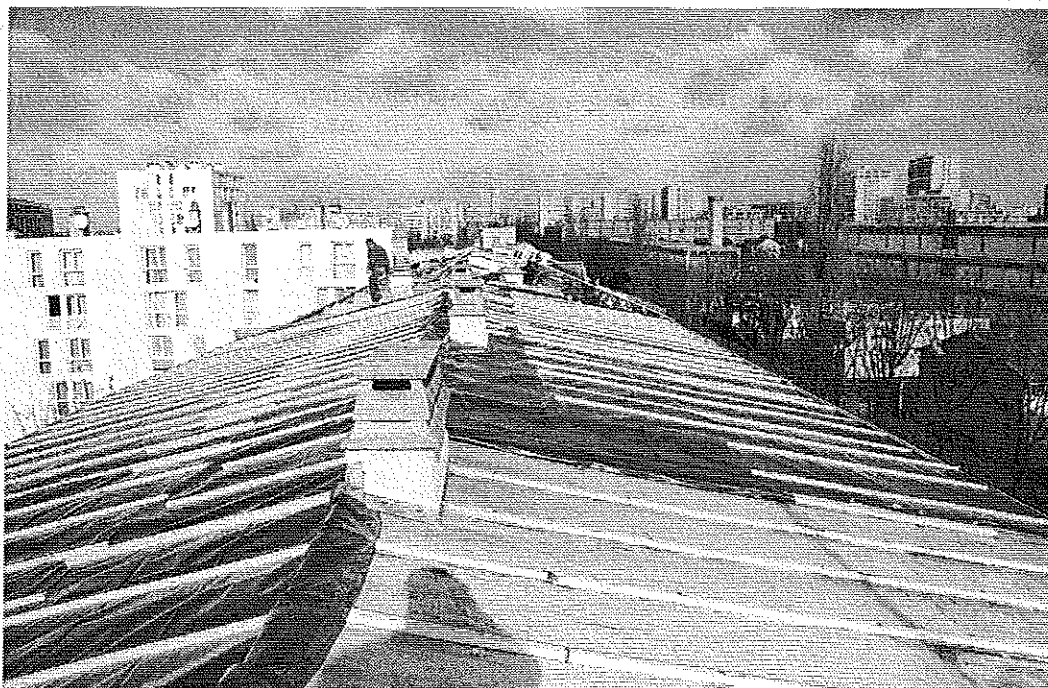


Photo 1 : Vue d'ensemble de la toiture bâchée en cours de remise en état (2^e phase). À droite, zone de couverture non affectée par le sinistre. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Vue de la zone en cours de remise en état (2^e phase), premier plan. Au second plan, ensemble bâchage replié par la deuxième tempête. © J. Putatti

2^e tempête

Survenue deux jours après la première. Sous l'effet de cette seconde tempête, le bâchage du versant gauche s'est retourné (photos 3 et 4) sur le versant droit par rotation autour de la ligne de faîtage. La cause essentielle (fig. 1) correspond à une fixation insuffisante de l'ensemble bâche + chevrons à la charpente existante qui seule est restée en place.

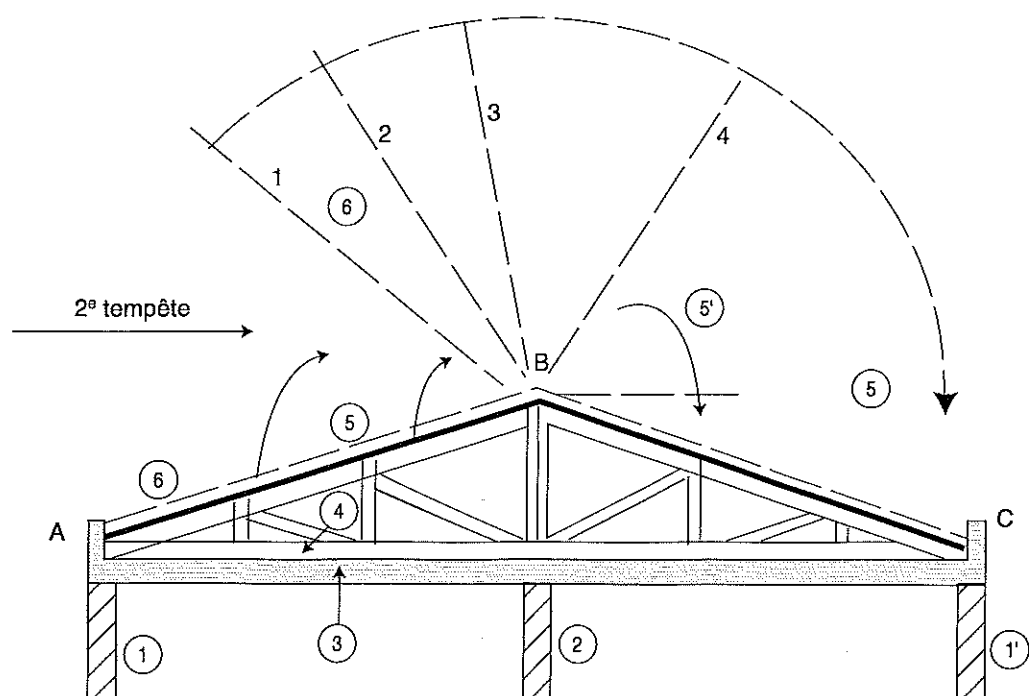
En réalité, le sinistre initial concerne le support de la couverture en zinc (voligeage) qui a subi les effets de succion dus au vent.



Photo 3 : Détail de la zone du premier sinistre en second plan (bâchage replié sur versant droit).
© J. Putatti



Photo 4 : Détail de la zone du premier sinistre. Zone gauche découverte par suite de l'envol du bâchage provisoire. On aperçoit les fermes de l'ancienne charpente. © J. Putatti



- ①①' Murs façade
- ② Mur refend
- ③ Plancher BA
- ④ Fermes bois d'origine

- ⑤ Couverture zinc à tasseaux arrachée avec platelage (voliges), 1^{re} tempête, chute en ⑤' ou envol
- ⑥ Bâchage provisoire, envol et rotation autour du faîtage B (2^e tempête), chute sur versant BC

Fig. 1 : Coupe transversale.

REMISE EN ORDRE

La remise en place du bâchage provisoire a nécessité une étude préalable concernant le mode et le type de fixation avec calcul de leur densité.

Dans cette étude, les fermes ont été considérées comme stables, mais néanmoins vérifiées.

La fixation de l'ossature support de bâche a été revue ainsi que celle des chevrons posés sur les bâches.

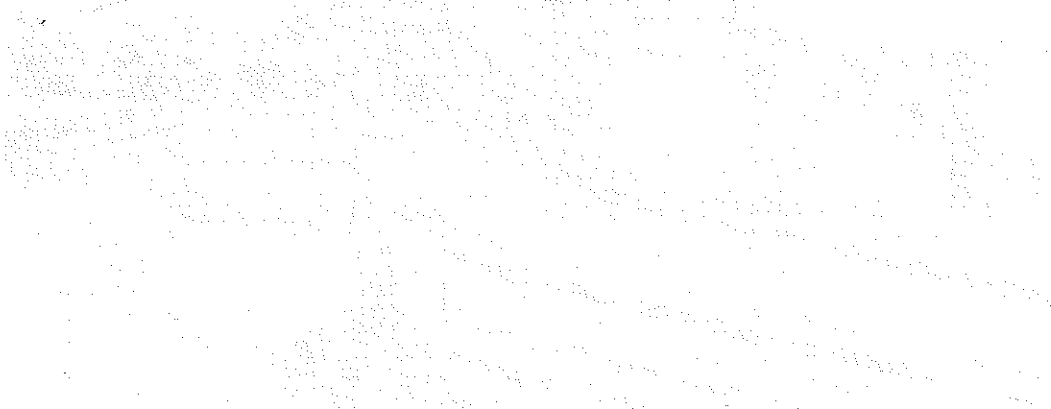


Figure 1 : Vue en perspective de la structure de la toiture provisoire.



Figure 2 : Vue en perspective de la structure de la toiture provisoire, avec les détails de fixation.

Figure 3 : Vue en perspective de la structure de la toiture provisoire, avec les détails de fixation.



Sous-sols

Inondation (par refoulement des égouts)

POSITION DU PROBLÈME

Lors de violents orages, un sous-sol réservé au dépôt de matériels électriques (électroménager) se trouve inondé du fait du refoulement des égouts qui, compte tenu de leur ancienneté et de leur sous-dimensionnement, se mettent en charge.

Peut-on envisager d'installer des clapets de non-retour sur le collecteur d'eaux usées au niveau du raccordement au branchement sur rue ?

RÉGLEMENTATION

- Le règlement sanitaire départemental type mentionne à l'article 42, alinéa 2 : « Aucun obstacle ne doit s'opposer à la circulation de l'air entre l'égout public ou le dispositif de traitement des eaux usées et l'atmosphère extérieure au travers de ces canalisations et descentes d'eaux usées des immeubles, notamment lorsque le raccordement nécessite l'installation d'un poste de relevage... ».
- L'article 44 précise : « En vue d'éviter le reflux des eaux d'égout dans les caves, sous-sols et cours lors de l'élévation exceptionnelle de leur niveau jusqu'à celui de la voie publique desservie, les canalisations d'immeuble en communication avec les égouts, et notamment leurs joints, sont établis de manière à résister à la pression correspondante. De même, tous les regards situés sur des canalisations à un niveau inférieur à celui de la voie vers laquelle se fait l'évacuation doivent être normalement obstrués par un tampon étanche résistant à ladite pression. Lorsque les appareils d'utilisation sont installés, à un niveau tel que leur orifice d'évacuation se trouve situé au-dessus de ce niveau critique, toutes dispositions doivent être prises pour s'opposer à tout reflux des eaux usées provenant de l'égout en cas de mise en charge de celui-ci ».

CONCLUSION

- Vérifier la bonne étanchéité des réseaux en sous-sol (à une pression correspondante à la hauteur de colonne d'eau séparant la canalisation du niveau de la rue).
- Raccorder tous les siphons placés trop bas à un puisard équipé d'une pompe de relevage, elle-même raccordée à un « anti-retour » d'efficacité reconnue et ne constituant pas une infraction à l'alinéa 2 de l'article.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2013-06-10



À l'attention de la Direction des services aux citoyens

Le 10 juin 2013

Je vous prie de bien vouloir transmettre à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.

Je vous prie de bien vouloir transmettre également à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.

Je vous prie de bien vouloir transmettre également à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.

Je vous prie de bien vouloir transmettre également à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.

Je vous prie de bien vouloir transmettre également à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.

Je vous prie de bien vouloir transmettre également à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.

Je vous prie de bien vouloir transmettre également à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.

Je vous prie de bien vouloir transmettre également à la Direction des services aux citoyens, le dossier relatif à la demande d'accès à l'information concernant la demande de permis de construire pour la construction d'un bâtiment à usage de bureaux, situé au 1234, rue de la Montagne, à Québec, Québec, G1R 1A1.



Question/Réponse

Sous-sols

Inondation de sous-sols par les égouts

QUESTION

Comment peut-on se protéger contre le reflux des eaux d'égout ?

RÉPONSE

Le règlement sanitaire départemental type (texte repris dans son principe dans les règlements sanitaires des départements) mentionne (art. 42, alinéa 2) :

« Aucun obstacle ne doit s'opposer à la circulation de l'air entre l'égout public ou le dispositif de traitement des eaux usées et l'atmosphère extérieure au travers des canalisations et descentes d'eaux usées, notamment lorsque le raccordement nécessite l'installation d'un poste de relevage. »

L'article 44 qui suit donne le moyen de se protéger des dégâts occasionnés par le reflux des eaux usées :

« En vue d'éviter le reflux des eaux d'égout dans les caves, sous-sols et cours lors de l'élévation exceptionnelle de leur niveau jusqu'à celui de la voie publique desservie, les canalisations d'immeuble en communications avec les égouts et notamment leurs joints, sont établis de manière à résister à la pression correspondante ; de même tous les regards situés sur des canalisations à un niveau inférieur à celui de la voie vers laquelle se fait l'évacuation doivent être normalement obturés par un tampon étanche résistant à ladite pression. Lorsque les appareils d'utilisation sont installés à un niveau tel que leur orifice d'évacuation se trouve situé au-dessus de ce niveau critique, toutes dispositions doivent être prises pour s'opposer à tout reflux des eaux usées provenant de l'égout en cas de mise en charge de celui-ci. »

En tout état de cause il y a lieu :

- de vérifier la bonne étanchéité des réseaux d'évacuation en sous-sol (pression correspondant à une hauteur de colonne d'eau séparant la canalisation du niveau de la rue), soit 1 bar par 10 m de dénivelée ;
- de raccorder tous les siphons placés trop bas à un puisard équipé d'une pompe de relevage, elle-même raccordée à un « antiretour » (clapet) d'efficacité reconnue et ne constituant pas une nouvelle infraction à l'alinéa 2 de l'article 42.

En réalité, comment se présentent la plupart des désordres par refoulement des égouts ?

- Le dimensionnement des égouts est généralement insuffisant. L'installation de ces ouvrages est ancienne et ne correspond plus aux déversements actuels des eaux usées.
- Les eaux de pluie collectées par les toitures (terrasses ou couvertures) et les trottoirs, terre-pleins revêtus, chaussées sont normalement évacuées par un système séparatif. Or la plupart des installations sont en système unitaire.

L'article 42.2 du RSD mentionne :

« En élévation, les canalisations de chute des cabinets d'aisance, les descentes d'eaux ménagères et les descentes d'eaux pluviales doivent être distinctes et indépendantes. Ces évacuations ne pourront être réunies soit selon le système séparatif, soit selon le principe unitaire qu'au niveau des collecteurs en sous-sols, vides sanitaires ou enterrés. »

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Ce principe est généralement suivi dans les immeubles ou constructions récentes. Il existe cependant dans les immeubles et constructions anciennes de nombreuses infractions à ce principe, en particulier avec le branchement des eaux vannes (WC) ou les eaux usées, ainsi que l'évacuation des eaux de pluie en totalité ou en partie avec les précédentes (EV et EU).

Lorsque des pluies violentes et à fort débit instantané se produisent, les évacuations des eaux pluviales deviennent insuffisantes et les risques de refoulement avec les eaux vannes et les eaux usées sont réelles.

Certaines évacuations se mettent en charge (d'autant que leur entretien n'est pas toujours régulièrement assuré...) avec soulèvement des tampons de regards, mise en charge des branchements à l'égout et souvent inondations des sous-sols. Les dégâts peuvent être importants dans ces derniers lorsqu'ils servent à entreposer des matériels ou matériaux fragiles ou sensibles à l'eau et à l'humidité. Le recours à des dispositifs tels que les clapets antiretour doit faire l'objet d'une étude spécifique, ces dispositifs devant être placés au droit du branchement à l'égout.

Les évacuations d'eaux pluviales doivent faire l'objet d'un réseau séparé avec évacuation sur l'extérieur des bâtiments. Lorsque de forts débits d'eau de pluie sont à craindre, il peut être nécessaire de prévoir des bassins ou réservoirs de compensation qui évacueront leur trop-plein après la période de fortes précipitations.

Remarque

Les accidents récents (inondations, glissements de terrain...) survenus dans certaines provinces résultent :

- pour une part, du compactage des terres agricoles cultivées par les puissants équipements de matériel de culture. Le sol compact seulement labouré sur quelques décimètres n'absorbe plus les eaux de pluie qui finissent par ruisseler et s'accumuler dans les thalwegs et points bas. Lorsque le pendage et la nature plus ou moins perméable des couches les favorisent, les risques de glissement de terrain sont à craindre ;

- pour une autre part, de l'urbanisation excessive avec l'imperméabilisation des sols de voirie (chaussées, trottoirs, aires de stationnement, etc.) et d'une insuffisance des ouvrages de collecte et d'évacuation. Par ailleurs, l'absence d'entretien des cours d'eau, bassins, etc. diminue les débits d'écoulement en cas d'apports importants et exceptionnels.

Lorsque les effluents d'eaux usées et eaux vannes se trouvent mélangés à de forts débits d'eaux pluviales, les risques sanitaires sont réels (difficultés d'approvisionnement en eau potable).

Également en cas d'inondations de zones importantes, les désordres causés aux habitants sont considérables, notamment si la fréquence ou période de retour intervient (tassements de fondation, altérations et effondrements de maçonnerie, remontées d'humidité, etc.).



Question/Réponse

SOUTÈNEMENT

Parois moulées dans le sol

QUESTION

Quelle est l'utilité du recépage d'une paroi moulée coulée en place ?

RÉPONSE

Le principe de la paroi moulée dans le sol consiste à réaliser une tranchée verticale de faible largeur (qui correspond à l'épaisseur de la paroi) et à remplir cette tranchée, au fur et à mesure de son avancement, par une eau chargée en bentonite (densité de l'ordre de 1,05) afin d'équilibrer les poussées latérales de la fouille de cette tranchée par la poussée hydrostatique de la boue, assurant ainsi la stabilité de la fouille.

La réalisation de la paroi moulée coulée en place consiste à mettre en place des colonnes de bétonnage ou tubes plongeurs descendus jusqu'au fond de fouille.

Le béton (densité de l'ordre de 2,3 moins la poussée hydrostatique) reste en fond de fouille et la boue située au-dessus s'évacue pour recyclage au fur et à mesure que le béton monte dans la fouille.

En tête de celle-ci, se trouve nécessairement à l'arase de la paroi, un mélange de béton et de boue de qualité non uniforme et de résistance médiocre.

Il est donc nécessaire de l'éliminer jusqu'à atteindre un béton de qualité requise.

Le recépage permet par ailleurs d'amener les panneaux de murs coulés en place à la bonne cote d'arase.

Le recépage est mécanique (démolition) lorsque les panneaux ont été réalisés à une cote supérieure à leur cote définitive.

Il peut ne pas être nécessaire si le niveau de la plate-forme de travail est voisin du niveau théorique de recépage, auquel cas l'élimination du mauvais béton s'effectue, en fin de bétonnage, par simple débordement.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

SOUTÈNEMENT

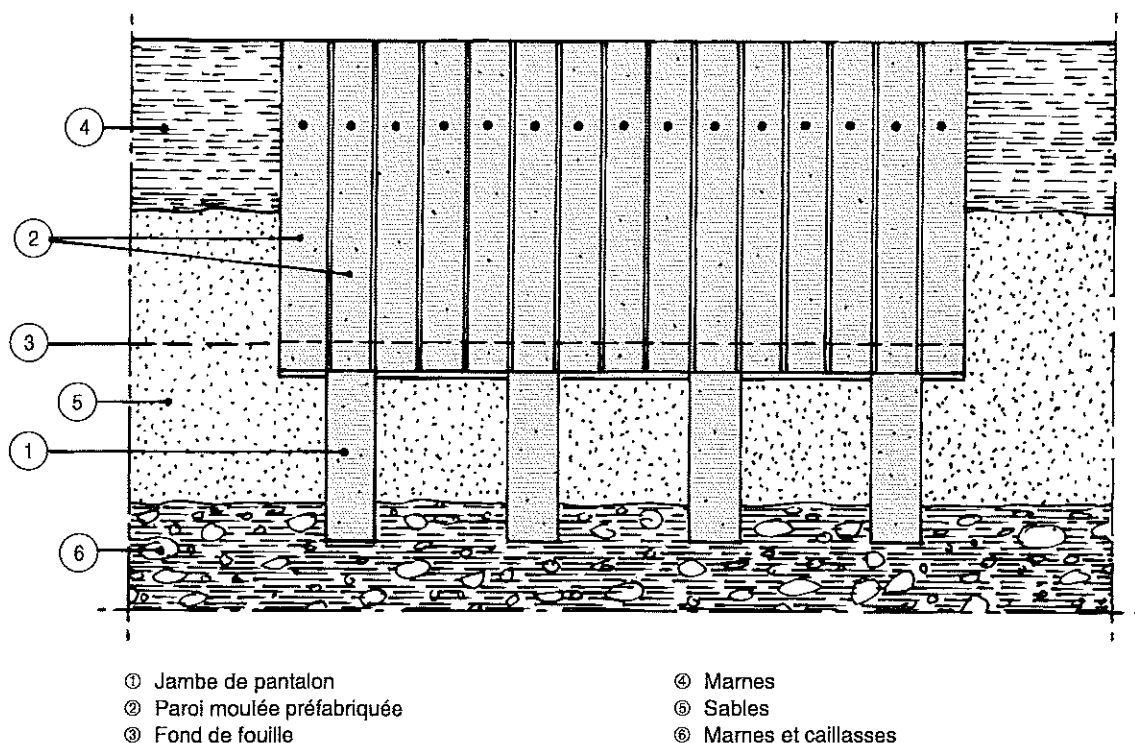
Paroi moulée préfabriquée - Jambe de pantalon

QUESTION

Quelle est la définition de la méthode de réalisation dite « jambe de pantalon » ¹⁾ ?

RÉPONSE

Cette définition s'applique principalement aux parois moulées préfabriquées.



La paroi moulée est constituée d'éléments préfabriqués en béton armé descendus à la même profondeur dans une tranchée creusée à la boue de forage.

Les « jambes de pantalon » constituent les *fondations profondes* de la paroi de soutènement. Cette technique (Panosol, société Solétanche) est utilisable lorsque la portance du sol à atteindre se situe à des profondeurs très inégales.

Inversement, lorsque la paroi doit être fondée bien au-dessous du niveau le plus bas de l'infrastructure, on peut être amené à ne fonder qu'un panneau sur deux (ou plus).

La partie profonde constituant les « jambes de pantalon » est réalisée en *béton coulé* dans la tranchée forée à la boue bentonitique.

1) Brevet Solétanche.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



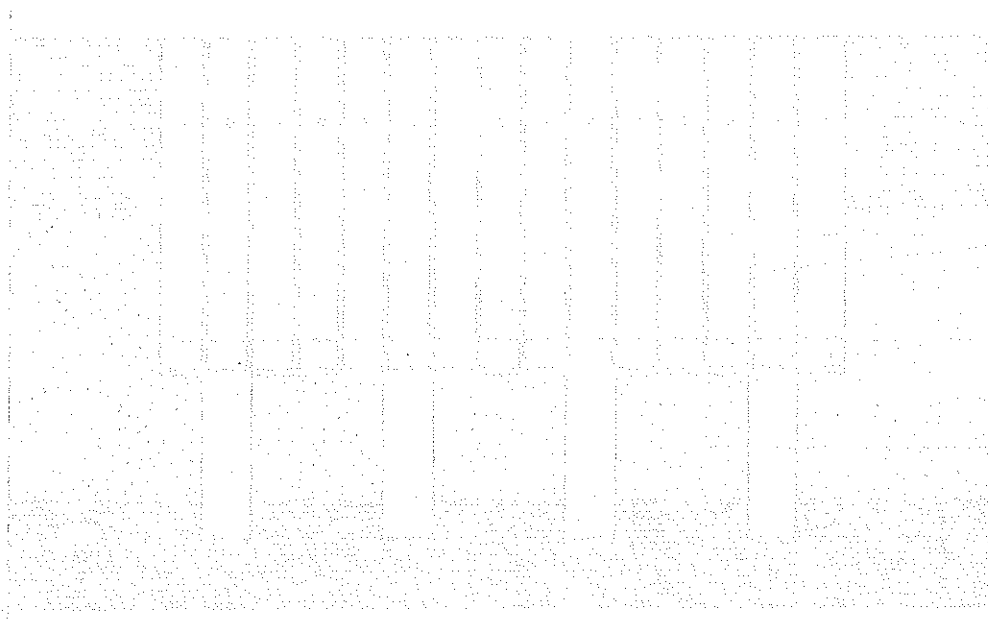
QUESTIONNAIRE - Soutènement - Paroi moulée préfabriquée - Jambe de pantalon

Page 1/1

1. Nom et adresse du client (à compléter par le client) :

Page 2/2

2. Description de l'ouvrage (à compléter par le client) :



3. Matériau de la paroi moulée préfabriquée :

4. Matériau de la base de la paroi moulée préfabriquée :

5. Matériau de la base de la paroi moulée préfabriquée (à compléter par le client) :

6. Matériau de la base de la paroi moulée préfabriquée (à compléter par le client) :

7. Matériau de la base de la paroi moulée préfabriquée (à compléter par le client) :

8. Matériau de la base de la paroi moulée préfabriquée (à compléter par le client) :

9. Matériau de la base de la paroi moulée préfabriquée (à compléter par le client) :



Question/Réponse

SOUTÈNEMENT

Paroi moulée préfabriquée - Tolérances de mise en œuvre

QUESTION

Quelles sont les tolérances de mise en œuvre des panneaux constituant une paroi moulée préfabriquée ?

RÉPONSE

Une paroi moulée préfabriquée est constituée par la juxtaposition d'un ensemble de panneaux en béton armé préfabriqués qui sont descendus dans la tranchée exécutée dans le terrain et dont la stabilité est assurée par une boue bentonitique.

La paroi moulée *in situ* est également exécutée *par panneaux* en ce qui concerne la fouille, mais le béton de la paroi est coulé dans la boue de la fouille par tube plongeur, le béton étant plus lourd que la boue cette dernière remonte et est évacuée afin d'être recyclée.

Les exigences de *planéité* ne peuvent être satisfaites qu'avec les parois préfabriquées. Les tolérances de verticalité dépendent de l'exécution de la tranchée équilibrée à la boue ; des obstacles rencontrés dans le terrain peuvent faire dévier certains panneaux exécutés par béton coulé. Pour les panneaux préfabriqués, les DPM ¹⁾ doivent, comme pour le cas précédent, fixer les tolérances.

- La tolérance de verticalité est de 1/100.
- D'autre part, sur toute la hauteur excavée, deux panneaux adjacents le long du joint commun doivent être en contact sur au moins les 3/4 de leur épaisseur.
- La tolérance de niveau d'arase des panneaux préfabriqués est de 20 mm.

1) DPM : Documents particuliers du marché.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.

Le questionnaire est à compléter par le fabricant ou le fournisseur.



Question/Réponse

SOUTÈNEMENT

Principe de la paroi moulée

QUESTION

Quels sont les principes (stabilité), fonctions et utilisations des parois moulées dans le sol ?

RÉPONSE

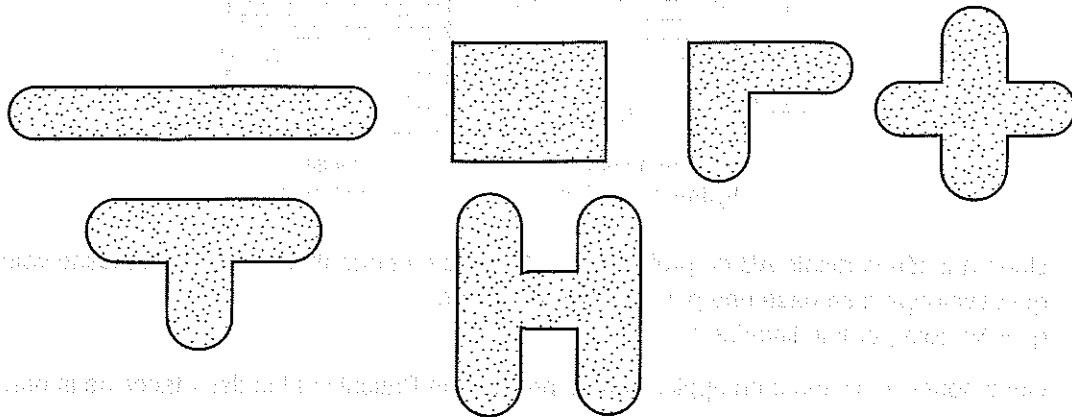
Principe-définition

Procédé de fondation et de soutènement des terres apparu en Italie vers 1950 (procédé ICOS). Ce procédé résulte du principe de fondation par pieux moulés dans le sol après forage à la boue bentonitique et de l'évolution des rideaux de pieux réalisés sur ce principe (pieux sécants). Les premières réalisations correspondent à la construction de rideaux ou écrans d'étanchéité dans le sol.

En France, ce procédé a été appliqué et a connu de nombreux perfectionnements (paroi moulée préfabriquée, parois composites, etc.).

Les utilisations principales correspondent généralement à l'exécution de fouilles de grande profondeur en site urbain comportant des ouvrages en limite (cas des parcs-autos à grand nombre de niveaux), sans qu'il soit nécessaire de réaliser au préalable des terrassements importants avec étalements et, si nécessaire, des rabattements de la nappe phréatique, tout en évitant la décompression des terrains avoisinants.

Le principe est identique à celui des pieux forés à la boue. La paroi peut être rectiligne. Elle est alors exécutée par panneaux en phases alternées. Elle peut comporter des barrettes de formes diverses (cf. Figure).



La fonction initiale de la paroi moulée correspond à son rôle de soutènement de fouille soit à titre provisoire, soit à titre définitif.

La fonction annexe résultant de l'ancrage de la paroi dans le sol correspond à celle d'une fondation de type linéaire ou continu.

Le principe de la paroi moulée dans le sol consiste à excaver une tranchée verticale de grande profondeur, sans fouille préalable, à partir du niveau du sol. L'excavation est réalisée à l'aide d'une benne hydraulique montée sur une flèche métallique (Kelly).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

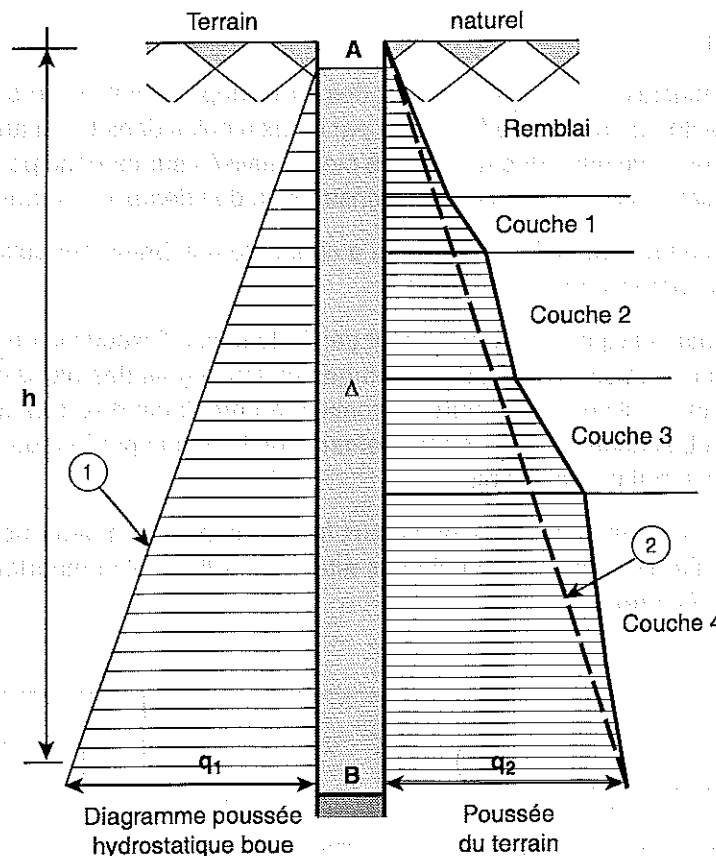
YZ

Au fur et à mesure de l'avancement de l'excavation, le terrain est enlevé et remplacé par une boue de forage contenant une argile spéciale (bentonite) de type colloïdal qui gonfle considérablement (jusqu'à 25 fois son volume initial) et de manière réversible. Cette boue a des caractéristiques thixotropiques.

Les excavations verticales peuvent atteindre plus de 30 m et dépasser parfois 50 m.

Justification de la stabilité de la fouille

(Cf. Figure)



Une tranchée verticale AB de profondeur h, remplie de boue thixotropique de masse volumique Δ qui développe à sa base une poussée hydrostatique $q_1 = \Delta h$ (diagramme linéaire ①)

Cette poussée s'exerce en application du principe de Pascal sur les deux faces de la paroi.

Sur la paroi opposée, le terrain en place composé de plusieurs couches de caractéristiques différentes développe une poussée fonction de :

γ = masse volumique du terrain (ou de la couche considérée)

K = coefficient de poussée correspondant à la nature du terrain

Le diagramme équivalent ② correspond à une poussée maximale $q_2 = \gamma K h$ (avec K = coefficient moyen de poussée)

En pratique, la masse volumique de la boue varie de 1,05 à 1,20 maxi entre une boue neuve et une boue régénérée, soit donc :

$q_1 = 1,1 h$ environ

Pour le terrain, en prenant pour γ une valeur moyenne de 1,8 à 1,9 pour un terrain en place et un coefficient de poussée $K = 0,5$ correspondant à un cas défavorable, l'équilibre de la fouille est assuré par la boue

$$q_1 = 1,1 h > q_2 = 0,95 h.$$

Réalisation

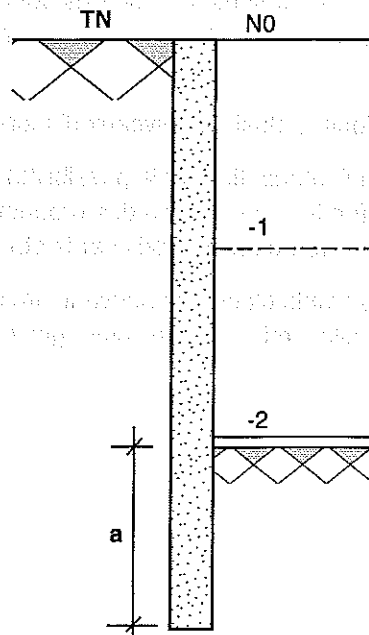
Les phases principales de réalisation comprennent :

- la construction de deux longrines guides au niveau du sol pour le passage de l'outil de forage ;
- le forage-perforation par tronçons alternés de forme oblongue à travers une boue bentonitique jusqu'au fond de fouille, c'est-à-dire au niveau d'encastrement de la base du mur dans le terrain ;
- la mise en place de cage d'armatures sur toute la hauteur de la paroi ;
- le bétonnage de la paroi par panneaux à l'aide d'un béton dosé à 400 kg/m^3 , mis en place dans la fouille par un tube plongeur progressivement remonté. Le béton de masse volumique $2,3 \text{ t/m}^3$, plus lourd, se place en fond de fouille et fait remonter la boue moins lourde ($1,2 \text{ t/m}^3$ maxi) qui est ensuite recyclée ;
- des dispositions particulières sont prises entre phases pour assurer la jonction entre panneaux.

Exécution de la fouille

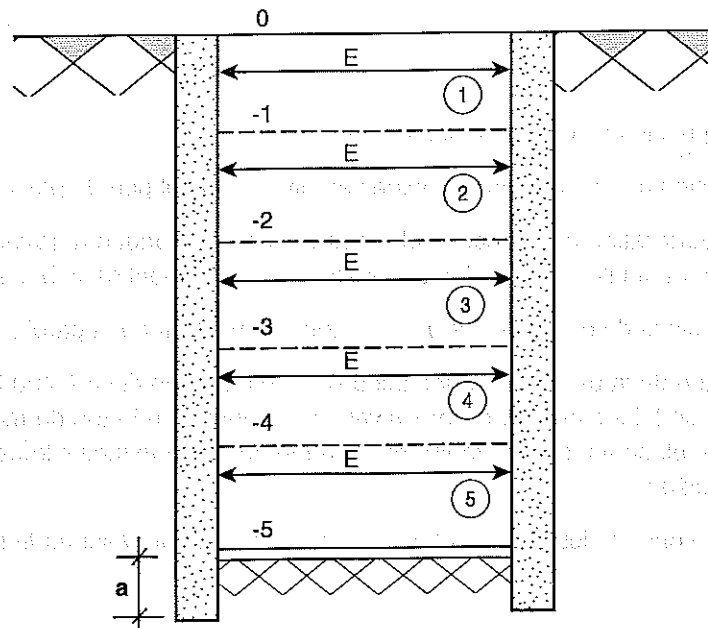
- **1^{er} cas : Fouille peu profonde, paroi ancrée dans le sol (cf. Figure).**

La paroi est autostable et la fouille peut être entreprise jusqu'au fond de fouille prévu. Le mur peut à la fois jouer le rôle de fondation et de soutènement. Les planchers de l'infrastructure viendront s'appuyer sur la paroi et contrebuter le mur en phase définitive.



2° cas : Fouille profonde et étroite [parois butées ou ancrées par tirants (cf. Figure)].

La fouille est terrassée par phases avec mise en place d'étais au fur et à mesure de l'approfondissement (butons).



Paroi ancrée (a = ancrage)

① ② ③ ④ ⑤ Niveaux projetés de l'infrastructure

E : Étais butons

3° cas : Fouille profonde et large.

Le principe est le même que ci-dessus. Les butons sont remplacés par des ancrages disposés dans chaque paroi au fur et à mesure des phases de terrassement (ancrages inclinés par tirants précontraints).

Selon la profondeur de la fouille, plusieurs niveaux d'ancrages sont nécessaires.

Cette disposition nécessite l'autorisation (et la possibilité) de réaliser ces ancrages dans les massifs limités par les parois (fonds faisant partie des propriétés riveraines). Généralement les tirants d'ancrage ont un rôle provisoire ou relais repris par la structure installée entre les parois.

Pour certains ouvrages, les tirants d'ancrage peuvent être définitifs. Dans ce cas des dispositifs doivent être prévus pour surveiller l'efficacité des ouvrages de manière périodique.



Désordre

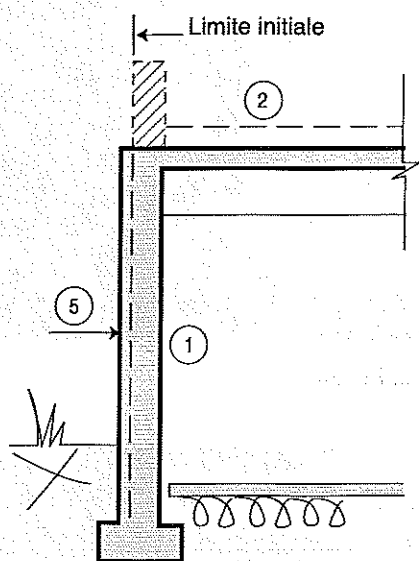
SOUTÈNEMENT

Rupture d'un voile non armé

DISPOSITIONS DE L'OUVRAGE (INITIALE)

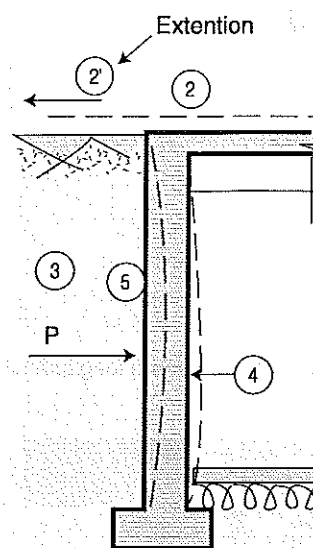
Dans un grand ensemble immobilier, une plate-forme piétonnière entre bâtiments recouvre une zone de sous-sols réservée à des parkings.

Un voile porteur en béton légèrement armé (treillis soudé) constitue la limite extérieure des parkings (fig. 1 et 2).



- ① Voile béton, armature de peau extérieure ⑤
- ② Niveau plate-forme
- ②' Extension plate-forme

Fig. 1 : Situation initiale.



- ③ Massif remblayé
- ④ Fissure zone médiane face intérieure voile
- ⑤ Armatures

Fig. 2 : Situation modifiée.

MODIFICATIONS (AMÉNAGEMENT DE LA PLATE-FORME)

Par suite de travaux d'extension de la zone piétonnière, la zone située en limite est remblayée par compactage avec utilisation d'engins lourds.

Les charges appliquées au massif, et le massif nouvellement constitué entraînent des sollicitations sur la face extérieure du mur-voile. Les armatures de peau antiretrait disposées sur cette face sont mal placées pour encaisser les nouvelles sollicitations imposées au voile.

La face extérieure est soumise à des efforts de compression et la face intérieure (non armée) est soumise à des efforts de traction.

C'est le béton qui cède et qui se fissure sur cette face ; un léger déplacement de la partie supérieure du voile par rapport à sa partie inférieure est décelable (photo 1).

La fissure est infiltrante (largeur ≥ 5 mm) et des traînées brunâtres apparaissent sur la partie inférieure du voile (pénétration d'eau chargée) (photos 2 et 3).

Il est probable que le remblaiement du massif extérieur a été réalisé sans drainage le long du voile. Toutefois, la fissure infiltrante, du fait de sa largeur, n'aurait pu empêcher, même avec un drainage, les pénétrations d'eau.

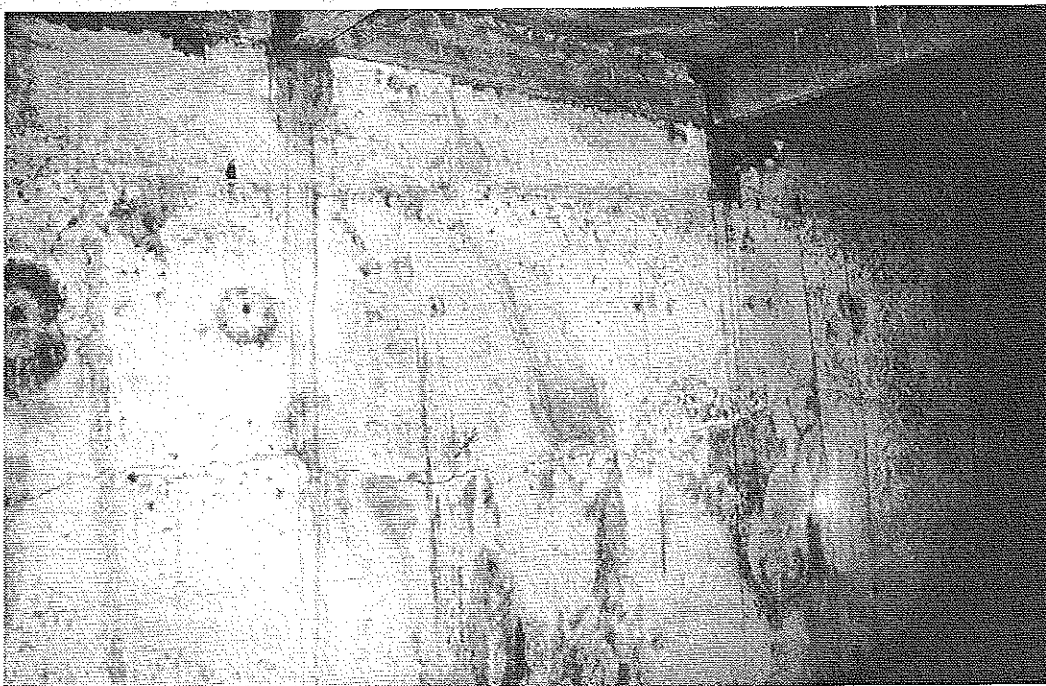


Photo 1 : Fissure longitudinale d'un voile porteur. © J. Putatti



Photo 2 : Aspect de la fissure en zone médiane. Traînées brunâtres de pénétration d'eau chargée.
© J. Putatti

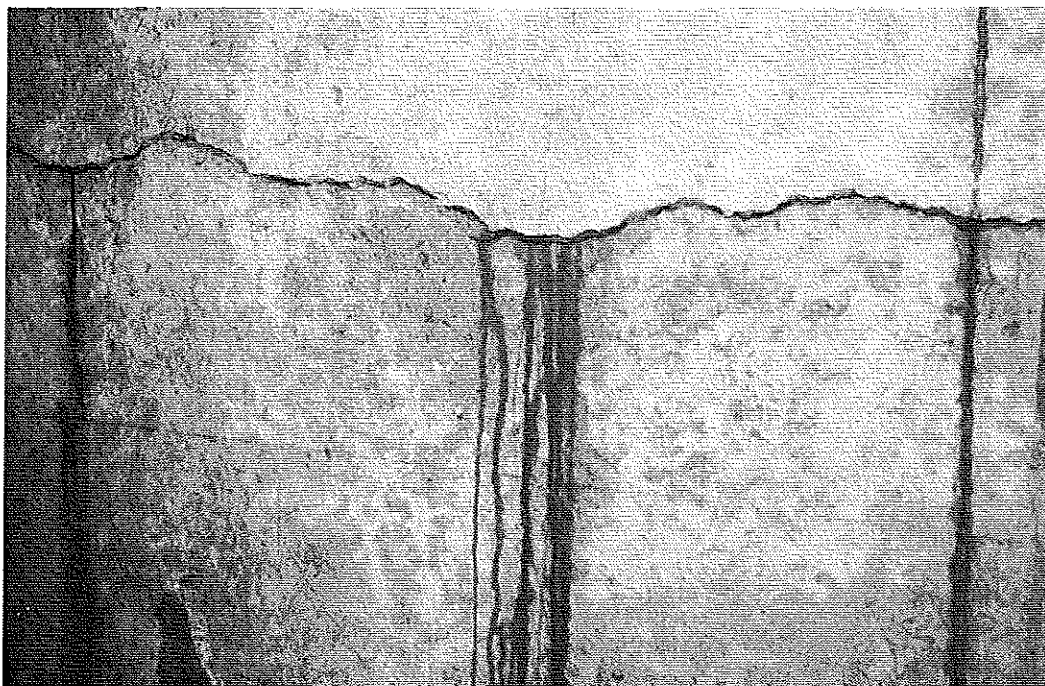


Photo 3 : Détail fissure (épaisseur 5 mm + déplacement). © J. Putatti



Le texte de la page est très flou et difficile à lire. Il semble s'agir d'un document technique ou scientifique, mais les détails sont indéchiffrables en raison de la qualité de l'image.



SOUTÈNEMENT (OUVRAGES)

Pathologie sommaire

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE

Pas de textes cofidiés (DTU).

TYPES UTILISÉS

- Ouvrages autostables ou murs poids.
- Ouvrages lestés type « cantilever » (appelés aussi murs « chaises »).

Les premiers sont en béton non armé ou en maçonnerie.

Les seconds sont en béton armé.

CAUSES DE SINISTRES

1. Murs poids

- Insuffisance de dimensionnement de la paroi ou de la fondation :
 - renversement avec rupture ;
 - basculement mur + fondation ;
 - renversement de la paroi seule.
- Absence de drainage et d'évacuation des eaux à l'arrière du mur :
 - effondrement (augmentation des poussées) ;
 - faux aplombs ;
 - fissurations, ruptures.
- Défauts de remblaiement à l'arrière.
- Travaux ultérieurs à l'avant.
- Glissement d'ensemble (couche porteuse inclinée).
- Absence de joints.

2. Murs lestés

- Insuffisance de dimensionnement :
 - de la semelle arrière (poids massif) ;
 - de la semelle avant (contrainte/sol).
- Ferrailage incorrect (ancrage du mur).
- Absence de joints.
- Excavation en pied de mur.
- Remblaiement incorrect.
- Absence de drainage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

RÉPARATIONS

Souvent impossibles sauf par parties.

Cas général : reconstruction « à neuf ».





Question/Réponse

SOUTÈNEMENT PAR PAROI MOULÉE DANS LE SOL

Textes réglementaires

QUESTION

Quels sont les textes réglementaires ou codifiés applicables pour la réalisation d'une paroi moulée ?

RÉPONSE

Rappel, définition

Une paroi moulée dans le sol est à la fois :

- un ouvrage de soutènement provisoire ou définitif ;
- un ouvrage de fondation transmettant au sol les sollicitations :
 - du massif contenu,
 - des ouvrages de structure et de superstructure (cas des ouvrages définitifs).

CODIFICATION TECHNIQUE

1. Les textes actuels applicables

- Le DTU 11.1 (décembre 1968) - Sondage des sols de fondation : ce texte permet de déterminer les caractéristiques du sol pour le calcul du soutènement.
- Le DTU 12 (juin 1964) - Terrassement pour le bâtiment : ce texte n'est pas utilisable directement sauf en ce qui concerne les terrassements après exécution de la paroi moulée.

2. Le DTU 13.2 - Fondations profondes

L'édition de juin 1978, commentaires 09/82 et édition septembre 1992 (statut de norme expérimentale - NF P 11-212), *ne traite pas des soutènements*.

Aucun texte codifié ne traite de ce type d'ouvrage et plus particulièrement des parois moulées, technique apparue vers 1950 en Italie (procédé ICOS).

DISPOSITIONS PRATIQUES

Ce sont les DPM qui définissent les dispositions techniques de ce type d'ouvrage et des exigences particulières :

- *recépage du béton* (partie supérieure du mur éliminée sur 0,30 à 0,40 m du fait du mélange de béton et de boue bentonitique) ;
- *tolérances de verticalité* :
 - valeur courante = 1 %,
 - selon matériel et technique ($\leq 0,15$ %),
- *tolérance d'aspect* : selon utilisation finale (paroi brute ou reprise), tolérance de bosses locales de 0,05 à 0,10 m (saillies ou creux). À la limite, définition de la technique de paroi moulée préfabriquée ;
- *étanchéité à l'eau* : les débits de fuite ou suintements doivent être définis aux DPM.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Ils sont en rapport avec la destination du local.

Une étanchéité complémentaire par injections derrière la paroi ou par application de revêtements résines peut être exigée.

AUTRES DISPOSITIONS

- La stabilité de la paroi moulée soumise aux sollicitations du massif contenu peut être assurée :
 - soit à *titre provisoire* par des étalements (butons) ou des ancrages (tirants provisoires) ;
 - soit à *titre définitif* (tirants définitifs).

Ces dispositions doivent être précisées aux DPM.

- Au plan technique, un texte concernant les *tirants d'ancrage* (recommandations TA 72) a été établi par le bureau Sécuritas, collection UTI (Éditions Eyrolles).



Question/Réponse

SOUTÈNEMENTS (OUVRAGES PROVISOIRES)

Paroi berlinoise

QUESTION

Quelle est la technique de soutènement provisoire de fouille correspondant à la « paroi berlinoise » ?

RÉPONSE

Origine

La technique de soutènement provisoire appelée « méthode berlinoise » ou paroi « berlinoise » doit son nom à sa première utilisation pour le métro de Berlin.

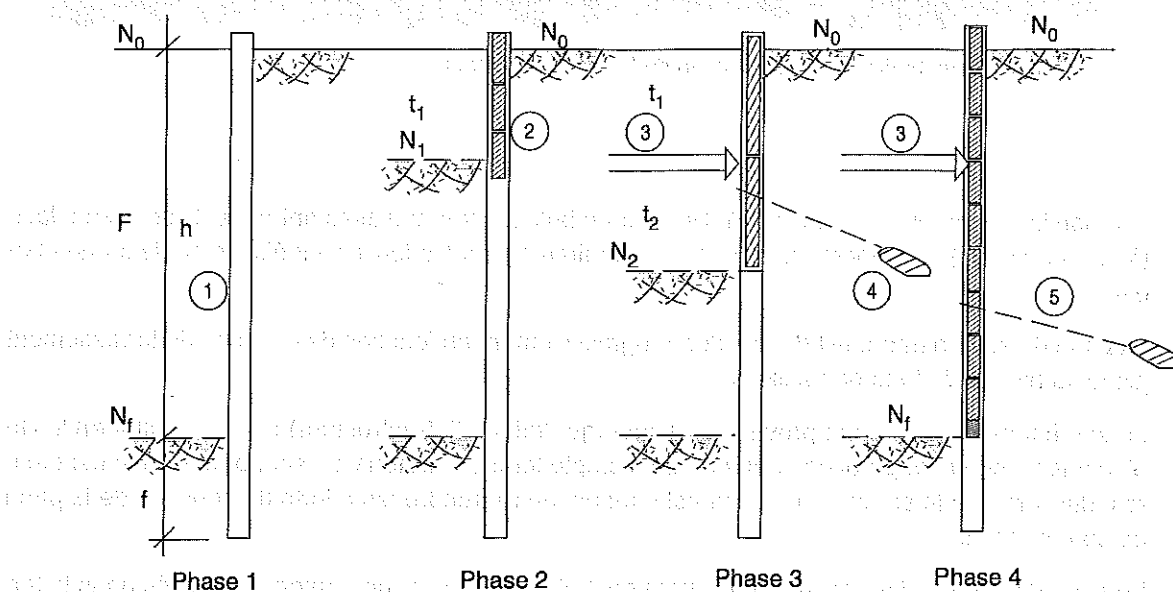
Principe

Le principe du soutènement provisoire d'une fouille (fig. 1) consiste :

1/ À forer des trous d'un diamètre suffisant afin d'y introduire des profilés métalliques de type H ancrés dans le sol à un niveau inférieur à celui du fond de fouille.

Les profilés peuvent également être enfoncés directement à l'aide d'un mouton trépideur.

L'implantation des profils dépend de la profondeur de la fouille à créer, de sa forme en plan et des possibilités d'ancrages dans le sol ou de butonnage contre une paroi voisine.



① Profil H (voir plan)

② Soutènement provisoire (voir détail)

Planches, madriers, bastaings

Béton coulé

Palplanches plates

③ Buton

④⑤ Ancrage provisoire par tirant ancré dans le sol

n = profondeur fouille

N_0 = niveau initial fouille

N_1 = niveau phase terrassement

N_2 = niveau phase terrassement (intermédiaire)

N_f = niveau fond de fouille

f = fiche (ancrage profil H) dans le sol

Phase 1 : implantation profilés H

Phase 2 : phase de terrassement, mise en place des éléments de parois

Phase 3 : phase suivante avec butonnage ou ancrage par tirant ancré dans le sol

Phase 4 : phase finale

Fig. 1 : Coupes (phases de travaux).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2/ À procéder au terrassement par phases successives en protégeant la fouille par une paroi de soutènement provisoire constituée :

- de pièces de bois glissées dans les ailes des profilés H ;
- d'une paroi en béton armé coulée par tranches horizontales de 0,50 m à 1 m selon la tenue du terrain en bordure de fouille (photo 1).

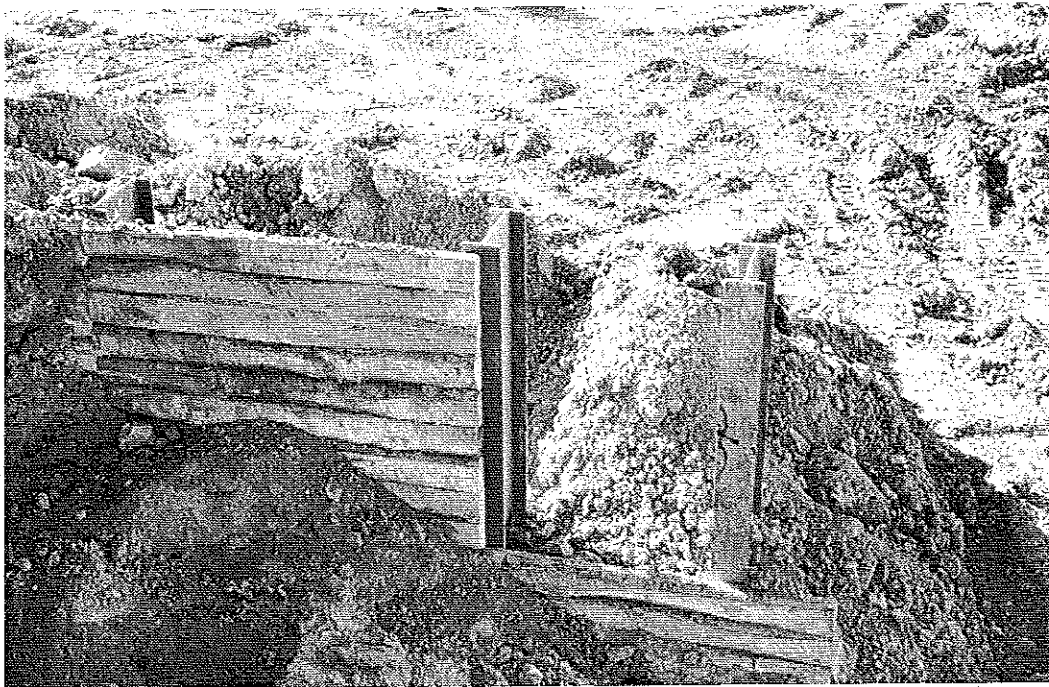


Photo 1 : Paroi berlinoise en protection de fouille. © J. Putatti

3/ Selon la profondeur de la fouille, à disposer de butées intermédiaires entre profils se faisant face (fouille peu large) ou d'ancrages dans le sol par tirants pour les fouilles indéfinies ou de grande largeur.

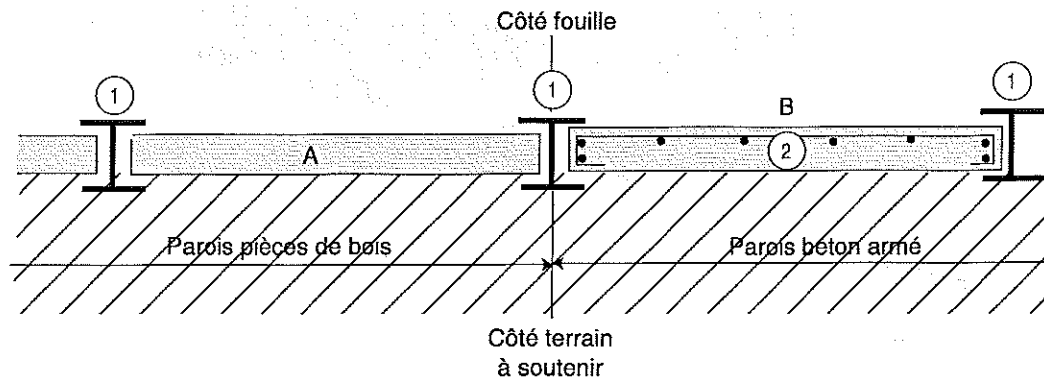
La paroi de soutènement est descendue progressivement en fonction des phases de terrassement jusqu'au niveau du fond de fouille N_f .

Le soutènement réalisé est provisoire ; l'ouvrage définitif (infrastructure) est construit « en limite d'emprise » contre la paroi de soutènement compte tenu des butons qui sont progressivement retirés, dès lors que la structure réalisée est capable de reprendre les efforts de poussée de la paroi de soutènement.

Lorsque des tirants d'ancrage (provisoires) sont utilisés, ils sont généralement laissés dans le terrain avoisinant.

Il en est de même de la paroi de soutènement. Ces ouvrages provisoires sont devenus « passifs », les sollicitations dues au massif étant reprises par la structure installée dans la fouille.

Le béton, lorsqu'il est utilisé entre profilés, est coulé par assises ou tranches de l'ordre de 0,50 à 1 m de hauteur selon la tenue du terrain au fur et à mesure des phases de terrassement (fig. 2 et 3).



① Profilés H

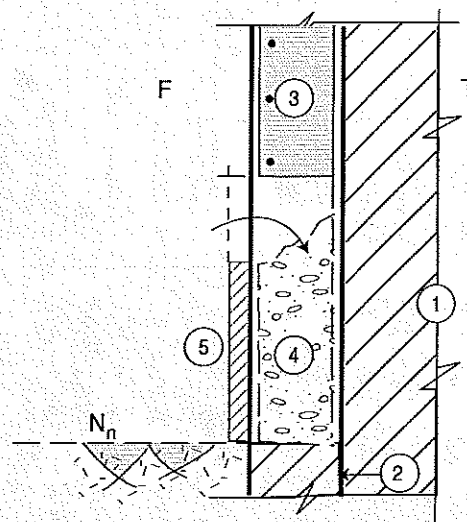
② Armatures

A : Paroi bois - Pièces de bois (épaisseur selon l'écartement des profilés et profondeur de fouille)

B : Parois BA - Armatures selon l'écartement des profilés et profondeur de fouille.

Note : Les pièces de bois sont plus courtes que l'espacement entre profilés pour permettre leur mise en place en position biaisée entre les ailes des profilés.

Fig. 2 : Coupe horizontale sur paroi berlinoise.



Coupe verticale

F = côté fouille

T = côté terrain (massif)

① Massif exerçant une poussée latérale

② Profilé H

③ Tranche BA coulée en phase précédente

④ Tranche BA en cours de coulage

⑤ Coffrage côté fouille

N_n Niveau de phase de terrassement
(n = profondeur fouilles)

Fig. 3 : Détail exécution paroi béton (exécution en sous-œuvre).

Les butons s'appuient sur les profilés (perpendiculaires à la paroi, ou obliques dans les angles).

Les ancrages et tirants sont inclinés. Ils se situent au droit des profilés (traversée des ailes près de l'âme du profilé + pièce spéciale de blocage contre le profilé) (photo 2).

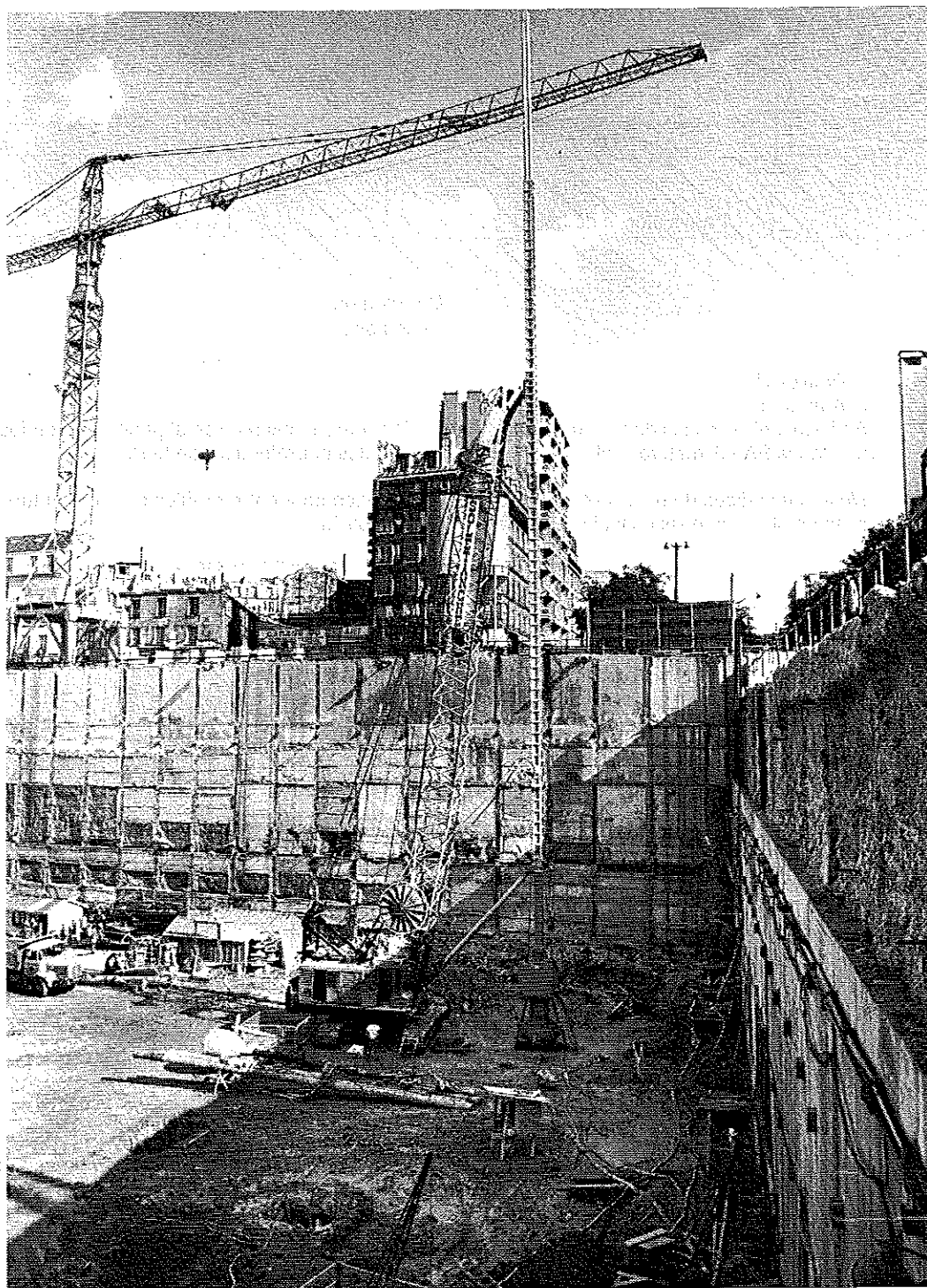


Photo 2 : Utilisation de la paroi berlinoise pour la réalisation de fouilles profondes et de grandes dimensions (construction Tour Montparnasse). Les éléments de parois sont réalisés en béton armé coulé par phases descendantes entre les profiles. © J. Putatti



SOUTÈNEMENTS (OUVRAGES PROVISOIRES)

Paroi hurpinoise

QUESTION

Quelle est la technique de soutènement provisoire de fouille correspondant à la « paroi hurpinoise » ?

RÉPONSE

Cette technique de soutènement provisoire a été utilisée dans les travaux de génie civil (grandes tranchées couvertes pour voies ferrées ou tranchées d'autoroute) pour confortation de talus fortement inclinés.

Elle n'est applicable que pour des sols cohérents non soumis à des circulations d'eau. Dans les applications réalisées, elle constitue un soutènement provisoire en attente de l'ouvrage définitif (photos 1, 2 et 3).

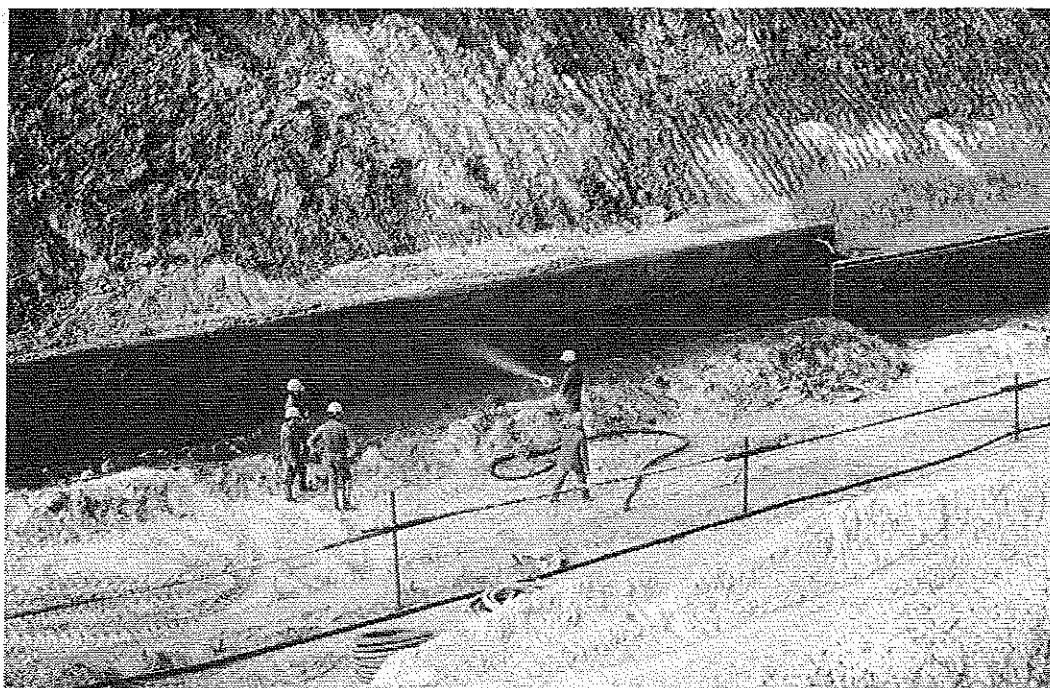


Photo 1 : Principe de la méthode hurpinoise (tranchée du TGV Atlantique). Projection de mortier sur le terrain. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

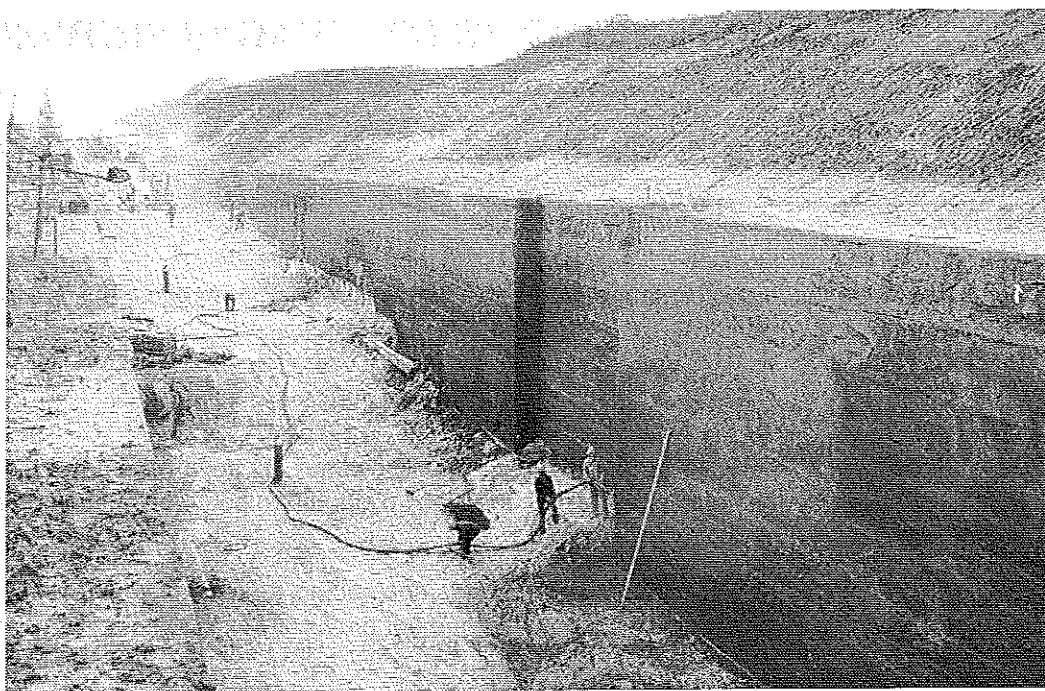


Photo 2 : Paroi hurpinoise en cours d'exécution. Projection de mortier sur le terrain au fur et à mesure des terrassements. © J. Putatti

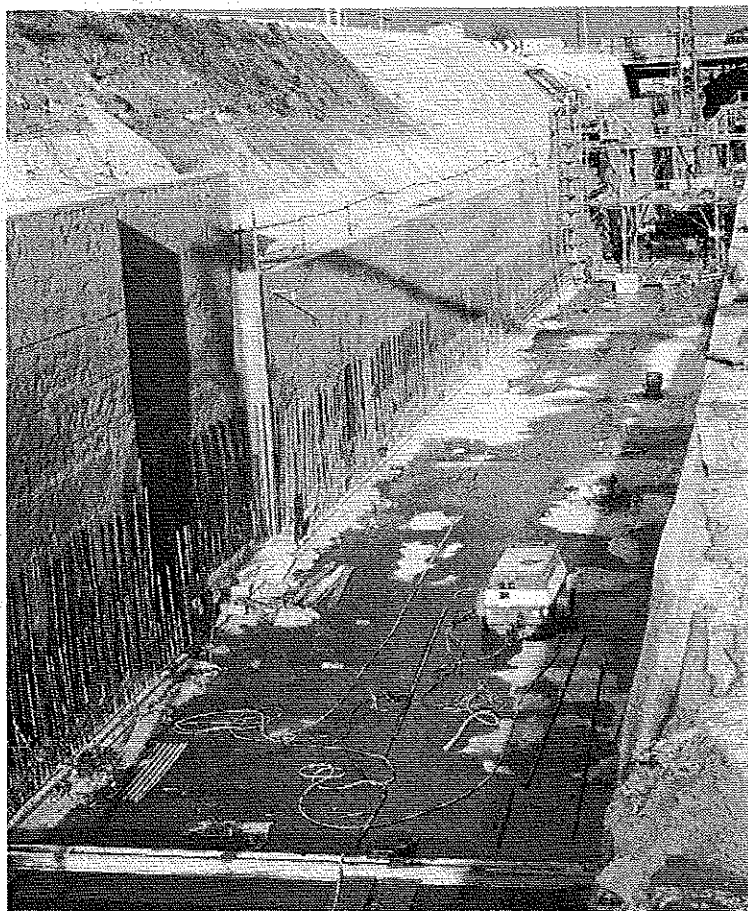


Photo 3 : Phase définitive : réalisation de la tranchée couverte (TGV Atlantique). © J. Putatti

Le principe de cette technique consiste à projeter sur le terrain directement terrassé, c'est-à-dire selon la verticale ou selon une forte pente, un mortier ou béton en faible épaisseur (0,08 à 0,10 m) en une ou plusieurs passes.

La paroi est armée d'un treillis soudé et ancré dans le sol par des barres ou des tubes de longueur variable (4 à 6 m ou plus) à raison de 1 à 2 / m² de paroi.

Lorsqu'une nappe phréatique existe dans le terrain, il est procédé à son rabattement pendant toute la durée de l'exécution de la paroi provisoire et maintenu jusqu'à l'exécution de l'ouvrage définitif.

La paroi hurpinoise est exécutée du haut vers le bas au fur et à mesure des phases de terrassements (photo 2). Les armatures d'ancrage dans le massif sont réalisées par forage (\varnothing 100 mm) avec scellement des barres ou par battage de tubes. Cette opération est réalisée préalablement à la projection du béton et coordonnée avec celle-ci pour éviter la décompression du terrain et les phénomènes de glissement.

Par ailleurs, cette méthode nécessite une surveillance du massif (relevés topographiques) pour vérifier les déplacements et le comportement de ce type de soutènement provisoire.

L'exécution de l'ouvrage définitif (photo 3) doit suivre de très près l'exécution de la paroi provisoire dont la stabilité peut s'avérer précaire et qui peut nécessiter en phase intermédiaire un butonnage assurant le blocage des déplacements.

Dans cette technique, il est important de connaître les caractéristiques des couches (angle ϕ - frottement interne, valeur de la cohésion variable avec la teneur en eau, et prise pour 0 pour certaines couches).

À noter

Le cas présenté par les photos 1 à 3 correspond à une tranchée couverte de la ligne TGV Atlantique qui a utilisé cette technique de soutènement provisoire, l'ouvrage définitif étant un tunnel à profil cadre rectangulaire dont l'exécution suivait immédiatement celle du soutènement (photo 4).



Photo 4 : Exécution de l'ouvrage définitif (radier). Noter les aciers en attente pour les voiles verticaux du tunnel. © J. Putatti



Désordre

STRUCTURE BOIS

Dégradation fongique par la Mérule : pourriture cubique

ASPECT DU MATÉRIAU ATTAQUÉ

- Bois de couleur brun sombre, découpé en cubes selon les trois plans ligneux (aspect de bois calciné), pulvérulent quand il est sec.
- Provoque des déformations des pièces de bois : bombement, renflement, fissuration longitudinale.



Décomposition en cubes du bois dégradé par la Mérule

ÉLÉMENTS DU CHAMPIGNON

Formations végétatives

Se développent abondamment à l'obscurité en recouvrant des matériaux divers, le bois principalement. Elles prennent des apparences diverses :

- coussinets ou feutrages blanc floconneux, plus ou moins épais lors de conditions optimales ;
- apparition de sécrétions liquides en surface sous forme de gouttelettes d'eau (« lacrymans » : larmes) ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

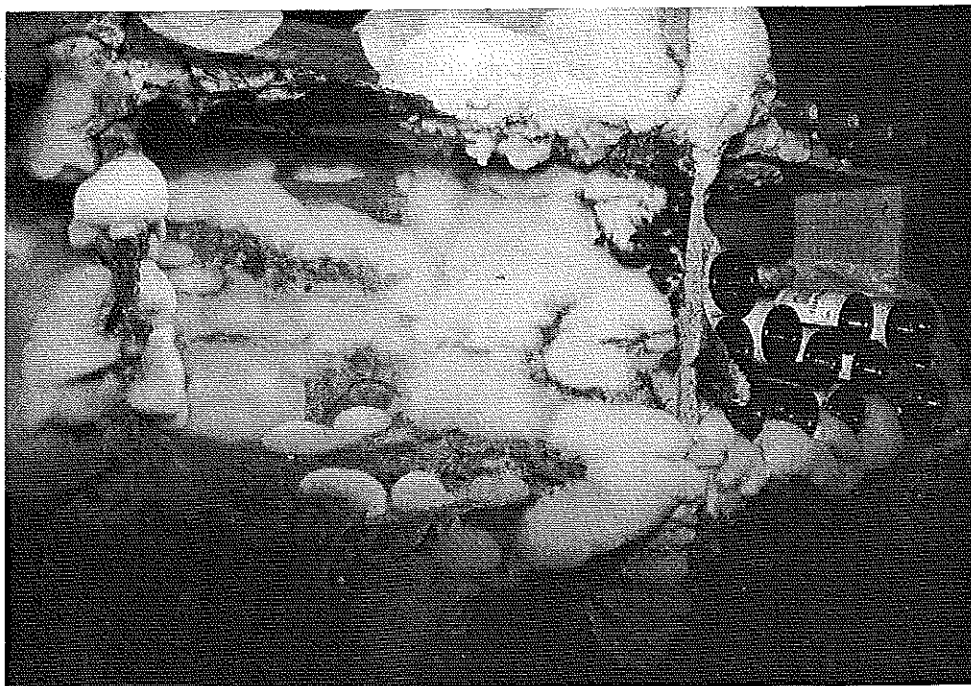
WX

YZ

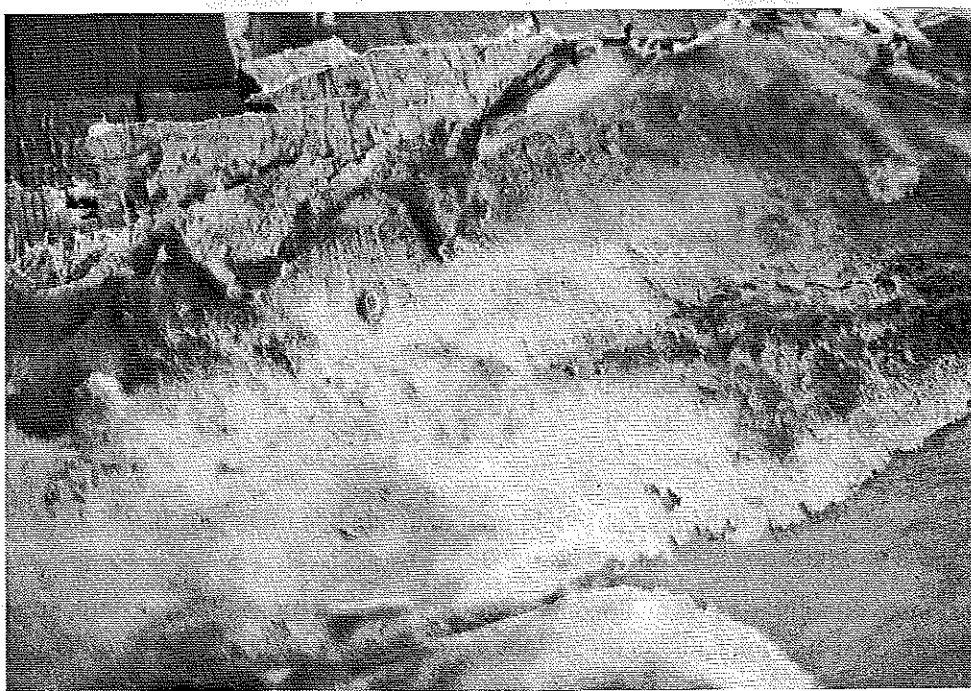
– palmettes ou formations aplaties, grisâtres à jaunâtres ou violacées : elles apparaissent quand le bois est plus sec ;

– voile mycélien grisâtre de surface en situation très défavorable ;

– cordonnets (rhizomorphes) : formations particulières à ce champignon le rendant dangereux : les cordons gris, souples à l'état jeune, deviennent cassants en vieillissant. Ils ont de 5 à 8 mm de diamètre et une longueur de 6 à 10 mètres. Ils forment une véritable tuyauterie permettant le transport de l'eau en s'insinuant à travers les murs, maçonneries, briques en les disjoignant.



Formations végétatives : formations floconneuses blanches et palmettes aplaties grisâtres

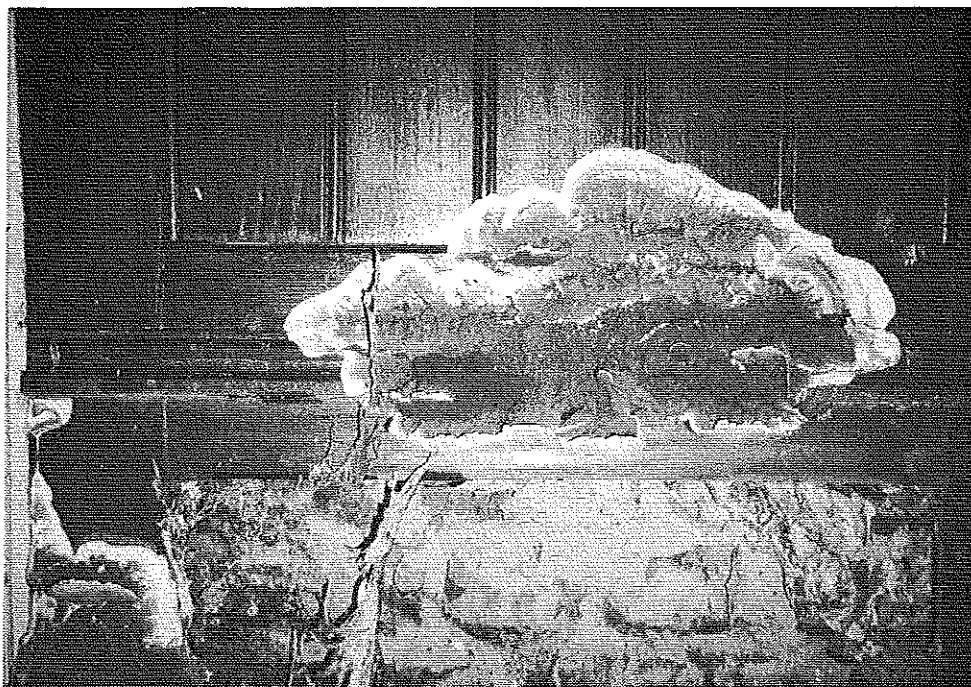


Formations végétatives : formations floconneuses blanches et palmettes aplaties grisâtres

Fructifications

Elles apparaissent avec un minimum de lumière et sont produites quand le bois a atteint un stade de pourriture déjà avancé en épousant la forme du substrat sur lequel elles apparaissent.

Les fructifications sont des plaques de dimensions variées, creusées d'alvéoles, de consistance charnue et sont remplies de milliards de spores de couleur brun-rouille ; la partie marginale est blanchâtre ; des gouttelettes se forment très souvent en surface.



Fructification de la Mérule

La dégradation fongique du bois est un phénomène complexe qui dépend de nombreux facteurs, notamment de l'humidité, de la température et de la présence de champignons.

Le champignon *Mérula* est l'un des agents les plus responsables de la pourriture cubique.

La pourriture cubique se caractérise par la formation de zones de bois dur, appelées « bois dur », qui sont résistantes à la dégradation fongique.

La dégradation fongique du bois est un phénomène complexe qui dépend de nombreux facteurs, notamment de l'humidité, de la température et de la présence de champignons.





STRUCTURE BOIS

Dégradation fongique par la Mérule : pourriture cubique

AGENT BIOLOGIQUE

Mérule pleureuse ou « champignon des maisons » : *Serpula lacrymans* (Wulf. Fr.) Schroet.

Synonyme : *Merulius lacrymans* Schum. ex Fr. ou *Gyrophana lacrymans* (Wulf.) Pat.

Champignon lignivore agent de pourriture cubique brune.

Classe : Basidiomycètes.

BOIS DÉGRADÉS

La Mérule dégrade de préférence les essences résineuses et plus secondairement les feuillus. L'ubier et les bois parfaits non duraminisés sont dégradés mais il arrive que dans certaines conditions sévères, les duramens soient aussi attaqués. Elle détruit la cellulose du bois.

Les foyers d'infestation sont localisés dans les éléments encastrés dans le ciment, le béton ou humidifiés.

Elle attaque également tous les matériaux cellulosiques : papier, livres, lin, jute.

Cette dégradation a pour conséquence l'annulation complète des caractéristiques mécaniques.

CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

La Mérule se développe dans le bois exclusivement à l'intérieur du bâtiment car elle se complait dans une ambiance homogène peu ventilée et obscure : caves, vides sanitaires, locaux inhabités.

Taux d'humidité du bois

Il est compris, en moyenne, entre 25 et 40 % mais la Mérule peut déjà se développer à 22 %, le maximum étant 50 %. Besoin d'un apport d'eau « liquide » même peu important : fuites d'eau, infiltration, condensation ; l'humidité relative ambiante favorise le développement mais n'est pas déterminante.

Température

Elle peut se développer entre 7 et 26 °C, l'optimum se situant entre 20 et 23 °C, car elle craint les températures élevées. Le développement est favorisé par une atmosphère confinée et par l'obscurité.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Les dégâts sont rapides et souvent importants : toutes les boiseries d'un immeuble peuvent être anéanties en une année quand toutes les conditions optimales sont réunies.

Cela représente 70 % des désordres fongiques dans la construction en France.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

DISTRIBUTION

C'est un redoutable destructeur dans les régions tempérées. En Europe, il s'étend du Nord de la Loire en France jusqu'en Europe centrale et même en Russie.



STRUCTURE BOIS

Dégradation fongique par la Mérule : pourriture cubique

MESURES PRÉVENTIVES ET TRAITEMENT DE PRÉSERVATION

Éléments de structure en bois à l'abri des intempéries et bien ventilés

- Protégés de toute source d'humidification persistante, leur taux d'humidité en service est $< 20\%$ les mettant à l'abri des attaques fongiques importantes.
- Le traitement préventif est de type classe 2.
- Si une humidification accidentelle et permanente importante survient, les éléments de structure se trouvent dans une situation contraire aux règles de l'art et le traitement de classe 2 devient insuffisant.

Éléments de structure intérieurs en milieu humide ou mal ventilé

Sont soumis à des intensités d'humidification variables, entraînant des taux d'humidité $> 20\%$ de manière intermittente ou en permanence propices aux développements fongiques. Selon l'importance du risque, le traitement préventif sera de type classe 2 au minimum à classe 4.

DURABILITÉ NATURELLE

Choisir une essence durable dans les conditions d'exposition envisagée ; supprimer tout aubier.

Remarque

Un traitement correctement effectué ou l'emploi d'une essence de bois naturellement durable ne peuvent compenser des erreurs grossières de mise en œuvre.

TRAITEMENT CURATIF FONGICIDE

Retour à des conditions normales d'humidité du bâtiment

- Rechercher et supprimer la source d'humidité ; ramener les bois à une humidité $< 20\%$.
- Déposer les revêtements imperméables.
- Pratiquer une ventilation efficace.

Remarque

Il n'y a pas de garantie du traitement si ces mesures ne sont pas prises.

Traitement du sol, des murs et des maçonneries

Préparation

Dépose des revêtements et mise à nu des murs : piquage des plâtres, enduits, décrépiage.
Brûlage à la lampe à souder ou au chalumeau du sol, des murs et des maçonneries.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Traitement en profondeur

Injectons du produit de préservation dans des puits percés dans les 2/3 de l'épaisseur du mur, disposés selon un quadrillage (carrés de 50 cm de côté) sur toute la surface ; quand les injections sont sur plusieurs lignes, pratiquer les percements en quinconce.

Traitement superficiel

Sois traités par épandage du produit, les murs et maçonneries subissent un traitement de surface abondant.

Produit de préservation

En solution aqueuse.

Traitement des bois

Préparation

Sonder les bois en place pour évaluer les renforcements ou remplacements à effectuer.

Bûcher et brosser les bois pour éliminer les parties dégradées.

Brosser et décaper les finitions présentes sur le bois.

Déposer éventuellement les bois sains pour atteindre les bois dégradés.

Remplacements, renforcements éventuels

Remplacer les bois complètement dégradés par du bois traité préventivement selon un traitement de classe 2 à 4 selon l'exposition.

Renforcer si besoin par des pièces de bois traitées ou par des résines.

Traitement du bois en place en profondeur

Pratiquer le forage de puits de 8 à 15 mm de diamètre dans les pièces de forte section encore saine sur 2/3 de l'épaisseur, à raison de 3 par mètre linéaire ; les remplir du produit de préservation. Insister sur les encastrement.

Traitement en surface

Appliquer abondamment le produit en surface à raison de 250 à 300 g/m².

Produit de préservation fongicide

En solvant organique ; à la fois préventif et curatif présentant une efficacité prouvée par des tests normalisés appropriés (CTB-P+).

Remarque

Il est vivement conseillé de faire appel à une entreprise spécialisée travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB-A+).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB-P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB-B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir sa performance.

- Certification de services : marque CTB-A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation ; agrément « traitements fongicides ».

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.

- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.

- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.

- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation ; Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.

- DTU 31.1 : Charpentes et escaliers en bois, 1983.

Ce document antérieur à la parution des normes européennes et ne fait pas état de la classification des emplois du bois par classe de risque biologique. Il recommande le traitement des essences à bois parfait duraminisé si le taux d'aubier est > 10 %.

Remarque

Cette tolérance est dangereuse car l'aubier, même en faible proportion, peut être à l'origine d'une attaque de champignon ou d'insecte pouvant s'étendre.

- DTU 31.2 : Construction de maisons et bâtiments à ossature bois, 1989.

Remarque

Ce texte, s'appuyant sur les classes de risque, est globalement en cohérence avec les principes de la préservation actuelle.



STRUCTURE BOIS D'ESSENCES FEUILLUES

Dégradation fongique par le Polypore des caves : pourriture fibreuse

Aspect du bois dégradé

- Décomposition en fibrilles blanches se détachant à l'ongle.
- Bois ramolli, très léger, effondrement des propriétés mécaniques.
- Conserve sa structure à l'état humide.



Sollivage en chêne dégradé par le Polypore des caves ; remarquer le mycélium sur le lattis

ÉLÉMENTS DU CHAMPIGNON

Formations végétatives

Amas de filaments blanchâtres (mycélium), compact, sous forme de coussinets épais, feutré ; deviennent jaunâtres, puis bruns à rouille et de consistance coriace et dure, se détachant du support en vieillissant ; exsudation de gouttelettes brunâtres en surface.

Fructifications

Elles se forment sur les formations végétatives. Les mamelons sont irréguliers, de couleur brun ocre et constitués de longs tubes fins en couches stratifiées.

Les fructifications sont de petite taille (14 à 20 cm de long, 10 à 15 cm de large, 2 à 3 cm d'épaisseur) et persistantes.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

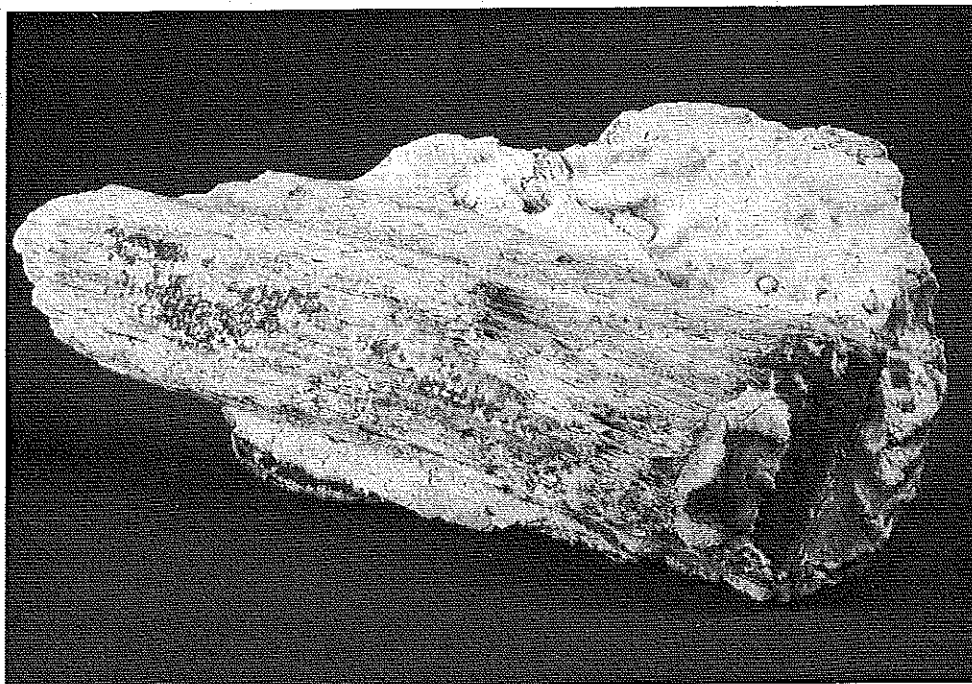
QR

ST

UV

WX

YZ



Bois feuillu dégradé par l'agent de pourriture fibreuse, formations végétatives coriaces anciennes

Remarque

Ce champignon ne formant pas de cordonnets, son développement dépend étroitement de l'humidité du support.



STRUCTURE BOIS D'ESSENCES FEUILLUES

Dégradation fongique par le Polypore des caves : pourriture fibreuse

AGENT BIOLOGIQUE

Polypore des caves : *Donkioporia expansa* (Desm.) Kotl. et Pouz.

Synonyme : *Phellinus megaloporus* (Pers.) Heim.

Champignon lignivore agent de pourriture fibreuse blanche.

Classe : Basidiomycètes.

BOIS DÉGRADÉS

- Bois feuillus ; très rarement les résineux.
- Dans des conditions extrêmes, attaque le duramen de chêne et de châtaignier.
- Dégade simultanément la lignine et la cellulose, avec affaiblissement, voire perte complète, des propriétés mécaniques.
- Se développe à l'intérieur des constructions, dans des pans de bois feuillus, planchers, solivages dans des immeubles en réhabilitation ; sous des plâtres humides, etc.

Dans des cas de destruction avancée, il est très souvent associé à des attaques de Grosses Vrillettes, insecte coléoptère à larve xylophage dont la présence indique toujours une attaque fongique préalable.

CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Humidité du bois

Assez élevée : 35 à 50 % due à un apport d'eau « liquide ».

Température

Optimale à 28 °C ; maximum à 35 °C.

Croissance

Assez lente ; la décomposition complète du bois intervient longtemps après le début de l'attaque et se développe de préférence dans les lieux obscurs et mal ventilés.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

- Représente environ 20 % des sinistres d'origine fongique en France.
- Rencontré fréquemment dans les immeubles anciens à Paris (haussmanniens).
- À l'origine de dégâts de l'aile Louis XIII du Château de Versailles vers 1925.

DISTRIBUTION

Imprécise ; en Europe : France, Angleterre, Allemagne, Belgique.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ





STRUCTURE BOIS D'ESSENCES FEUILLUES

Dégradation fongique par le Polypore des caves : pourriture fibreuse

MESURES PRÉVENTIVES ET TRAITEMENT DE PRÉSERVATION

Éléments de structure en bois à l'abri des intempéries et bien ventilés

- Protégés de toute source d'humidification persistante, l'humidité en service < 20 % les met à l'abri d'attaques fongiques importantes.
- Le traitement préventif est de type classe 2.
- Si une humidification accidentelle et permanente importante survient, les éléments de structure se trouvent dans une situation contraire aux règles de l'art et le traitement de classe 2 devient insuffisant.

Éléments de structure intérieurs en milieu humide ou mal ventilé

Soumis à des intensités d'humidification variables avec des taux d'humidité > 20 % de manière intermittente ou en permanence propice aux développements fongiques. Selon l'importance du risque, le traitement préventif sera de type classe 2 minimum à classe 4.

DURABILITÉ NATURELLE

Choisir une essence durable dans les conditions d'exposition envisagée ; supprimer tout aubier.

Remarque

Un traitement correctement effectué ou l'emploi d'une essence de bois naturellement durable ne peuvent compenser des erreurs grossières de mise en œuvre.

TRAITEMENT CURATIF FONGICIDE

Retour à des conditions normales d'humidité du bâtiment

- Rechercher et supprimer la source d'humidité ; humidité du bois ramenée à un taux < 20 %.
- Déposer les revêtements imperméables et pratiquer une ventilation efficace.

Traitement des bois

Préparation

- Sonder les bois en place pour évaluer les renforcements ou remplacements à effectuer.
- Bûcher et brosser les bois pour éliminer les parties dégradées.
- Brosser et décaper les finitions présentes sur le bois.
- Déposer éventuellement les bois sains pour atteindre les bois dégradés

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Remplacements, renforcements éventuels

- Remplacer les bois complètement dégradés par du bois traité préventivement selon un traitement de classe 2 à 4 selon l'exposition.
- Renforcer, si besoin, par des pièces de bois traitées ou par des résines

Remarque

Le champignon ne faisant pas de cordonnets, il n'est pas nécessaire de traiter les murs et les maçonneries.

Traitement de préservation du bois en place

- En profondeur : pratiquer des forages de 8 à 15 mm de diamètre dans les pièces de forte section encore saines sur la 1/2 épaisseur, à raison de 3 par mètre linéaire ; les remplir du produit de préservation. Insister sur les encastrement.
- En surface : appliquer abondamment le produit de préservation (250 à 300 g/m²).
- Produit de préservation fongicide : en solvant organique ; à la fois préventif et curatif, présentant une efficacité prouvée par des tests normalisés appropriés (CTB-P+).

Remarque

Il est vivement conseillé de faire appel à une entreprise spécialisée travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB-A+).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB-P+.

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB-B+.

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir sa performance.

- Certification de services : marque CTB-A+.

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation ; agrément « traitements fongicides ».

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.

- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.

- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.

- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation. Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.

- DTU 31.1 : Charpentes et escaliers en bois - 1983.

Ce document est antérieur à la parution des normes européennes et ne fait pas état de la classification des emplois du bois par classe de risque biologique. Il recommande le traitement des essences à bois parfait duraminisé si le taux d'aubier est $> 10 \%$.

Remarque

Cette tolérance est dangereuse car l'aubier même en faible proportion peut être à l'origine d'une attaque de champignon ou d'insecte pouvant s'étendre.

- DTU 31.-2 : Construction de maisons et bâtiments à ossature bois, 1989.

Remarque

Ce texte, s'appuyant sur les classes de risque, est globalement en cohérence avec les principes de la préservation actuelle.

Le Polypore des caves est un champignon qui se développe sur le bois mort.

()

Il est caractérisé par ses fructifères en forme de coupe, qui poussent en groupes sur le bois.

Ce champignon est très commun dans les forêts et les parcs, où il se développe sur les troncs d'arbres morts.

Il est considéré comme un champignon comestible, mais il doit être consommé avec précaution.

Le Polypore des caves est un champignon qui se développe sur le bois mort.

Il est caractérisé par ses fructifères en forme de coupe, qui poussent en groupes sur le bois.

()

Ce champignon est très commun dans les forêts et les parcs, où il se développe sur les troncs d'arbres morts.

Le Polypore des caves est un champignon qui se développe sur le bois mort.

Il est caractérisé par ses fructifères en forme de coupe, qui poussent en groupes sur le bois.

Ce champignon est très commun dans les forêts et les parcs, où il se développe sur les troncs d'arbres morts.

Le Polypore des caves est un champignon qui se développe sur le bois mort.

Il est caractérisé par ses fructifères en forme de coupe, qui poussent en groupes sur le bois.

()

Ce champignon est très commun dans les forêts et les parcs, où il se développe sur les troncs d'arbres morts.

Le Polypore des caves est un champignon qui se développe sur le bois mort.

Il est caractérisé par ses fructifères en forme de coupe, qui poussent en groupes sur le bois.

Ce champignon est très commun dans les forêts et les parcs, où il se développe sur les troncs d'arbres morts.

Le Polypore des caves est un champignon qui se développe sur le bois mort.

Il est caractérisé par ses fructifères en forme de coupe, qui poussent en groupes sur le bois.

Ce champignon est très commun dans les forêts et les parcs, où il se développe sur les troncs d'arbres morts.

()

SOLUTIONS

ST - Structure bois d'essences feuillues : Dégradation fongique par le Polypore des caves : pourriture fibreuse - page 4



STRUCTURE BOIS

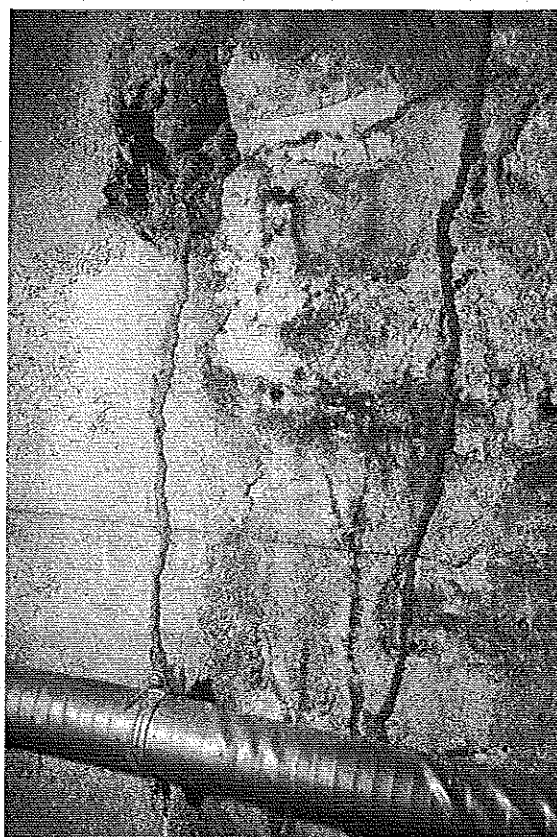
Dégradation par les termites souterrains

Remarque

Il ne sera pas fait mention des termites de bois sec dont l'importance économique est faible.

ASPECT DES DÉGÂTS

- Présence des insectes décelable dans les niveaux inférieurs des constructions (termitière située dans le sol).
- Détection difficile car l'insecte lucifuge circule et travaille toujours à couvert (sous plâtres et enduits).
- Décelables par la présence de cordonnets en surface (galeries, tunnels) souvent verticaux, construits par les ouvriers et dans lesquels ils circulent. Cordonnets constitués d'un ciment à base de salive, excréments, particules de terre ou de bois, mâchées ou grains de mortier.
- Présence de petits trous noirs de 2 mm de diamètre (cheminées d'aération) sur les plâtres indiquant la présence de galeries souterraines.
- Construction de véritables ouvrages ou cheminements à l'abri de la lumière (ponts, stalactites, stalagmites) de même nature que les cordonnets pour atteindre la nourriture.



Cordonnets verticaux signalant la présence de termites. © CTBA

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

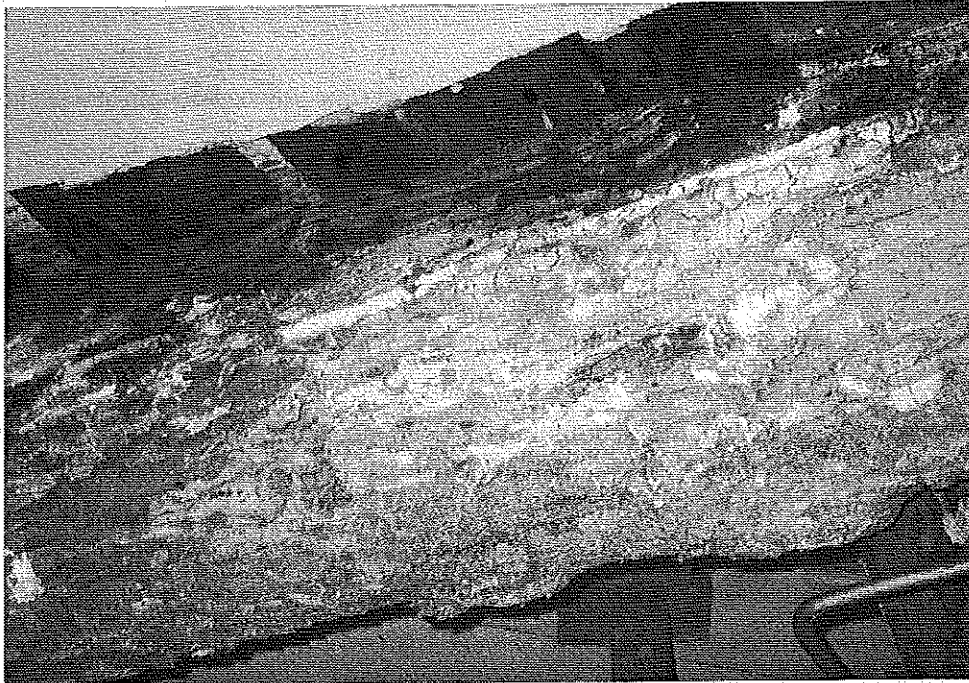
ST

UV

WX

YZ

- Dans le bois, formation de galeries ou cavités respectant la surface, sans vermoulure, parois tapissées de constructions terreuses.
- Se nourrit du bois initial en respectant le bois final plus dur ; le bois prend un aspect feuilleté caractéristique.



Poutre dégradée par les termites souterrains ; feuilletage du bois dans la partie à l'obscurité. © D. Dirol

MORPHOLOGIE DE L'INSECTE

Insectes sociaux vivant en colonie organisée en castes dont les représentants ont des morphologies différentes ; le point commun est la présence de 2 petits appendices ou cerques sur le dernier segment abdominal.

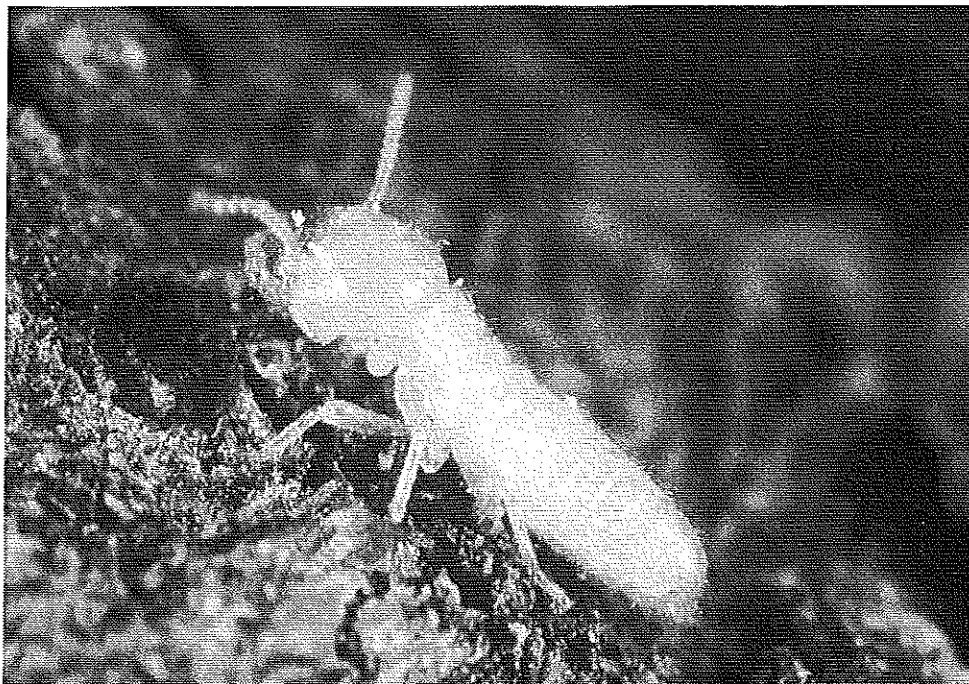
Remarque

Ne pas confondre avec les fourmis.

Termites ouvriers

- Blanchâtres et dépourvus d'ailes, de 4 à 6 mm de long.
- Aveugles et stériles.
- Mandibules tranchantes : pour couper, broyer les aliments et creuser les galeries.

Ils composent la plus grande partie de la population et sont les seuls à produire les dégâts.



Termite ouvrier. © CTBA

Termites soldats

- Blanchâtres et dépourvus d'ailes, longs de 8 mm en moyenne.
- Stériles.
- Grosse tête de couleur pain brûlé avec de fortes mandibules.

Ils défendent la termitière, sont nourris par les ouvriers.

Reproducteurs

Un seul couple d'individus sexués par colonie : le roi et la reine.

- De couleur noire et longs de 8 à 10 mm.
- 2 paires d'ailes membraneuses égales noires tombant après essaimage.

Larves

- Insectes à métamorphose incomplète, les jeunes ressemblent aux adultes, le développement se fait par mues successives ; les larves se différencient en ouvriers, soldats et nymphes ; celles-ci donneront les reproducteurs.
- Plus petites que les adultes.
- Coloration blanc crémeux, translucide.



Diagnostic

STRUCTURE BOIS

Dégradation par les termites souterrains

AGENT BIOLOGIQUE

Ordre : Isoptères.

Famille : *Rhinotermitidae*.

Termites lucifuges : *Reticulitermes lucifugus* Rossi.

Termite de Saintonge : *Reticulitermes santonensis* de Feytaud.

BOIS DÉGRADÉS

- Toutes les essences forestières européennes sont susceptibles d'être attaquées ainsi que de nombreuses essences tropicales à des degrés plus ou moins importants.
- Préfèrent les bois ayant subi une dégradation fongique préalable.

CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Taux d'humidité

Nécessité d'une source d'eau ; mais quantité relativement faible.

Température

Température ambiante assez élevée : climat méditerranéen ou tropical mais aussi chauffage inter-urbain, isolation.

Habitat

Colonie en général dans le sol où elle trouve l'eau ; y résident le roi, la reine, les larves, les nymphes et les soldats. Les ouvriers rayonnent dans les galeries à l'obscurité à la recherche des aliments ; ces galeries sont creusées dans le sol ou dans des matériaux tendres ou bien construites en surface formant un réseau courant sur les murs.

Alimentation

Toute matière à base de cellulose : bois, papier, textiles.

Dégâts annexes sur d'autres matériaux dont ils ne se nourrissent pas.

Les ouvriers se nourrissent des aliments cellulosiques et les ramènent à la colonie pour la nourriture des autres castes fournie par régurgitation salivaire ou par élimination.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Infestation

Par essaimage

L'essaimage a lieu d'avril à mai avec émergence des ailés en grand nombre ; ceux-ci volent mal, sur de courtes distances, tombent sur le sol et perdent leurs ailes. Après accouplement, la femelle pond ses œufs en assurant l'alimentation de la première génération sur ses réserves.

Par bouturage

Une nouvelle colonie peut se former si les sexués disparaissent ou si un certain nombre d'individus se trouvent isolés de la colonie mère. Des individus mâles et femelles qui ont la même morphologie que les nymphes ou les ouvriers vont alors assurer la reproduction ; ce sont les « néoténiques de remplacement ».

DISTRIBUTION

- *R. lucifugus* : tout le pourtour méditerranéen.
- *R. santonensis* : France, Guyane française, Palestine.

En France, infestation endémique initiale au Sud de la Loire sur une bande côtière de 100 km le long de l'Atlantique, s'élargissant dans le bassin de la Garonne ; de même sur le pourtour du bassin méditerranéen et 5 quartiers de Paris.

Extension très prononcée depuis les années 70 vers le Nord-Est, dans Paris et sa banlieue.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

L'extension des foyers d'infestation est due :

- aux échanges commerciaux et aux transports de matériaux entre régions (gravats) ;
- aux multiplications aisées par le bouturage ;
- aux techniques de traitement mises en œuvre jusqu'à ces dernières années qui n'atteignent que rarement la termitière située dans le sol.

L'importance des désordres et leur extension dans des régions jusque-là exemptes d'attaques ont entraîné la mise en place d'une « lutte antitermites » fondée sur la biologie de l'insecte, mettant en œuvre des conditions d'hygiène du bâtiment et des traitements plus adaptés visant à mieux les éradiquer. Une réglementation particulière a été mise en place en France en 1999.



STRUCTURE BOIS

Dégradation par les termites souterrains

TRAITEMENT PRÉVENTIF AVANT CONSTRUCTION EN RÉGION TERMITÉE

Préparation du site

Débarrasser le terrain de tous débris, en particulier celluloses qui seront brûlés sur place ainsi que de toute végétation ; supprimer toute humidité stagnante sous le bâtiment.

Traitement du sol

Effectuer une barrière chimique continue sur une largeur de 1 mètre au pourtour des murs de fondation et sur toute la surface du sol sous le bâtiment ; la terre de ces zones doit contenir l'insecticide sur une épaisseur d'au moins 5 cm (attention à la nappe phréatique).

Application du produit, quantité à appliquer

Par épandage, infiltrations, injections selon la nature du sol, au minimum 5 l/m². La terre de remblai des tranchées doit être mélangée de produit à raison de 50 l/m³ ou bien un épandage doit y être effectué. Ne pas effectuer par temps de pluie ou sur un sol gelé, le pratiquer entre 24 et 48 h avant le recouvrement du sol.

Construction

Au niveau des fondations, les techniques de traitement diffèrent selon le type de construction : sur terre-plein, vide sanitaire accessible ou inaccessible, cave ou sous-sol.

TRAITEMENT PRÉVENTIF APRÈS CONSTRUCTION EN RÉGION TERMITÉE

Le traitement préventif est possible si aucune trace d'attaque n'a été repérée sur l'ensemble du bâtiment, il se limite alors aux parties basses et met en œuvre les procédés de traitement curatif.

En sous-sol

Épandage sur sol brut, application de surface sur murs et bois apparents, injection des pieds d'huissières en contact avec le sol.

Au rez-de-chaussée

Barrière périmétrique d'injections dans le sol extérieur ou la tranchée ; barrière d'injections à la base des murs périmétriques ou de refend ; injection des pieds d'huissières en contact avec le sol.

DURABILITÉ NATURELLE

Le duramen de certaines essences tropicales résiste totalement aux termites (azobé, makoré, padouk, etc.), le classement de la durabilité de 130 essences est donné dans la norme NF EN 350-2.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Même si l'utilisation de ces essences résistantes est une garantie, ne pas oublier que les termites dégradent toutes les substances celluloses !

TRAITEMENT CURATIF

Un diagnostic précis doit être effectué par un spécialiste ; il est indispensable pour concevoir le type de traitement.

Objectif : protection de la construction et non pas éradication des termites qui sont en fait « repoussés » à l'extérieur.

Précautions préliminaires

Prendre en compte les conditions d'hygiène et de salubrité du bâtiment et des alentours pour éviter les récides : supprimer toutes sources d'humidité, assurer une bonne ventilation des caves ; limiter la végétation à proximité ; éliminer les bois morts et isoler les stocks de bois de chauffage.

Définir auparavant un périmètre d'intervention sur toute une tranche de bâtiment, du rez-de-chaussée jusqu'aux niveaux supérieurs. Pratiquer par tranches : ceinturer la construction sur son périmètre de base et répéter ces ceintures sur chaque niveau pour isoler les parties traitées des parties attenantes ou mitoyennes.

Traitement des sols extérieurs

Doit être pratiqué de manière continue sur tout le périmètre ; il existe deux procédés en fonction de la nature du sol et des possibilités.

Traitement par forage et infiltration : barrière d'injections au sol

Perçages puis remplissage de produit par gravité ou par pression.

Percements verticaux ou en biais vers le mur de fondation ou en parallèle à 40 cm maximum ; espacements de 20 cm maximum.

Traitement par creusement d'une tranchée

Parallèle au mur à 40 cm de celui-ci sur le pourtour du bâtiment ; profondeur minimale de 40 cm. Épandage de produit dans la tranchée et mélange à la terre.

Traitement des sols intérieurs

Sur sols maçonnés : barrière d'injections au sol, à l'aplomb des murs périphériques. Profondeur minimale : 40 cm ; les forages doivent traverser l'épaisseur maçonnée.

Sur sols en terre battue : barrière d'injections ou épandage sur toute la surface.

Traitement des murs

Barrière antitermites : injections tous les 20 cm le plus près possible du sol, parallèlement à celui-ci. Profondeur des puits aux 2/3 de l'épaisseur du mur.

Écran antitermites : si risque d'infestation de la totalité du mur ou nonaccès à l'autre face ; percements sur des lignes parallèles horizontales, espacées de 50 cm et répartis en quinconce tous les 50 cm ; profondeur sur 2/3 de l'épaisseur du mur. Adaptation aux matériaux rencontrés. Comprend le traitement des murs périmétriques, de refend, mitoyens, les caves voûtées ; adaptation à chaque cas.

Traitement des cloisons

Si la cloison repose sur le sol, réaliser une barrière d'injections.

Traitement des doublages

À traiter de préférence en partie haute par une ligne d'injections atteignant la lame d'air entre le doublage et le mur.

Traitement des bois

Sur planchers

À pratiquer sur tous les niveaux infestés et au niveau supérieur où l'attaque a été décelée. Pratiquer 2 injections sur les encastrement des éléments de portée.

Traitement du plancher en fonction de sa configuration mais obligation d'une application par un quadrillage d'injections sur les éléments de portée et un épandage sur les lames mises à nu.

Sur charpente

Doit être traitée même si la présence de termites n'a pas été décelée ; injections tous les 33 cm sur les éléments de contact avec la maçonnerie ; 2 injections dans les encastrement, 1 injection dans la base de chaque chevron, une application de surface sur tous les éléments de contact avec la maçonnerie. Si la charpente est attaquée, ajouter un supplément de traitement comme celui pratiqué pour les insectes à larves xylophages.

Sur huisseries de portes

Traiter par injections sur chaque montant et dans la traverse haute.

Sur dormant de fenêtres

Pratiquer 3 injections dans la pièce d'appui, 3 dans les montants, 2 sur traverse haute.

Sur plinthes

Traiter la face cachée des plinthes : par percements jusqu'à la maçonnerie tous les 33 cm, ou par pulvérisation des faces visibles ou invisibles après leur décollement.

Sur lambris et boiseries

Pulvériser la face cachée ou injections tous les 33 cm de produit en partie haute ou basse si dépose impossible.

Produits de préservation

- L'efficacité préventive des produits de préservation antitermites repose sur un « effet barrière » : action répulsive ou létale. Adaptés à l'agent biologique, ils doivent présenter une efficacité prouvée par des tests normalisés appropriés (CTB P+).

Produits de préservation du bois

Ceux-ci ont les mêmes caractéristiques que les produits utilisés contre les autres insectes xylophages avec une mention antitermite supplémentaire.

Produits antitermites pour sols et murs

- Hydrodispersables ou suspensions de poudres mouillables (matières actives : organochlorés, organophosphorés, pyréthrinoides, phényl-pyrazoles).

NOUVELLES TECHNIQUES

L'application de termiticides chimiques reste encore le meilleur moyen de lutte mais la mise en œuvre de techniques moins toxiques pour l'environnement est primordiale.

Mousses insecticides

Employées aux États-Unis, les mousses se répartissent plus uniformément que les liquides en comblant les vides, elles sont efficaces car pénétrantes.

Poudrage

- Utilisé surtout en Australie, piégeage des termites par des appâts cellulotiques puis poudrage des individus avec une poudre insecticide à effet retard ; en retournant à la colonie, ils contaminent leurs congénères par *trophallaxie* (échange de nourriture).

Technique des appâts

Vise à supprimer tous les individus de la colonie par l'intermédiaire des ouvriers en plaçant des pièges sur leur passage contenant un substrat attractif (cellulotique) imprégné d'un produit à action lente. Les individus se transmettent le produit par *trophallaxie*. L'hexaflumuron est utilisé comme inhibiteur de chitine (procédé Recrute II) ; transmis d'individus à individus, il provoque l'arrêt du processus vital de la mue. Aucun risque pour l'homme et l'environnement.

Lutte biologique

Sensibilité à d'autres agents biologiques comme des vers du sol qui se nourrissent des organes internes du termite. Des toxines de champignons peuvent aussi les tuer. Techniques naturelles encore difficiles d'application à grande échelle.

Méthodes physiques et physico-chimiques

Boucliers métalliques

Convenablement installés, ils obligent les termites à contourner l'obstacle.

Couche de particules granitiques

D'un diamètre compris entre 1,7 et 2,4 mm, les termites s'y déchirent les téguments au contact des aspérités.

Film de polyéthylène basse densité insecticide

Utilisable en préconstruction. Commercialisé en France sous le nom de « Termifilm », épais de 150 µm, il est placé sous les fondations et sous le dallage au moment de la construction. Un insecticide est fixé par greffage sur le polyéthylène.

Très efficace, ce film protège durablement les constructions contre les invasions de termites (efficacité répulsive et mortelle) et les remontées d'humidité ; la dispersion des insecticides dans l'environnement est aussi limitée.

Remarque

Les techniques de traitement qui viennent d'être décrites donnent une indication des procédés qu'il y a lieu de mettre en œuvre. Ces procédés nécessitent l'emploi d'un matériel spécialisé et la connaissance approfondie de la biologie des termites, des problèmes du bâtiment, des produits de préservation et des dispositions de sécurité pour leur emploi. Pour ces raisons, il est vivement conseillé de faire appel à une entreprise spécialisée, travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB A+ : Agrément « Termites »).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France, le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir sa performance.

- Certification de Services : marque CTB A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation.

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.

- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.

- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.

- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation. Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.

- DTU 31.1 : Charpentes et escaliers en bois, 1983.

Ce document est antérieur à la parution des normes européennes et ne fait pas état de la classification des emplois du bois par classe de risque biologique. Il recommande le traitement des essences à bois parfait duraminisé si le taux d'aubier est $> 10\%$.

Remarque

Cette tolérance est dangereuse car l'aubier même en faible proportion peut être à l'origine d'une attaque de champignon ou d'insecte pouvant s'étendre.

- DTU 31.2 : Construction de maisons et bâtiments à ossature bois, 1989.

Remarque

Ce texte s'appuyant sur les classes de risque est globalement en cohérence avec les principes de la préservation actuelle ; il introduit la notion de zone humidifiable.

LÉGISLATION FRANÇAISE : LUTTE CONTRE LES TERMITES

Arrêtés préfectoraux

Pour 7 départements : Charente-maritime (dès 1952, réactualisé en 1963 et 1985) ; Deux-Sèvres ; Dordogne ; Landes ; Vendée ; Guadeloupe ; Guyane.

Arrêtés municipaux

Pour Bordeaux (dès 1988) et 28 autres villes : regroupement en 1990 de certains élus municipaux au sein de « l'association des villes termitées », l'objectif étant le vote d'une loi pour réglementer la lutte contre les termites.

Loi du 8 juin 1999

« Loi tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages ».

Cette loi comporte 10 articles dont les 2 suivants :

- L'article 2 relatif à la déclaration en mairie de la présence de termites dans tout immeuble bâti ou non bâti par l'occupant ou le propriétaire.

- L'article 8 concerne la production, dans les zones délimitées par arrêté préfectoral, d'un état parasite pour la vente d'un immeuble bâti afin de s'exonérer de la garantie pour vice caché, cet état parasite doit avoir été établi moins de 3 mois avant la date de l'acte authentique.



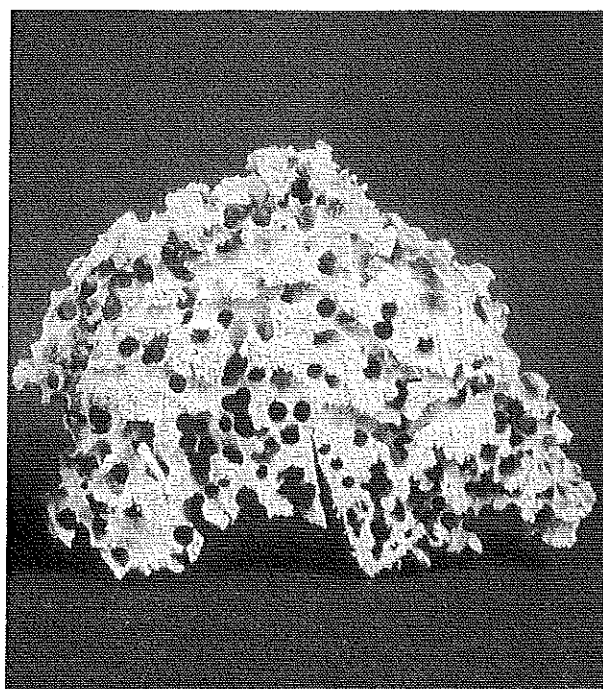
STRUCTURE BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : la Grosse Vrille

Cet insecte se développe toujours dans les bois qui ont auparavant fait l'objet d'une attaque par un champignon lignivore. Dans la majorité des cas, les altérations dues à cet insecte prédominent en apparence celles du champignon.

ASPECT DU MATÉRIAU ATTAQUÉ

- Insecte repérable seulement après la sortie de la première génération.
- Trous de sortie des adultes de forme arrondie de diamètre compris entre 2 et 4 mm.
- Les galeries creusées par les larves de même diamètre que les trous, sont parallèles au fil du bois ; en général le bois final (bois d'été) n'est pas attaqué.
- Galeries remplies de vermoulure ou déjections granuleuses en forme de lentille dont le diamètre est proche de 1 mm.



Élément de bois dégradé par la Grosse Vrille. © CTBA

MORPHOLOGIE DE L'INSECTE

- Adulte :
 - longueur : 5 à 7 mm ; le mâle est plus petit que la femelle ;
 - forme : trapue ;
 - couleur : brun foncé ; couvert de touffes de poils jaune pâle (aspect bigarré) ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

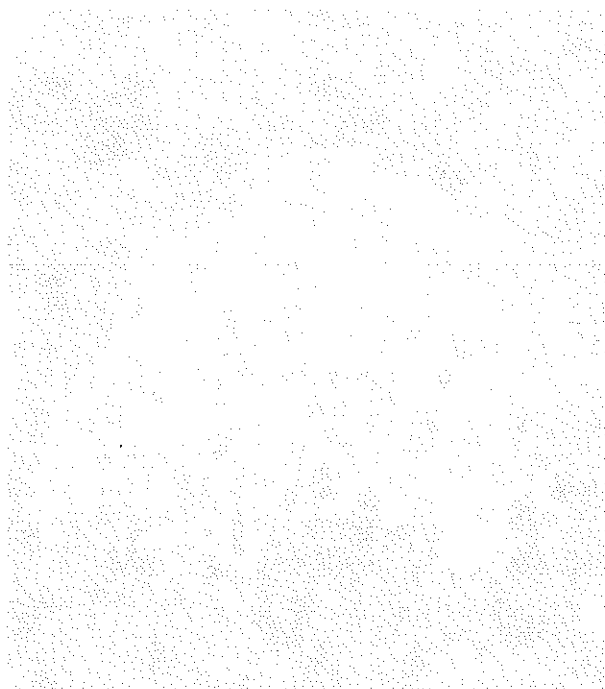
WX

YZ

- antennes : présentent une massue de 3 articles allongés ;
- corselet (sorte de capuchon qui recouvre la tête) de forme triangulaire, arrondi aux angles ;
- élytres (ailes antérieures coriaces) : non striés.

• Larve :

- longueur : 6 à 11 mm ;
- couleur : blanc laiteux ;
- forme : arquée ; pilosité abondante : soies jaunes dressées ;
- 2 mandibules ;
- 3 paires de pattes.





Diagnostic

STRUCTURE BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : la Grosse Vrillette

AGENT BIOLOGIQUE

Grosse Vrillette : *Xestobium rufovillosum* (de Geer).

Ordre : Coléoptères.

Famille : Anobiidae.

BOIS DÉGRADÉS

La Grosse Vrillette dégrade à la fois les bois feuillus et résineux ; les essences tropicales semblent épargnées. Quand la source d'humidité subsiste, le duramen d'essences durables comme le chêne peut être dégradé.

Les attaques se rencontrent dans des lieux mal ventilés, sur des bois soumis à une humidification anormale entraînant le développement fongique (cas des solivages humidifiés, enfermés entre le plafond de l'étage inférieur et le parquet supérieur, encastrement, etc.).

CYCLE ÉVOLUTIF ET CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Apparition des adultes

Celle-ci a lieu en avril et mai. Pendant cette période, les insectes adultes font entendre un bruit sec, régulier et périodique pour se localiser, ce bruit est à l'origine du surnom donné à cet insecte : « Horloge de la mort ». Ils vivent environ 9 semaines.

Ponte

La femelle pond en moyenne 100 œufs dans les fentes ou rugosités de la surface du bois au préalable dégradé par un champignon lignivore ou sur la paroi des anciennes galeries. L'éclosion des larves a lieu au bout de 5 semaines.

Développement larvaire dans le bois

La durée est fonction de l'intensité de l'attaque fongique qui altère la consistance du bois plus facile à creuser et, de plus, enrichi en azote indispensable pour la croissance de la larve.

Les aubiers, les bois parfaits non duraminisés sont attaqués, mais également les duramens.

Le taux d'humidité optimal du bois est celui propice au développement du champignon, donc toujours supérieur à 22 %. La température optimale de développement est comprise entre 22 et 25 °C.

Durée de la nymphose

2 à 3 semaines.

Durée totale du cycle évolutif

Entre 3 et 10 ans ; le développement est d'autant plus rapide que l'attaque fongique est importante.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

- Les cas d'attaque sont de plus en plus fréquents en raison des nombreuses opérations de réhabilitation ; les dégâts sont rencontrés dans des bois mal ventilés, anormalement humides : pans de bois revêtus, au siècle dernier, d'un crépi ou d'une couche de plâtre devenue perméable ; fuites d'eau sur solivages à l'aplomb de sanitaires ou de cuisines, etc.

RÉPARTITION

Europe, Afrique du Nord, Amérique du Nord.



STRUCTURE BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : la Grosse Vrillette

TRAITEMENT PRÉVENTIF CHIMIQUE AVANT MISE EN ŒUVRE

Traitement de surface (CTB B+) de type classe 2 avec un produit de préservation en solvant organique ou en émulsion, adapté à l'agent biologique et présentant une efficacité prouvée par des tests normalisés appropriés (CTB P+).

Remarque

La pérennité de l'efficacité de ce traitement n'est assurée que si les bois ne subissent pas une humidification anormale entraînant l'apparition du champignon lignivore permettant à l'insecte de se développer ensuite dans le bois. Si l'on craint une exposition à l'humidité, prévoir un traitement de classe 4 (CTB B+).

TRAITEMENT PRÉVENTIF CHIMIQUE APRÈS MISE EN ŒUVRE

- Vérification par un sondage qu'il n'y a aucune trace d'attaque, même localisée.
- Traitement en profondeur dans les encastrement et les pièces au contact de la maçonnerie.
- Après dépoussiérage et décapage des finitions, pratiquer une double application de surface du produit à raison de 200 à 250 g/m².

TRAITEMENT CURATIF PHYSIQUE

La première mesure à prendre consiste à supprimer l'humidité pour éviter le développement du champignon lignivore.

Met en œuvre des procédés qui n'ont qu'une efficacité curative n'empêchant pas le retour de l'insecte, donc limitée. Ils nécessitent souvent un équipement spécialisé et peuvent présenter des risques. Les deux principaux sont les suivants.

Traitement par la chaleur

- Application de vapeur d'eau à 100 °C à partir de chaudières mobiles dans des greniers rendus étanches.
- Maintien d'une température de 80 °C au cœur du bois pendant le temps nécessaire en fonction de l'épaisseur de la pièce de bois.

Traitement aux micro-ondes

- Procédé également fondé sur l'action de la chaleur, la montée thermique rapide détruit les larves sans provoquer un échauffement du bois dommageable.
- Procédé nocif pour l'homme car les protections sont difficiles à mettre en place.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

TRAITEMENT CURATIF CHIMIQUE

La première mesure à prendre consiste à supprimer l'humidité pour éviter le développement du champignon lignivore.

Brouillards insecticides

Ils consistent en une vaporisation de particules insecticides à l'intérieur d'un lieu clos.

L'action au niveau des adultes au moment de leur envol est efficace quand l'essaimage se produit dans un laps de temps réduit ; les insectes à l'intérieur des pièces de bois ne sont pas atteints et l'éradication est souvent incomplète.

Fumigation

Action de gaz toxiques (acide cyanhydrique, phosphine, bromure de méthyle, etc.) en atmosphère saturée sur les bois infestés dans des enceintes hermétiquement closes.

Les insectes à tous les stades de développement, même en profondeur dans le bois, sont atteints par inhalation du gaz toxique.

Ce procédé est très efficace mais limité, car il est interdit dans les locaux d'habitation. Sa mise en œuvre est dangereuse et il n'y a pas d'efficacité préventive.

Application d'un produit de préservation

Technique à la fois curative et préventive ; elle élimine en surface et en profondeur la totalité des larves et crée une barrière protectrice évitant toute nouvelle infestation. Traitement conféré de classes 1 et 2.

Sondage systématique

Détermination des zones contaminées au moyen d'un instrument approprié (poinçon, hachette) et des éléments à remplacer.

Bûchage

Élimination des zones vermoulues au moyen d'une hachette pour mettre à nu les bois encore résistants ; permet de déterminer les éléments à renforcer et de faciliter la pénétration du produit.

Brossage et dépoussiérage

Élimination de la vermoulure dans les galeries mises à nu par le bûchage pour éviter une absorption inutile de produit.

Traitement en profondeur

L'injection de produit dans des trous percés dans le bois se fait par remplissages répétés ou par application en une seule fois à basse pression avec un injecteur. L'application doit se faire sur tous les éléments attaqués ou non, de section d'épaisseur > 50 mm et un demi-périmètre > 170 mm. Pour des bois ronds, injection nécessaire pour des diamètres > 100 mm. Les puits doivent être forés aux 2/3 de l'épaisseur du bois et disposés en quinconce sur le parement ou en ligne sur le chant ; pratiquer 3 injections par mètre. Pour les pièces de forte section, percements en quinconce sur les 2 parements.

Les bois fissurés doivent être injectés en ligne de part et d'autre des fentes.

Introduction en moyenne de 60 g de produit par mètre linéaire.

Application de surface

Obligatoire dans tous les cas, elle s'effectue en 2 applications sur des surfaces propres, décapées de leur finition, à raison de 250 à 300 g/m². Pour des faibles épaisseurs (voliges), application sur une seule face.

Pour les parquets, l'application abondante de surface doit être effectuée à la fois sur les parements et les contre-parements.

Produits de préservation utilisés

En solvant organique ou en émulsion, ils doivent être adaptés à l'agent biologique et présenter une efficacité curative prouvée par un essai de laboratoire normalisé approprié (CTB P+).

Ces produits sont rémanents pendant de nombreuses années et prémunissent le bois contre une infestation ultérieure.

Remarque

Il est vivement recommandé de faire appel à une entreprise spécialisée travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB A+).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme Certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France, le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité.

Atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir sa performance.

- Certification de services : marque CTB A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation.

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.

• NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.

• NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.

• NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.

• NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation - Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.

• DTU 31.1 : Charpentes et escaliers en bois, 1983.

Ce document est antérieur à la parution des normes européennes et ne fait pas état de la classification des emplois du bois par classe de risque biologique. Il recommande le traitement des essences à bois parfait duraminisé si le taux d'aubier est $> 10 \%$.

Remarque

Cette tolérance est dangereuse car l'aubier même en faible proportion peut être à l'origine d'une attaque de champignon ou d'insecte pouvant s'étendre.

• DTU 31.2 : Construction de maisons et bâtiments à ossature bois, 1989.

Remarque

Ce texte, s'appuyant sur les classes de risque, est globalement en cohérence avec les principes de la préservation actuelle.

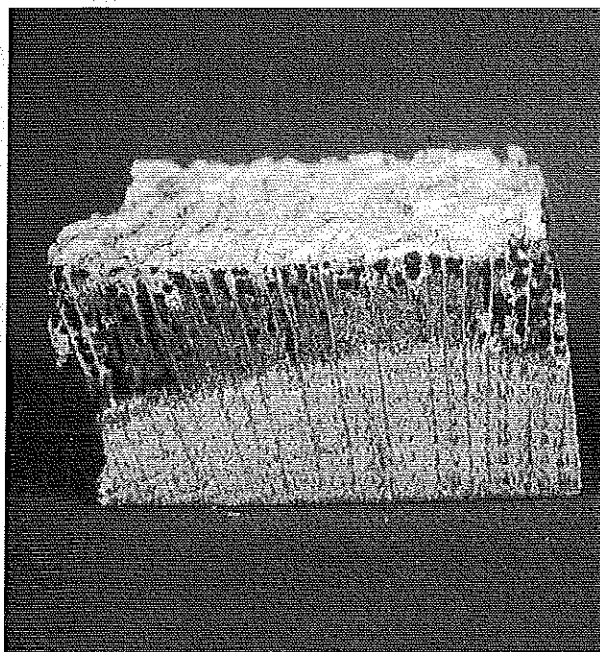


STRUCTURE BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : la Petite Vrillette

Aspect du bois dégradé

- Insecte repérable seulement après la sortie de la première génération.
- Trous de sortie des insectes adultes arrondis et petits : 1 à 3 mm.
- Galeries creusées par les larves de même diamètre que les orifices d'envol, orientées dans le sens du fil du bois et communiquant souvent entre elles.
- Apparition fréquente en surface de petits amas ou coulures de vermoulure (déjections).
- Vermoulure finement granuleuse.



Élément de chêne attaqué par la Petite Vrillette : seul l'aubier est dégradé, duramen intact. © CTBA

Morphologie de l'insecte

- Adulte :
 - longueur : 2,5 à 5 mm ;
 - couleur : brun plus ou moins foncé ;
 - antennes : présentent une massue de 3 articles allongés ;
 - élytres (ailes antérieures coriaces) : régulièrement striés ;
 - corselet (sorte de capuchon qui recouvre la tête) plus étroit que les élytres.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

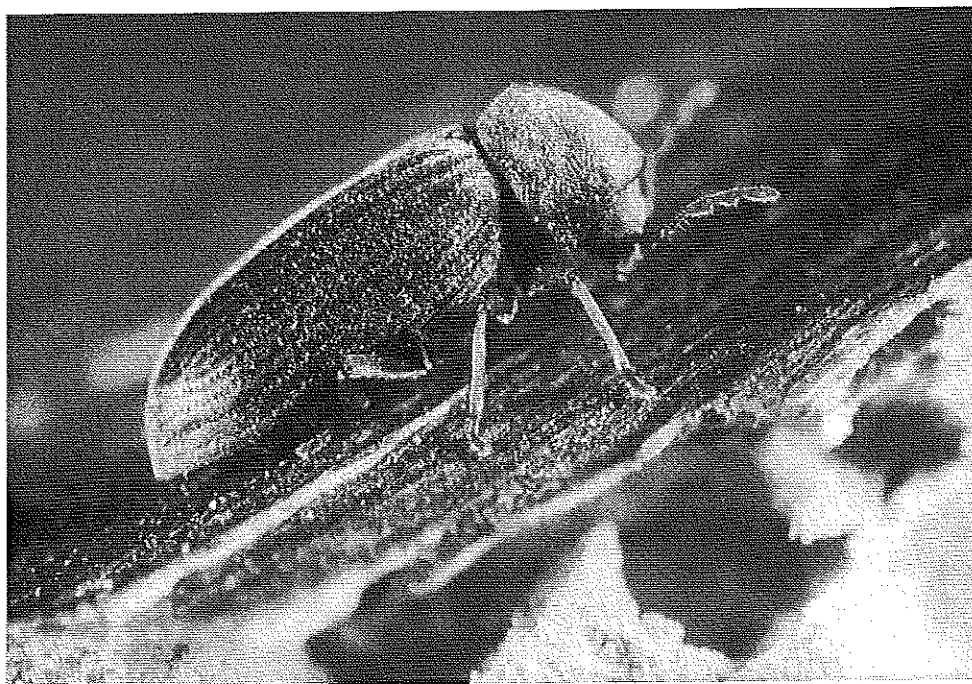
UV

WX

YZ

• Larve :

- longueur : 5 à 7 mm ;
- couleur : blanche, fine pilosité blonde ;
- forme : arquée ;
- 2 mandibules ;
- 3 paires de pattes



Petite Vrillette adulte ; le capuchon recouvre la tête. © CTBA



STRUCTURE BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : la Petite Vrillette

AGENT BIOLOGIQUE

Petite Vrillette : *Anobium punctatum* de Geer.

Ordre : Coléoptères.

Famille : *Anobiidae*.

BOIS DÉGRADÉS

Les dégradations provoquées par la Petite Vrillette concernent les bois mis en œuvre ou meubles dits anciens, objets d'art.

La larve attaque à la fois les essences feuillues et résineuses métropolitaines. Les essences tropicales semblent résister.

Dégradation de l'aubier et du bois parfait non duraminisé ; attaque totale, duramen compris lorsqu'il y a dégradation fongique préalable.

CYCLE ÉVOLUTIF ET CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT

Apparition des adultes

De mai à septembre, avec émergences plus nombreuses en juin et juillet. Ils se déplacent en marchant quand la température est trop basse, et volent à partir de 17 °C. Les adultes qui vivent entre 3 et 4 semaines ne font aucun dégât, ne se nourrissent pas, se reproduisent seulement.

Ponte

Le femelle pond en moyenne 20 à 30 œufs qu'elle dépose sur une surface rugueuse du bois, les parties non cirées des meubles, des fentes ou même d'anciennes galeries ; éclosion des larves au bout de 5 semaines.

Développement larvaire dans le bois

La durée du stade larvaire est de 2 à 4 ans, mais elle varie en fonction :

- d'une éventuelle attaque préalable de champignon qui favorise le développement ;
- de l'humidité du bois : optimale à 30 % ;
- de la température : optimale à 22 °C ; le développement peut se faire entre 12 et 29 °C pour les jeunes larves et 17 et 27 °C pour les larves plus âgées.

Durée de la nymphose (stade de repos avant l'état adulte)

2 semaines dans une loge près de la surface du bois.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Durée totale du cycle évolutif

De 1 à 4 ans selon les conditions environnantes ; raccourcie par une attaque fongique préalable.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Insecte très souvent rencontré dans les charpentes et les planchers. Sa présence dans un grenier signifie à plus ou moins long terme une infestation des meubles en bois massif dans les étages inférieurs. Les dégâts occasionnés aux meubles dits anciens, leur confèrent souvent à tort un signe d'authenticité. Il occasionne de gros dégâts également aux œuvres d'art entreposées dans des locaux humides et difficiles à chauffer comme les édifices religieux ou les châteaux.

RÉPARTITION

Se développe dans les zones à climat tempéré :

- Europe, Est des États-Unis, Afrique du Sud, Nouvelle-Zélande ;
- en France, est fréquemment rencontré dans les régions de l'Ouest ou du Sud-Ouest, en bordure du littoral.



STRUCTURE BOIS

Dégradation par un insecte à larve xylophage : la Petite Vrille

MESURES PRÉVENTIVES AVANT MISE EN ŒUVRE

Traitement préventif chimique de classe 2

Traitement de surface (CTB B+) avec un produit de préservation adapté à l'agent biologique et présentant une efficacité prouvée par des tests normalisés appropriés, en solvant organique ou en émulsion (CTB P+).

Durabilité naturelle

Utiliser des essences à bois parfait duraminisé et purgées d'aubier.

TRAITEMENT PRÉVENTIF CHIMIQUE APRÈS MISE EN ŒUVRE

- Vérification par un sondage qu'il n'y a aucune trace d'attaque, même localisée.
- Traitement en profondeur dans les encastrement et les pièces au contact de la maçonnerie.
- Après dépoussiérage et décapage des finitions, pratiquer une double application de surface du produit à raison de 200 à 250 g/m².

TRAITEMENT CURATIF PHYSIQUE

Utiliser des procédés qui n'ont qu'une efficacité curative n'empêchant pas le retour de l'insecte, efficacité limitée. Ils nécessitent souvent un équipement spécialisé et peuvent présenter des risques. Les deux principaux sont les suivants.

Traitement par la chaleur

- Application de vapeur d'eau à 100 °C à partir de chaudières mobiles dans des greniers rendus étanches.
- Maintien d'une température de 80 °C au cœur du bois pendant le temps nécessaire en fonction de l'épaisseur.

Traitement aux micro-ondes

- Procédé également fondé sur l'action de la chaleur, la montée thermique rapide détruit les larves sans provoquer un échauffement du bois dommageable.
- Procédé nocif pour l'homme car les protections sont difficiles à mettre en place.

TRAITEMENT CURATIF CHIMIQUE

Brouillards insecticides

Ils consistent en une vaporisation de particules insecticides à l'intérieur d'un lieu clos.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

L'action au niveau des adultes au moment de leur envol est efficace quand l'essaimage se produit dans un laps de temps réduit ; les insectes à l'intérieur des pièces de bois ne sont pas atteints et l'éradication est souvent incomplète.

Fumigation

Action de gaz toxiques (acide cyanhydrique, phosphine, bromure de méthyle, etc.) en atmosphère saturée sur les bois infestés dans des enceintes hermétiquement closes.

Les insectes à tous les stades de développement, même en profondeur dans le bois sont atteints par inhalation du gaz toxique.

Ce procédé est très efficace, mais limité, car interdit dans les locaux d'habitation. La mise en œuvre est dangereuse et il n'y a pas d'efficacité préventive.

Application d'un produit de préservation

Technique à la fois curative et préventive ; elle élimine en surface et en profondeur la totalité des larves et crée une barrière protectrice évitant toute nouvelle infestation. Le traitement confère au bois une durabilité de classes 1 et 2. Déroulement du processus en 5 phases.

Sondage systématique

Détermination des zones contaminées au moyen d'un instrument approprié (poinçon, hachette) et des éléments à remplacer.

Bûchage

Élimination des zones vermoulues au moyen d'une hachette pour mettre à nu les bois encore résistants ; permet de déterminer les éléments à renforcer et de faciliter la pénétration du produit.

Brossage et dépoussiérage

Élimination de la vermoulure dans les galeries mises à nu par le bûchage pour éviter une absorption inutile de produit.

Traitement en profondeur

L'injection de produit dans des trous percés dans le bois se fait par remplissages répétés de produit ou par application en une seule fois à basse pression avec des injecteurs.

L'application doit se faire sur tous les éléments attaqués ou non, de section d'épaisseur > 50 mm et un demi-périmètre > 170 mm. Pour des bois ronds, injection nécessaire pour des diamètres > 100 mm. Les puits doivent être forés aux 2/3 de l'épaisseur du bois et disposés en quinconce sur le parement ou en ligne sur le chant, pratiquer 3 injections par mètre. Pour les pièces de forte section, les bois doivent être percés en quinconce sur les 2 parements.

Les bois fissurés doivent être injectés en ligne de part et d'autre des fentes.

Introduction en moyenne de 60 g de produit par mètre linéaire.

Application de surface

Obligatoire dans tous les cas, elle s'effectue en 2 applications sur des surfaces propres, décapées de leur finition, à raison de 250 à 300 g/m². Pour des faibles épaisseurs (voliges), application sur une seule face.

Pour les parquets, l'application abondante de surface doit être effectuée à la fois sur les parements et les contre-parements.

Produits de préservation utilisés

Ils doivent être adaptés à l'agent biologique et présenter une efficacité curative prouvée par un essai de laboratoire normalisé approprié, en solvant organique ou en émulsion (CTB P+).

Ces produits sont rémanents pendant de nombreuses années et prémunissent le bois contre une infestation ultérieure.

Remarque

Il est vivement recommandé de faire appel à une entreprise spécialisée travaillant selon des prescriptions techniques précises (CTB A+).

CAS PARTICULIER DU TRAITEMENT CURATIF DES MEUBLES

Les meubles cirés doivent être décapés avec un solvant avant l'application par badigeonnage sur chaque face de 2 couches au minimum, soit 250 g/m² du produit de préservation. Des injections sont effectuées dans les pièces de forte épaisseur par les anciens trous de sortie des adultes.

Le traitement de meubles présentant des finitions particulières nécessite certaines précautions ; il doit alors être pratiqué à l'intérieur du meuble après quelques essais localisés pour vérifier que la finition n'est pas altérée par le produit de préservation.

Se conformer strictement aux prescriptions d'emploi du fabricant pour la manipulation du produit, procéder si possible en plein air, porter un masque et des gants. Ne pas appliquer sur des meubles à usage alimentaire ou sur des lits d'enfants.

Utiliser un produit de préservation en solvant organique ou en émulsion de classe 1 (CTB P+).

CERTIFICATION DE QUALITÉ

Atteste que le produit certifié (ou le service) est conforme à des spécifications techniques précises ; elle atteste également qu'il fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur ; en France, le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) est organisme certificateur depuis 1980.

- Certification des produits de préservation : marque de qualité CTB P+

S'appuie sur la norme européenne NF EN 599 comme référentiel de conformité. Elle atteste leur efficacité et leur sûreté vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.

- Certification du bois traité : marque de qualité CTB B+

Définit l'aptitude du bois à son emploi final (classes de risque) par des procédés de traitement appropriés permettant d'obtenir la performance.

- Certification de services : marque CTB A+

Qualification des entreprises de traitements curatifs qui mettent en pratique les spécifications établies par le CTBA et des professionnels de la préservation.

NORMES EUROPÉENNES ET DTU

- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : Généralités, 1992 ; Partie 2 : Application au bois massif, 1992 ; Partie 3 : Application aux panneaux à base de bois, 1994.
- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : Guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois, 1994 ; Partie 2 : Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe, 1994.
- NF EN 351 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : Classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation, 1995 ; Partie 2 : Guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation, 1995.
- NF EN 599 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Performances des produits de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 1 : Spécifications par classe de risque, 1996 ; Partie 2 : Classification et étiquetage, 1995.
- NF B 50-105.3 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produits de préservation. Partie 3 : Performances pour la préservation des bois adaptés à la France métropolitaine et attestation de traitement, 1998.
- DTU 31.1 : Charpentes et escaliers en bois, 1983.

Ce document est antérieur à la parution des normes européennes et ne fait pas état de la classification des emplois du bois par classe de risque biologique. Il recommande le traitement des essences à bois parfait duraminisé si le taux d'aubier est $> 10\%$.

Remarque

Cette tolérance est dangereuse car l'aubier même en faible proportion peut être à l'origine d'une attaque de champignon ou d'insecte pouvant s'étendre.

- DTU 31.2 : Construction de maisons et bâtiments à ossature bois, 1989.

Remarque

Ce texte, s'appuyant sur les classes de risque, est globalement en cohérence avec les principes de la préservation actuelle.



STRUCTURES BOIS

Pathologie sommaire - Bois lamellé-collé

PATHOLOGIE GÉNÉRALE

Les structures en bois lamellé collé constituent une technologie déjà ancienne généralement bien maîtrisée.

Toutefois, probablement du fait de l'évolution des techniques, de l'inexpérience ou du manque ou insuffisance de qualification des entreprises (ou autres intervenants), une pathologie particulière à ce type de structure s'est développée au cours de ces dernières années, d'après une étude SYCODES portant sur une période de 15 ans environ.

TYPES DE DÉSORDRES

- Phénomènes de rupture :
 - effondrement complet ;
 - rupture d'un élément (panne de toiture).
- Déformations verticales, principalement dues à des flèches exagérées sous charges.
- Déformations horizontales :
 - d'origine physique (tuilage, vrillement) ;
 - manifestations d'instabilité mécanique (flambement, déversement).
- Fissurations dues à des contraintes d'origine mécanique ou physique (fendage du bois, décollements, etc.).
- Désordres associés (ouvrages de plasseurs, plafonds, couvertures).

ORIGINE DES DÉSORDRES

Les domaines de responsabilité à retenir visent :

- la conception des ouvrages pouvant remonter au maître d'ouvrage par une description insuffisante des besoins ou des conditions d'exploitation. La conception intervient aussi au niveau des calculs, choix techniques et hypothèses de fonctionnement ;
- la fabrication comprenant :
 - la qualité des bois,
 - la qualité du collage,
 - l'exécution (tolérances dimensionnelles, qualité des usinages, en particulier des assemblages) ;
- la pose ou mise en œuvre des éléments préparés en atelier :
 - organisation du chantier,
 - phases provisoires (contreventement, assemblage, etc.) ;
 - l'exploitation : charges appliquées non conformes au programme initial.

STATISTIQUES SOMMAIRES

Une pathologie sommaire de ce type de structure relève que :

- 25 % de sinistres (un sur quatre) sont des ruptures ;
- 40 % sont des déformations (verticales pour les trois-quarts) ;
- 33 % sont des fissurations.

La conception est à l'origine d'un sinistre sur deux environ.

Ce rapport est du même ordre pour les ruptures et les déformations, vient ensuite le collage.

ANALYSE DES SINISTRES

Les altérations biologiques (par insectes ou champignons) n'apparaissent pas dans l'étude, du fait que le délai d'apparition de ce type de désordre se situe entre sept et quinze ans.

1. Pathologies avec ruptures

- Défauts d'assemblages :
 - rupture d'organes métalliques résultant de sous-dimensionnement par absence ou erreur de calcul ;
 - rupture à l'appui d'une pièce de bois par effet d'entaille (défaut de conception) ;
 - rupture en phase chantier (montage, instabilité au vent) ;
 - affaissement partiel sous charge de neige avant achèvement ;
 - défaillances sous phénomènes d'accumulation d'eau, (même phénomène avec les charpentes métalliques), cause qui devrait disparaître avec le nouveau DTU 43.3.

Ce phénomène est lié à l'insuffisance du débit des dispositions d'évacuation des eaux pluviales avec charge anormale et déformations (poutres sous charge d'eau).

- Traction radiale induite en zone courbe. Cette pathologie peut affecter les zones courbes soumises à un moment de flexion tendant à augmenter le rayon de courbure, mais :
 - les règles CBZ1 ne prévoient pas de spécification relative à cette vérification ;
 - il n'y a pas de préconisation dans ces règles de contraintes admissibles très élevées pour les colles ;
- Rupture d'un élément en phase chantier par traction et cisaillement.

2. Pathologies sans ruptures

- Flambement : moises mal solidarisées et cas de structure tridimensionnelle complexe.
- Déformation exagérée d'arcs par retrait en zone courbe.

C'est un problème d'origine physique prévisible au niveau des taux d'humidité des bois en phase de collage et en phase définitive d'utilisation.

- Déformations hygrométriques dues à des gradients d'humidité provenant des différences d'exposition plus ou moins aggravées par des maladresses de conception.
- Déformations par sous-dimensionnement (défaut d'étude et de compétence au niveau de la conception).
- Fissurations et déformations de couronnes d'assemblages de portiques. Deux causes de problèmes sont à distinguer :
 - retrait transversal mutuellement contrarié entre les moises de poteaux et la traverse, générateur de fissures lié à l'écart d'humidité entre fabrication et stabilisation finale ;
 - qualité d'assemblage réalisé faisant intervenir la rigidité de l'ouvrage (perçages imprécis, sur-alésés ou altérés).
- Fissurations du bois lamellé :
 - délamination de pièces de charpentes intérieures (défauts de collage) ;
 - délamination de bois lamellés collés en extérieur et traités (deux cas sur trois) en préservation par injection ;
 - sollicitations mécaniques parasites (retrait contrarié dans une ferrure d'assemblage de grande dimension).

RÉSUMÉ (PATHOLOGIE PRÉVENTIVE)

- Maîtriser l'humidité du matériau entre la fabrication et la stabilisation et tenir compte du retrait vis-à-vis des déformations de pièces et grands assemblages.
- Contrôler et maîtriser le collage.
- Traiter le problème de l'accumulation de l'eau en toiture au niveau de la conception (dispositifs d'évacuation).
- Tenir compte des lacunes des règlements (ruptures par traction radiale, par exemple).

1. Les défauts de fabrication sont ceux qui résultent de la mauvaise exécution des opérations de fabrication.

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

2. Les défauts de fabrication sont ceux qui résultent de la mauvaise exécution des opérations de fabrication.

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

3. Les défauts de fabrication sont ceux qui résultent de la mauvaise exécution des opérations de fabrication.

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)

(Cela inclut les défauts de fabrication.)



Question/Réponse

STRUCTURES EN BÉTON

Utilisation de béton prêt à l'emploi

QUESTION

Comment peut-on vérifier le volume d'un béton prêt à l'emploi livré sur chantier ?

RÉPONSE

Position du problème

La question posée correspond à la constatation faite sur chantier : le volume livré correspond au volume des coffrages à remplir ? La mise en œuvre du béton (serrage, vibration) est-elle la cause de ce fait.

Le serrage du béton entraîne, par définition, une diminution du volume apparent. Cette diminution résulte de l'expulsion de l'air introduit à la fabrication et de l'excès d'eau. La mise en œuvre faisant intervenir un simple piquage n'a pas les mêmes effets qu'une vibration intense (15 à 20 % dans le 1^{er} cas contre 2 à 3 % pour un serrage énergétique).

La norme NF P 18-305 définit le volume unitaire des transactions entre les centrales de « béton prêt à l'emploi » et les entreprises utilisatrices : ce volume est le mètre cube compacté à refus.

En d'autres termes, le béton livré par la centrale doit correspondre au volume défini par les coffrages, quels que soient les moyens de serrage utilisés et en particulier les plus efficaces. Différents facteurs interviennent dans le calcul de ce volume :

- la précision du calcul ;
- les tolérances sur les cotes d'exécution des coffrages ;
- l'étanchéité des coffrages ;
- la mise en place de tout le béton livré ;
- la prise en compte des pertes, etc.

En principe, le volume livré doit être surabondant car sur aucun chantier le béton n'est « compacté à refus ». La question pratique qui se pose à l'entreprise est :

« Comment établir la quantité à commander et comment vérifier la quantité livrée ? »

Il faut considérer également que les capacités des limites mobiles livrant le béton prêt à l'emploi ne permettent généralement pas de correspondre exactement au volume demandé.

La correspondance entre le m³ de béton compacté à refus et le m³ de béton mis en œuvre ne peut être établi que par essai préalable sur un volume unitaire ou directement sur chantier dès les premières livraisons sur un volume bien défini.

Le contrôle à la livraison ne peut se faire que sur la masse volumique déterminée à l'avance par le producteur sur un béton compacté à refus (cf. norme). Cette masse volumique devient alors contractuelle et le bon de livraison de limite mobile doit en faire mention, ce qui permet de vérifier le volume correspondant.

À noter que les centrales de béton prêt à l'emploi doivent être titulaires de la marque NF et qu'elles assurent normalement par une assurance de qualité, la sécurité et la régularité dans les livraisons.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

1. Les structures en béton sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

2. Les structures en béton armé

Les structures en béton armé sont des structures dans lesquelles le béton est renforcé par des armatures en acier. Elles sont utilisées pour les ponts, les bâtiments, les barrages, etc.



Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé

Les structures en béton armé

Les structures en béton armé sont des structures dans lesquelles le béton est renforcé par des armatures en acier. Elles sont utilisées pour les ponts, les bâtiments, les barrages, etc.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé

Les structures en béton armé

Les structures en béton armé

Les structures en béton armé

Les structures en béton armé

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.

Les structures en béton armé sont classées en deux catégories : les structures en béton armé et les structures en béton précontraint.



Question/Réponse

STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

Épaisseur minimale de voiles porteurs en béton banché

QUESTION

Quelle est l'épaisseur minimale à prévoir pour des voiles porteurs en béton banché ?

RÉPONSE

Position du problème

On doit distinguer :

- les voiles extérieurs (murs pignons, façades) ;
- les voiles intérieurs.
- Voiles extérieurs

Le texte codifié correspondant est le DTU 23.1 « Murs en béton banché » qui mentionne : « l'épaisseur minimale des murs dont les caractéristiques de résistance à la pénétration de l'eau de pluie peuvent être affectées par la fissuration du béton égale à 0,15 m dans les pentes courantes ».

Cette prescription ne prend en compte que la résistance à la pénétration de l'eau de pluie.

Les considérations de résistance mécanique sous sollicitations (charges, effet du vent) peuvent conduire à des épaisseurs plus importantes et à une armature déterminée en fonction des sollicitations (règles BAEL).

L'armature minimale antifissuration est une armature dite généralement « en panneaux de treillis soudés » et doit être correctement enrobée.

La seule dérogation à la règle d'épaisseur minimale imposée par la considération de la résistance à la pénétration de l'eau de pluie correspond à la conception d'un mur (pignon par exemple) de type IV pour lequel la fonction « étanchéité à l'eau de pluie » est reportée sur un ouvrage rapporté (bardage par petits éléments).

Dans ce cas, compte tenu des considérations de résistance mécanique, de sujétions d'exécution (enrobage des armatures, etc.) l'épaisseur minimale ne doit pas être inférieure à 0,12 m. D'autre part, les dispositions qui précèdent correspondent à des voiles de hauteur d'étage courante. Pour des hauteurs plus importantes, l'élancement (rapport hauteur/épaisseur) intervient dans les considérations de résistance mécanique (flambement).

- Voiles intérieurs

Le DTU 23.1 ne définit pas l'épaisseur minimale des voiles intérieurs.

Seul l'article 4.12 fixe des prescriptions relatives aux armatures.

En particulier, ces voiles étant généralement percés par des ouvertures (portes, baies libres) des dispositions de renfort sont données pour les armatures. Les voiles intérieurs pleins sont ceux qui correspondent aux joints de structure. L'épaisseur minimale de ces voiles n'est pas donnée.

En conséquence, seule la considération de résistance mécanique doit intervenir ainsi que celle relative à l'exécution pour assurer un bon enrobage des armatures. Pratiquement, l'épaisseur de ces voiles ne doit pas être inférieure à 0,12 m.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le questionnaire est à remplir par le maître d'ouvrage ou son représentant.

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE



STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

Ouvrages avec porte-à-faux ¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Un bâtiment à usage d'habitation comporte un ensemble de logements individuels comprenant des locaux à rez-de-chaussée avec un étage présentant des surplombs de façade et une partie en comble (pointes de pignons) (cf. photo 1).

La maçonnerie est réalisée à l'aide de blocs manufacturés en béton. Le plancher haut de rez-de-chaussée est constitué de poutrelles préfabriquées en béton armé précontraint et d'entrevous béton avec une dalle de répartition coulée sur place.

Ce plancher repose sur des refends transversaux porteurs en travées continues (cf. photo 2).

Il présente des porte-à-faux (décrochements de façade rez-de-chaussée/étage) dans le sens perpendiculaire aux façades (cf. Fig. 1).

Les éléments porteurs en débord (consoles) supportent les charges transmises par les murs d'étage ainsi que la toiture (zone d'égout).

Les éléments porteurs sont constitués par des bandes pleines ou poutres plates noyées dans l'épaisseur du plancher (cf. photo 3).

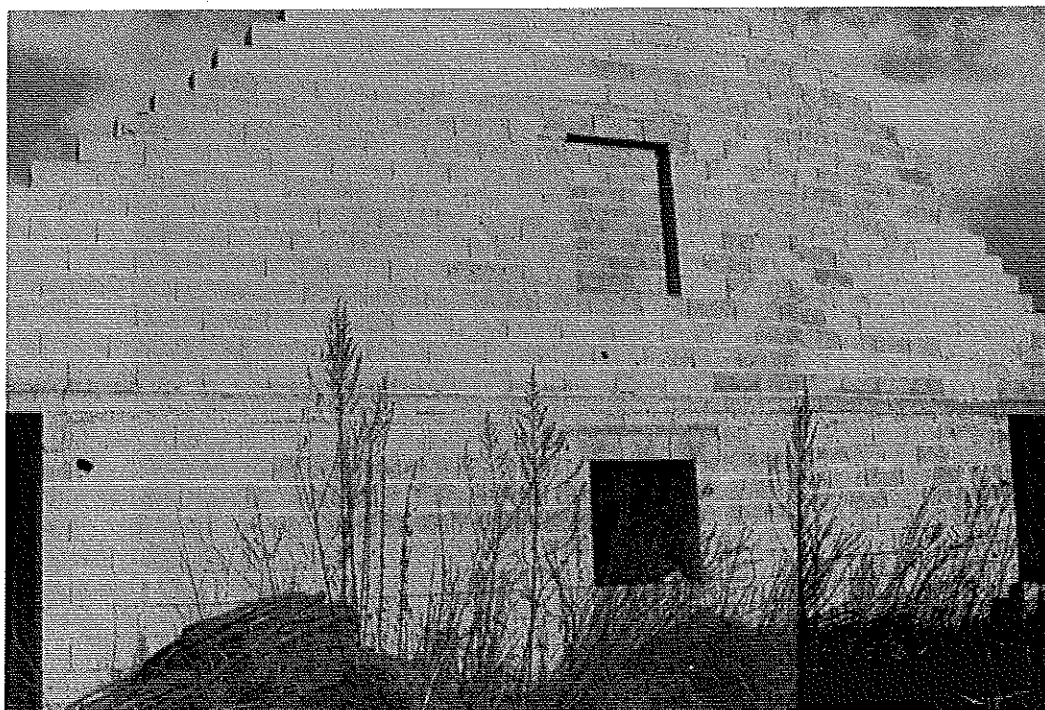


Photo 1 : Vue d'ensemble d'un pignon. © J. Putatti

¹⁾ Cas d'expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

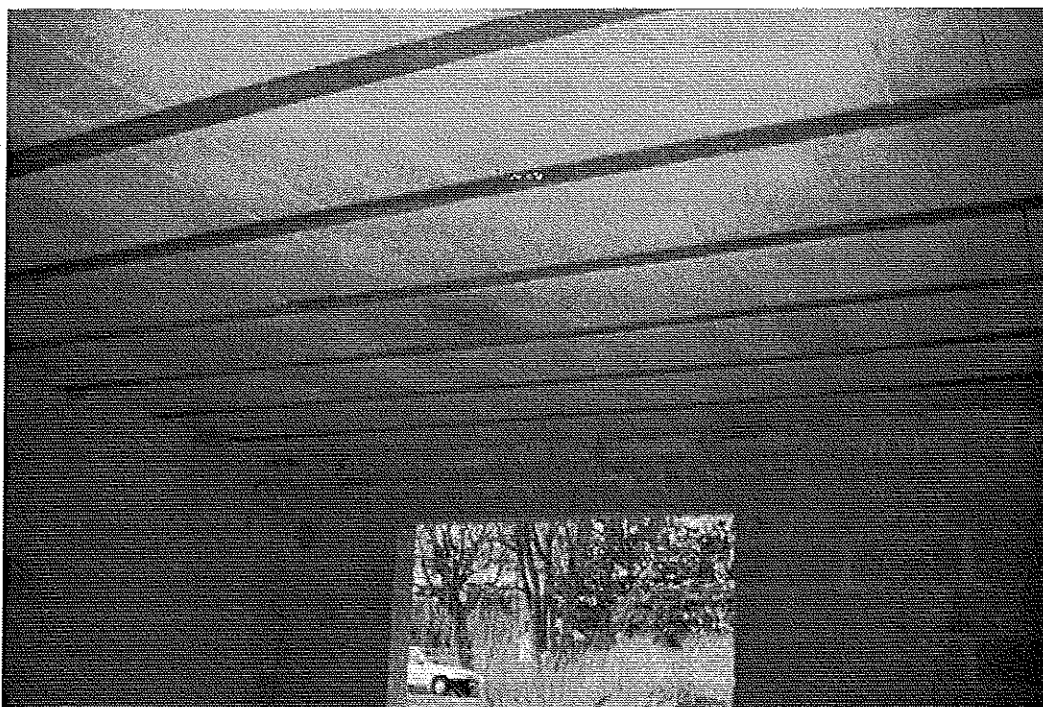


Photo 2 : Plancher haut du rez-de-chaussée, travée courante entre refends transversaux porteurs.
© J. Putatti

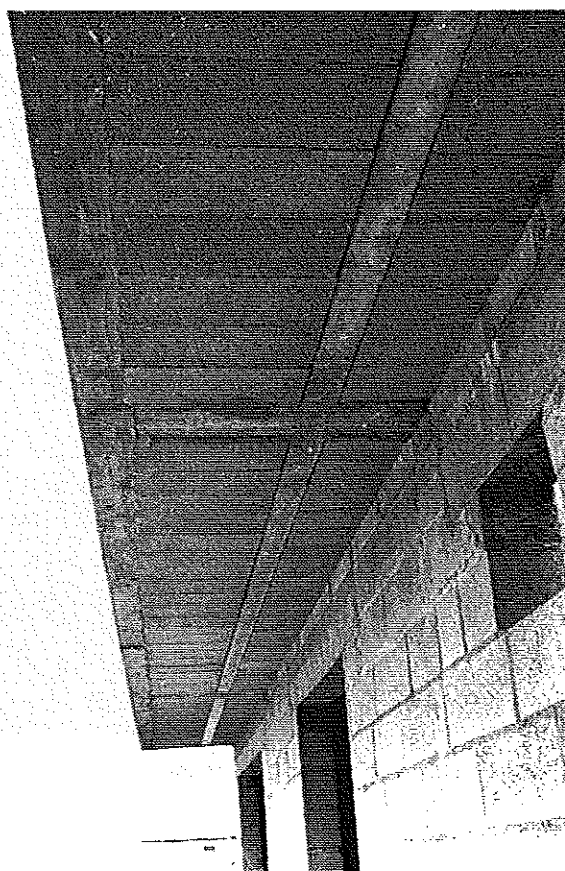


Photo 3 : Débord de l'étage. Détail sous-face du plancher. Noter la bande pleine console perpendiculaire à la façade ainsi que la poutrelle préfabriquée et la poutre de rive parallèles à la façade. © J. Putatti

- ① Zone intérieure (locaux)
- ② Porte-à-faux extérieurs
- ③ Pignon porteur
- ④⑤ Refends transversaux porteurs
- ⑥ Plancher préfabriqué poutrelles porteuses
- ⑦ Sens de portée du plancher (zone 1)
- ⑦' Sens de portée du plancher (débords zone 2)
- ⑧ Bandes pleines noyées dans l'épaisseur du plancher (consoles)
- ⑨ Poutre bordure façade 1^{er} étage (noyée dans l'épaisseur du plancher)

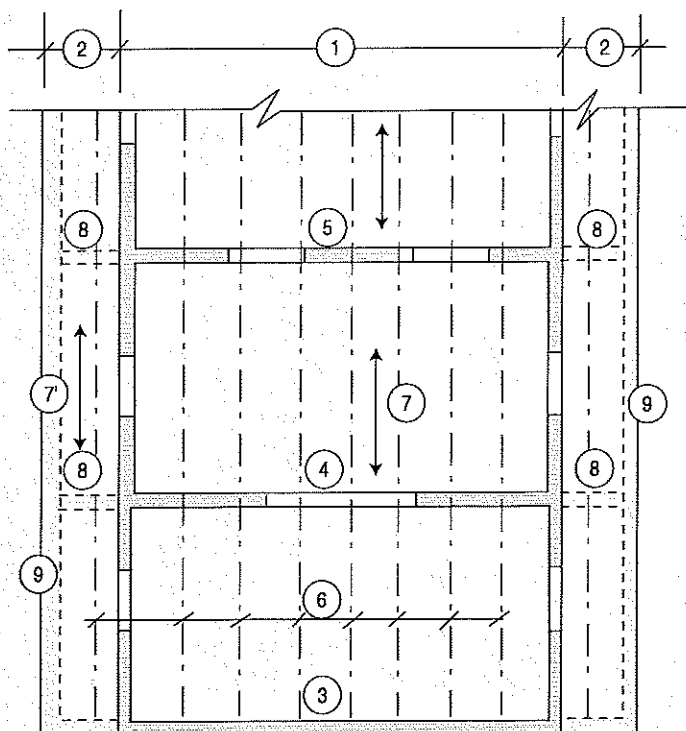


Fig. 1 : Plan du plancher haut de rez-de-chaussée.

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les désordres apparaissent lors du montage des murs pignons et refends transversaux en maçonnerie de blocs béton à l'étage :

- Fissure en escalier dans la zone de débord d'un pignon (cf. photo 4).
- Fissures en escalier (joints de montage) dans les refends transversaux d'étage dans la zone en débord (cf. photos 5 à 7).



Photo 4 : Fissuration au droit des joints de hourdage des blocs béton dans une zone en débord d'un pignon. © J. Putatti



Photo 5 : Détail refend d'étage. Raccordement avec mur allège de l'étage. Fissures des joints de hourdage du refend. © J. Putatti

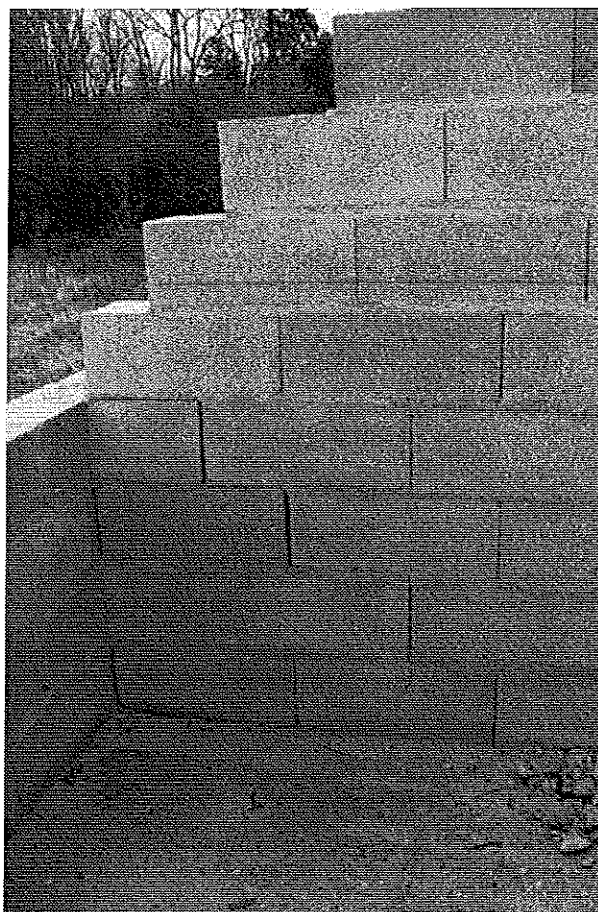


Photo 6 : Détail refend. Fissure en escalier dans la zone en débord (console). © J. Putatti

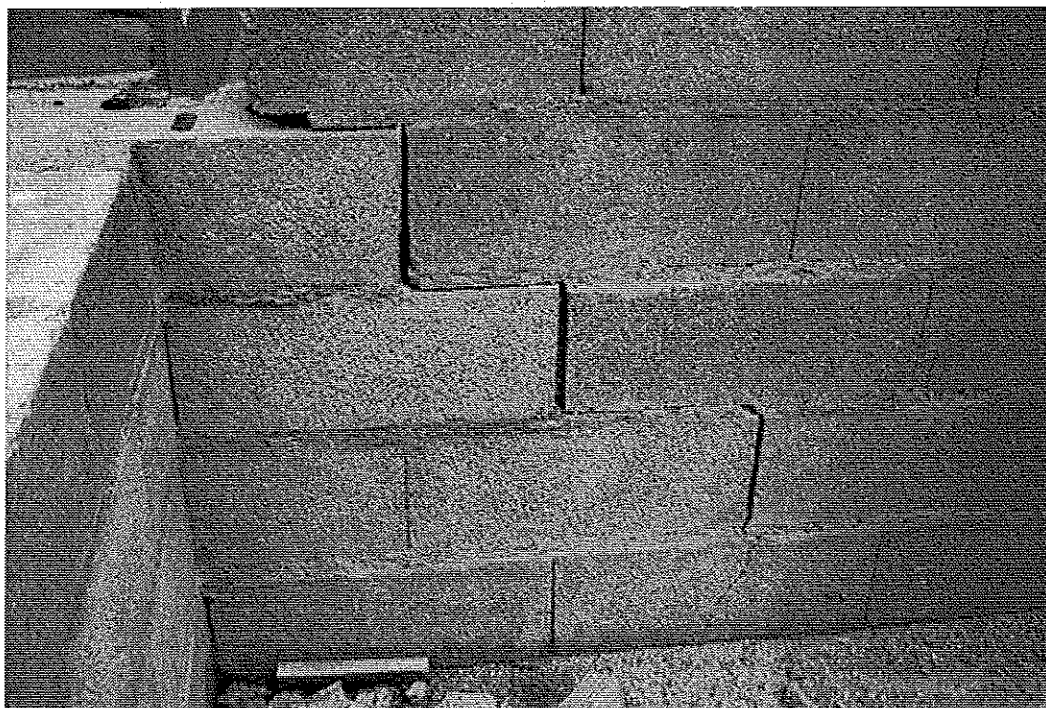


Photo 7 : Détail fissure en escalier dans un refend transversal d'étage (zone de débord en console). © J. Putatti

CAUSES DES DÉSORDRES

Les causes sont multiples et auraient pu être plus « catastrophiques » si les fissures ne s'étaient pas produites à un stade intermédiaire de la construction, alors que les façades n'étaient pas achevées au 1^{er} étage ainsi que les ouvrages de couverture qui n'étaient pas réalisés (charges supplémentaires intervenant sur les rives de couverture).

Ces causes apparaissent à l'examen de la structure du plancher haut de rez-de-chaussée (cf. Fig. 1) :

- charges appliquées sur des consoles trop flexibles (hauteurs insuffisantes) prises dans l'épaisseur du plancher (cf. photos 8 à 10) ;
- charges provenant du plancher portant de console en console : poids propre + revêtements + charges d'exploitation ;
- charges provenant du mur allège et de la couverture intervenant en bout des consoles ;
- rigidité insuffisante des consoles et de la poutre de rive façade sous allège supportant le poids de celle-ci ;
- hourdage défectueux des blocs béton, notamment en ce qui concerne les joints verticaux (non hourdés) (cf. photos 9 et 10).



Photo 8 : Fissuration de la dalle de compression du plancher à l'extrémité de la zone console ↑. © J. Putatti

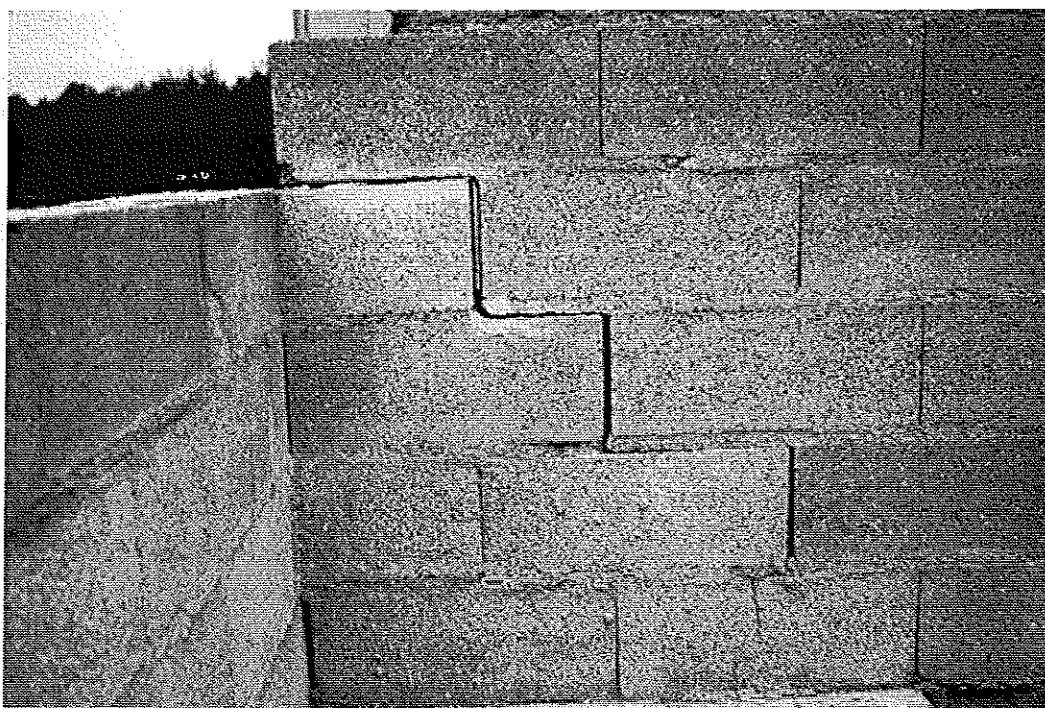


Photo 9 : Accentuation de l'ouverture de fissure en escalier en partie haute avec retour sur joint horizontal. Joints verticaux *non hourdés*. Absence de harpage avec blocs allège, fissures traversantes.
© J. Putatti



Photo 10 : Cas de figure analogue (cf. photo 9) sur autre refend (fissure traversante suivant le contour des joints de hourdage). © J. Putatti

En ce qui concerne l'armature du plancher, il apparaît que la déformation des consoles entraîne celle de la dalle de compression armée seulement d'un treillis soudé (cf. photo 11).

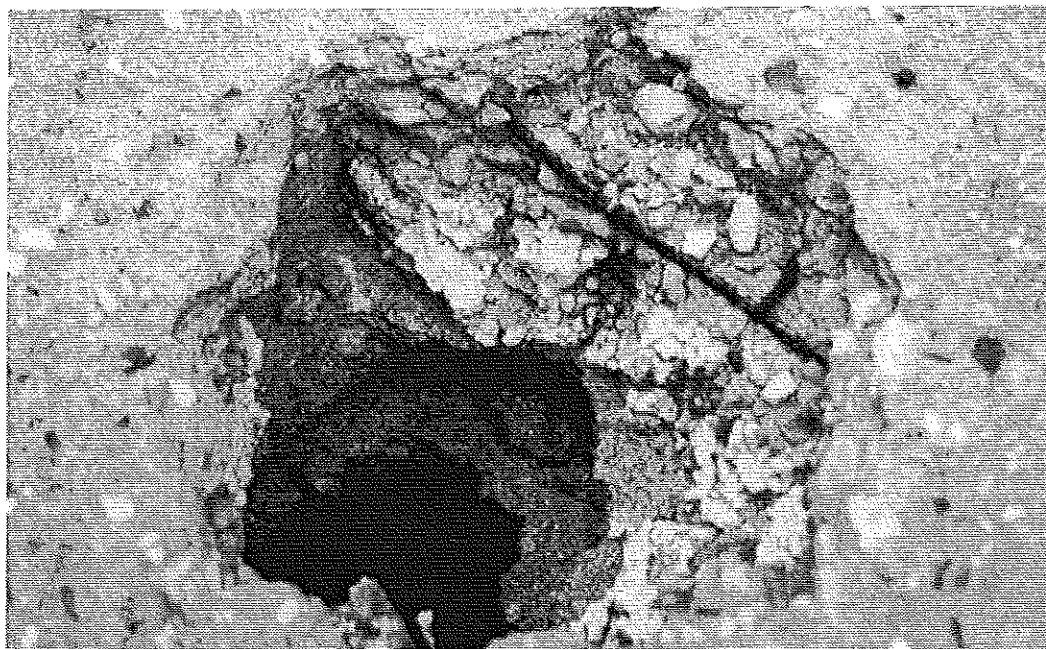


Photo 11 : Sondage réalisé sur dalle plancher. La dalle de compression coulée sur entrevous et poutrelles est seulement armée d'un treillis soudé. © J. Putatti

CONCLUSION

Absence de conception correcte de la structure du plancher haut de rez-de-chaussée : sens de flexion des poutrelles du plancher perpendiculaire à celui des porte-à-faux. Reprise des charges en débord par consoles trop flexibles et probablement insuffisamment armées (armatures supérieures) en flexion et à l'effort tranchant (armatures transversales).

Le chantier arrêté par suite de la défaillance de l'entreprise de construction a déclenché l'expertise judiciaire.

Les plans d'exécution (structure BA) n'ont pas pu être obtenus.

Les quelques sondages réalisés n'ont pas permis de vérifier la stabilité des ouvrages de la structure porteuse en BA.

Les solutions de reprise nécessitaient des démolitions de toutes les superstructures.

Par ailleurs, l'exécution des maçonneries présentait de graves lacunes, notamment au niveau du hourdage des joints (joints verticaux non garnis).

L'expertise montra que les fissures dans les refends d'étage s'accroîtront dans les mois suivants du fait des phénomènes de fluage (déformation sous charge). L'avenir de cette construction était fortement compromis alors que celle-ci n'était pas achevée, il s'en faut.

Le tableau ci-dessous résume les résultats des essais de compression effectués sur les éprouvettes de béton. Les valeurs indiquées sont les moyennes des résultats obtenus sur les trois éprouvettes de chaque série.

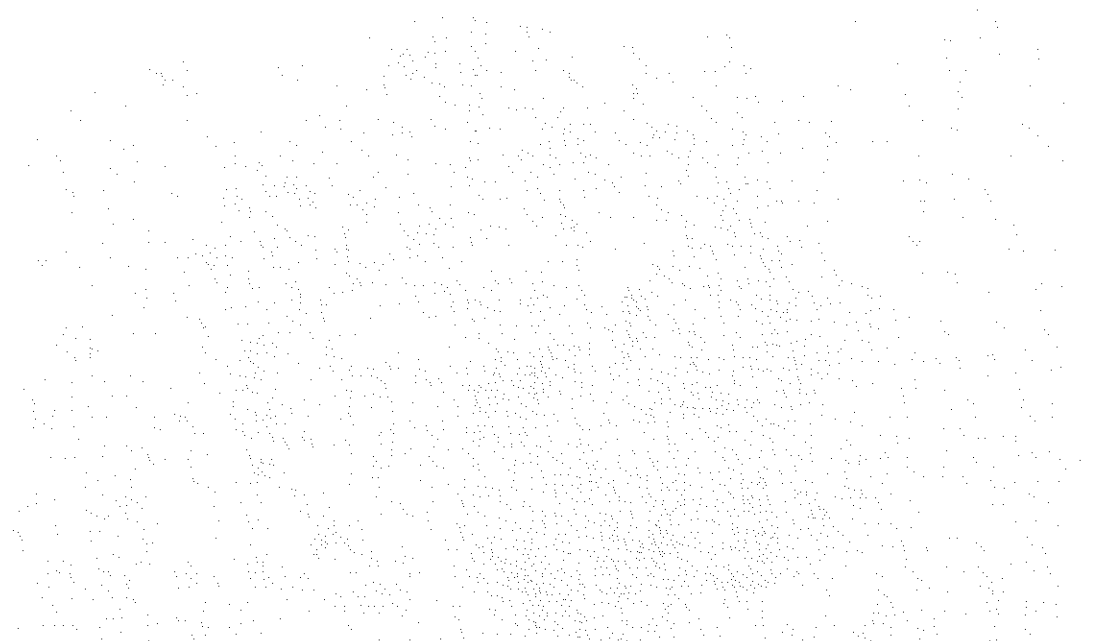


Figure 1 : Courbe de contrainte-déformation pour le béton. Les données sont issues des essais de compression effectués sur les éprouvettes de béton.

Les résultats des essais de compression effectués sur les éprouvettes de béton sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les valeurs indiquées sont les moyennes des résultats obtenus sur les trois éprouvettes de chaque série.

Les résultats des essais de compression effectués sur les éprouvettes de béton sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les valeurs indiquées sont les moyennes des résultats obtenus sur les trois éprouvettes de chaque série.

Les résultats des essais de compression effectués sur les éprouvettes de béton sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les valeurs indiquées sont les moyennes des résultats obtenus sur les trois éprouvettes de chaque série.

Les résultats des essais de compression effectués sur les éprouvettes de béton sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les valeurs indiquées sont les moyennes des résultats obtenus sur les trois éprouvettes de chaque série.

Les résultats des essais de compression effectués sur les éprouvettes de béton sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les valeurs indiquées sont les moyennes des résultats obtenus sur les trois éprouvettes de chaque série.



Question/Réponse

STRUCTURES EN MAÇONNERIE PORTEUSES DE PETITS ÉLÉMENTS

Chaînages verticaux

QUESTION

Quels sont le rôle et la nécessité des chaînages verticaux dans les maçonneries constituées de petits éléments ?

RÉPONSE

1. Codification technique

Le DTU 20.1 définit les chaînages verticaux dans les « Règles de calcul et dispositions constructives minimales ».

Les chaînages verticaux doivent être établis lorsque les 3 conditions suivantes sont réunies :

- Les murs en maçonnerie sont porteurs.
- Ces murs sont réalisés avec l'un des matériaux suivants :
 - briques creuses de terre cuite (à face de pose continue ou à rupture de joint) à perforations horizontales (norme NF P 13-301) ;
 - blocs perforés de terre cuite à perforations verticales à enduire (NF P 13-305) ou destinés à rester apparents (NF P 13-306) ;
 - blocs creux de granulats courants (NF P 14-301) ;
 - blocs creux de granulats légers (NF P 14-304) ;
 - blocs de béton cellulaire autoclavé (NF P 14-306).
- Le plancher haut du dernier étage est en béton armé ou précontraint.

Ces chaînages doivent être réalisés au moins :

- Dans les angles saillants et rentrants des maçonneries ainsi que de part et d'autre des joints de fractionnement du bâtiment.
- Ils sont placés :
 - dans la hauteur du dernier étage dans le cas des planchers terrasse en béton armé ou en béton précontraint ;
 - dans la hauteur de l'étage situé sous le dernier plancher dans le cas où le plancher surmontant le dernier étage n'est pas un plancher terrasse (par exemple plancher de comble) et où ce plancher est en béton armé ou précontraint.

2. Rôle des chaînages verticaux

Les chaînages verticaux constituent de simples liaisons et n'interviennent pas comme des poteaux d'ossature. Leur section doit toutefois permettre la mise en place correcte du béton.

L'utilité des chaînages est double :

- en liaison avec les chaînages horizontaux, ils ceinturent la maçonnerie ;
- ils s'opposent par ailleurs au soulèvement des dalles de planchers en béton armé dans les angles (effet « pagode » ou effet « mouchoir »).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pour les maçonneries d'éléments pleins où l'exécution des chaînages verticaux est plus délicate, on peut pallier aux conséquences de fissurations par des dispositions pouvant s'opposer aux pénétrations d'eau (bandeaux, débords de toitures, etc.).

DISPOSITIONS PRATIQUES

- La section minimale des armatures en aciers type HA (haute adhérence) Fe E 400 est de l'ordre de $2 \text{ } \varnothing 10$ ($1,6 \text{ cm}^2$).
- Ces armatures doivent être ancrées par retour d'équerre dans les planchers ou les chaînages horizontaux.

Prévoir les recouvrements suffisants pour assurer la continuité.

CAS D'EXCEPTION

Les chaînages verticaux définis ci-dessus peuvent ne pas être établis lorsque le plancher en béton armé ou précontraint n'est pas un plancher terrasse à condition que :

- le plancher soit lui-même isolé dans le comble ou que le comble lui-même soit isolé ;
- les dispositions concernant l'habillage du chaînage horizontal du plancher soient respectées.



Question/Réponse

STRUCTURES EN POUTRES DE BÉTON ARMÉ

Renforcement par plaques métalliques collées

QUESTION

Comment renforcer une poutre en béton à partir de plaques métalliques collées ?

RÉPONSE

1. Position du problème

Le renforcement de poutres de structure en béton armé se pose dans un certain nombre de cas, comme l'insuffisance des armatures inférieures résultant :

- d'une erreur de calcul ;
- de charges d'exploitation modifiées ;
- de l'impossibilité de soulager la poutre béton armé par une structure métallique (gabarit).

La solution de renforcement par plaques ou tôles métalliques collées sur la sous-face de la poutre permet d'augmenter la section des aciers tendus (brevet Thermitte).

2. Conditions à réaliser

- L'exécution et la conception ne peuvent être effectuées que par des spécialistes :
 - en ce qui concerne le calcul ;
 - en ce qui concerne la mise en œuvre.
- Cas d'une poutre déformée par charges excessives :
 - la déformation (flèche) devra être annulée par redressement à l'aide de vernis ;
 - les fissures éventuelles devront être injectées afin de reconstituer le monolithisme de la pièce et assurer la protection contre les armatures.

Considérer que pour cette opération de « relevage » la poutre est en état de contraintes et qu'il y aura certaines difficultés pour revenir à l'état initial :

- utiliser une tôle d'épaisseur de 3 mm maximum ;
- les opérations de collage sont délicates et nécessitent des préparations de surface adéquates ;
- les tôles doivent être dégraissées, grenillées et revêtues d'une résine époxy anticorrosion. Elles sont protégées des salissures par un film polyéthylène ;
- le béton doit être absolument plan, débarrassé de surépaisseur, sablé, sec et dépoussiéré. Les trous et épaufures éventuels doivent préalablement être ragrés avec un mortier époxy. Le béton reçoit avant collage un primaire d'imprégnation. Lorsque ce primaire devient poisseux, il est recouvert comme la tôle par une couche de résine époxy thixotrope ;
- les tôles sont alors appliquées contre le béton dressé et maintenu serrées contre le support par un système de serrage et de répartition. Afin d'éviter d'emprisonner des bulles d'air dans la masse de la colle, on peut percer les tôles par des trous de diamètre de 5 mm disposés en quinconce, permettant ainsi à la colle en surplus de chasser avec elle les bulles d'air.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Remarque

L'évolution de cette technique de renforcement permet depuis quelques années de remplacer les tôles d'acier permettant de compléter la section d'armatures par un tissu de fibres de carbone plus facile à mettre en œuvre et acceptant des petites irrégularités du support tout en supprimant les étalements nécessaires dans le cas de technique par tôle collée. Toutefois cette nouvelle technique :

- ne peut être envisagée que dans le cas de renforcement des armatures tendues ;
- n'est pas utilisable pour la reprise des efforts tranchants.

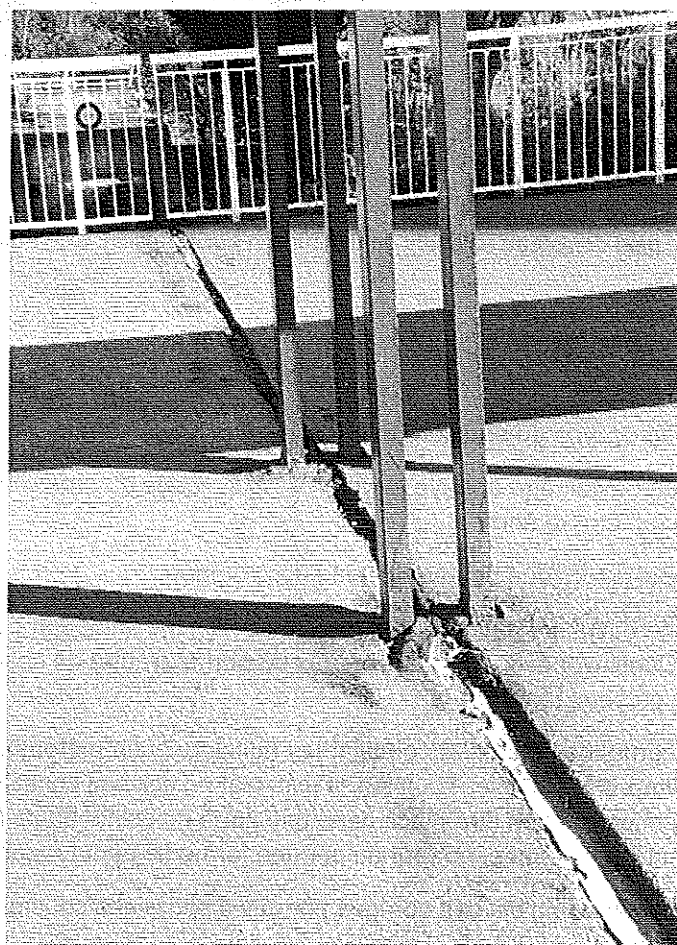


STRUCTURES MÉTALLIQUES

Corrosion - Destruction de points porteurs

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Dans un ensemble résidentiel comportant plusieurs bâtiments, une galerie couverte permet la circulation et l'accès aux différents bâtiments. Cette galerie est construite en structure métallique légère (profils en tôle pliée) qui comporte des poteaux reposant sur une dalle béton recevant une étanchéité asphaltée. L'ensemble comporte des joints de structure (dilatation, tassement) qui nécessitent le dédoublement des poteaux de la galerie. Le joint est matérialisé par une rigole drainant les eaux de surface. Les pieds de poteau en partie courante de la galerie et au droit des joints ne sont pas protégés contre la corrosion.



Vue d'ensemble des poteaux. © J. Putatti

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Le désordre principal concerne la destruction par corrosion des pieds de poteau dont la platine repose sur la dalle de structure, sans précautions particulières.

Certains poteaux sont particulièrement atteints, probablement dans les zones de points bas où les eaux de pluie peuvent stagner. Par ailleurs, le revêtement asphalté présente des défauts tels que fissures, bourrelets, etc.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Détail de pied de poteau en cours de destruction par corrosion. © J. Putatti

CAUSES

La conception de ce type de structure est mauvaise et inadaptée.

- Chaque poteau devrait être appuyé sur *un massif solide du gros œuvre* sur lequel l'étanchéité de la dalle pourrait être remontée.

La platine d'appui de chaque poteau devrait être protégée.

- Les poteaux ne devraient pas être implantés au voisinage immédiat des joints de structure. Une structure type Cantilever avec des porte-à-faux de part et d'autre de chaque joint permettrait d'éviter les doubles poteaux rapprochés.

En ce qui concerne les joints plats circulables (ici circulation piétons), les solutions existent au niveau des travaux d'étanchéité. Toutefois le joint plat ne doit pas constituer une rigole de drainage (fil d'eau). En principe, il doit être placé dans une zone de points hauts (rendus tels par l'intermédiaire d'une pente de l'élément porteur ou par une forme de pente rapportée).

La conception inadaptée n'est pas corrigée par des dispositions constructives adéquates (massifs de pieds de poteaux).

CONCLUSION

Les désordres évolutifs par corrosion des pieds de poteaux conduiront à brève échéance à leur destruction complète et à l'effondrement de certaines zones de galerie couverte. La reconstruction à l'identique ne pourra pas corriger les fautes de conception.

À noter que pour le cas de figure présenté, d'autres problèmes concernant l'étanchéité de la dalle piétonnière se posaient et nécessitaient à brève échéance une réfection complète de ces ouvrages.



STRUCTURES MÉTALLIQUES

Pathologie générale

PRÉSENTATION

Dans le domaine des structures, le métal et plus couramment l'acier est un matériau qui rivalise avec les autres modes de réalisation de structures notamment pour les grands ouvrages et les bâtiments élevés.

La pathologie de ces structures n'est pas négligeable et doit intervenir surtout de manière préventive au stade de la conception et des calculs ainsi qu'à celui de la réalisation (assemblage, montage, contreventements, etc.).

La pathologie curative est relativement réduite du fait que les désordres correspondent dans beaucoup de cas à des effondrements totaux ou partiels, ou à des déformations irréversibles. Le contrôle joue un rôle essentiel à tous les stades du projet de construction.

ORIGINE DES DÉSORDRES

Les désordres et leurs causes peuvent être classés selon un ordre correspondant à la chronologie de la réalisation.

1. Règles de construction

Lacunes et imprécisions :

- insuffisances (cas des Règles NV) ;
- phénomènes locaux mal appréhendés (voilement local d'âmes de poutres) ;
- non-limitation des déformations horizontales ;
- absence de règles pour les charges d'accumulation d'eaux de pluie ¹⁾ ;
- errements ou habitudes (routine).

2. Documents contractuels

- Absence de document de référence définissant :
 - les charges de service ou d'exploitation ;
 - les règles de vérification ;
 - les règles de fabrication ;
 - les essais éventuels, etc.
- Conditions particulières à l'ouvrage projeté non définies :
 - conditions de stabilité d'ensemble ouvrage terminé ;
 - états-limites de service ;
 - sollicitations particulières ;
 - corrosion et protections adéquates ;
 - vibrations éventuelles.

¹⁾ Révision récente du DTU 43.3.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

3. Conception de l'ouvrage insuffisante

- Au niveau des matériaux :
 - choix de matériaux inadaptés ;
 - association de matériaux incompatibles.
- Au niveau des structures :
 - inadaptation au sol de fondation ;
 - structures instables, absence de contreventement, ancrages, etc.
 - association de structures à déformations incompatibles avec leurs liaisons (assemblages) ;
 - dispositions constructives insuffisantes.

4. Calculs - dessins d'exécution

- Absence de calculs.
- Erreurs dans les hypothèses de calcul.
- Erreurs ou absence de vérification :
 - calcul du flambement ;
 - non-vérification au déversement ;
 - non-vérification à la fatigue...
- Non-vérification des états de service.
- Dessins incomplets ou insuffisants.
- Dessins non conformes à la note de calcul.
- Assemblages incorrects.
- Dispositions non réalisables (soudures).

5. Fabrication (atelier)

- Absence de conformité aux plans.
- Erreurs sur un procédé de fabrication (usinage, soudure, etc.), malfaçons.
- Erreur sur une séquence de soudage.
- Non-respect des tolérances et jeux.

6. Montage sur chantier

- Non-conformité aux plans de montage (ordre, séquences de montage).
- Insuffisance de stabilité provisoire (contreventement par câbles).
- Malfaçons : exécution des assemblages, insuffisance de réglage, efforts anormaux.
- Fautes de manœuvre.

7. Contrôle ou insuffisance

- Absence de contrôle interne (autocontrôle) et externe (contrôleur technique).
- Absence de coordination entre corps d'état.
- Absence de contrôle des matériaux et procédés de fabrication (soudures).

8. Utilisation et entretien

- Utilisation non conforme à la prévision.
- Modifications avant ou après réception.
- Absence d'entretien, corrosion, etc.

9. Causes fortuites ou accidentelles



Question/Réponse

STRUCTURES MÉTALLIQUES

Protection par système Duplex

QUESTION

Qu'appelle-t-on système de protection « Duplex » ? (motivation et mise en œuvre).

RÉPONSE

Le système « Duplex » est un système de protection des aciers de structure qui associe :

- la galvanisation à chaud ;
- un système peinture sur zinc.

La protection est double du fait :

- de l'action d'un processus physico-chimique par formation d'une couche protectrice d'oxydation passivante avec effet d'écran ;
- de l'action d'un processus électro-chimique par protection cathodique dite sacrificielle du zinc en présence ou apparition de discontinuité du revêtement galvanisé.

D'autre part, le système peinture, mis à part son rôle esthétique, s'oppose à la perte de dépôt de zinc qui, exposé directement, dépasse fréquemment 5 $\mu\text{m}/\text{an}$ en milieu industriel ou marin.

La peinture sur revêtement galvanisé nécessite l'obtention d'une bonne adhérence, ce qui exige :

- une préparation de surface adéquate ;
- des produits adaptés.

1. Préparation de surface

La préparation sera effectuée par l'un des deux procédés suivants :

- mécanique, par balayage oblique avec un abrasif type silicate d'aluminium et de magnésium ;
- dérochage, par solution alcaline diluée (ammoniacale à 2 à 5 %), suivi d'un rinçage soigné (le dégraissage aux solvants organiques est souvent insuffisant).

2. Choix des produits

- Application d'un primaire réactif type Wash Primer, effectuée de préférence en atelier, généralement en couches minces (10 μm), suivie rapidement par la mise en œuvre d'une peinture.
- Finition de formulation spéciale (monocomposant acrylique ou bicomposant à base de résines époxydiques ou polyuréthanes).

Les peintures glycérophthaliques sont à éviter, car elles provoquent la formation de sels de zinc hygroscopiques amenant le décollement du film de peinture.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE



Question/Réponse

STRUCTURES PRÉFABRIQUÉES

Appuis à glissement

QUESTION

Quelles sont les conditions d'installation et de fonctionnement des appuis à glissement ?

RÉPONSE

Le seul texte codifié qui traite de ce type de dispositif d'appui est le DTU 20.12, 1^{re} édition (septembre 1977). La seconde édition de ce DTU (septembre 1993) a abandonné ce dispositif.

Les dispositifs d'appui de structures horizontales (planchers, poutres, etc.) sur des structures verticales (voiles, murs, poteaux, etc.) comprennent :

- les appuis à glissement ;
- les appuis à déformation.

Ces dispositifs doivent répondre aux critères suivants :

- être d'une conception et d'une mise en œuvre simples ;
- permettre sans risque de solidarisation accidentelle :
 - les déplacements horizontaux d'origine thermique,
 - la rotation des appuis du plancher due à la flèche sous charge permanente et charges d'exploitation ou de service, ainsi qu'aux effets du retrait hydraulique et des phénomènes thermiques.

Seuls les appuis à déformation sont conçus pour répondre à ces conditions.

En effet, les appuis à glissement constitués de feuilles minces (minimum 2) de matériaux dont les faces en contact doivent avoir un très faible coefficient de frottement (téflon généralement) pour que les efforts horizontaux transmis aux murs porteurs sous-jacents soient aussi réduits que possible.

Pour pouvoir fonctionner correctement, les appuis à glissement nécessitent :

- un parallélisme très rigoureux entre les différentes feuilles qui les constituent, ce qui implique un dressage parfait de la face supérieure du chaînage formant support du dispositif ;
- une définition du coefficient de frottement des diverses couches constituant l'appui, justifiée par des essais avec confirmation dans le temps ;
- l'efficacité du dispositif en cas de rotation du plancher et ce, quelles que soient les conditions de température ;
- la détermination des efforts horizontaux et verticaux sollicitant les murs porteurs et la vérification de ces murs ou éléments (cas des poteaux).

La totalité de ces conditions est pratiquement impossible à réaliser avec ce type de dispositif d'appui.

Différents matériaux ont été utilisés par le passé (plaques métalliques, fibres de bois agglomérées, feutres bitumés, polyéthylène, etc.).

Les matériaux spécialement étudiés (téflon) ne permettent pas de répondre à l'exigence de rotation des appuis.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Ces dispositifs sont donc à remplacer par des appuis à déformation. La procédure utilisée est celle de l'Avis technique. Toutefois, aucun avis n'a été délivré pour les ouvrages de bâtiment.

Les appuis à déformation (plaques néoprène fretté) sont utilisés principalement pour les ouvrages d'art avec quelques emplois en ouvrages de bâtiment. Ils nécessitent une étude particulière pour déterminer :

- les dimensions des plaques ;
- leur épaisseur.



Question/Réponse

STRUCTURES PRÉFABRIQUÉES EN BÉTON

Déformation

QUESTION

Comment éviter une déformation anormale d'une structure préfabriquée en béton (garage), exposée aux vents violents ?

RÉPONSE

Description du désordre

Un garage préfabriqué en éléments de béton comprend :

- des portiques transversaux, constitués chacun de deux poteaux et d'une traverse de hauteur variable donnant la pente de la couverture ;
- des éléments de remplissage des longs pans ;
- une couverture en plaques ondulées de fibres-ciment (grandes ondes)

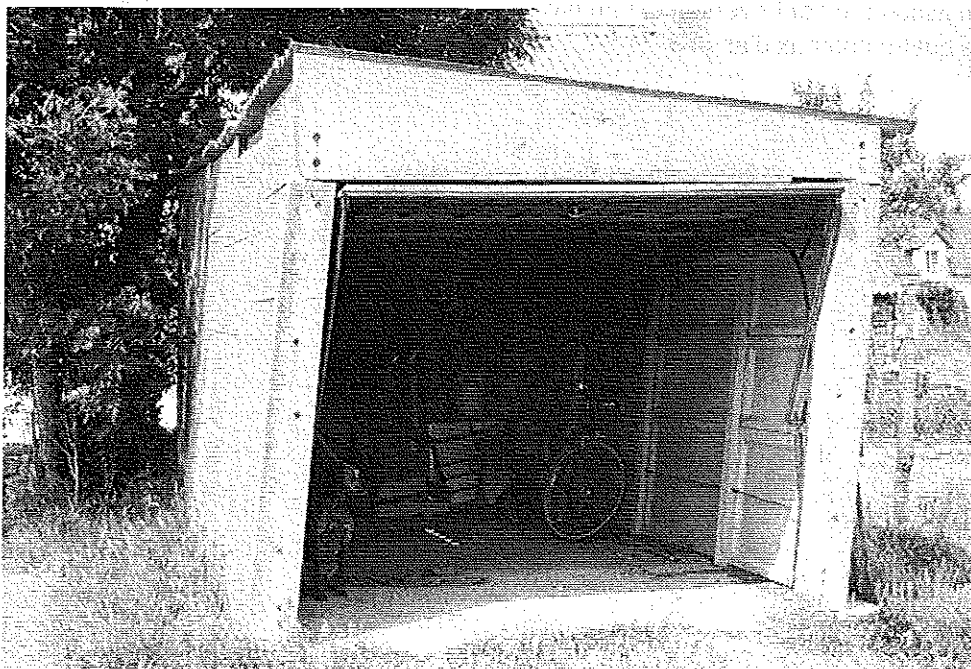
Les assemblages sont réalisés par quatre fixations à chaque angle poteau-traverse présentant un certain degré de liberté.

Sous l'effet d'un vent de tempête agissant latéralement, la partie avant du garage a subi une translation au niveau de la traverse.

En fait l'encastrement :

- à la base des poteaux, est inexistant (articulation) ;
- à la liaison traverse/poteaux, se comporte comme une pseudo-articulation.

L'ensemble est en équilibre instable et il est probable qu'un nouveau coup de vent de tempête pourrait coucher la construction.



Ensemble portique préfabriqué. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

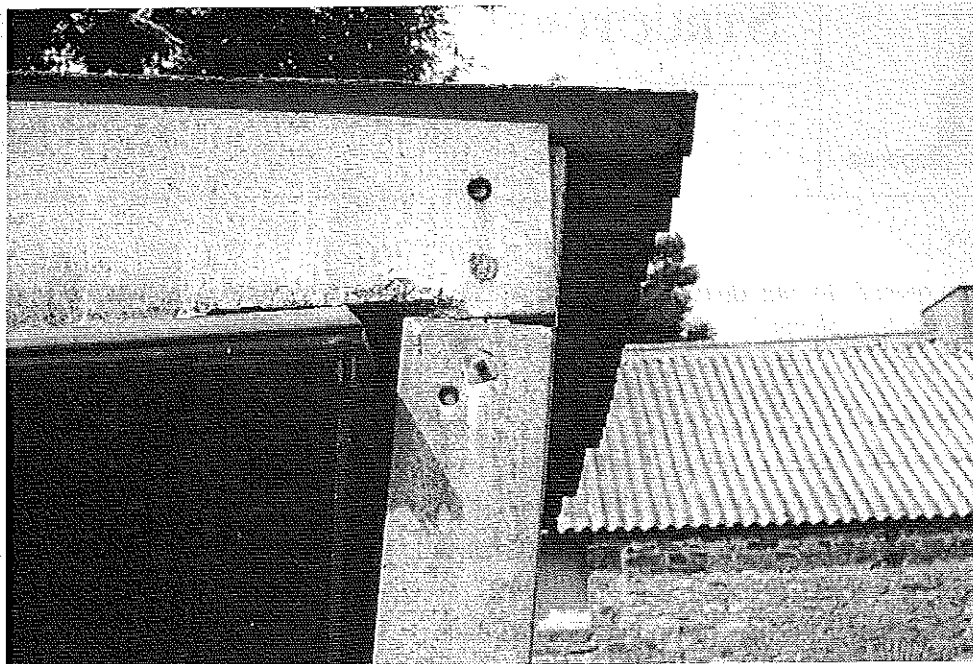
QR

ST

UV

WX

YZ



Détail de l'assemblage poteau traverse. © J. Putatti

Remèdes

Seul un démontage complet permet de reconstituer un système stable. Il est nécessaire :

- d'encastrer chaque poteau dans un massif fondé dans le sol (utiliser des profilés métalliques par exemple) ;
- de réaliser une liaison d'encastrement à chaque nœud de portique par l'intermédiaire d'une plaque métallique avec percements de trous supplémentaires (plaque en forme de L inversé) ;
- d'assurer le contreventement au niveau de la toiture par une croix de Saint-André attachée sur les quatre poteaux d'angle.



Question/Réponse

TERRASSES ACCESSIBLES

Seuil de porte

QUESTION

Dans quelles conditions peut-on supprimer le seuil d'une porte extérieure ?

RÉPONSE

1. Position du problème

Cette disposition est souvent demandée dans les cas suivants :

- accès par porte-fenêtre à une terrasse pour handicapés, galerie de cure, d'hôpitaux ou de maisons de repos pour personnes âgées ;
- présence de locaux sous-jacents pour lesquels il faut assurer l'étanchéité.

Les seuils courants permettent de relever le revêtement d'étanchéité et forment une garde au sol pour empêcher la pénétration de l'eau de pluie à l'intérieur des locaux, souvent poussée par le vent.

C'est également le cas des entrées d'immeubles situées au-dessus de locaux tels que caves ou parcs-autos pour lesquels l'étanchéité à l'eau doit être assurée.

2. Codification technique

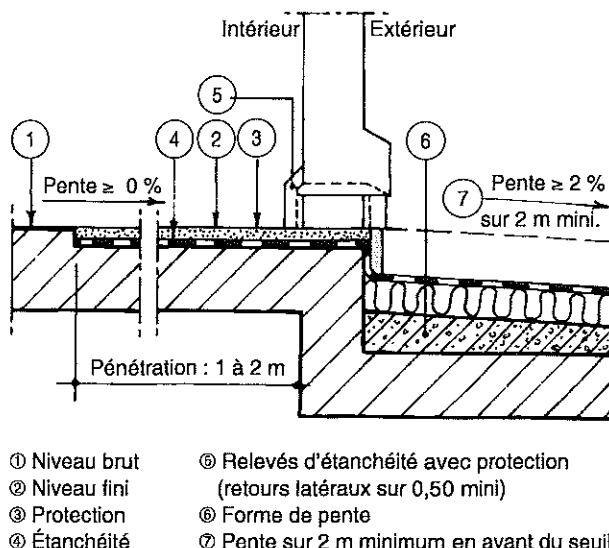
Le nouveau DTU 20.12 (édition septembre 1993) prévoit une disposition qui permet de supprimer le seuil dans le cas particulier d'une entrée d'immeuble (cf. schémas).

Cet aménagement n'est possible que si le gros œuvre a été conçu en conséquence, c'est-à-dire avec un décaissé de la structure porteuse. Il n'est pas possible sur un ouvrage existant.

D'autre part, ce choix imposé par les conditions d'exploitation et d'accès sous-entend que l'on accepte que de l'eau extérieure puisse pénétrer à l'intérieur de l'immeuble dans le hall d'entrée. Ceci entraîne de prévoir des dispositions d'étanchéité avec relevés et protections dans le hall et éventuellement une pente pour évacuer les eaux ayant pénétré vers l'extérieur.

Côté extérieur, une pente minimale de 2 % doit être prévue sur au moins 2,00 m devant l'entrée et dirigée vers l'extérieur.

Seuil à niveau (coupe XX)



- | | |
|---------------|---|
| ① Niveau brut | ⑤ Relevés d'étanchéité avec protection (retours latéraux sur 0,50 mini) |
| ② Niveau fini | ⑥ Forme de pente |
| ③ Protection | ⑦ Pente sur 2 m minimum en avant du seuil |
| ④ Étanchéité | |

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

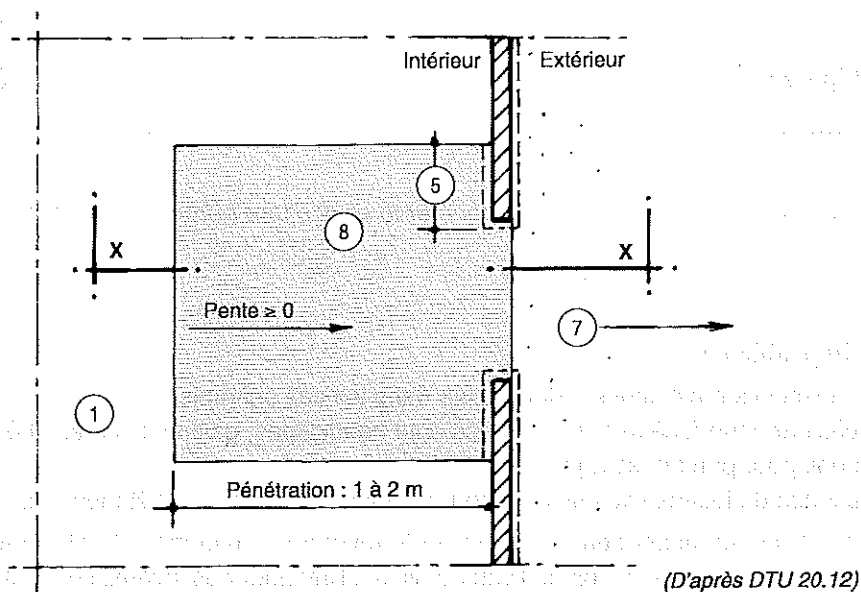
ST

UV

WX

YZ

Seuil à niveau (vue en plan)



- ① Niveau brut
- ② Niveau fini
- ③ Protection
- ④ Étanchéité

- ⑤ Relevés d'étanchéité avec protection (retours latéraux sur 0,50 mini)
- ⑥ Forme de pente
- ⑦ Pente sur 2 m minimum en avant du seuil
- ⑧ Emprise de la réservation

Autres cas

Les dispositions de seuil avec caniveau placé devant le seuil ne sont pas traités dans le nouveau DTU 20.12.

Les terrasses avec protections par dalles sur plots permettent une approche du problème mais la saillie du seuil de la menuiserie ne peut être supprimée.



Question/Réponse

TERRASSE-JARDIN

Évacuation des eaux pluviales

QUESTION

Comment peut-on évacuer les eaux pluviales d'une terrasse-jardin ?

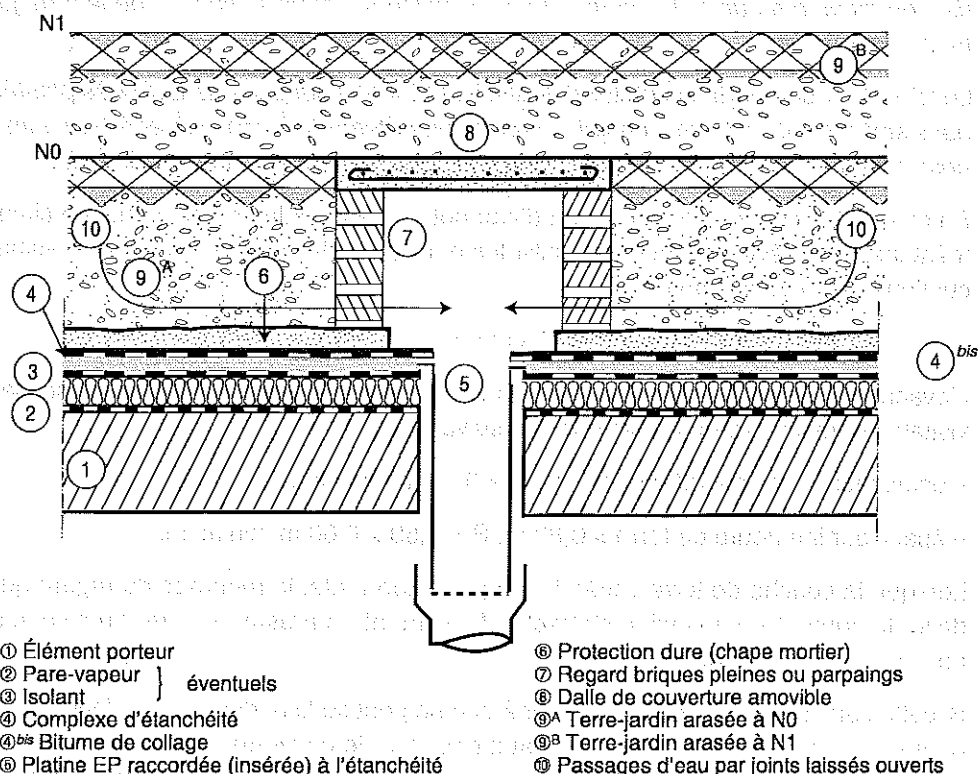


Illustration de la situation

RÉPONSE

Voici un rappel des dispositions générales d'une toiture-terrasse-jardin, d'après le DTU 43-1 : les toitures-terrasses-jardins peuvent être à pente nulle au niveau du revêtement d'étanchéité. Lorsque ces terrasses comportent des allées de circulation, leur pente (1 % mini) peut être donnée par la protection. Le DTU 43-1 ne précise pas que cette pente peut également être donnée par le terrain servant aux plantations.

La constitution des parties courantes d'une toiture-terrasse-jardin est la suivante :

- élément porteur en maçonnerie (dalle BA ou plancher en béton précontraint) ;
- forme de pente éventuelle (facultative) ;
- pare-vapeur : éventuel ;
- isolant thermique : éventuel ;
- revêtement d'étanchéité ;
- protection du revêtement d'étanchéité (protection dure par chape mortier, certains revêtements spécialement conçus pour terrasse-jardin ne comportent pas de protection dure (cf. Atec) ;

- couche drainante ;
- couche filtrante ;
- couche de terre végétale (épaisseur constante ou variable selon type de végétation).

Évacuation des eaux pluviales

Le DTU 43-1 précise : « Les dispositifs d'évacuation EP doivent être visitables. Ils doivent être étudiés de façon à recueillir les eaux à tous les niveaux depuis la surface de la terre jusqu'au revêtement d'étanchéité... »

Le DTU 43-1 comporte le commentaire suivant : « Les surfaces de terre très plantées et engazonnées sont peu abondantes, ce qui nécessite une étude pour conduire et évacuer les eaux pluviales notamment lorsque les allées de circulation sont prévues sur la terre végétale. »

En raison des risques de stagnation d'eau notamment sur les revêtements de circulation peu perméables, il faut éviter de faire recueillir les eaux pluviales de ces parties accessibles par les évacuations des parties plantées. »

Les solutions pratiques sont données ci-après :

L'évacuation EP située au niveau de l'étanchéité et raccordée à celle-ci est disposée, pour la rendre visitable dans un regard de dimensions suivantes :

- épaisseur de terre $\leq 0,60$ m, $S = 0,30 \times 0,30$ m minimum ;
- épaisseur intérieure de terre $> 0,60$ m, $S = 0,60 \times 0,60$ m minimum.

Lorsque la couche de terre végétale est peu importante, le repérage du regard qui comporte une dalle de couverture amovible s'effectue facilement en arasant la terre au niveau supérieur de la dalle ou au-dessous de ce niveau.

Si cette couche est plus épaisse, le repérage ne peut se faire depuis la surface que par des potelets ou tiges métalliques fixées (ou non) aux dalles de couverture. Cela nécessite pour la visite du regard de déposer la couche de terre recouvrant les dalles (disposition peu pratique pour l'exploitation du jardin).



TERRASSE PRIVATIVE

Protection par carrelage

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Immeuble de standing comportant deux terrasses en retrait sur les deux derniers niveaux (6^e et 7^e étages).

Les deux terrasses privatives présentent un sol carrelé en carrelage grès 2 x 2. Des joints de fractionnement délimitent des surfaces plus faibles.

DÉSORDRES

Ils concernent les deux terrasses, mais sont d'importances différentes :

- La terrasse du 6^e étage est équipée de grands bacs avec des arbustes et est relativement ombragée. Elle est correctement entretenue (photos 2 à 10). Néanmoins, quelques fissures dans le carrelage sont à signaler avec des remontées de calcite (photo 2). À noter que cette terrasse, bien que plus grande que celle du 7^e étage est plus ombragée, donc plus protégée.
- La terrasse du 7^e étage est surtout occupée par des meubles de jardin (photo 1). Elle est plus exposée du fait de sa situation et de son aménagement (peu de plantations) ; son exposition aux intempéries et rayonnement solaire est aussi plus importante que la terrasse du 6^e étage. Par ailleurs, son entretien est négligé.

Les désordres de carrelage sont importants (photos 3 à 9). Ils correspondent à des fissurations anarchiques du carrelage ; les fissures se situent au droit des joints des carreaux 2 x 2 :

- soit alignés ;
- soit décalés en escalier.

Des remontées de calcite plus ou moins importantes (photos 4 et 5) forment des concrétions très dures en relief des joints.

Les joints de fractionnement sont limités, certains sont le siège de dégradations très importantes du carrelage (photos 6 et 7).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 1 : Vue d'ensemble terrasse privative basse (7^e étage). Désordres (fissures) revêtement carrelage. © J. Putatti

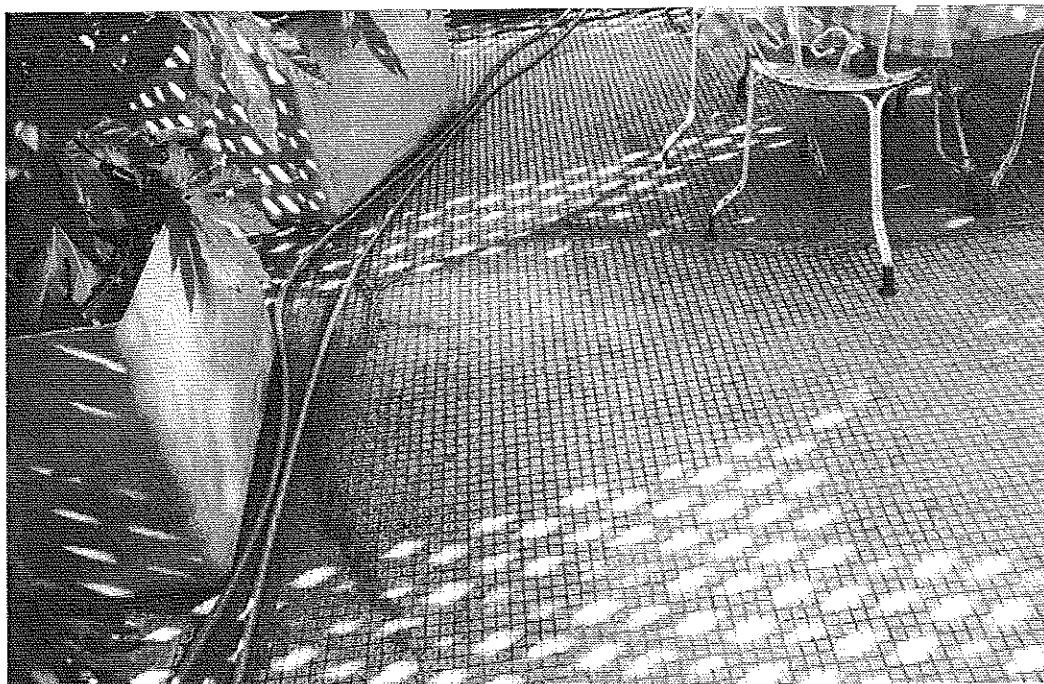


Photo 2 : Aspect partiel du carrelage (6^e étage) - Fissure avec remontées de calcite. © J. Putatti

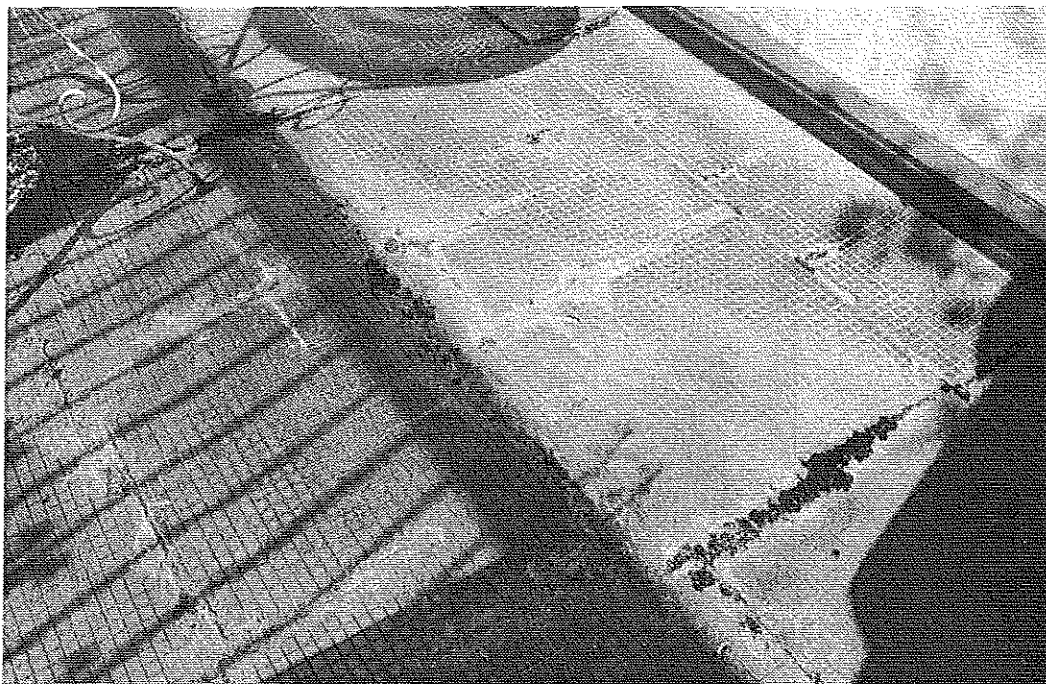


Photo 3 : Zone dense en fissurations et remontées de calcite (7^e étage). © J. Putatti



Photo 4 : Concrétions de calcite concentrées sur un joint (7^e étage).
© J. Putatti



Photo 5 : Détail photo 4. © J. Putatti



Photo 6 : Zone dégradée du revêtement carrelage (terrasse 7^e étage). © J. Putatti



Photo 7 : Dégradation du carrelage au droit d'un joint de fractionnement du carrelage (terrasse 7^e étage). © J. Putatti

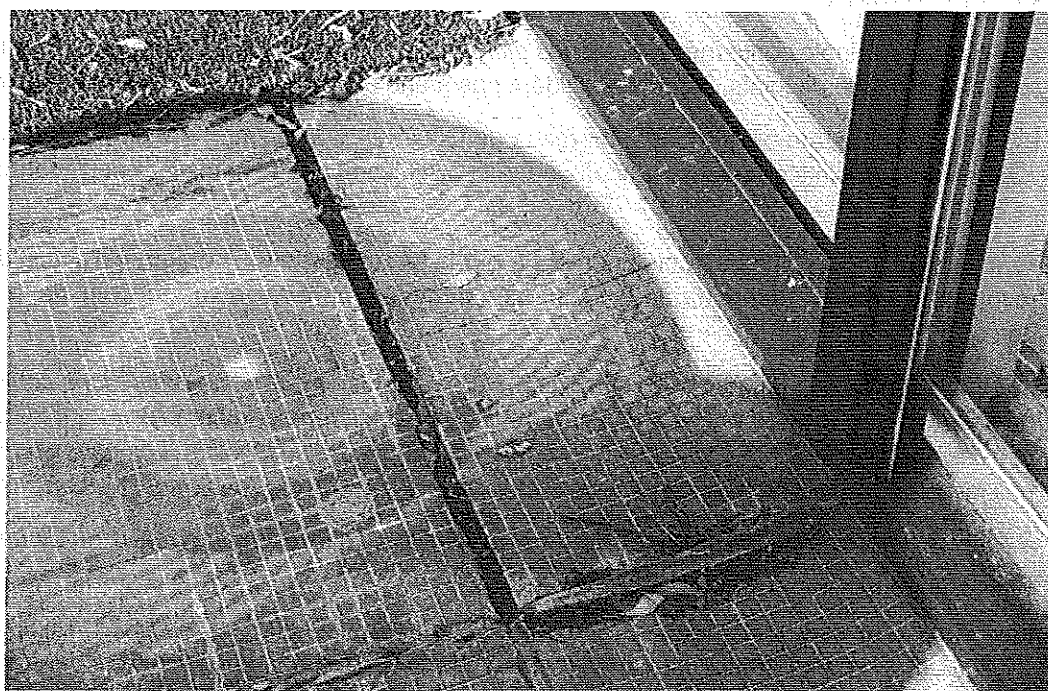


Photo 8 : Dégradation d'un joint de fractionnement du carrelage (terrasse 7^e étage). © J. Putatti



Photo 9 : Remontées de calcite dans les joints de carrelage (7^e étage).

© J. Putatti

CAUSES DES DÉSORDRES

- La cause principale concerne le *choix des éléments de carrelage* : les carreaux 2×2 qui présentent une multitude de joints, ne correspondent pas à une utilisation en revêtement de *sol extérieur*.

L'action des eaux atmosphériques chargées de CO_2 - SO_2 sur les mortiers de pose et plus particulièrement les joints entre carreaux provoque la dissolution de la chaux libre et les formations de calcite.

- L'insuffisance des joints de fractionnement (pour la terrasse haute, 7^e étage) et l'action directe du rayonnement solaire ont entraîné la fissuration du revêtement carrelage, et celle de la forme de pose.

Le DTU 43.1 (édition octobre 1981 + modif. 07/90) mentionne que « *les protections coulées sur lit de sable sont soumises aux variations thermiques et aux intempéries et présentent fréquemment des fissures et concrétions calcaires qui se manifestent au droit des joints. Les concrétions au droit des joints étant d'autant plus importantes que la couche drainante (sable) est peu efficace...* ».

« *Pour la bonne tenue des carrelages, il est préférable d'utiliser des carreaux de dimensions au moins égales à 10×10 cm* ».

Le DTU 43.1 renvoie d'autre part la pose des revêtements extérieurs au DTU 52.1. Ce texte (norme NF P 61-202) ne traite de la pose des revêtements de sol extérieurs scellés que dans son édition d'août 1994 (chap. 9).

Dans le cas pathologique présenté, la réalisation est antérieure aux règles précitées, sauf pour la remarque concernant la dimension des carreaux.

- Un cas particulier de non-conformité aux règles de l'Art correspond à la photo 10 qui concerne un seuil pouvant faciliter les pénétrations d'eau par le bâti de menuiserie (absence de rejingot, avec un début de corrosion du bâti métallique). Le calfeutrement au mastic ne pourra que retarder le désordre.



Photo 10 : Réparation partielle d'un joint de mastic au droit d'un seuil - Corrosion de la menuiserie (terrasse 6^e étage). © J. Putatti

1. Les travaux de terrassement sont terminés et les fondations sont posées.

2. Les murs de la terrasse sont en cours de construction et les planchers sont posés.

3. Les travaux de finition sont en cours et les revêtements de sol sont posés.



4. Les travaux de peinture sont terminés et les meubles sont installés.



TERRASSE PRIVATIVE - ÉTAGE EN RETRAIT

Étanchéité réalisée par feuilles de plomb façonnées ¹⁾

DÉFINITION DES OUVRAGES

L'ouvrage se situe dans un immeuble parisien datant du début du XX^e siècle. Il correspond à une terrasse privative d'un étage en retrait de façade (cf. photo 1).



Photo 1 : Vue partielle de la terrasse privative. © J. Putatti

La terrasse réalisée par la technique des feuilles de plomb pour l'évacuation des eaux pluviales présente un caniveau central pour l'évacuation des eaux pluviales, recouvert par des planches perforées pour permettre d'assurer son entretien. Le revêtement plomb présente des tasseaux perpendiculaires à la façade.

Des désordres sont signalés par l'occupant de l'appartement sous-jacent : présence de quelques fissures et fuites lors de précipitations importantes (cf. photos 2 et 3).

¹⁾ Cas rencontré en expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

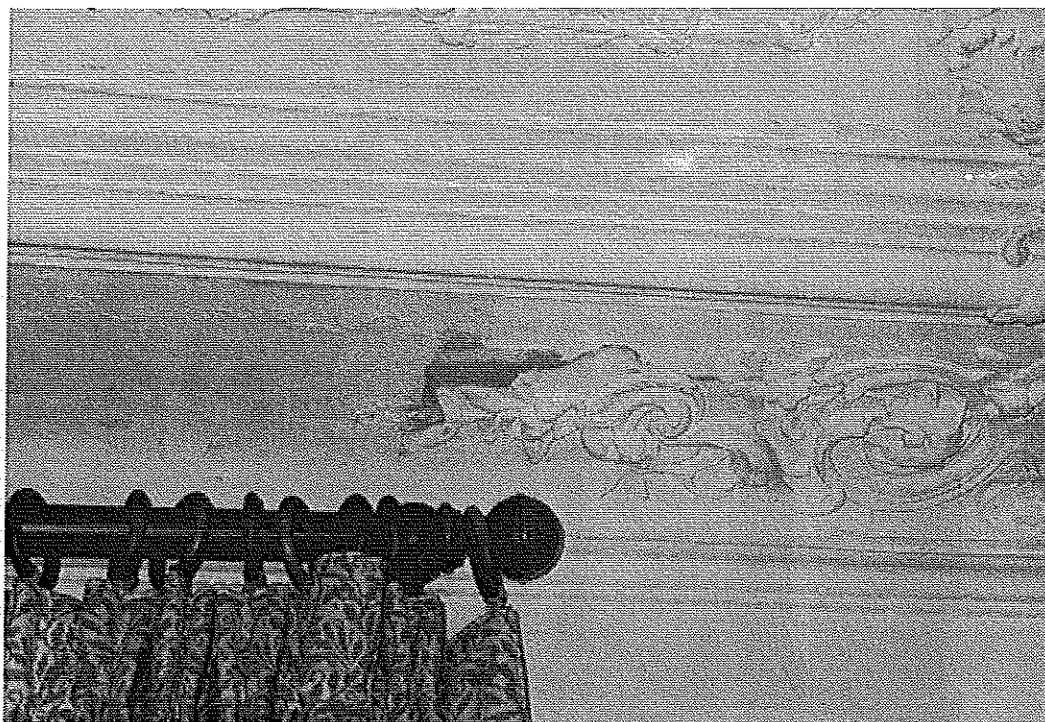


Photo 2 : Désordres en plafond de l'étage sous-jacent, fissures, traces d'humidité. © J. Putatti

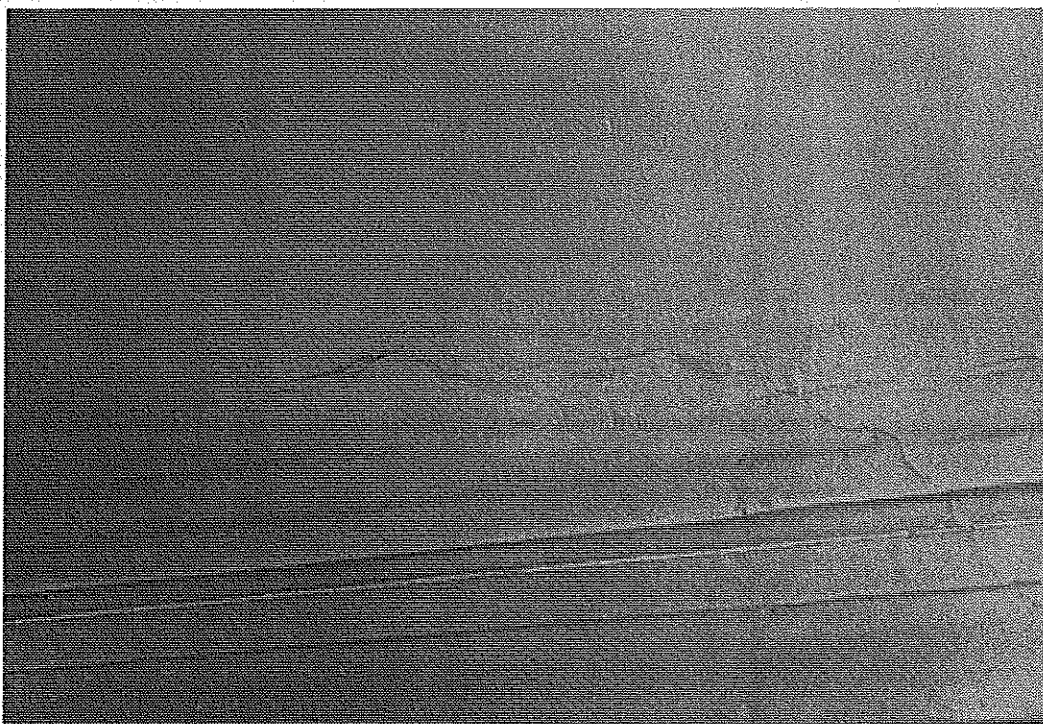


Photo 3 : Étage sous-jacent, fissure infiltrante en plafond (zone sous terrasse en retrait). © J. Putatti

CONSTATATIONS

Les constatations effectuées au cours de l'expertise ont concerné :

- les désordres signalés à l'étage sous-jacent (taches au plafond, fissures infiltrantes, taches sur moquette suite à des fuites de couleur brunâtre, etc.) ;

– les dispositions de l'étage terrasse, principalement au droit des portes-fenêtres donnant accès à la terrasse (cf. photos 4 à 10).



Photo 4 : Terrasse privative. Détail au droit d'une porte-fenêtre. © J. Putatti



Photo 5 : Détail angle inférieur porte-fenêtre. Présence d'eau stagnante : absence et insuffisance du rejingot. Tasseau à l'angle avec recouvrement des feuilles. © J. Putatti



Photo 6 : Autre cas de porte-fenêtre. Relevé de la feuille de plomb. Néanmoins traverse basse extérieure altérée par l'humidité. © J. Putatti



Photo 7 : Cas de porte-fenêtre présentant un seuil de hauteur insuffisante sans rejjingot. © J. Putatti

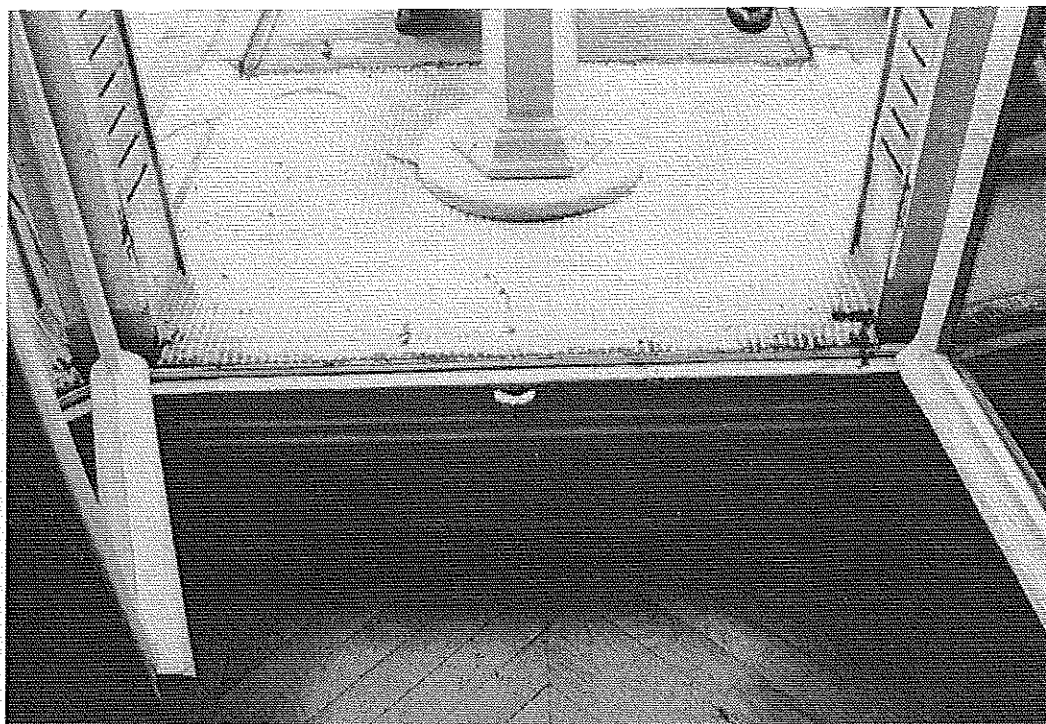


Photo 8 : Raccordement d'étanchéité par chape bitumée à autoprotection métallique au droit d'une porte-fenêtre. Insuffisance du rejingot. © J. Putatti

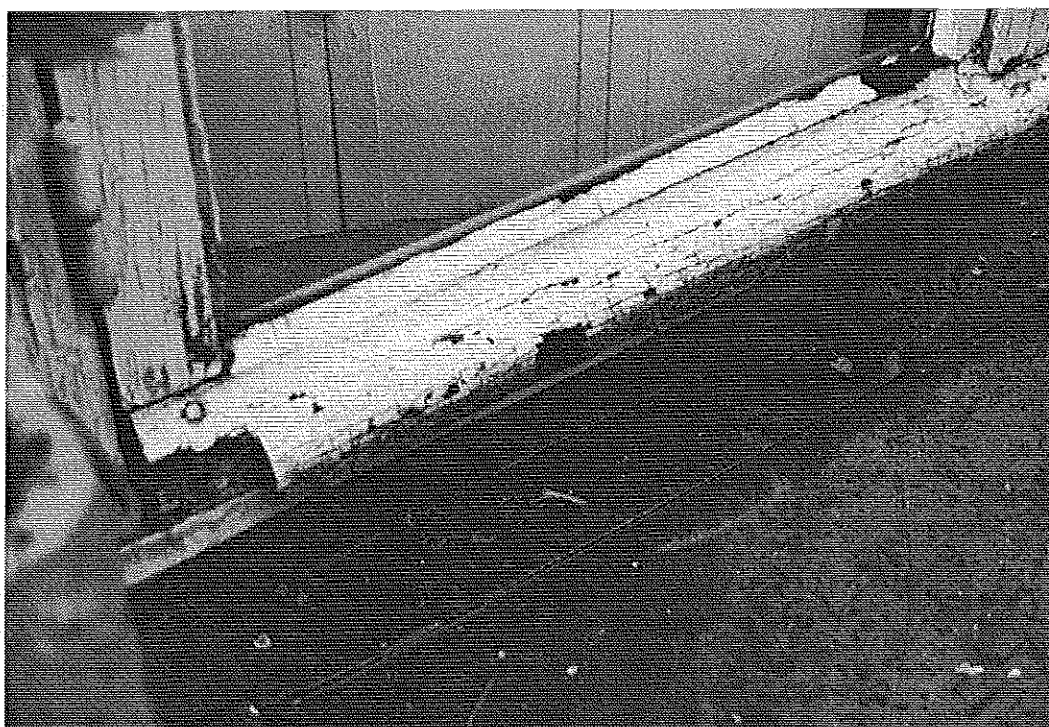


Photo 9 : Autre cas de seuil. Traverse basse (partie extérieure) en très mauvais état. Présence d'eau permanente. © J. Putatti



Photo 10 : Seuil de porte-fenêtre côté intérieur. Taches de couleur brunâtre correspondant à des pénétrations d'eau. Décollements de peinture. Présence d'une saignée pour mise en place d'une prise électrique nécessitant une saignée. © J. Putatti

Les constatations effectuées conduisent à considérer que les dispositions de la plupart des seuils de portes-fenêtres ne répondent pas aux règles de l'Art pour assurer l'étanchéité vis-à-vis des pénétrations d'eau en provenance de la terrasse privative.

Des stagnations d'eau sont quasi-permanentes ; les bâtis de menuiserie sont fortement altérés dans la zone inférieure (traverse basse).

INVESTIGATIONS (SONDAGES)

Les désordres apparents en plafond ne permettent pas de déterminer la nature et le type des éléments porteurs de l'étage en retrait, ni l'état de ces éléments.

Quelques sondages (*cf.* photos 11 à 13) révéleront que le plancher haut de l'étage sous-jacent initialement constitué d'éléments porteurs en bois avait dû, à une certaine époque, être renforcé par des poutrelles métalliques (*cf.* photo 11).

Les dispositions constatées au droit des portes-fenêtres nécessiteront également des sondages dans la façade de l'étage en retrait. Ces sondages révéleront l'existence d'un pan de bois constitué de poteaux verticaux et d'une longrine basse reportant les charges de l'étage en retrait (façade) sur des poutres perpendiculaires de l'étage sous-jacent (*cf.* photos 13 et 14).

L'ensemble des sondages sera pratiqué sur toute la longueur de la façade en retrait d'étage (*cf.* photos 12 à 15).

Le résultat de ces investigations confirmera les attaques des infiltrations en provenance des seuils de portes-fenêtres sur les éléments de la structure bois.

Dans certaines zones, ces attaques correspondront à la destruction complète d'éléments tels que la longrine basse.

L'ensemble des sondages pratiqués permettra de déterminer les dispositions de réparations qui correspondront :

- à la remise en état complète (renforcement-restructuration) de la façade de l'étage en retrait ;
- à la réfection de la terrasse (cf. Fiche Solution).



Photo 11 : Sondage pratiqué au droit d'un trumeau porteur de l'étage sous-jacent dans le plancher. Présence de poutrelles métalliques au droit d'une ancienne poutre bois. © J. Putatti

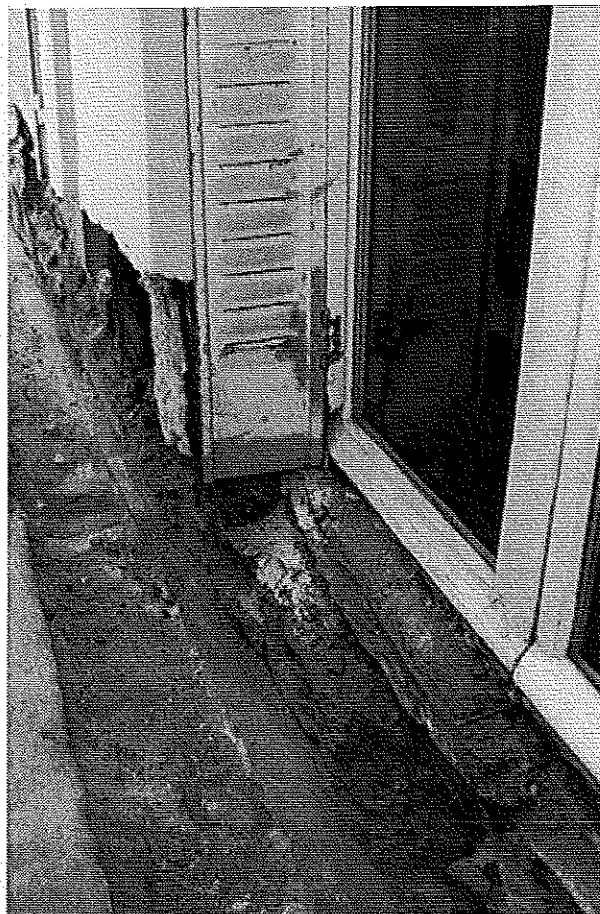


Photo 12 : Ensemble du sondage pratiqué à la base de l'étage en retrait. © J. Putatti



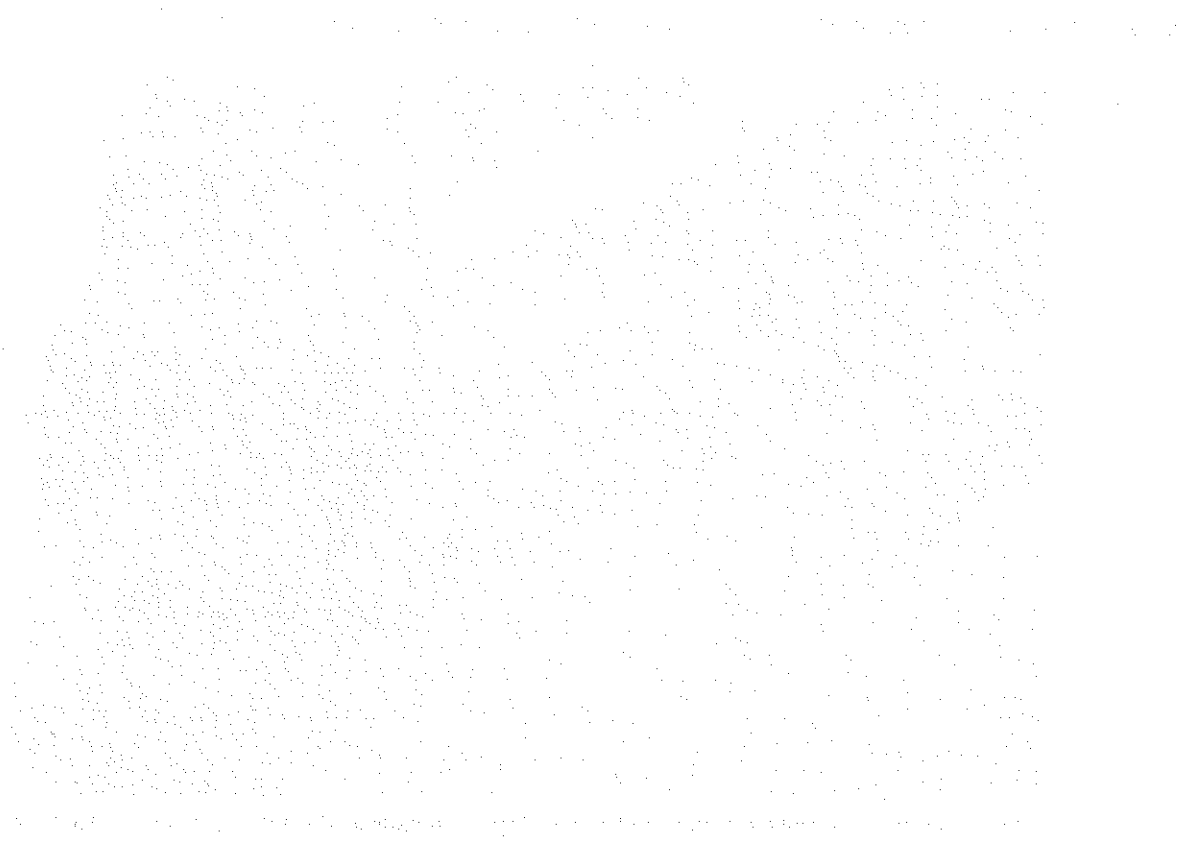
Photo 13 : Dégagement de la base du pan de bois. Altérations importantes de la structure bois.
© J. Putatti



Photo 14 : Zone de pan de bois particulièrement altérée par les attaques de l'humidité. © J. Putatti



Photo 15 : Zone particulière correspondant à la disparition partielle de la longrine basse. © J. Putatti





TERRASSE PRIVATIVE - ÉTAGE EN RETRAIT

Réparations après désordres ¹⁾

Le sinistre décrit sur la fiche désordre correspondante comprend :

1/ La restructuration complète de la façade en retrait d'étage (pan de bois) ainsi que les réparations intérieures des pièces attenantes de l'étage sous-jacent (plafonds).

2/ La réfection après dépose de l'ancienne installation de la terrasse en retrait d'étage selon la technique des couvertures en feuilles de plomb façonnées.

RESTRUCTURATION DU PAN DE BOIS DE LA FAÇADE EN RETRAIT

La cause essentielle des désordres correspond aux infiltrations au droit des seuils de portes-fenêtres, ceux-ci n'assurant pas la garde d'eau suffisante.

Les désordres¹⁾ concernent :

– la poutre longrine en bois filante au droit des seuils et assurant le transfert des charges des trumeaux d'étage aux poutres de reprise perpendiculaires à la façade de l'étage sous-jacent (cf. photos 1 et 2) ;

– le pan de bois constituant la structure porteuse des trumeaux de l'étage en retrait.

Selon les zones, les désordres sont plus ou moins importants. Certaines parties de la longrine filante sont complètement détruites par la pourriture des bois (cf. photos 3 à 5).

La restructuration du pan de bois a nécessité le *remplacement des portes-fenêtres* (bâtis fabriqués « sur mesures ») du fait du mauvais état des existants et de la situation non satisfaisante au niveau des seuils (absence de relevé et de rejingot) (cf. photo 6).

Cette opération permet de remonter le seuil afin de réaliser un raccordement correct avec l'étanchéité de la terrasse (cf. photos 7 et 8).

1) Cf. Fiche Désordre « Étanchéité réalisée par feuilles de plomb façonnées »..

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

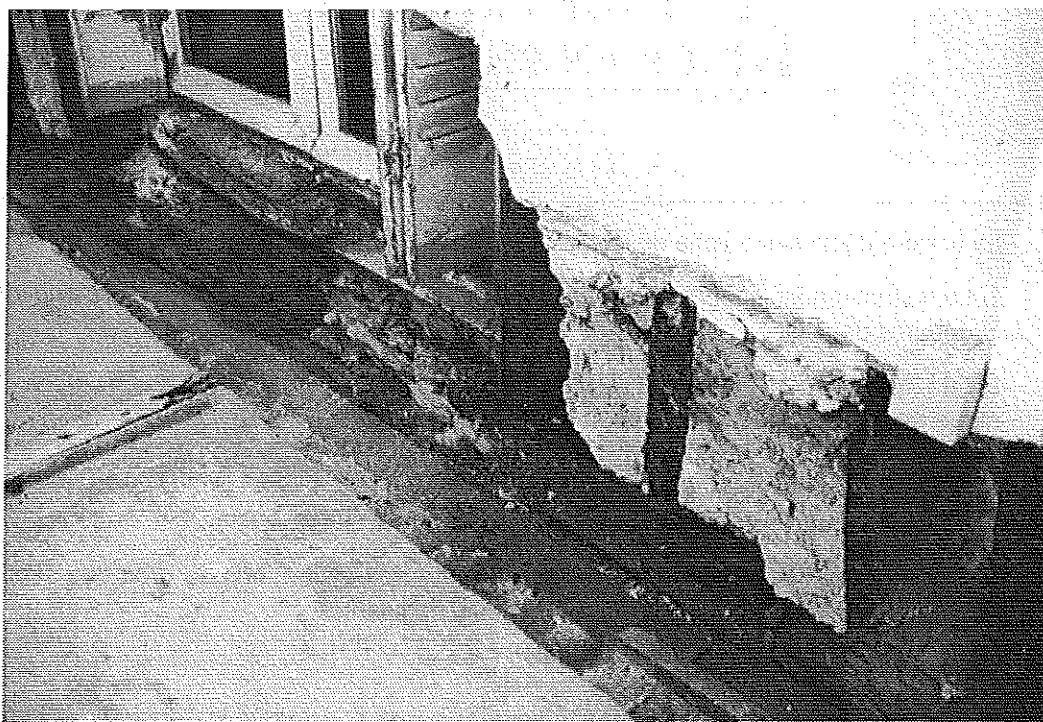


Photo 1 : Dégagement de la base de façade de l'étage en retrait :
 – au droit d'une porte-fenêtre (disparition de la poutre-longrine) ;
 – au droit d'un trumeau adjacent (altération avancée des poteaux du pan de bois). © J. Putatti



Photo 2 : Détail poteau de pan de bois en limite d'un trumeau. Destruction avancée de la base du poteau et de la longrine filante. © J. Putatti



Photo 3 : Détail zone correspondant à la destruction totale de la poutre-longrine. Trace de l'ancien seuil. Base du nouveau bâti de porte-fenêtre. © J. Putatti



Photo 4 : Zone de destruction partielle :
 – longrine fortement attaquée ;
 – pièce de seuil partiellement attaquée ;
 – poteau de pan de bois fortement attaqué à sa base. © J. Putatti

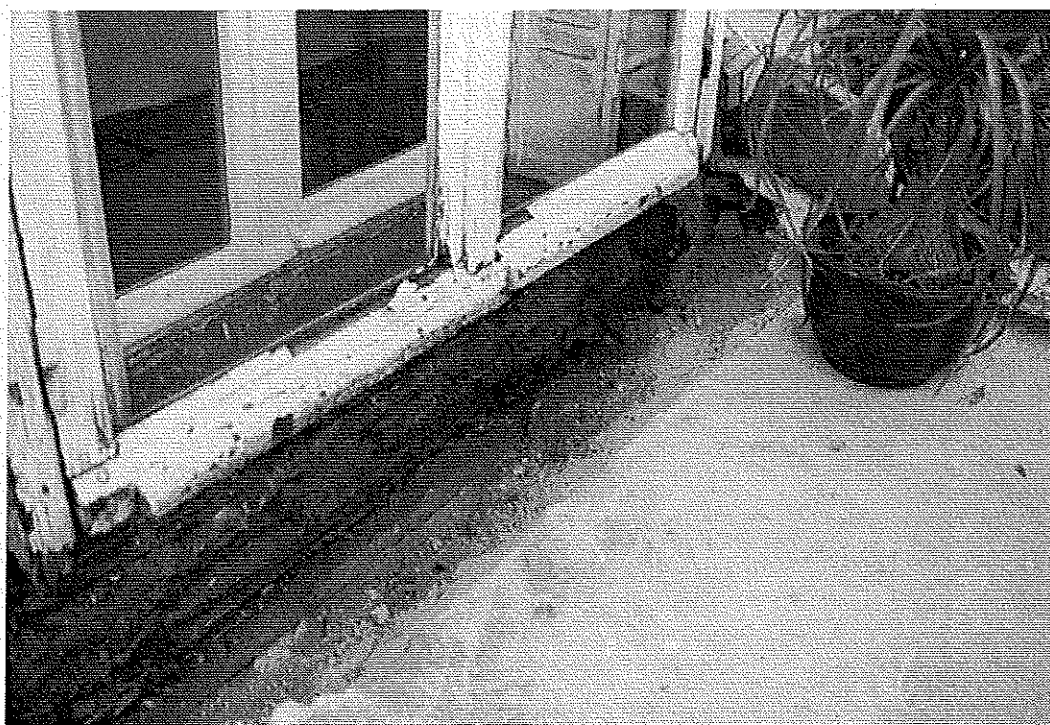


Photo 5 : Cas particulier d'une poutre-longrine basse dégagée (attaques peu profondes). Présence de l'ancien bâti de porte-fenêtre (traverse basse attachée). © J. Putatti

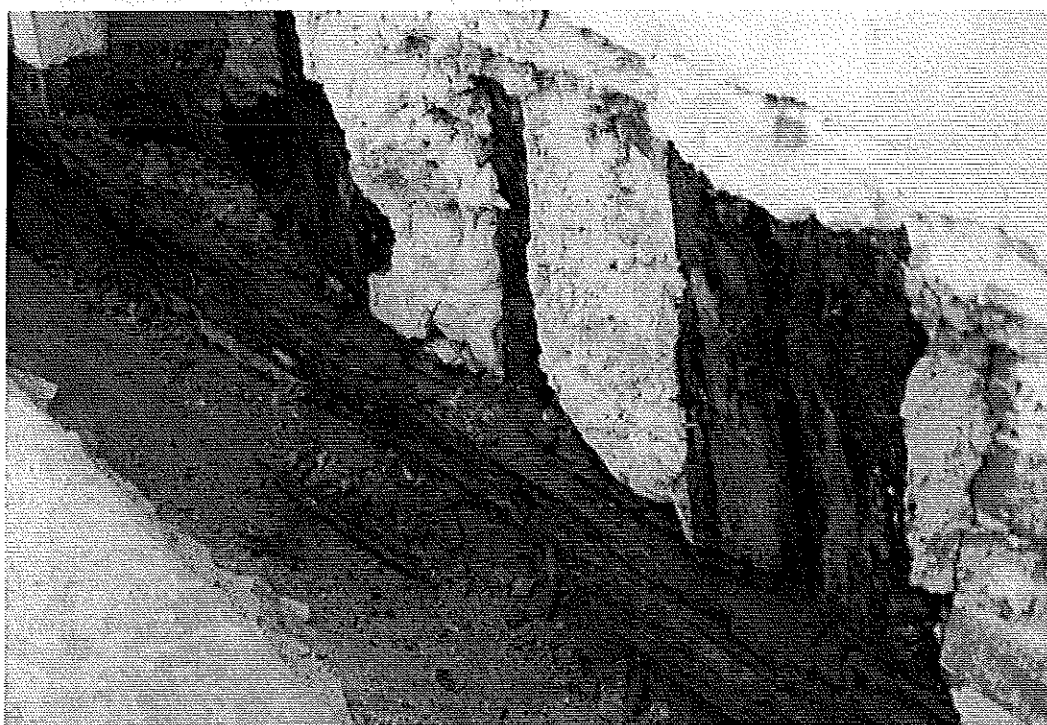


Photo 6 : Détail d'une zone de pan de bois dont la base (pieds de poteaux et longrine basse) a subi des attaques profondes. © J. Putatti



Photo 7 : Détail d'un seuil de porte-fenêtre fortement attaqué au niveau de la poutre-longrine (absence de rejingot et de relevé de la feuille de plomb). © J. Putatti



Photo 8 : Disposition d'un seuil après pose d'un bâti neuf de porte-fenêtre. Réserve d'un « jour » pour assurer le raccordement avec la partie extérieure du seuil et la terrasse. © J. Putatti

La restructuration du pan de bois a été entreprise ensuite en utilisant un procédé de reconstitution de la structure bois par une résine spéciale armée ¹⁾.

Le principe de ce procédé consiste :

- à dégager les parties à traiter ;
- à éliminer jusqu'au bois sain, les parties pourries ou vermoulues ;
- à effectuer dans la pièce de bois saine des trous faiblement inclinés ($\alpha \leq 20^\circ$) par rapport au fil du bois ;
- à mettre en place dans les trous des barres de polyester armées de fibres de verre pour reprendre les efforts de traction. L'adhérence entre les armatures et le bois sain est obtenue par injection de résines pures ;
- pour d'autres éléments porteurs (poteaux par exemple), à mettre en place un coffrage pour reconstituer la section et à couler un béton de résine époxydique de couleur bois si la pièce doit rester apparente (prise rapide en 24 heures).

Des mortiers de résine constitués d'éléments minéraux ou de poudre de bois peuvent être également utilisés (cf. photos 9 à 12).

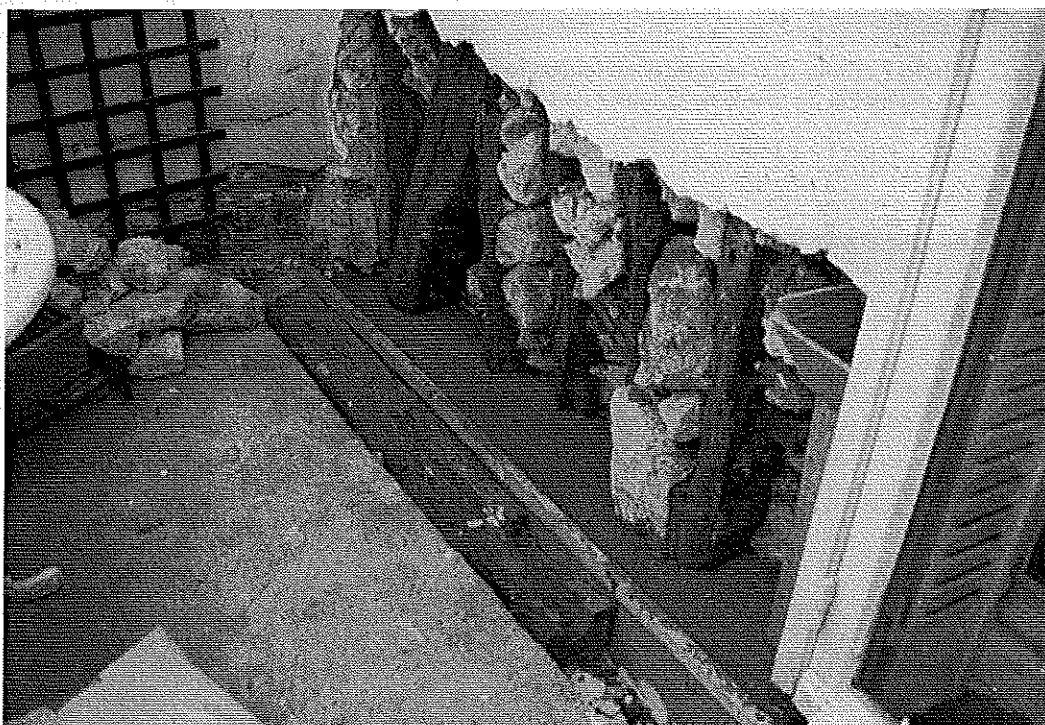


Photo 9 : Restructuration du pan de bois garniture remplissage entre éléments. Coulage d'un mortier de résine pour la longrine inférieure. © J. Putatti

1) Procédé Béta breveté. Application Renofors France.



Photo 10 : Reconstitution de la longrine basse par coulage d'un mortier de résine entre coffrage. Reconstitution des poteaux du pan de bois (partie inférieure) par mortier de résine coffré. © J. Putatti



Photo 11 : Détail de reconstitution d'un poteau de pan de bois.
© J. Putatti



Photo 12 : Reconstitution d'un trumeau porteur d'étage. Utilisation de coffrages pour coulage du mortier de résine. © J. Putatti

RÉFECTION DE LA TERRASSE

Après dépose de l'ancien revêtement en feuilles de plomb façonnées de la terrasse privative et reconstitution des supports de pose des feuilles, une nouvelle terrasse est mise en œuvre selon les prescriptions des règles de l'Art :

- règles professionnelles, Centre d'information du plomb (septembre 1976) ;
- DTU 40.46 (NF P 34-216-1) - Travaux de couverture en plomb sur support continu - Partie 1 : cahier des clauses techniques (septembre 1994) + Amendement A.1 (mai 1999) traitant de la réalisation des balcons (cf. photos 13 à 15).



Photo 13 : Aspect final de la façade d'étage en retrait après restructuration de la structure porteuse du pan de bois et réfection des enduits. Préparation des formes en plâtre pour pose des revêtements en feuilles de plomb. © J. Putatti

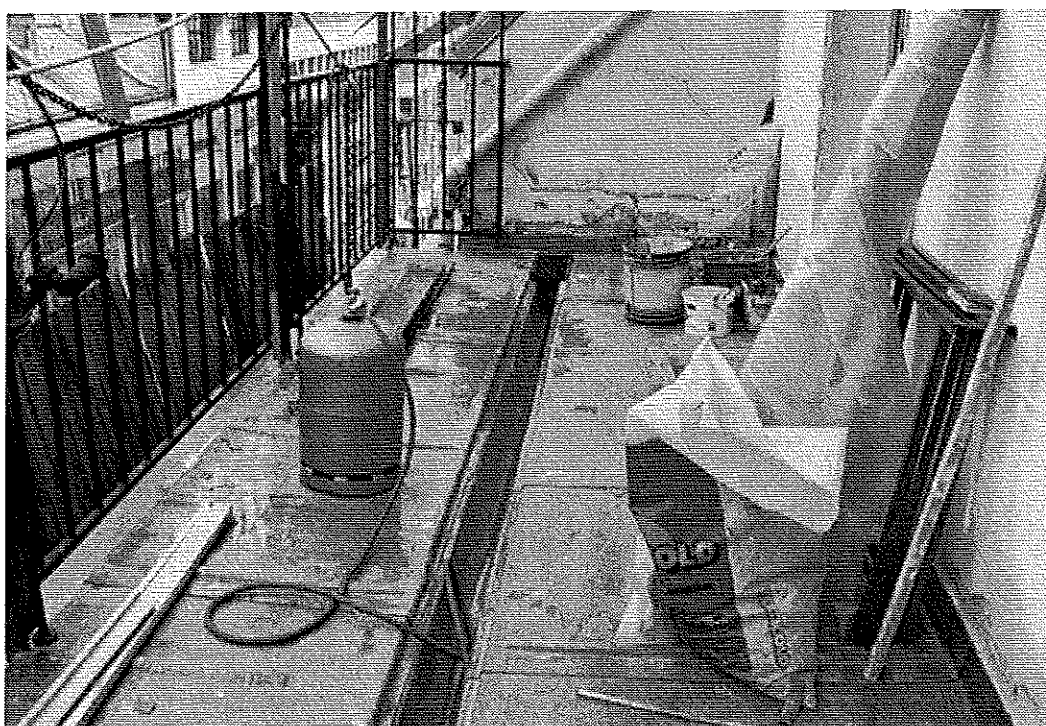


Photo 14 : Vue partielle réfection terrasse (rétablissement du caniveau). © J. Putatti



Photo 15 : Détail de réalisation au droit d'un seuil. © J. Putatti



Question/Réponse

TERRASSEMENTS

Blindages de fouilles et de tranchées

QUESTION

À partir de quelle profondeur doit-on blinder une fouille et quelles sont les précautions à prendre ?

RÉPONSE

1. Théorie

- Les terrains *pulvérulents* (sable) peuvent être terrassés sans blindage, à condition de prévoir des talus correspondant à un équilibre naturel.
- Les terrains *cohérents* (argile) peuvent être terrassés verticalement sans blindage jusqu'à une *profondeur critique* (ou hauteur critique) basée sur l'état d'équilibre actif (Rankine) admettant la rupture du massif par glissement selon le plan AB. Dans le cas général :

$$H_c = \frac{4C}{\gamma} \operatorname{Tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$$

avec

C = cohésion du sol (t/m^2),

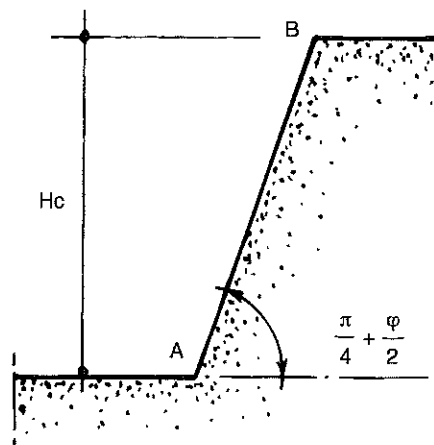
φ = angle de frottement ou cisaillement interne,

γ = poids volumique apparent du sol (T/m^3),

avec

$C = 0$ (sol purement cohérent)

$$H_c = \frac{4C}{\gamma}$$



2. Valeur pratique (d'après Caquot - Kerisel)

$$H_c = (2 + \pi) \frac{C}{\gamma} = 5,14 \frac{C}{\gamma}$$

(à comparer à la valeur précédente).

Exemple

$$C = 1 \text{ T/m}^2$$

$$\gamma = 1,8 \text{ T/m}^3 \rightarrow H_c = 2,85 \text{ m}$$

En réalité, la valeur de la cohésion est variable et peut tendre vers 0.

D'autre part, en phase chantier, des charges sur les bords de fouille peuvent provoquer l'effondrement de la tranchée.

3. Réglementation - sécurité des chantiers (décret du 8 janvier 1965, n° 65-48, Titre IV)

« Les fouilles en tranchée de plus de 1,30 m de profondeur et d'une largeur égale ou inférieure aux 2/3 de la profondeur doivent, lorsque les parois sont verticales ou sensiblement verticales, être *blindées* ou *étrépillonnées* ».

« Lorsque la fouille a plus de 1,30 m de profondeur, la fouille doit être entourée d'une plinthe de 0,15 m et une berme de 0,40 m de largeur doit être aménagée autour de la fouille ».

D'autre part, l'exécution d'un terrassement en fouilles blindées sous la nappe phréatique dans des sols peu cohérents est interdite, sauf si la nappe peut être rabattue de façon efficace à l'extérieur de la tranchée.

En cas de venues d'eau dans des sols moyennement cohérents, cette technique n'est utilisable que si l'entraînement des fines du sol peut être efficacement empêché.

Dans les sols très cohérents, lorsqu'il y a des venues d'eau au travers de fissures, un moyen de pompage efficace doit être installé en fond de fouille.



Question/Réponse

TERRASSEMENTS

Compactage (essais de...)

QUESTION

Quels sont les différents essais de compactage et leur application ?

RÉPONSE

Les 2 types courants d'essais de compactage utilisés sont les suivants.

1/ L'essai « Proctor Normal » : PN.

2/ L'essai « Proctor Modifié » : PM.

Ces essais diffèrent par l'énergie de compactage mise en œuvre.

1. Matériel utilisé

- Deux types de moules cylindriques

	Proctor	CBR ¹⁾
Hauteur	11,7 cm	15,2 cm
Diamètre	10,2 cm	15,2 cm
Poids de matériau à compacter	3 kg env.	6 kg env.
Pour éléments	$\varnothing < 5 \text{ mm}$	$\varnothing \leq 20 \text{ mm}$

- Matériel d'essais

	Proctor normal	Proctor modifié
Poids de la dame	2,49 kg	4,54 kg
Hauteur de chute	30,5 cm	45,7 cm
Nombre de coups		
– essai proctor	25	25
– essai CBR	55	55
Nombre de couches	3	5

2. Processus d'essai

- L'échantillon de sol est passé à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- Un 1^{er} essai est effectué avec une certaine quantité d'eau, en compactant dans un moule-type et avec une certaine énergie.
- Le moule est pesé.

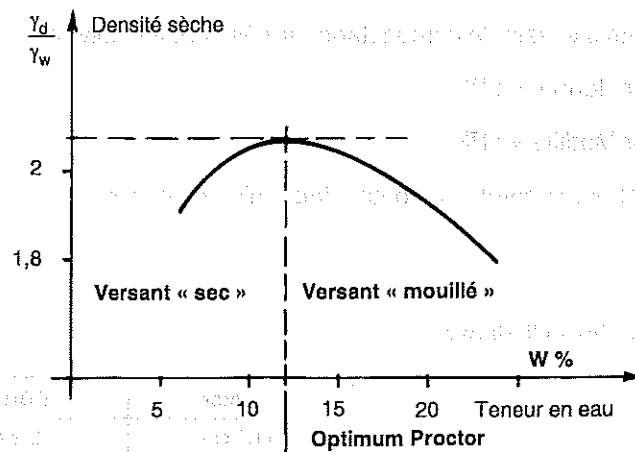
¹⁾ CBR : *Californian Bearing Ratio*.

- On détermine la teneur en eau ($W\%$) et le poids volumique sec γ_d , on obtient un premier point de la courbe par les coordonnées $\frac{\gamma_d}{\gamma_w}$ et W

γ_w étant le poids volumique de l'eau ($\approx 1,00$).

- On recommence avec d'autres valeurs de W pour avoir plusieurs points de la courbe (minimum 3 avec coordonnées assez distinctes).

3. Courbe théorique (de compactage)



4. Application

Les essais de compactage sont destinés à obtenir l'*optimum Proctor* qui correspond à la valeur de teneur en eau W_o qui réalise la densité maximale.

Note

La forme de la courbe de compactage dépend de la nature du terrain à compacter :

- courbe « pointue » pour une argile ;
- courbe « aplatie » pour un sable.



Question/Réponse

TERRE (MISE À LA....)

Logements anciens

QUESTION

Comment réaliser une prise de terre et le conducteur principal de terre dans un immeuble où cela n'a pas été prévu ?

C'est une obligation à l'heure actuelle, pour les propriétaires, de fournir dans chaque logement une borne reliée à une prise de terre, à laquelle les locataires doivent relier les appareils électroménagers.

RÉPONSE

Dans certains cas, il est possible d'enterrer des conducteurs horizontalement ou d'enfoncer des piquets dans les sous-sols ou les caves de l'immeuble, ou à proximité (cour, jardin, espace vert). Lorsque ce n'est pas possible, on utilise des « prises de terre de fait » : conduites métalliques d'eau privées ou piliers métalliques enterrés. Il est interdit d'utiliser une conduite de distribution publique.

1. Solution A : piquets ou conducteurs enfouis

Réalisation par l'un des moyens suivants :

- câble enterré ou cuivre nu, section $\geq 25 \text{ mm}^2$;
- câble acier galvanisé, section $\geq 95 \text{ mm}^2$;
- piquets en tube acier galvanisé, $\varnothing \geq 25 \text{ mm}$;
- piquets en cuivre ou acier recouvert de cuivre, $\varnothing \geq 15 \text{ mm}$.

2. Solution B : piliers métalliques enterrés

On peut utiliser un ensemble de piliers métalliques enterrés ou enrobés dans le béton, interconnectés par un câble de même section que celle exigée pour les prises de terre. Les connexions doivent être protégées de l'oxydation.

3. Solution C : conduites d'eau privées enterrées

Cette solution (cf. schéma 1) est possible aux conditions suivantes :

- s'assurer de la continuité électrique des conduites ;
- installer un tronçon isolant d'au moins 2 m, immédiatement en aval du compteur d'eau de l'immeuble.

4. Conducteur principal de terre

La conduite d'eau privée faisant colonne montante desservant chaque logement peut être utilisée comme conducteur principal de terre (cf. schéma 2). Elle est reliée électriquement à chaque logement par un conducteur électrique faisant « conducteur de protection » au niveau des logements.

Elle ne doit comporter aucun tronçon ou joint isolant le long de son trajet (mesurer la continuité électrique). Elle est reliée électriquement soit à une prise de terre créée spécialement soit à la conduite d'eau métallique privée formant prise de terre de fait, soit simultanément à l'une et à l'autre.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

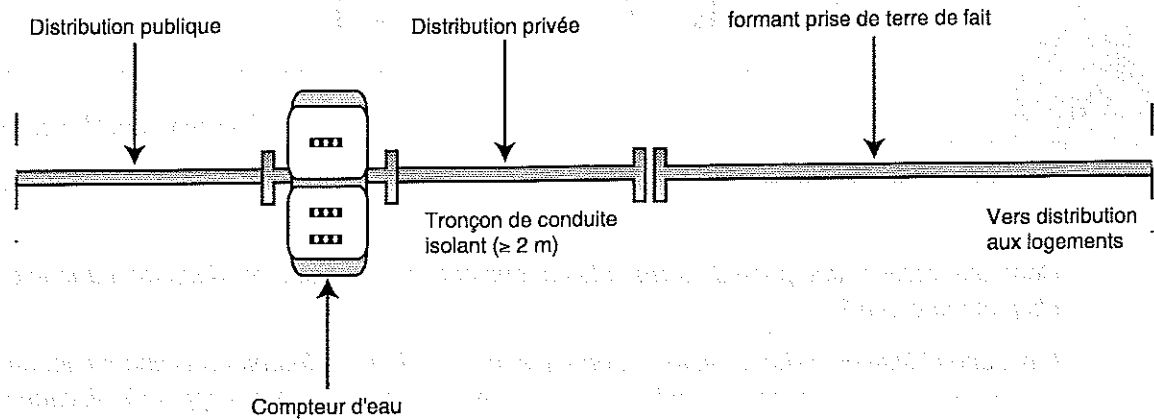
QR

ST

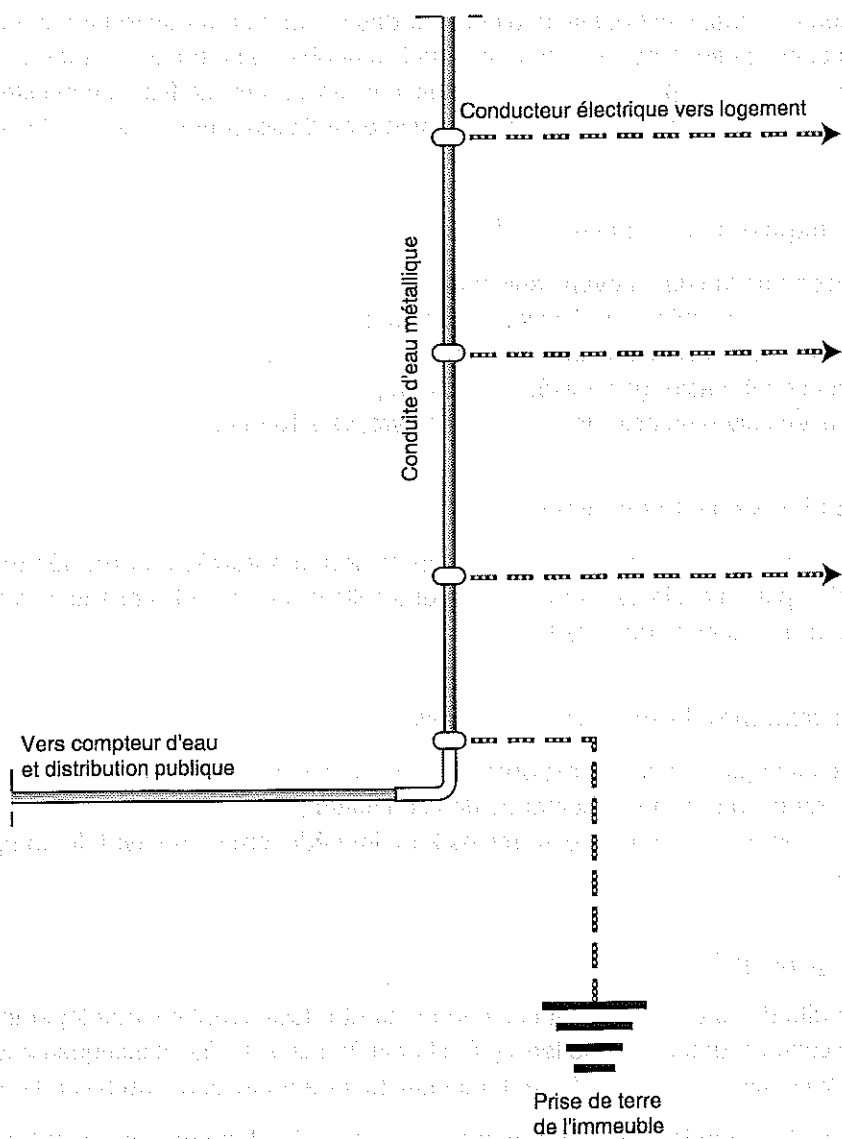
UV

WX

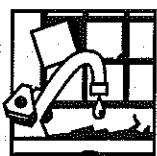
YZ



Utilisation d'une conduite d'eau privée enterrée comme prise de terre



Utilisation de la colonne montante d'eau comme conducteur de terre entre les logements et la prise de terre



Désordre

TERRE (MISE À LA...)

Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique

La masse d'un matériel électrique : armoire métallique, carcasse de machine, enveloppe d'appareil, etc., se trouve portée à un potentiel électrique perceptible au toucher (picotement) ou décelée par une mesure de tension entre cette masse et la terre.

Cette situation est accidentelle car, par construction, la masse d'un matériel électrique est totalement isolée des parties actives du même matériel ou des parties actives voisines. Cet isolement est réalisé soit par protection en matériau isolant, soit par éloignement suffisant des parties actives et des masses accessibles.

La situation peut être dangereuse, ou le devenir, et dans tous les cas la cause de cette montée anormale en potentiel doit être supprimée.

SITUATIONS POSSIBLES

Le défaut présente l'une des situations suivantes :

- le niveau de potentiel est faible, en dessous du seuil de déclenchement de l'appareil de protection concerné ;
- le niveau de potentiel est suffisant pour provoquer un déclenchement ou son signalement par un appareil spécifique ;
- le niveau de potentiel est élevé mais n'entraîne pas de déclenchement : il y a danger et nécessité d'intervenir sans délai dès la connaissance de l'anomalie.

DÉFINITIONS

La masse d'un matériel électrique est constituée des parties métalliques normalement isolées des parties actives, accessibles au toucher et pour lesquelles toutes précautions ont été prises pour interdire qu'un potentiel différent de zéro affecte durablement la masse de ces parties.

Les parties actives sont les conducteurs, bornes, barres et connexions normalement sous tension. Les conducteurs neutres sont également des parties actives, même si leur tension est nulle dans les conditions normales.

GÉNÉRATION ET DANGER D'UN DÉFAUT À LA TERRE

La masse des matériels électriques est, par construction, isolée de toute partie active d'une manière sûre et durable. Le potentiel des masses est par conséquent nul par rapport à la terre.

Par ailleurs, afin de minimiser les conséquences (dangereuses) d'un défaut d'isolement, dans une installation correctement réalisée, les masses sont reliées à la terre au moyen de conducteurs équipotentiels (de couleurs conventionnelles vert et jaune pour les identifier), à l'ensemble des prises de terre de l'installation.

Ces liaisons étant, par hypothèse, correctement réalisées, un défaut d'isolement portant une masse à un potentiel dangereux provoque le fonctionnement d'un appareil de protection dont le seuil de fonctionnement a été convenablement déterminé. Cet appareil est, suivant les cas, un déclencheur à courant différentiel-résiduel (DDR) ou un détecteur de surintensité. Se reporter à la fiche « Déclenchement subit » dans la rubrique « Électriques (installations) ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Cependant, pour des causes diverses : dégradation d'isolant ou introduction d'un corps étranger entre masse et partie active, la masse est accidentellement portée à un potentiel non nul.

Le défaut peut être important, générer un potentiel élevé et ne pas entraîner le déclenchement d'un appareil de protection ou son signallement par un « contrôleur permanent d'isolement ».

Dans ce dernier cas, il y a dysfonctionnement de l'appareil de contrôle ou de protection, ou liaison défectueuse entre masse et terre et il y a lieu d'intervenir rapidement.



Diagnostic

TERRE (MISE À LA...)

Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique

La fuite de potentiel qui affecte la masse incriminée a pour cause une défaillance ou une dégradation d'isolation d'une partie active à l'intérieur de l'appareil, de l'armoire ou de la machine. Ce peut être :

- une borne mal isolée ;
- un fil conducteur dénudé ;
- un corps conducteur étranger introduit accidentellement entre une partie active et la masse.

Il y a déclenchement ou il n'y a pas déclenchement du circuit qui alimente le matériel concerné. Dans tous les cas, le défaut doit être éliminé.

Si le courant de fuite est faible, dû à un isolement insuffisant par suite d'humidité, de vieillissement d'une gaine isolante, ou de l'interposition accidentelle d'un corps étranger entre la masse et la partie active, la recherche du défaut peut être entreprise sans interrompre l'installation, mais sans délai comme l'exige le décret du 14 novembre 1988.

INVESTIGATION

La recherche du défaut est conduite d'une manière systématique sur les circuits et appareils situés en aval de l'appareil de protection ou du contrôleur d'isolement soit par mesure :

- de la valeur d'isolement des appareils et circuits, à l'arrêt ;
- de la tension entre bornes et masses des appareils en service.

Seule la première méthode permet une évaluation sûre et précise. Elle se pratique généralement au départ du circuit immédiatement en aval de l'appareil de protection, ouvert pour mettre le circuit hors tension, puis de proche en proche jusqu'aux appareils et prises de courant alimentés par le circuit concerné.

NATURE DES DÉTECTEURS DE DÉFAUT À LA TERRE

Les dispositifs de protection contre les défauts à la terre ou le contrôleur d'isolement sont choisis, conformément aux règles de sécurité, en fonction du régime de liaison du point neutre à la terre (schémas normalisés type TT, TN ou IT, décret du 14 novembre 1988 et NF C 15-100).

Les dispositions sont les suivantes.

1. Schéma TT

L'emploi de dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR) est obligatoire. Le seuil de réglage des DDR est choisi entre 30 mA et 500 mA suivant les risques présentés par le milieu.

2. Schéma TN

Emploi de protections contre les surintensités dont le calibre de réglage est très soigneusement calculé en fonction du courant de fuite équivalent à un courant de court-circuit, conformément au schéma.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

3. Schéma IT

Installation obligatoire d'un contrôleur permanent d'isolement (CPI). Du fait de l'isolement volontaire du point neutre par rapport à la terre, un défaut d'isolement n'est pas détecté par DDR ni par surintensité. Mais dès l'avertissement donné par le CPI, le défaut doit être recherché et supprimé sans délai (décret du 14 novembre 1988), car un deuxième défaut produirait un court-circuit dangereux.

CAS DE LIAISON À LA TERRE DÉFAILLANTE OU INAPPROPRIÉE

Dans les cas où le défaut est important – au-dessus du seuil de fonctionnement de l'appareil de protection ou du contrôleur d'isolement – et qu'il ne se produit pas de déclenchement ou de signallement, il faut incriminer la mise à la terre de la masse concernée.

La vérification, par mesure de résistance ohmique, des liaisons équipotentielle, conducteurs de terre et prises de terre doit être effectuée. Ensuite, il y a lieu de vérifier par calcul que le courant de défaut entre masse considérée et prise de terre est bien supérieur au courant de réglage de l'appareil de protection.

EXPÉRIENCE VÉCUE

Sur le chantier important de construction d'un complexe sidérurgique, l'installation déclenchait d'une manière aléatoire et répétitive sur un défaut fugitif, indécélable aux recherches lorsque l'installation était à l'arrêt. Il s'agissait d'un défaut mettant fugitivement une masse en contact avec une partie active, d'après la signalisation donnée au tableau général.

C'est par l'observation que la localisation du défaut a été révélée : un technicien s'est aperçu au cours de ses investigations qu'en appuyant légèrement sur la porte de fermeture d'une cellule de disjoncteur, celui-ci déclenchait et le fameux « défaut de masse » recherché était signalé.

À l'examen complet de l'intérieur de la cellule, on s'est aperçu qu'une borne sur la face avant du disjoncteur était distante de quelques millimètres de cette porte fermée. Une faible vibration suffisait à mettre en contact la porte et la borne.

La solution a consisté à recouvrir la face interne de la porte d'un panneau en matière isolante.



TERRE (MISE À LA...)

Potentiel élevé sur la masse d'un matériel électrique

ÉLIMINATION DU DÉFAUT DE FUITE À LA TERRE

- 1/ Le défaut étant identifié à la suite du diagnostic, sa suppression, suivant les cas, consiste à :
- rétablir l'isolation à l'endroit de défaillance, ou remplacer le conducteur dont l'enveloppe est abîmée ;
 - renforcer l'isolation aux bornes ou connexions douteuses ;
 - augmenter la distance entre parties actives et masses.

2/ Parallèlement à la suppression du défaut, si la mesure de résistance de liaison à la terre a montré une insuffisance d'efficacité dans la continuité, il y a lieu de refaire les parties de liaisons, en doublant la section des conducteurs de terre ou en établissant des « liaisons équipotentielles supplémentaires » conformément à NF C 15-100 - § 413.1.2.2.

LIAISONS ÉQUIPOTENTIELLES SUPPLÉMENTAIRES

La règle est que soit provoquée la coupure automatique d'alimentation dès que la « tension de contact présumée » atteint 50 V en courant alternatif.

1. Définition

La tension de contact présumée est la tension susceptible de se produire entre des masses simultanément accessibles dans une installation.

Par un examen entre une mesure éventuelle, si une telle tension est susceptible d'exister entre deux masses voisines à la suite d'un défaut d'isolement affectant l'une de ces masses, on doit réaliser une liaison locale dite « liaison équipotentielle supplémentaire ».

2. Caractéristique d'une liaison équipotentielle supplémentaire

La règle NF C 15-100, § 413.1.6 est de s'assurer que la résistance R entre les masses considérées et simultanément accessibles, soit telle que :

$$R \leq \frac{50}{I_s}$$

dans laquelle I_s est le courant de fonctionnement du dispositif de protection considéré.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Exercice 1



On considère un circuit électrique dont le schéma est donné ci-dessous.

Le générateur est un générateur idéal de tension \mathcal{E} .

Le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.

On note R la résistance équivalente du circuit.

On note \mathcal{P} la puissance dissipée par le circuit.

On suppose que le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.

On note \mathcal{P} la puissance dissipée par le circuit.

On suppose que le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.

On note \mathcal{P} la puissance dissipée par le circuit.

On suppose que le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.

On suppose que le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.

On suppose que le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.

On suppose que le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.

On note \mathcal{P} la puissance dissipée par le circuit.

On suppose que le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . On suppose que le courant est positif.



TERRE (MISE À LA...)

Valeurs des mises à la terre des masses d'installation

La mise à la terre des masses est assurée par une prise de terre constituée d'un élément conducteur en contact intime avec le sol afin d'assurer une liaison électrique efficace avec celui-ci, et des conducteurs de protection.

PRINCIPE

Le rôle de la prise de terre est d'éviter qu'une masse d'appareil électrique mise accidentellement au potentiel d'une phase subsiste et constitue un danger pour les personnes. Plus la résistance de prise de terre est faible, meilleure est la protection.

Les conducteurs de protection assurant la liaison entre les masses d'appareils et la prise de terre doivent également présenter la plus faible résistance.

La valeur maximale admise pour la résistance de l'ensemble de ces liaisons dépend du mode de liaison du point neutre à la terre à l'origine de l'installation, donc du type de schéma normalisé au niveau de la fourniture d'énergie (généralement le point neutre du transformateur).

SCHÉMA TT

Le point neutre de la source est relié directement à la terre (schéma ci-contre), les masses de l'installation également et la protection est assurée par un dispositif à courant différentiel résiduel, conformément à la NF C 15-100, article 413.1.4.

La valeur de prise de terre des masses est : $R_m \leq \frac{U_i}{I_{\Delta n}}$

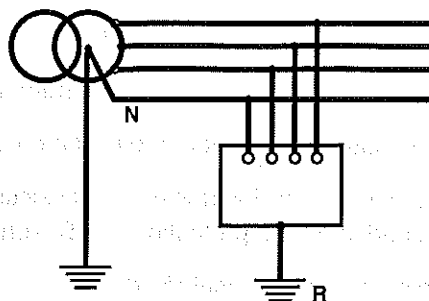
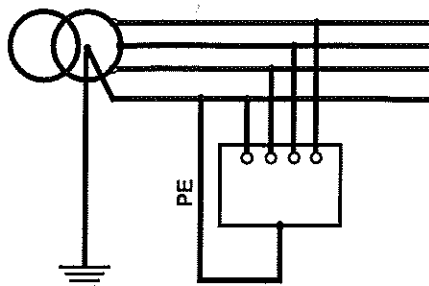


SCHÉMA TN

Le point neutre de la source est relié directement par un conducteur appelé conventionnellement PE aux masses de l'installation (schéma ci-contre). La protection est assurée par les dispositifs de surintensité convenablement calibrés, conformément à la NF C 15-100, article 413.1.3.

C'est la résistance du conducteur de protection entre la masse considérée et la connection au point neutre de livraison qui est à prendre en compte. Cette valeur doit être : $R_{pe} \leq \frac{50}{U_0} Z_s$



AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

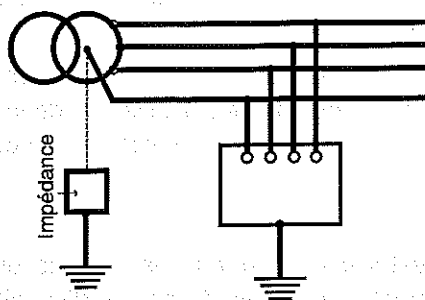
Pour le calcul et la vérification (mesure de contrôle) cette valeur est assurée entre le tableau de distribution et le point de connexion du conducteur de protection à la livraison équipotentielle principale.

Schéma IT

Le point neutre de la source est volontairement isolé par rapport à la terre, où il lui est relié par l'intermédiaire d'une impédance élevée (schéma ci-contre). Un appareil de mesure d'isolement signale un défaut d'isolement et les appareils de protection habituels assurent le déclenchement automatique en cas d'un deuxième défaut, si le premier n'est pas éliminé, conformément à la NF C 15-100, article 413.1.5.

La valeur de résistance de la boucle constituée par le conducteur de phase et le conducteur de protection du circuit est (dans le cas général où le conducteur neutre est distribué) :

$$Z_s \leq \frac{U_0}{2I_a}$$



Définition des grandeurs exprimées dans les formules

- R_m = résistance de mise à la terre des masses.
- U_L = tension limite conventionnelle (tableau ci-dessous).
- $I_{\Delta n}$ = courant de fonctionnement du dispositif à courant différentiel-résiduel.
- U_0 = tension nominale entre phase et terre (valeur efficace en courant alternatif).
- R_{pe} = résistance du conducteur de protection (mesurée ou calculée) entre le tableau de distribution et le point de connexion du conducteur de protection à la liaison équipotentielle principale.
- Z_s = impédance de la boucle de défaut constituée du conducteur de phase et du conducteur de protection du circuit.

Valeurs de U_L en fonction du milieu environnant

- Locaux secs (logements, magasins) : $U_L = 50 \text{ V}$.
- Locaux humides et ateliers : $U_L = 25 \text{ V}$.
- Locaux mouillés et très conducteurs : $U_L = 12 \text{ V}$.

Codification des influences dues à la présence d'eau (NF C 15-100, art. 321.4)

Code	Classification	Caractéristiques
AD1	Négligeable	Environnements dans lesquels la possibilité de présence d'eau est négligeable
AD2	Chute de gouttes d'eau	Environnements pouvant être soumis à des chutes verticales de gouttes d'eau
AD3	Aspersion d'eau	Environnements pouvant être soumis à de l'eau tombant en pluie dans une direction faisant avec la verticale un angle au plus égal à 60°
AD4	Projections d'eau	Environnements pouvant être soumis à des projections d'eau dans toutes les directions
AD5	Jets d'eau	Environnements pouvant être soumis à des jets d'eau sous pression dans toutes les directions
AD6	Paquets d'eau	Environnements pouvant être soumis à des vagues d'eau
AD7	Immersion	Environnements pouvant être partiellement ou totalement recouverts d'eau
AD8	Submersion	Environnements pouvant être totalement recouverts d'eau de façon permanente

Codification des influences dues à la présence de poussières et de petits corps solides (NF C 15-100, art. 321.5)

Code	Classification	Caractéristiques
AE1	Négligeables	Aucune quantité appréciable de poussière ou de corps étranger n'existe
AE2	Petits objets	Présence de corps solides dont la plus petite dimension est au moins égale à 2,5 mm
AE3	Très petits objets	Présence de corps solides dont la plus petite dimension est au moins égale à 1 mm
AE4	Poussière	Présence de poussière en quantité appréciable de façon permanente

Codification des contraintes mécaniques : chocs (NF C 15-100, art. 321.7)

Code	Classification	Caractéristiques
AG1	Faibles	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 0,225 joule
AG2	Moyens	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 2 joules
AG3	Importants	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 6 joules
AG4	Très importants	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 20 joules

ATTRIBUTION DU DEGRÉ DE PROTECTION « IP »

Le degré de protection s'appelle indice IP.

Il est représenté par un ensemble de trois chiffres correspondant chacun au niveau de risque évalué suivant la codification ci-dessus. Ces trois chiffres sont donnés dans l'ordre suivant :

- le premier chiffre indique le degré de protection contre l'influence « poussières et corps solides » ;
- le deuxième chiffre indique le degré de protection contre l'influence « présence d'eau » ;
- le troisième chiffre indique le degré de protection contre l'influence « choc mécanique ».

Le tableau ci-après donne (d'après la norme UTE C 20-010) le degré IP de l'enveloppe des matériels électriques satisfaisant au degré de risque évalué pour les trois influences conditionnées.

Codification du risque			
Degré IP	1 ^{er} chiffre	2 ^e chiffre	3 ^e chiffre
0	AE1	AD1	AG1
1	AE1	AD2	AG1
2	AE1	AD2	
3	AE2	AD3	AG1
4	AE3	AD4	
5	AE4	AD5	AG2
6	AE5	AD6	
7	AE5	AD7	AG3
8		AD8	
9			AG4

Exemples

Un appareil dont l'indice IP (indiqué par le fournisseur) est 547 signifie que sa protection contre les agents extérieurs est la suivante :

- protégé contre la pénétration des poussières du niveau AE4 (indice 5) ;
- protégé contre les projections d'eau, niveau AD4 (indice 4) ;
- protégé contre le risque de chocs mécaniques importants, de niveau AG3 (indice 7).

Un coffret devant être installé dans un local dans lequel les risques sont évalués ainsi : AE2/AD1/AG1 fort, doit posséder l'indice IP 303.



TOITURES

Utilisation de membranes synthétiques ¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

La toiture d'un bâtiment est constituée d'éléments plans (terrasses inclinées) et d'éléments cylindriques (cf. photo 1).

L'étanchéité de cette toiture est réalisée par une membrane (monocouche) synthétique en PVC de couleur blanche.

Le raccordement des feuilles (lés) s'effectue par soudure à l'air chaud. La membrane est posée sur un isolant fixé mécaniquement à la structure porteuse.

Elle est également fixée mécaniquement à cette structure porteuse.

La toiture comporte également des parties plates. Pour ces zones, la pose de la membrane est libre par rapport au support, la stabilité au vent est assurée par une protection lourde meuble (cf. photo 2).

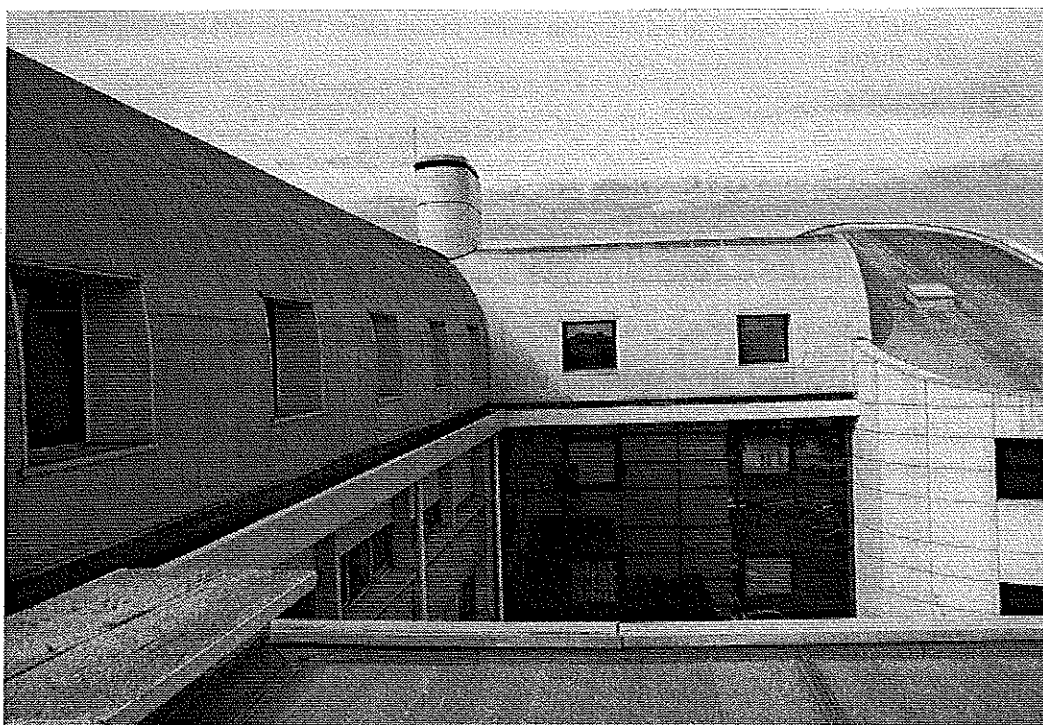


Photo 1 : Vue partielle de la toiture (zone plate inclinée, zones cylindriques). © J. Putatti

1) Cas concret rencontré en expertise (bâtiment situé en vallée du Rhône à l'aval de zones industrielles et en bordure d'autoroute).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

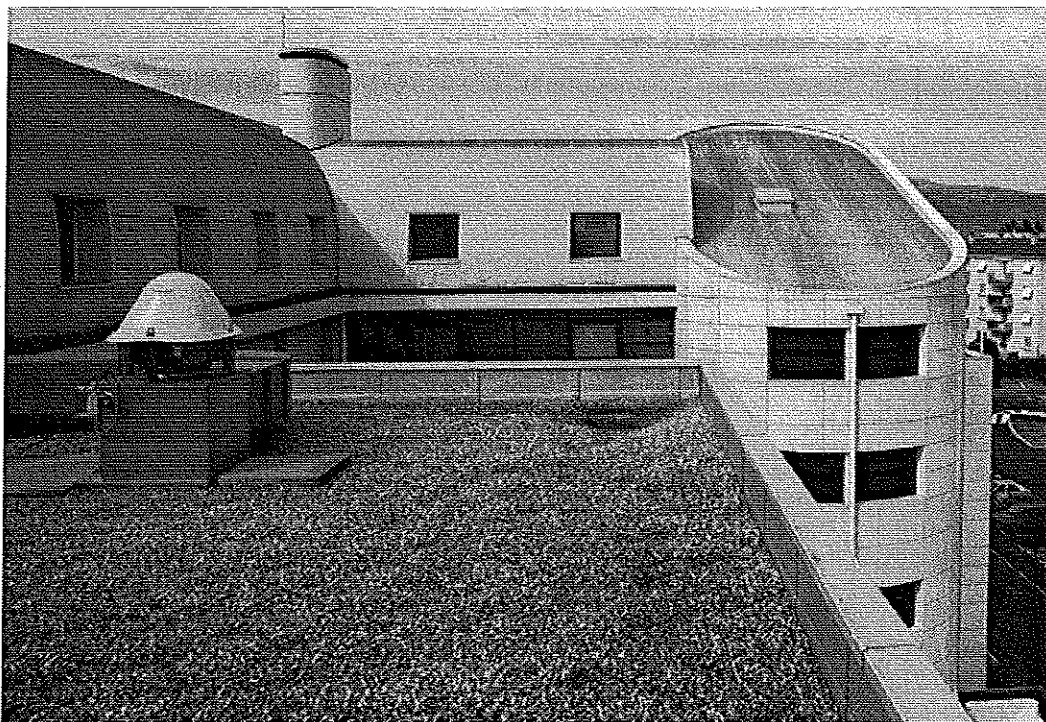


Photo 2 : Autre vue de la toiture, zone avant : toiture plate. Protection-lestage par gravillons libres.
© J. Putatti

DESCRIPTION DES DÉSDORDRES ¹⁾

Les désordres consistent essentiellement en *salissures* sous forme de traînées brunâtres correspondant au ruissellement de l'eau de pluie sur les surfaces apparentes :

- toiture inclinée (cf. photos 1 à 4) ;
- dessus des surfaces cylindriques (cf. photos 4 et 5) ;
- retombées verticales de ces surfaces (cf. photos 5 et 6) avec marquage des jonctions horizontales des lés.

1) Les désordres sont apparus assez rapidement après la mise en service du bâtiment.

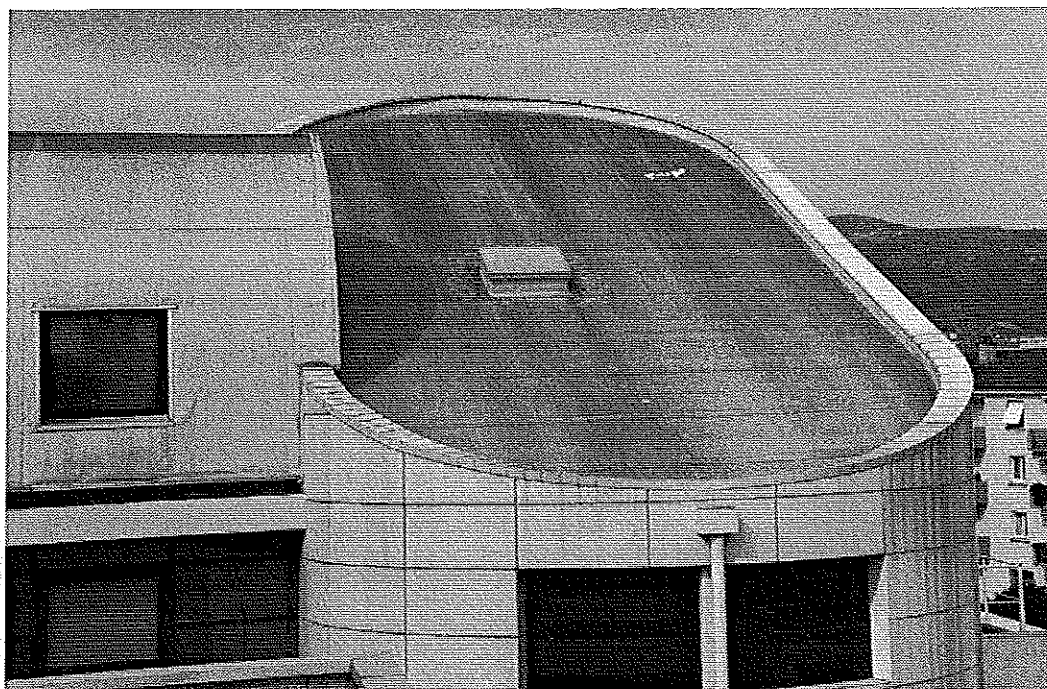


Photo 3 : Détail terrasse inclinée. Les jonctions de lés sont marquées par les salissures. Les traînées sont plus importantes en partie haute. © J. Putatti

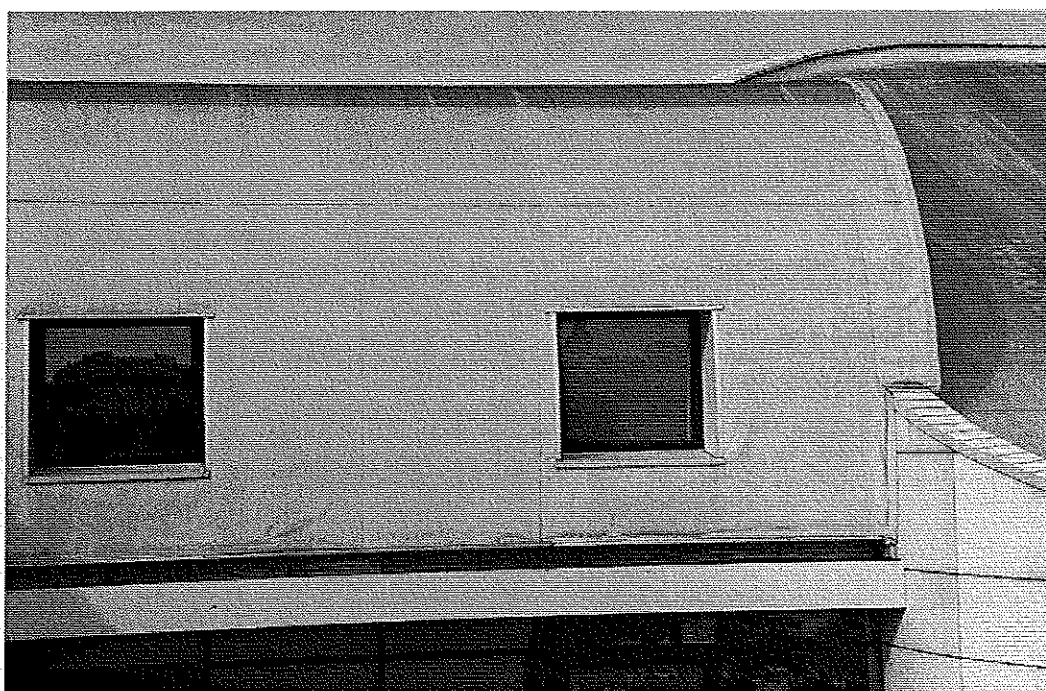


Photo 4 : Zone de terrasse inclinée, zone cylindrique. Noter l'arrêt délimité de la zone supérieure affectée par les salissures et du reste de la surface seulement affectée par des plis de la membrane (zone abritée des vents ou nettoyée ?). © J. Putatti

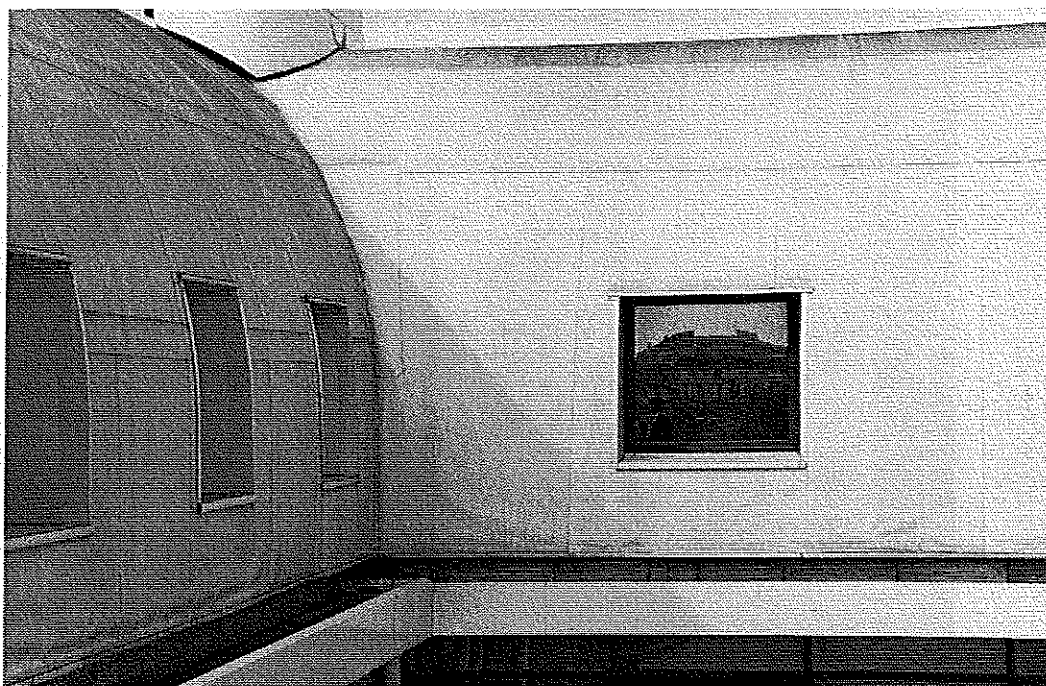


Photo 5 : Zone de jonction de surfaces cylindriques. © J. Putatti

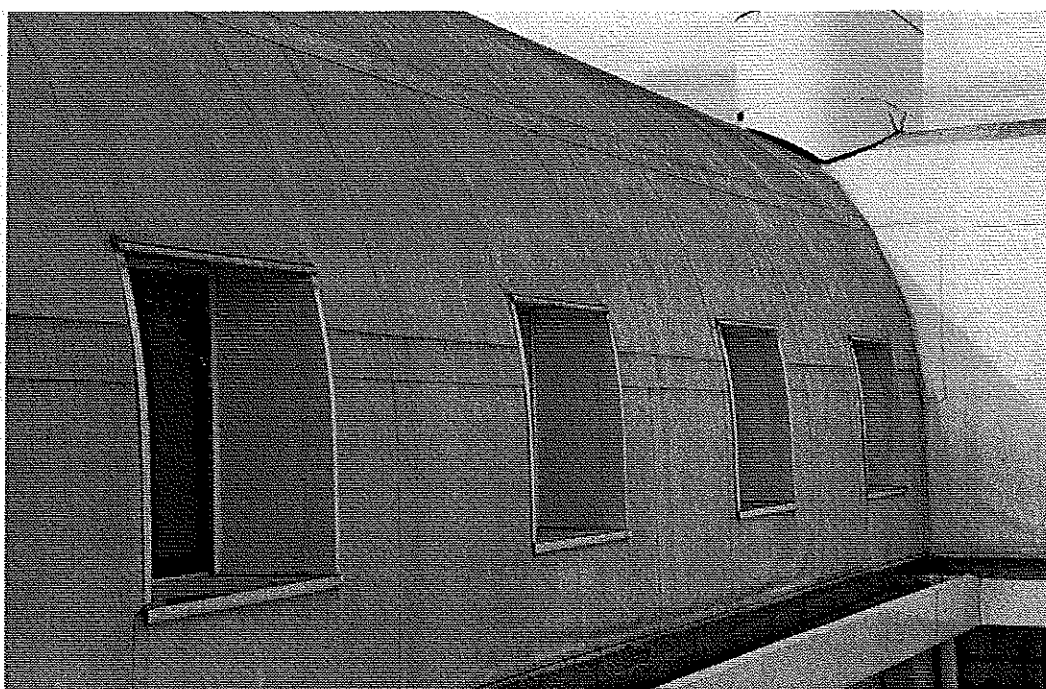


Photo 6 : Traînée verticales sur les retombées des surfaces cylindriques. Marquage des jonctions horizontales des lés. Noter les plis à la base du cylindre. © J. Putatti

Les salissures affectant la membrane synthétique (PVC) concernent surtout les parties supérieures et les retombées.

La surface de la membrane « accroche » les poussières atmosphériques grasses.

L'efficacité du ruissellement naturel est faible pour entraîner celles-ci.

D'autre part, les jonctions horizontales des lés dont l'étanchéité est confirmée lors de la pose de la membrane par un cordon de colle « accrochent » les particules atmosphériques (cf. photo 7). Les jonctions verticales sont également marquées.



Photo 7 : Détail de la surface des retombées verticales. Jonctions des lés. La colle de confirmation des liaisons présente des coulures saillantes qui accrochent les salissures. © J. Putatti

CAUSES DE DÉSORDRES

La cause principale des désordres décrits ci-dessus résulte du choix d'un système de couverture inadapté dans une zone industrielle (au voisinage de celle-ci en amont) à forte pollution atmosphérique.

Le « lessivage » naturel des poussières grasses déposées est inefficace.

La surface de la membrane n'est pas suffisamment lisse et toutes ses aspérités fixent les poussières « grasses ».

Ceci résulte de la fabrication des feuilles PVC. Celles-ci sont obtenues par calandrage à chaud de feuilles plus minces avec intercalage d'une armature en fibres de verre assurant sa stabilité dimensionnelle.

Les rouleaux de la calandre n'ont pas une surface lisse pour assurer la continuité de la fabrication.

La surface présente donc des micro-défauts qui accrochent les poussières. D'autre part, les zones d'assemblage des lés (cf. photo 7) créent des défauts de surface complémentaires.

(Cf. Fiche Solution concernant ce désordre).

Il est à noter que les données relatives aux ventes de membranes synthétiques sont très faibles, ce qui explique la faible représentativité des données. Les données relatives aux ventes de membranes synthétiques sont donc à interpréter avec précaution.



Source : Statistique Canada, Recensement des ventes de membranes synthétiques, 1995-2000.

Annexes

Les données relatives aux ventes de membranes synthétiques sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données sont exprimées en millions de dollars.

Les données relatives aux ventes de membranes synthétiques sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données sont exprimées en millions de dollars.

Les données relatives aux ventes de membranes synthétiques sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données sont exprimées en millions de dollars.

Les données relatives aux ventes de membranes synthétiques sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les données sont exprimées en millions de dollars.

Source : Statistique Canada, Recensement des ventes de membranes synthétiques, 1995-2000.



TOITURES

Utilisation de membranes synthétiques

Dans l'exemple de désordre décrit dans la fiche correspondante, le premier remède tenté a consisté à procéder à des essais de nettoyage à l'eau sous pression.

D'autres essais de nettoyage avec les agents détersifs furent ensuite tentés notamment lors de la visite d'expertise (cf. photos 1 et 2).



Photo 1 : Essai localisé de nettoyage à l'aide de produits détersifs.
© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail de la zone d'essai. © J. Putatti

L'efficacité des opérations tentées est très relative et ne permet pas d'obtenir une surface uniformément nettoyée.

D'autre part, la cause étant la pollution atmosphérique (usines, trafic autoroutier) ne pouvant être supprimée, les désordres vont continuer à s'accroître dans les zones non traitées ou reprendre dans les zones nettoyées, l'état de surface ne permettant pas un « lavage » atmosphérique suffisant.

Le remède proposé résulte de l'examen du dossier initial soumis à l'entreprise chargée du lot « couverture ».

Ces travaux devaient être réalisés selon le descriptif établi par l'architecte par des éléments métalliques cintrés (tôles nervurées) en aluminium laqué.

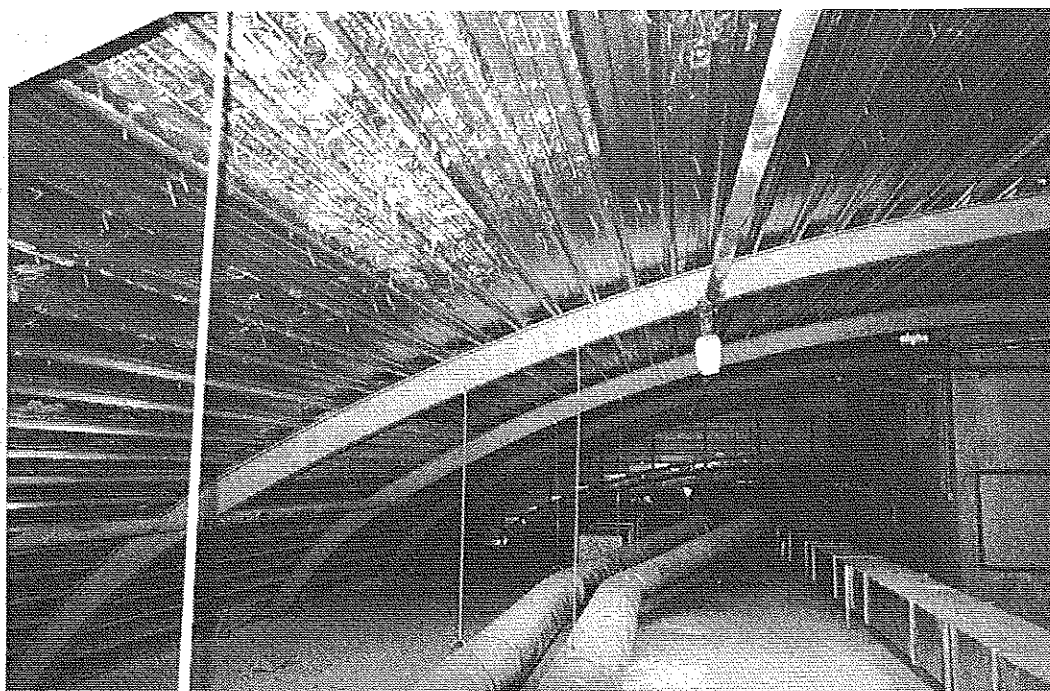


Photo 3 : Vue intérieure de la partie supérieure du comble (zone cintrée à courbure cylindrique). Support inférieur de la couche isolante et de la membrane réalisé par une TAN. © J. Putatti

En fait, la *conception initiale* correspondait aux dispositions suivantes (cf. photo 3) :

- structure porteuse par ossature métallique acier (arcs cintrés transversaux) ;
- isolant laine minérale (panneaux) fixé mécaniquement sur une TAN (tôle d'acier nervurée) ;
- peau de surface disposée perpendiculairement aux TAN et composée d'éléments nervurés pré-cintrés fixés mécaniquement sur la TAN en aluminium laqué blanc, cintrés selon la courbure du toit (cf. Fig. 1).

- ① Plancher BA intermédiaire
- ② Structure porteuse transversale arcs métalliques acier
- ③ TAN cintrée (nervures horizontales)
- ④ Isolant laine minérale
- ⑤ Fixations mécaniques / TAN
- ⑥ Tôle nervurée aluminium laquée blanc cintrée, fixée mécaniquement sur la TAN

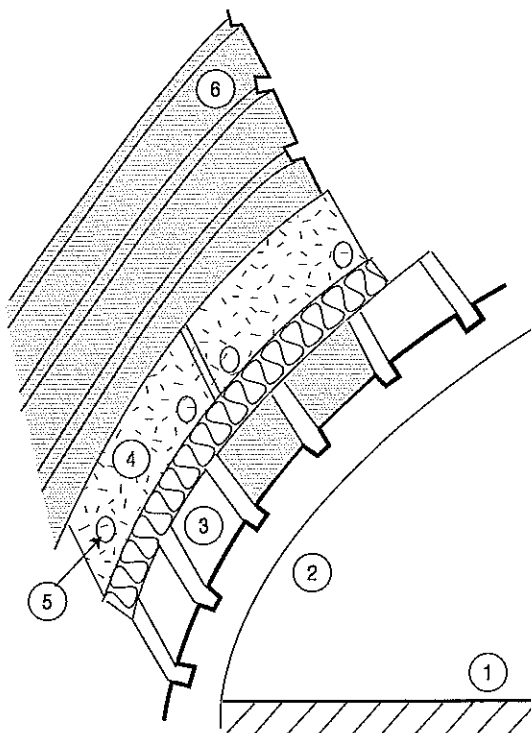


Fig. 1 : Coupe en perspective.

La réalisation a été faite sur une variante proposée par l'entreprise de couverture consistant à remplacer les éléments cintrés en aluminium laqué par une membrane synthétique en PVC de couleur blanche.

En fait, cette entreprise proposait de remplacer un ouvrage de couverture à trames croisées par un ouvrage d'étanchéité (technique étanchéité) réalisé à partir d'une membrane monocouche en PVC armé.

Sans préjuger des avantages (probables) présentés par la solution réalisée sur le plan du coût, il apparaît que certains éléments de comparaison auraient dû être pris en compte.

Les désordres se situant en apparence sur un plan esthétique (salissures apparaissant rapidement après la réalisation) et ne développant pas d'autres éléments pathologiques (fuites, infiltrations, etc.), il n'y a pas « impropriété de l'ouvrage à sa destination » (élément pouvant être pris en compte au niveau de l'assurance).

Toutefois, compte tenu du préjudice occasionné à l'ouvrage (importante clinique chirurgicale), par le défaut d'aspect et de comportement d'un ouvrage de clos et couvert intervenant en période de garantie décennale, un litige est survenu entre les intervenants de l'acte de construire au niveau de la prise en charge de la solution de reprise.



TOITURE INDUSTRIELLE

Effondrement sous charge d'eau

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Bâtiment de 90 m × 40 m environ avec une toiture présentant un seul versant (pente 1,5 %), constitué de bacs nervurés en acier galvanisé reposant sur 3 appuis (pannes) avec isolant et étanchéité multicouches à autoprotection minérale.

Structure porteuse réalisée à partir d'un procédé industrialisé préfabriqué comprenant des poteaux béton armé implantés tous les 20 m environ dans le sens transversal, et de 10 m environ dans le sens longitudinal, des poutres en béton précontraint de 20 m de portée recevant des pannes préfabriquées en béton précontraint de 10 m de portée espacées de 5,50 m.

L'évacuation des eaux pluviales s'effectue par 7 déversoirs au travers de l'acrotère en bas de pente. La largeur de ces déversoirs est de 0,40 m. Ils se déversent dans des boîtes à eau devant chacun des poteaux intermédiaires, à l'extérieur des façades.

LE SINISTRE

Un violent orage de juillet provoque un important sinistre par effondrement d'environ 120 m² de couverture sous le poids de l'eau et de la grêle accumulées.

L'ensemble du bâtiment est recouvert d'une lame d'eau de 25 mm soit 90 m³ environ. Les dommages sont très importants (matériel écrasé, inondation, etc.).

CAUSES DU SINISTRE

La structure est vérifiée et ne révèle pas de faute relative à la solidité des éléments constitutifs.

En ce qui concerne l'évacuation des eaux pluviales, la conception et les prescriptions des ouvrages d'évacuation mentionnées dans le DTU 43.3 (édition juillet 1979) applicable, aucune justification n'était nécessaire. Seules les entrées d'eau à axe vertical étaient prévues dans ce texte DTU.

Les déversoirs de longueur limitée au travers d'acrotères n'étaient prévus que comme ouvrages complémentaires, intervenant le cas échéant comme trop-plein.

Dans le cas présenté, le dimensionnement des ouvrages d'évacuation EP par uniquement des déversoirs doit résulter d'une étude hydraulique particulière à partir du débit maximum de la pluie de 3 l/m²/minute fixé par la norme.

En l'absence de prescriptions particulières mentionnées dans le DTU 43.3, le recours aux formules classiques d'hydraulique était nécessaire.

Or, les déversoirs mis en place (soit 7) devaient évacuer 25 l/sec. environ et présentaient une longueur de 0,40 m, ce qui a conduit à une accumulation dans la zone basse de la couverture, provoquant une charge anormale et l'effondrement des bacs aciers des pannes et poutres de structure.

Un *dimensionnement correct* aurait conduit à une largeur de 1,40 m environ, soit 3,5 fois plus, les 7 déversoirs prévus à l'origine passant à 25. La hauteur de la lame d'eau d'évacuation était limitée à 0,04 m.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Remarques

La révision du DTU 43.3 (édition juin 1995) et son application au cas ci-dessus aurait permis d'éviter ce sinistre grave qui a nécessité la reconstruction partielle du bâtiment.

Le DTU de juillet 1979 considérait que les déversoirs servaient de trop-plein et non d'évacuations principales.

Le nouveau DTU prévoit :

- une hauteur minimale de déversoirs de 0,10 m ;
- de déterminer par un calcul simple le nombre et la section des évacuations.

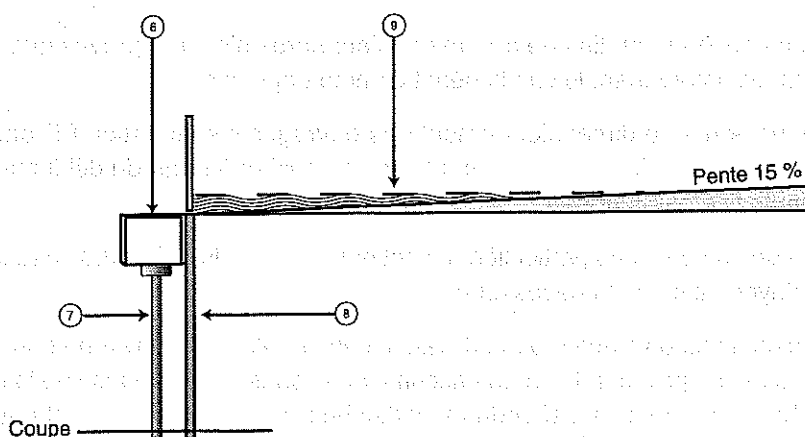
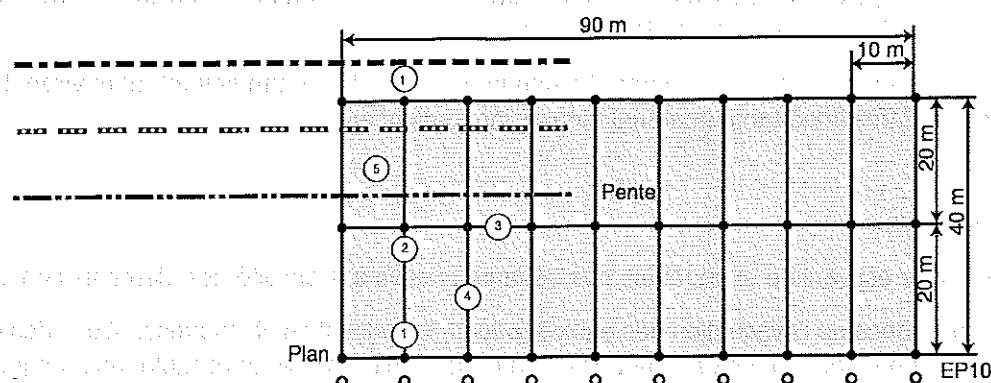
Dans le cas présent, le nombre de déversoirs à prévoir est de 10 en les plaçant au droit de chaque poteau de façade (cf. schéma).

Chaque évacuation intéresse environ 350 à 360 m² de toiture en projection horizontale.

Le DTU 43.3 demande, pour évacuer l'eau reçue par 5 m² de couverture, une largeur de 1 cm, d'où une longueur totale de l'ordre de 700 cm ou 7,00 m (contre $7 \times 0,40 = 2,80$ m prévus), soit 0,70 m par déversoir.

L'insuffisance de section d'évacuation était flagrante ainsi que l'absence d'étude.

L'eau accumulée en noue de rive ne pouvait s'évacuer normalement et, du fait de la faible pente (1,5 %) du versant, s'est répartie en bas de versant sur une épaisseur trop forte pour la charge admissible pour le bac acier.



- ① Poteaux rive façade
- ② Poteaux file intermédiaire
- ③ Poutre centrale
- ④ Poutres transversantes
- ⑤ Pannes intermédiaires (support des bacs)

- ⑥ Déversoir (fente)
- ⑦ Boîte à eau
- ⑧ Descente EP
- ⑨ Accumulation de l'eau



TOITURE-TERRASSE

Accès aux installations techniques

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Sur une terrasse plate différentes installations techniques sont situées aux deux extrémités (machinerie d'ascenseur et ventilateur sur un côté, sorties de ventilation d'un parking en sous-sol sur l'autre) (cf. photo 1). L'accès à ces installations se fait par des chemins de dalles à partir d'un escalier extérieur circulaire. Les dalles en béton de gravillon lavé (dimensions 0,50 x 0,50 m) sont posées jointives (cf. photo 2).



Photo 1 : Installations techniques (machinerie, ascenseur, ventilateurs). © J. Putatti



Photo 2 : Autre installation (sorties de ventilation), accès par chemin de dalle, stagnations d'eau. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le cheminement réalisé de façon continue ne permet pas l'évacuation de l'eau :

- dans la zone d'arrivée de l'accès (cf. photo 3) ;
- dans la zone opposée (sortie ventilation parking sous-sol) (cf. photo 4).



Photo 3 : Zone d'accès. Début de cheminement par dalle. Dispositif d'évacuation EP. © J. Putatti

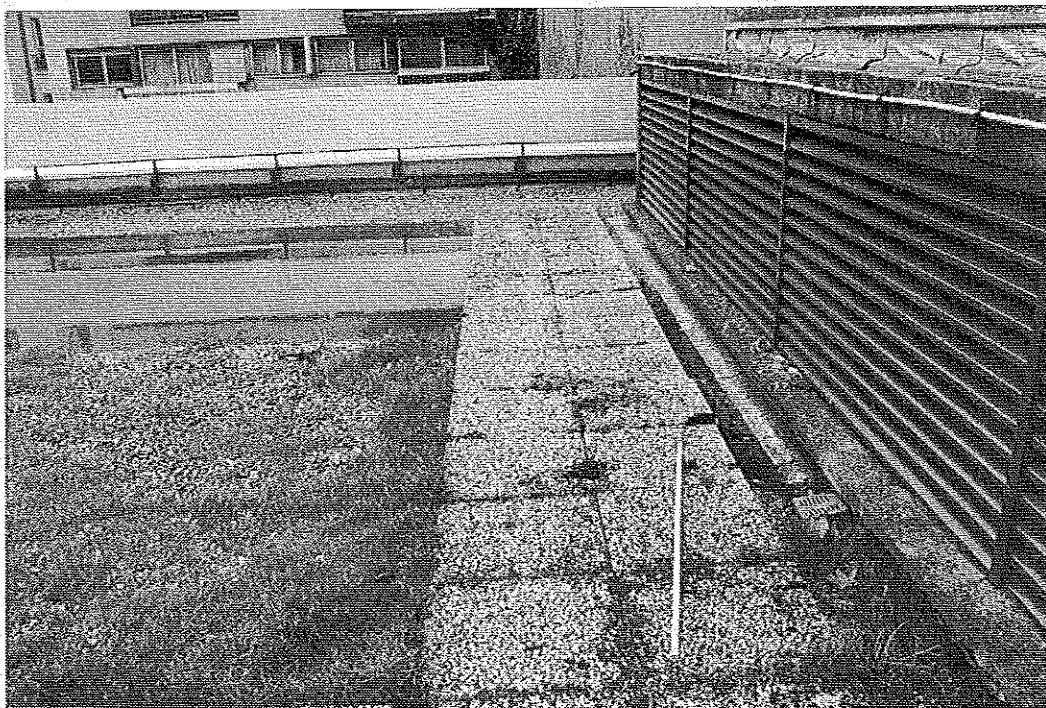


Photo 4 : Zone opposée (sortie ventilation parking). Dispositif d'évacuation EP bloqué en limite.
© J. Putatti

Les dalles posées jointives dans les deux sens (longueur-largeur) ne permettent pas la circulation de l'eau dans la protection lourde meuble (gravillons) mise en place sur la zone restante.

La végétation (herbes diverses) prospère dans les zones voisines où l'eau stagne du fait qu'elle ne peut atteindre les points d'évacuation EP (cf. photo 5).



Photo 5 : Développement de végétation en bordure du chemin de dalles. © J. Putatti

Certaines tiges particulièrement agressives par leurs racines parviendront à percer l'étanchéité sous-jacente.

Dans la zone opposée (ventilation haute des parkings en sous-sol), la dépose des dalles en cours d'expertise révélera une cloque du revêtement d'étanchéité, de forte importance (cf. photos 6 et 7).

La rupture de celle-ci entraînera la reprise complète de la toiture et une nouvelle organisation des protections lourdes et plus particulièrement celle des chemins d'accès.

La formation de la cloque résulte de la pénétration de l'eau à travers le revêtement au droit du chemin de dalles et à une pression de vapeur non compensée par le poids de la protection, lors d'une période très chaude de l'été.



Photo 6 : Formation d'une cloque très importante après dépose des chemins de dalle et du gravillon de protection meuble. © J. Putatti

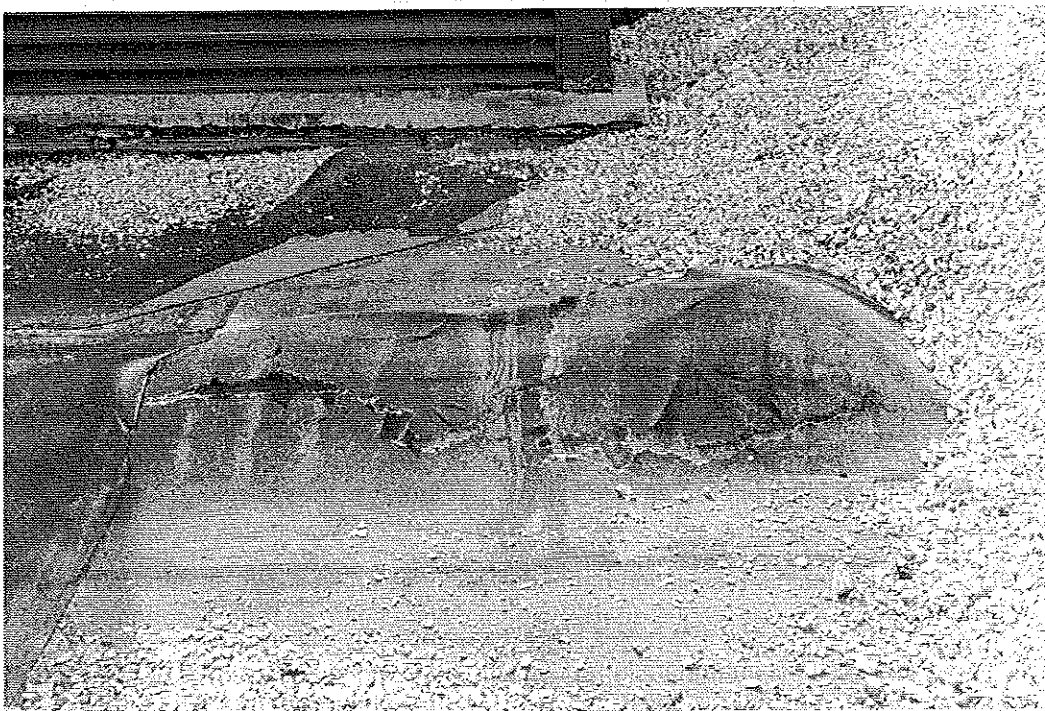


Photo 7 : Détail de la cloque. Gonflement et rupture du revêtement d'étanchéité. © J. Putatti

L'intensité de la pression de vapeur a provoqué ce développement de cloquage et la rupture du revêtement.

Le DTU 43.1 (édition actuelle ¹⁾) mentionne pour les protections des toitures-terrasses techniques (ou à zones techniques) que les dalles préfabriquées en béton sont posées sur une couche de désolidarisation :

- lit de sable, épaisseur 0,03 à 0,04 m ;
- ou non tissé synthétique imputrescible de 350 g/m² minimum ou équivalent.

Une figure annexée au texte mentionne que les joints entre dalles sont des joints secs, c'est-à-dire non garnis (cf. Fig. 1).

Compte tenu de la possibilité de dilatation de ces dalles, la bonne règle correspond à un joint d'épaisseur non nulle.

Le principe semble-t-il oublié par le texte DTU est celui de la *libre circulation de l'eau* à travers la protection lourde, d'autant que la pente nulle est admise et que toute stagnation d'eau est préjudiciable à une bonne conservation du revêtement d'étanchéité.

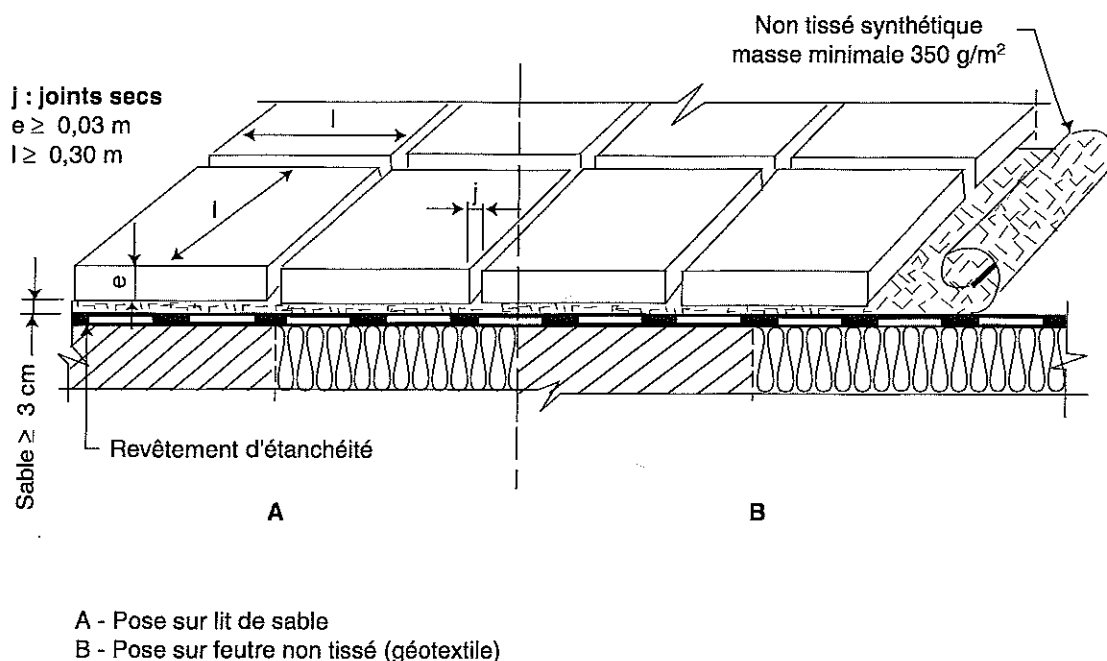


Fig. 1 : Protection par dalles béton (d'après DTU 43.1).

¹⁾ Octobre 1981 + modificatif juillet 1990 (texte en révision).



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Acrotères hauts en béton armé

QUESTION

Quels sont les avantages et les inconvénients des acrotères hauts (structure béton armé) ?

RÉPONSE

Rappel

(Cf. DTU 20.12, art. 7.2.2)

Par définition, un acrotère haut en béton armé correspond à une hauteur prise au-dessus de la face supérieure de la protection de l'étanchéité supérieure à 0,30 m. Ce type d'acrotère présente peu d'avantages comparés au nombre d'inconvénients ou d'interdictions.

Avantages

Le seul avantage en climat de plaine correspond à l'utilisation de l'acrotère comme garde-corps (terrasses accessibles). Dans ce cas, sa hauteur est de l'ordre de 1,00 m pour des raisons de sécurité (cf. norme NF P 01-012)

Cet avantage disparaît en climat de montagne où l'enneigement sur les toitures-terrasses dépasse souvent 1,00 m, notamment en stations d'altitude.

Inconvénients

• 1^{er} cas : Acrotères hauts en béton armé (sur toute leur hauteur)

Ce type d'acrotère n'est admis :

- que s'il surmonte des murs de façade en béton banché ou à ossature en béton armé ;
- ou s'il est isolé thermiquement sur les deux faces (fig. 1).

Les acrotères hauts sont composés :

- d'une partie basse continue dont le ferrailage minimal est défini comme pour les acrotères bas (fig. 2 et 3) ;
- d'une partie supérieure fractionnée au-dessus du bandeau limitant le relevé d'étanchéité.

Le fractionnement intéresse toute l'épaisseur de cette partie supérieure. Ce fractionnement correspond aux dispositions du DTU 20.1 (NF P 10-202) :

- ≤ 8 m en régions sèches ou à forte opposition de température
- ≤ 12 m en régions humides ou tempérées.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

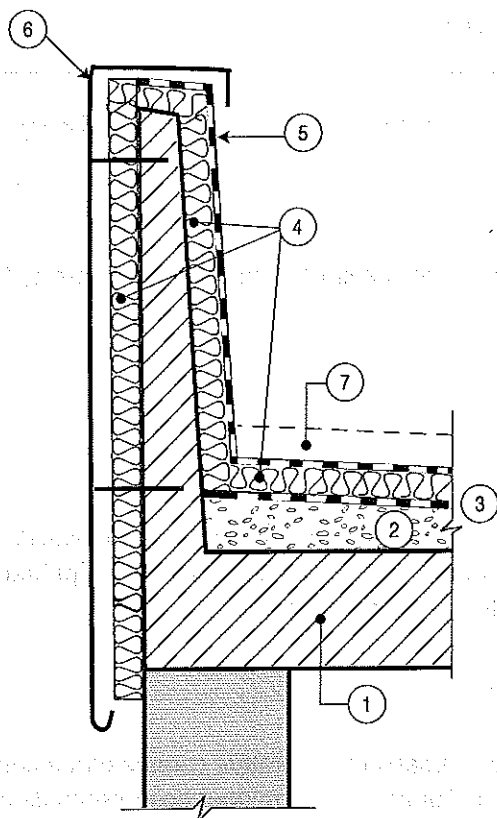
QR

ST

UV

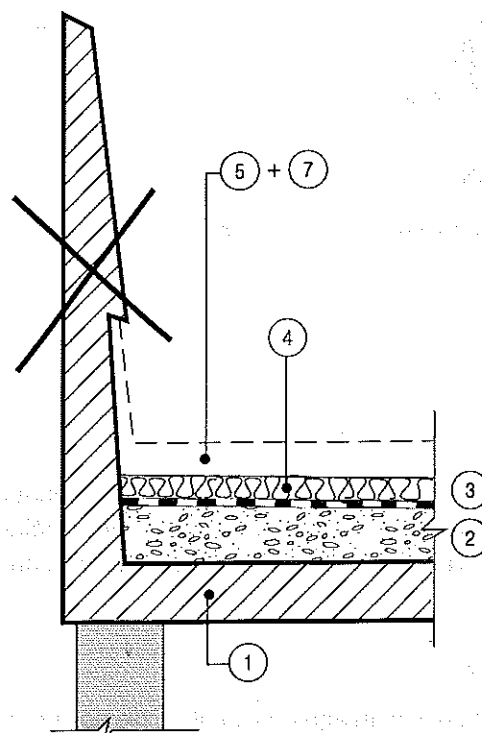
WX

YZ



- ① Élément porteur
- ② Pente de pente (éventuelle)
- ③ Pare-vapeur
- ④ Isolation thermique

Fig. 1 : Acrotère haut (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).



- ⑤ Revêtement d'étanchéité
- ⑥ Protection bardage
- ⑦ Protection étanchéité

Fig. 2 : Acrotère haut disposition interdite (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).

Le ferrailage de la partie supérieure comprend une section d'armatures A longitudinales correspondant à un minimum

$$A \geq 0,5 \frac{S}{100} \quad (S = \text{section hachurée de la figure 4})$$

Lorsque les espacements entre joints sont :

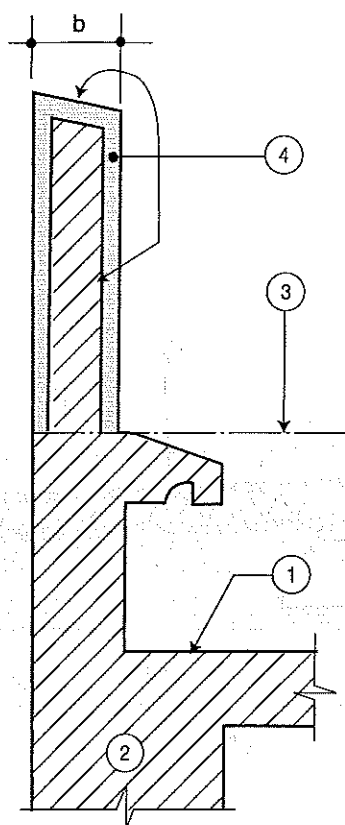
- ≤ 6 m en régions humides ou tempérées
- ≤ 4 m en régions sèches de température,

la section A des armatures longitudinales est :

$$A' \geq 0,25 \frac{S}{100} \quad (S = \text{section hachurée de la figure 4})$$

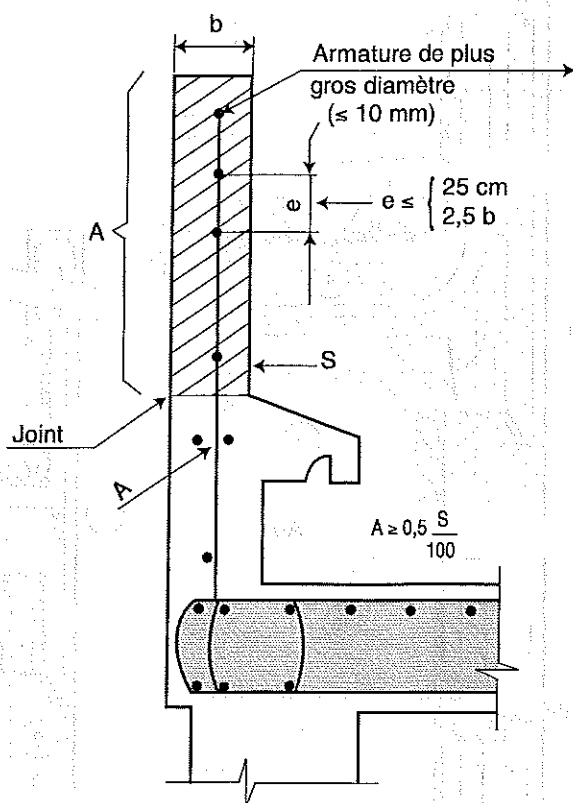
Par ailleurs, juste au-dessous de l'arase du joint de fractionnement, dans la zone continue de l'acrotère, on doit retrouver la section A (ou A') définie ci-dessus. D'autre part, une armature de plus gros diamètre que les aciers courants ($\Omega \leq 10$ mm) doit être placée en tête du garde-corps (acrotères minces). L'épaisseur b doit être $\geq 0,10$ m (fig. 4).

La partie du joint de fractionnement doit être calfeutrée sur tout son développé par un mastic élastomère 1^{re} catégorie.



- ① Élément porteur
- ② Structure (voile BA) ou ossature
- ③ Arase du joint de fractionnement
- ④ Joint mastic

Fig. 3 : Calfeutrement des joints d'acrotère (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).



- A = section armatures
- S = section hachurée (calcul des armatures)

Fig. 4 : Ferrailage acrotères hauts (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).

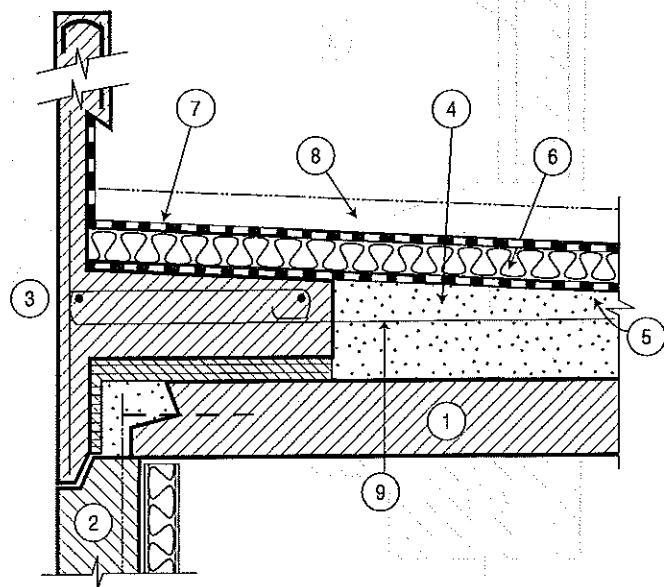
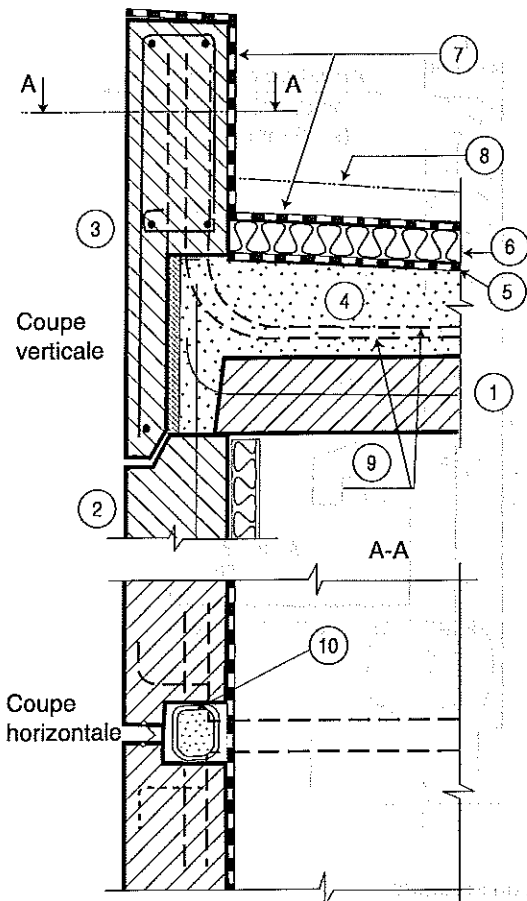
• 2^e cas : Acrotères préfabriqués

Ils peuvent :

1/ faire partie d'un système ou procédé de préfabrication lourde. Dans ce cas, ils sont indépendants de la façade :

- de type muret (fig. 5) ;
- ou à talon et liaisons à une forme de pente adhérente à l'élément porteur (fig. 6) ;
- ou encore incorporés aux panneaux de façade du dernier niveau (fig. 7).

2/ Être préfabriqués et liés de façade rigide à la structure porteuse (fig. 8).

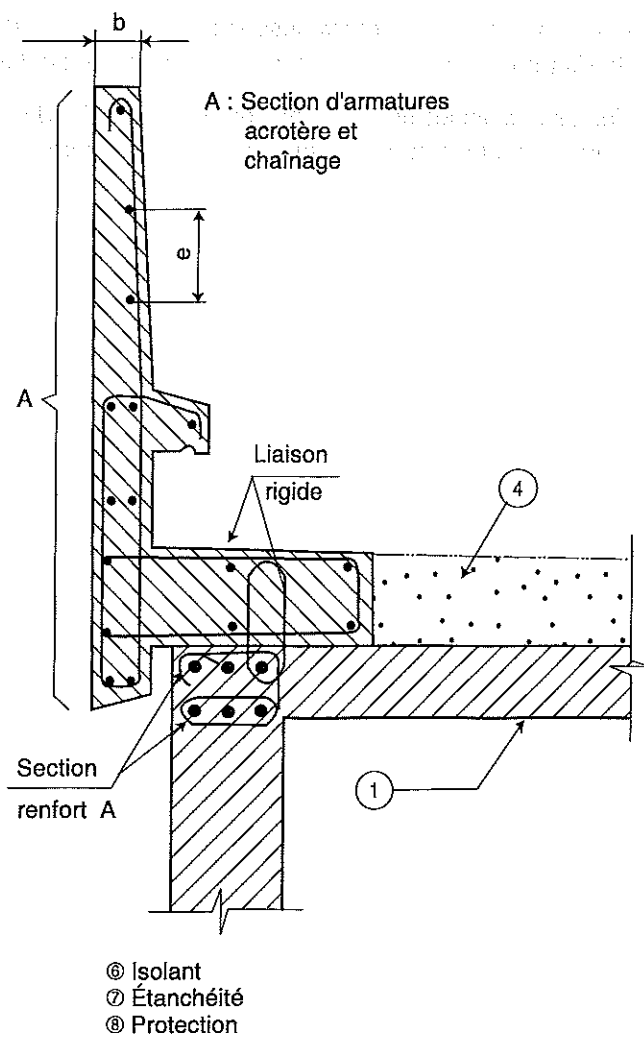
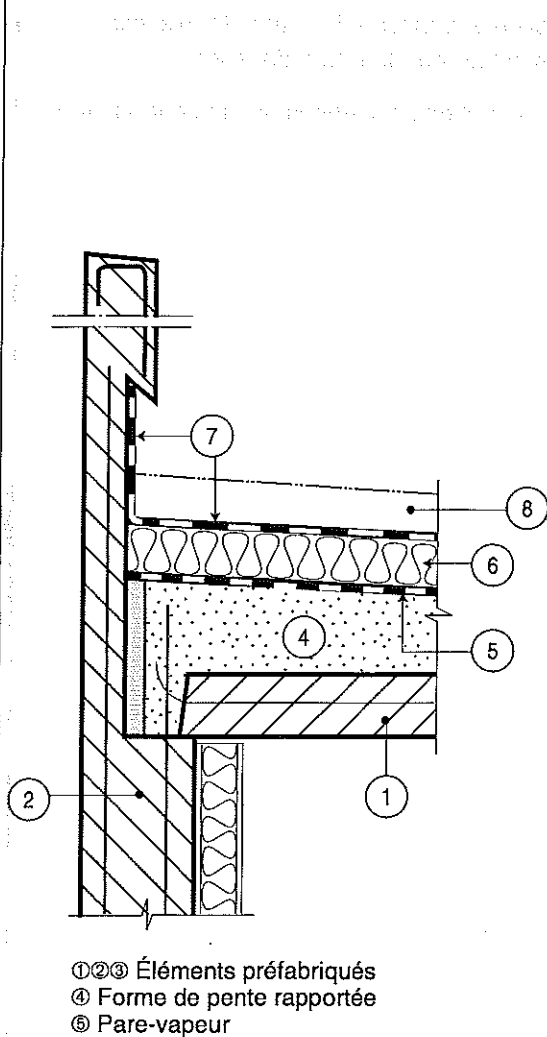


- ①②③ Éléments préfabriqués
④ Forme de pente rapportée
⑤ Pare-vapeur
⑥ Isolant

- ⑦ Étanchéité
⑧ Protection
⑨ Aciers de liaison
⑩ Potelet de liaison

Fig. 5 : Acrotère BA préfabriqué de type muret (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).

Fig. 6 : Acrotère BA préfabriqué à talon liaisonné à une forme de pente (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).



Les

Fig. 7 : Acrotère préfabriqué incorporé au panneau de façade (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).

Fig. 8 : Ferrailage acrotère BA préfabriqué (d'après doc. CSTB - DTU 20.12).

règles de fractionnement sont les mêmes que pour les acrotères coulés sur place.

Les éléments doivent être stables sous leur propre poids et comporter des dispositifs de liaisons mécaniques avec le gros œuvre.

Les dispositions d'armatures pour le voile vertical sont analogues à celles des acrotères coulés en place. Le voile est encastré sur le talon d'assise sur l'élément porteur.

Le voile, dans tous les cas de figure, doit pouvoir résister à une poussée de 60 kg/ml en tête du voile pour les terrasses privatives et de 100 kg/ml pour les terrasses publiques.

Le revêtement d'étanchéité peut :

- revêtir l'acrotère jusqu'à l'arête supérieure extérieure, avec pontage des joints verticaux entre éléments préfabriqués ou joints traités par la technique des façades (règles SNJF ¹⁾) ;

1) Syndicat national des joints et façades.

Toutes ces dispositions exigées par les règles DTU constituent des exigences qui ne sont pas toujours respectées et qui conduisent à des désordres.



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Acrotère haut préfabriqué - Raccordement de l'étanchéité

QUESTION

Quelles sont les dispositions qui permettent de raccorder un revêtement d'étanchéité à un acrotère préfabriqué ?

RÉPONSE

Cette question concerne uniquement les acrotères hauts préfabriqués en béton armé.

Une première réponse est donnée par le DTU 20.12 (cf. Fig. 1 et 2).

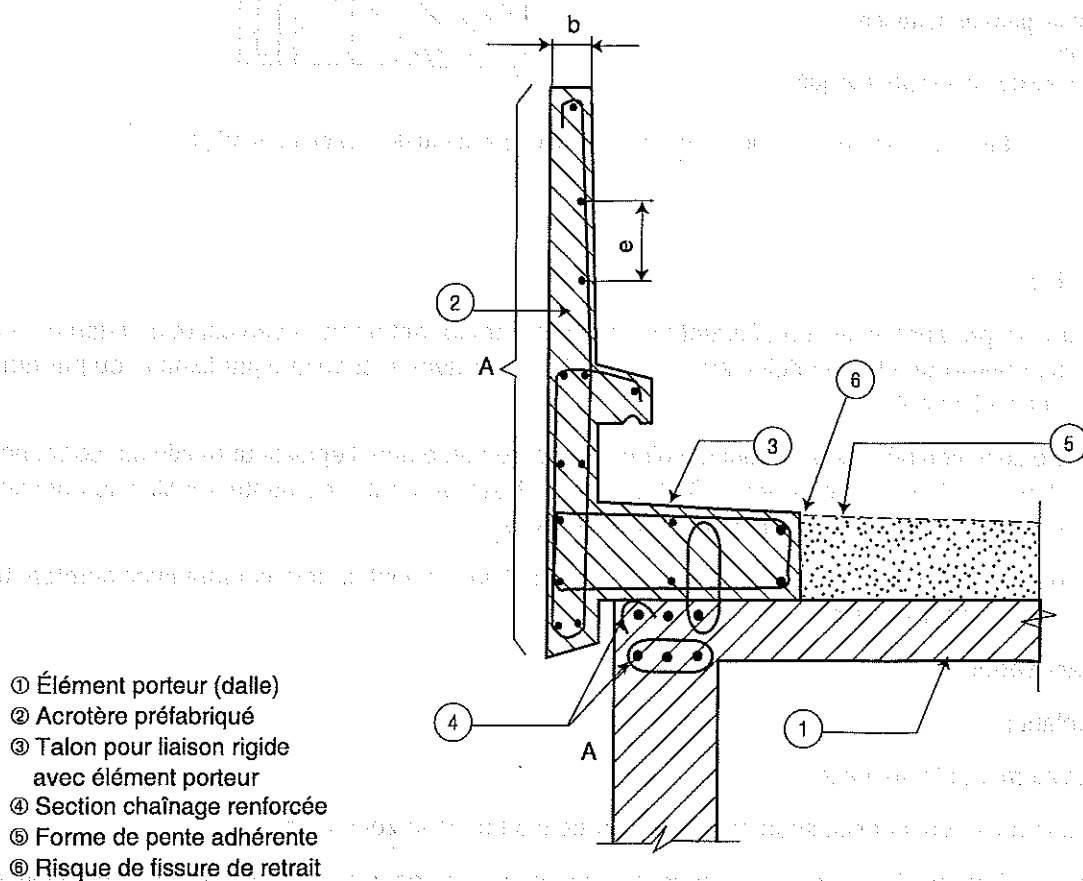


Fig. 1 : Acrotère haut préfabriqué en BA raccordé à l'élément porteur.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

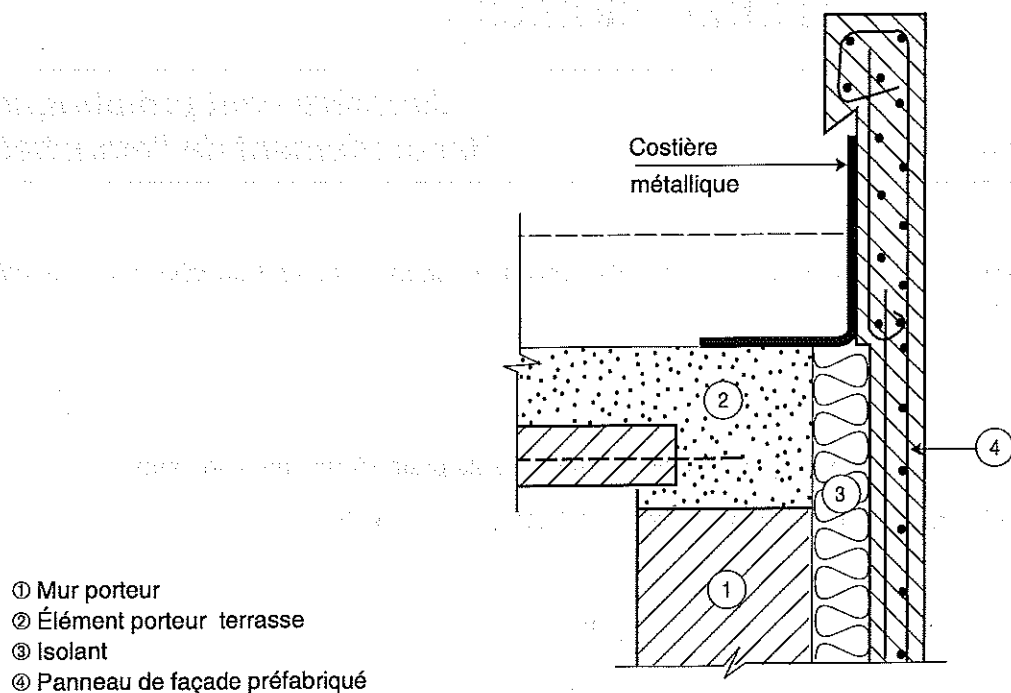


Fig. 2 : Acrotère préfabriqué faisant partie d'un panneau de façade préfabriqué.

1^{er} cas (fig. 1) :

L'acrotère préfabriqué est un *élément indépendant* comportant un voile vertical et un talon permettant de réaliser une liaison rigide avec l'élément porteur (type mécanique par fixation ou par armatures et scellement).

Cette disposition nécessite le coulage d'une forme de pente dont l'épaisseur maximale correspond au talon de l'élément préfabriqué. Ce talon ne doit pas présenter de pente > 5 % si le complexe étanche reçoit une protection lourde meuble ou dure.

Les dispositions concernant l'étanchéité sont celles d'un élément porteur courant avec acrotère bas coulé en place, c'est-à-dire :

- pare-vapeur ;
- isolant ;
- revêtement d'étanchéité :
 - posé en indépendance sous protection lourde sauf dans la zone de relevé ;
 - ou posé en semi-indépendance dans le cas d'un revêtement autoprotégé par granulés minéraux (système sous Avis technique) (cf. Fig. 1).

2^e cas (fig. 2) :

L'acrotère préfabriqué fait partie d'un élément de façade préfabriqué.

Ce cas peut comporter différentes dispositions selon la liaison du panneau de façade avec le gros œuvre. Si l'acrotère est incorporé au voile extérieur de façade, il nécessite une costière métallique fixée sur l'élément porteur (dalle plancher pour réaliser le relevé d'étanchéité).

Dans ce cas, la forme de pente est constituée par l'élément porteur et peut présenter à la limite une pente nulle.

Dans le 1^{er} cas, le risque de fissuration entre le talon de l'acrotère préfabriqué et la forme de pente adhérente coulée sur place est réel et peut se répercuter sur le pare-vapeur (sauf dispositions particulières).

L'inconvénient de la disposition correspondant au 1^{er} cas (si l'on met à part le principe des acrotères hauts en général) consiste à rapporter une forme de pente épaisse sur l'élément porteur, alors que la plupart des terrasses plates actuelles sont à pente nulle. Les DTU anciens (20.12, 1^{re} édition et 43.1, édition d'octobre 1981 + modification de juillet 1990) admettaient les terrasses à pente nulle et les formes fractionnées sur isolant.

Les dispositions de raccordement permettant de réaliser des pentes nulles pour l'étanchéité et des raccordements directs des talons d'acrotères préfabriqués sur le gros œuvre (élément porteur) conduisaient :

- à des ponts thermiques non négligeables correspondant au talons d'acrotère ;
- à des raccordements par renformis ou formes de pente limitées aux zones voisines des acrotères augmentant les risques de fissurations ou rupture des revêtements d'étanchéité.

Ces dispositions peuvent se rencontrer lors de réfections de toitures-terrasses lorsque l'on ne peut intervenir sur les dispositions du gros œuvre existant.

Dans le cas présenté par la figure 1 (et non reprise dans le DTU 43.1 actuel), le raccordement direct du complexe isolant, sans l'établissement d'une forme de pente (terrasse à pente nulle) :

- crée un pont thermique inévitable au droit du talon de l'acrotère préfabriqué, sauf à contourner ce talon par le pare-vapeur et l'isolant thermique remonté sur son épaisseur (raccordement délicat et fragile) (cf. Fig. 3) ;
- présente des points sensibles tels que l'angle supérieur de talon revêtu par l'isolant et l'étanchéité.

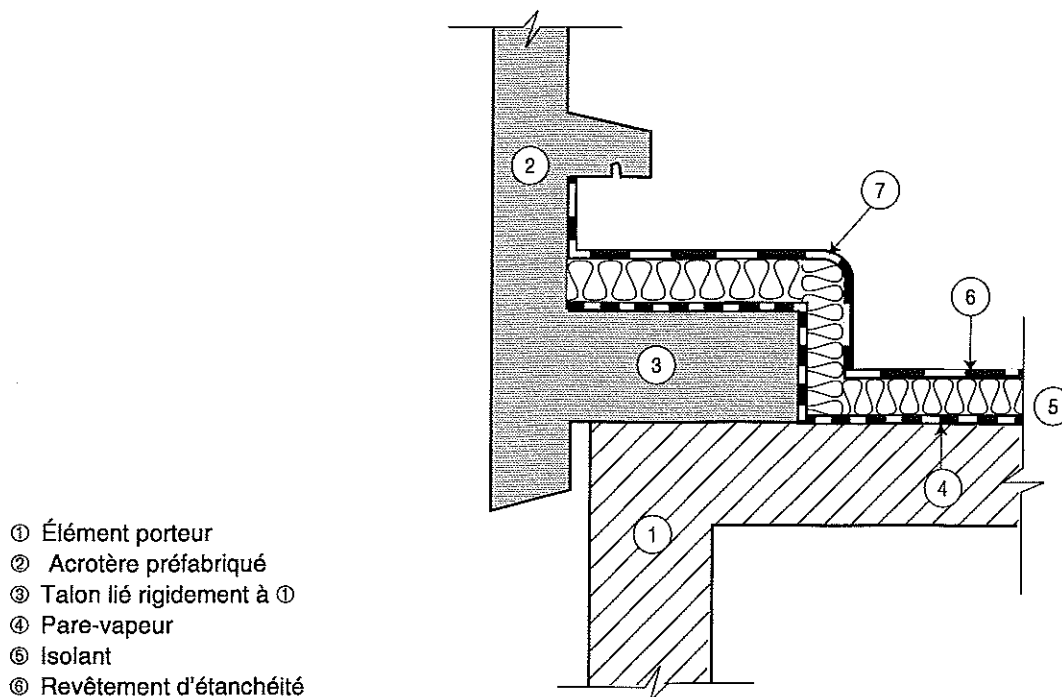


Fig. 3 : Cas d'un raccordement avec pente nulle.

Il est demandé que les renseignements soient fournis dans la langue choisie par le demandeur.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur, à moins que le demandeur ne spécifie la langue dans laquelle il souhaite recevoir les renseignements.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur, à moins que le demandeur ne spécifie la langue dans laquelle il souhaite recevoir les renseignements.

Il est demandé que les renseignements soient fournis dans la langue choisie par le demandeur.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur.

Les renseignements doivent être fournis dans la langue choisie par le demandeur.



1. Couverture en asphalte
2. Isolation en laine de verre
3. Membrane étanche
4. Revêtement en béton
5. Revêtement en acier inoxydable



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Aspirateurs - aérateurs de toitures plates

QUESTION

Quels sont le rôle et l'utilité des aspirateurs ou aérateurs rencontrés sur certaines toitures-terrasses plates ?

RÉPONSE

Ces dispositifs sont également appelés « évents ».

À l'origine ils étaient surtout utilisés en Allemagne pour assurer la diffusion et l'évacuation de la vapeur d'eau en égalisant les pressions de vapeur dans le complexe toiture afin d'éviter les phénomènes de cloquage des revêtements d'étanchéité, surtout autoprotégés, disposés sur des terrasses plates légères (élément porteur métallique ou bois) directement exposés aux flux thermiques.

La conception moderne des toitures plates avec revêtement d'étanchéité et isolation thermique date d'une trentaine d'années (DTU 43, édition de décembre 1973), Cahier des charges. Le texte définissait comme suit les *dispositions faisant obstacle au transfert de la vapeur d'eau* :

- « Couche de diffusion : couche participant à l'égalisation de la pression et à l'évacuation de la vapeur d'eau ».
- « Écran pare-vapeur : écran de protection contre la migration de la vapeur d'eau placé sous la couche d'isolation thermique. Il a une efficacité partielle ou totale. Dans ce dernier cas, il est appelé barrière de vapeur ¹⁾ ».

En fait, à l'époque de parution du DTU on ne définissait pas la couche de diffusion en tant que constitution, nature du matériau, ni au point de vue de la pose de ce dispositif ni à celui de l'évacuation de la vapeur d'eau.

L'édition d'octobre 1975 du DTU 43 a repris intégralement les définitions précédentes sans modifications ni compléments.

Seul le pare-vapeur était :

- soit de type ordinaire ou courant : feutre bitumé surfacé 36 S ;
- soit de type renforcé conforme à la norme NF P 84-310 : feuille d'aluminium de 8/100 mm d'épaisseur enrobée de bitume.

L'édition actuelle du DTU 43 (43.1) d'octobre 1981 avec modificatif de juillet 1990 (texte en révision) a repris la définition de la couche de diffusion sous la forme suivante :

« Couche ménagée sous l'écran pare-vapeur destinée à répartir la pression de la vapeur d'eau ».

L'annexe I « Matériaux » de ce texte DTU reprend seulement la définition de l'écran pare-vapeur :

- pare-vapeur ordinaire : feutre bitumé surfacé type 36 S conforme à la norme NF 84-302 ou P 84-313 ou bitumé armé conforme à la norme NF P 84-303 ;
- pare-vapeur renforcé : cf. NF P 84-310 (sans modification).

¹⁾ Les couvreurs canadiens du Québec désignent cet écran par « coupe-vapeur ».

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pas de définition pour la couche de diffusion (matériau, pose, raccordement, etc.). Néanmoins, *l'écran renforcé avec couche de diffusion est exigé* dans le cas :

- de locaux à forte hygrométrie ;
- de planchers chauffants assurant la totalité du chauffage des locaux.

Dans les cas exigés, l'ensemble minimal couche de diffusion plus écran pare-vapeur est composé :

- d'une couche d'EIF (imprégnation à froid de l'élément porteur) ;
- d'un feutre 36 S VVHR perforé à sous-face liégée (granulés) ;
- d'une couche de collage à l'EAC (enduit d'application à chaud-bitume fondu) (collage par les perforations du feutre 36 S) ;
- d'une barrière à la vapeur en aluminium bitumé (NF P 84-310) ;
- d'une couche d'EAC pouvant servir au collage des panneaux isolants.

Néanmoins : cette couche de diffusion intervenant selon la définition pour répartir la pression de la vapeur d'eau ne donnait aucune indication pour l'évacuation de cette dernière.

La réalisation incorrecte de la barrière de vapeur dans la construction des toitures plates entraîne des désordres fréquents et graves.

Les matériaux utilisés doivent être étanches à l'eau mais l'étanchéité à la vapeur est souvent insuffisante.

Aucune matière, même les feuilles métalliques de faible épaisseur, n'est étanche à la vapeur d'eau. La définition « barrière de vapeur » est impropre ; une définition plus proche de la réalité serait « frein de vapeur ». La migration de la vapeur à travers un matériau est un phénomène lent qui dépend du gradient de pression. D'autre part, l'écran « pare-vapeur » est discontinu du fait des jonctions des feuilles.

Lorsque l'écran est placé sous l'isolant (cas des terrasses « normalisées » en France) la barrière doit être plus étanche à la vapeur que la toiture située au-dessus, sinon la vapeur diffusée par cet écran va humidifier la couche isolante si elle ne peut s'échapper à travers cette couche.

L'étanchéité à la vapeur augmente lorsque la température diminue ; en période froide, la toiture pouvant devenir plus étanche que l'écran-vapeur, ce dernier doit être beaucoup plus étanche que la toiture.

Or, dans le cas courant, l'écran-vapeur est moins étanche à la vapeur que le revêtement d'étanchéité (ou complexe isolant) de la toiture. Une couche de compensation de la pression de vapeur doit être disposée sur la couche d'isolation afin d'évacuer la vapeur d'eau qui a traversé la couche d'isolation.

Toutefois, le fait que la vapeur d'eau puisse traverser la couche isolante malgré la présence d'un écran-vapeur sous cette couche est un élément défavorable pour la conservation des propriétés isolantes de la couche, celle-ci ayant repris une certaine quantité d'eau, le point de rosée se situant toujours dans l'épaisseur de l'isolant.

En fait, la barrière de vapeur ou écran-vapeur retarde la transmission de la vapeur à travers la paroi « toiture ». C'est la raison qui nécessite son renforcement dans les cas cités (écran renforcé avec couche de diffusion).

Tous les matériaux isolants utilisés en toiture, sauf le verre cellulaire, sont plus ou moins perméables à la vapeur d'eau. C'est la raison pour laquelle ce matériau posé à bain de bitume fondu peut admettre la suppression de la barrière de vapeur (cf. Avis Technique).

La couche de diffusion ou de compensation de la vapeur d'eau doit faciliter la répartition de celle-ci qui a pénétré dans la toiture ou qui provient soit des matériaux de construction, soit de l'occupation des locaux.

L'élimination de cette vapeur « diffusée » est théorique et dépend de l'organisation de la paroi-toiture.

En France (cf. Fig. 1) la préoccupation des applicateurs se limite à la couche de diffusion de vapeur en créant un réseau de points de collage (15 % de la surface environ) à travers lesquels la vapeur qui provient de l'élément porteur se répartit sous toute la surface du toit (en théorie).

L'évacuation vers l'extérieur par les rives n'a jamais été envisagée dans les textes codifiés. Les fabricants et les constructeurs d'accessoires avaient conçu il y a 30 ans des dispositifs complets schématisés ci-après (cf. Fig. 2).

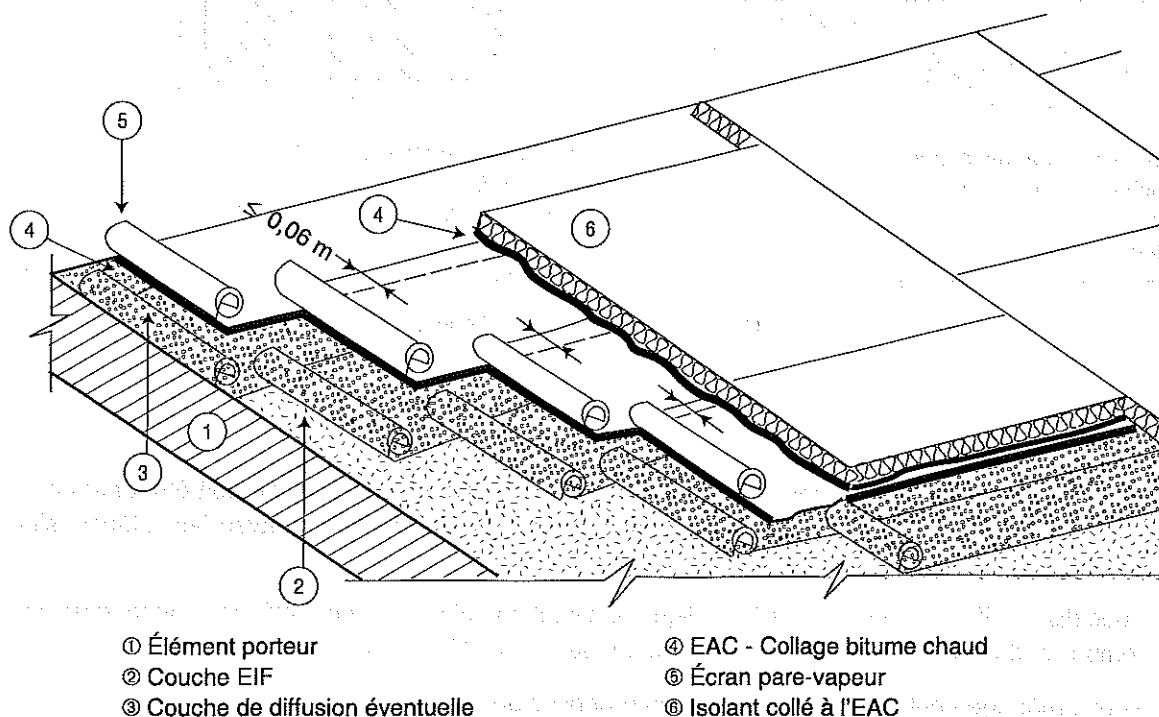


Fig. 1 : Mise en œuvre couche de diffusion + écran renforcé.

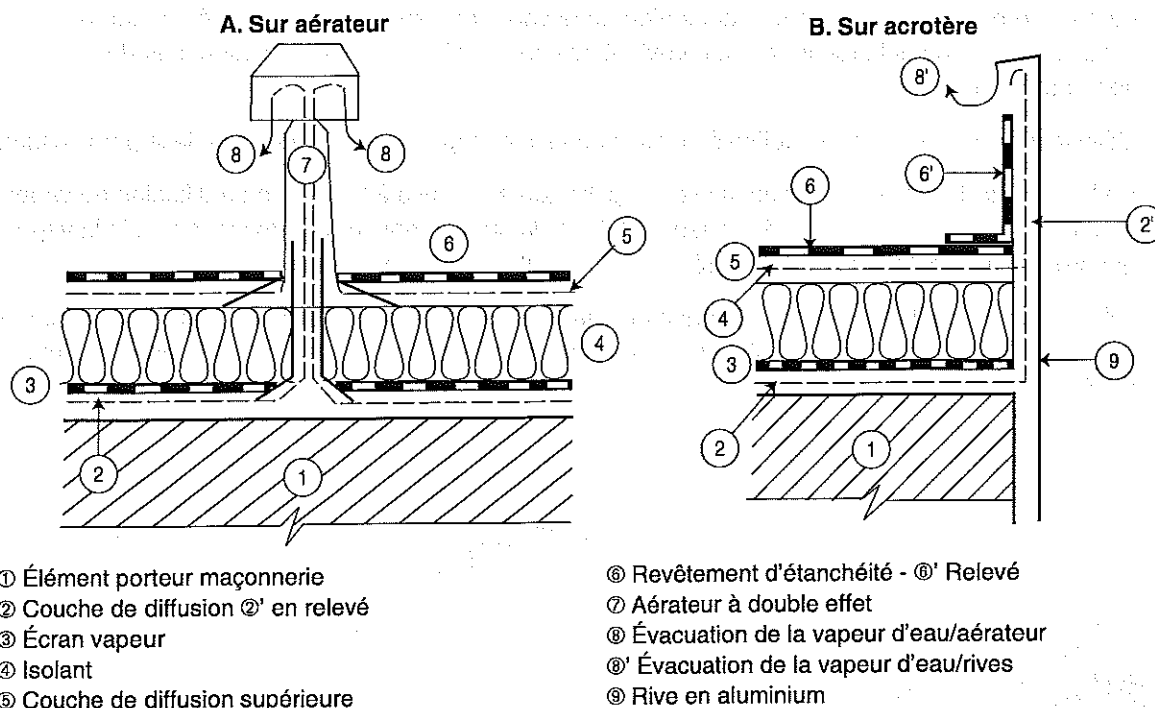


Fig. 2 : Coupes de détail (schématiques).

La couche de diffusion doit couvrir la totalité du toit jusqu'au bord (rive) et ne doit être obstruée à aucun endroit par la colle bitume et surtout pas aux rives. La communication avec l'air extérieur s'effectue par :

- des dispositifs aérateurs disposés en ligne ou plutôt en quinconce. Leur efficacité dépend de leur nombre et de leur répartition (entre 50 et 80 m² par dispositif) ;
- des aménagements au droit des rives, émergences pénétrations.

Les aérateurs (cf. Fig. 2A) ont un rayon d'action variable et peuvent être à simple effet (raccordement au niveau du pare-vapeur) ou à double effet (raccordement au niveau du pare-vapeur et sous l'étanchéité).

Ils ont été utilisés il y a une trentaine d'années, notamment lorsque les formes de pente réalisées en béton léger (béton de pouzzolane par exemple) évacuaient leur eau en excès pendant une longue période. Les aérateurs avaient pour but d'évacuer les eaux en excès vers le haut.

L'assèchement par le bas par l'intermédiaire de trous percés dans le plancher porteur, puis obturés au moment de l'exécution des enduits plâtre constituait une meilleure solution.

Par la suite l'utilisation d'isolants sensibles à l'eau (à base de fibres de bois ou de laines minérales, etc.) pouvant reprendre les eaux de pluie lors de la pose ont contraint les étancheurs à continuer d'utiliser ces dispositifs.

On les retrouve (rarement) sur d'anciennes toitures qui n'ont pas subi de réfections. Actuellement, la plupart des isolants utilisés en toiture plate sont des mousses plastiques alvéolaires à cellules fermées.

Ces isolants qui peuvent absorber une certaine quantité d'eau sur leurs faces tranchées à la fabrication peuvent retenir une faible proportion d'eau compte tenu de la dimension des cellules.

L'évacuation de l'eau sous forme vapeur hors de ces cellules nécessite des valeurs de dépressions que les dispositifs aérateurs ne peuvent assurer. *Leur efficacité est donc négligeable.*

Les isolants fibreux (laines minérales) qui absorbent plus facilement l'excès d'eau (phase vapeur ou phase liquide) peuvent évacuer une quantité d'eau plus importante mais leur rendement reste faible.

Il est certain que selon les conditions de réalisation des toitures-terrasses et notamment en période pluviale, l'eau peut rester dans l'épaisseur du toit.

Les prescriptions du DTU 43.1 actuel relatives à la couche de diffusion lorsque celle-ci est exigée correspondent à une bonne répartition des pressions de vapeur intervenant entre les couches ; ces pressions varient avec les conditions climatiques (hiver-été).

Une bonne conception de toiture ne nécessite pas ces dispositifs particuliers.

En revanche, il est important que l'eau extérieure intervenant lors de la pose, ou ultérieurement par des causes externes telles que celle du contournement de l'étanchéité par les relevés, ne soit pas « piégée » dans le complexe toiture.

Les phénomènes qui peuvent se développer sous l'effet du rayonnement solaire et plus particulièrement sur les revêtements autoprotégés vont transformer l'eau incluse en vapeur en développant des pressions telles sur le revêtement que des cloquages surviendront de manière catastrophique.

La présence des dispositifs aérateurs de toiture ne peut empêcher ce type de désordre (cf. Fiche : Cloquage généralisé).

Il est à remarquer que la couche de diffusion n'est exigée par le DTU 43.1 que dans deux cas précis (avec écran renforcé) :

- locaux sous-jacents à forte hygrométrie ;
- planchers chauffants assurant la totalité du chauffage des locaux.

La couche de diffusion n'est pas exigée dans les cas courants.

D'autre part, si dans ces deux cas la couche de diffusion est définie, l'évacuation de la vapeur d'eau (cf. Fig. 2B) ne fait l'objet d'aucune prescription.

On peut en conclure que dans la plupart des cas :

- si les conditions de pose sont satisfaisantes ;
- si la couche de diffusion n'est pas nécessaire ;
- si le pare-vapeur est de type courant ;
- les revêtements d'étanchéité étant posés en indépendance (sous protection lourde) ou en semi-indépendance (revêtements autoprotégés),

les pressions de vapeur s'équilibrent dans la paroi toiture, mais il subsiste toujours une certaine quantité d'eau sous forme liquide ou vapeur et les dispositifs aérateurs n'ont pas leur utilité dans ces cas courants.

Il est important de noter que les données sont issues de sources officielles.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.

Les données sont présentées sous forme de tableau ci-dessous.



TOITURE-TERRASSE

Attaques par vent de sable et sel de mer d'un revêtement d'étanchéité autoprotégé par granulés minéraux

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Sur une toiture plate située aux confins du désert et en bordure de mer, soumise aux vents de sable violents et à l'air marin fortement salé ainsi qu'à des températures très élevées, on observe une dégradation importante d'une zone située dans la partie médiane de la toiture.

Le revêtement d'étanchéité autoprotégé à autoprotection par granulés minéraux posé en toute vraisemblance sur un matériau isolant présente les désordres suivants (photos 1 à 3) :

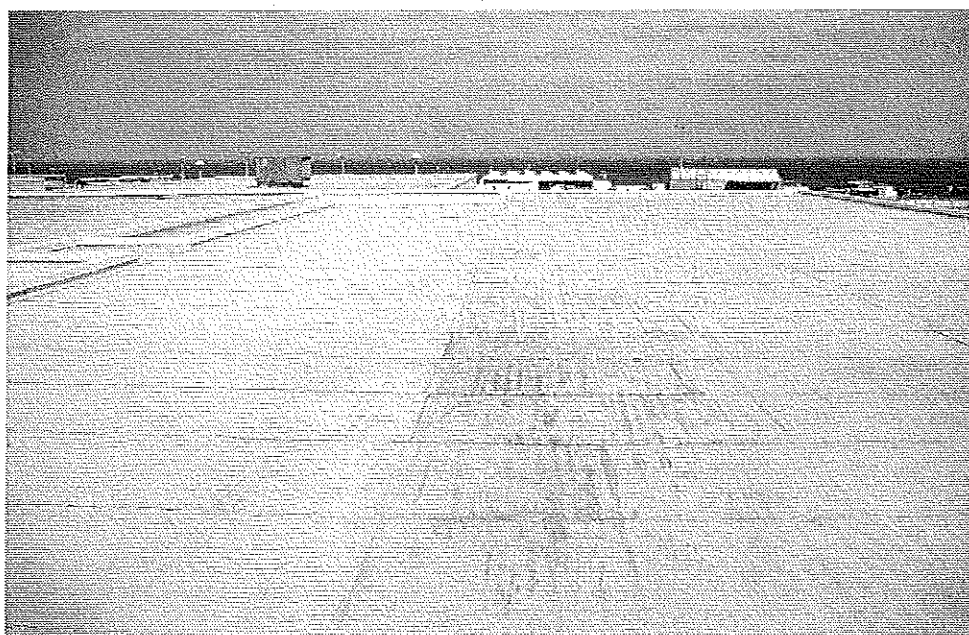


Photo 1 : Vue d'ensemble de la toiture ; zone centrale affectée par les désordres. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail de la zone détériorée. © J. Putatti



Photo 3 : Détail des dégradations. © J. Putatti

- ondulations dans le sens du déroulement des feuilles, à espacement régulier, probablement dues à la présence des nervures de l'élément porteur TAN et à un isolant trop mince ;
- actions concomitantes (ou alternées) des vents de sable produisant des incrustations des grains dans le revêtement d'étanchéité ramolli par les fortes températures d'insolation, et du sel marin déposé par les vents de mer proches.

L'action est particulièrement marquée dans les zones de joints qui présentent après attaques des défaillances de jonction.

En toute vraisemblance, les matériaux utilisés pour la réalisation de cette toiture n'étaient pas adaptés aux conditions climatiques particulièrement sévères, surtout pour un revêtement de type autoprotégé par granulés minéraux (origine inconnue).

1. L'installation de la toiture-terrasse doit être conforme aux prescriptions de la norme NF S 23 500.

2. La toiture-terrasse doit être protégée par un revêtement d'étanchéité autoprégé par granules minéraux.

3. La toiture-terrasse doit être protégée par un revêtement d'étanchéité autoprégé par granules minéraux.



TOITURE-TERRASSE

Bandeaux préfabriqués de relevés défailants

PRINCIPE

La défaillance des bandeaux préfabriqués ayant entraîné un sinistre grave qui a nécessité la réfection complète de l'étanchéité (complexe isolant + revêtement + protection) en parties courantes. Les relevés ont été modifiés.

CAS DES ACROTÈRES BAS (hauteur $\leq 0,30$ m au-dessus protection)

Solution proposée (fig. 1) :

- démonter le bandeau préfabrique existant ③ ;
- reconstituer le complexe d'étanchéité à partir de l'élément porteur ① ;
- relever l'étanchéité des parties courantes ② sur toute la hauteur du relief et recouvrir le dessus de l'acrotère ②' ;
- mettre en place une couvertine métallique pour la protection du dessus d'acrotère ④ ;
- ⑤ Niveau fini protection

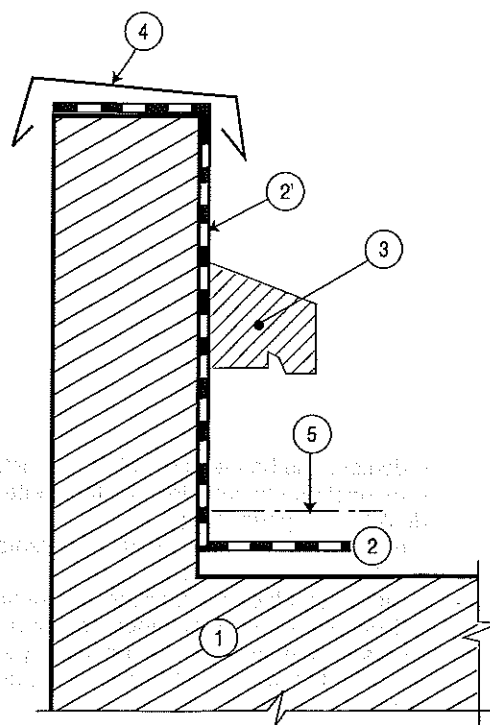


Fig. 1

CAS DES ACROTÈRES HAUTS

1^{re} solution

Procéder de même en recouvrant la totalité de la face interne de l'acrotère et en protégeant le dessus de ce dernier par une couvertine.

Cette solution peu esthétique suppose qu'il existe des joints de fractionnement de l'acrotère haut au-dessus du bandeau.

2^e solution

Procéder comme pour l'acrotère bas en supprimant le bandeau existant (fig. 2).

Puis en rétablissant le complexe étanche et le relevé d'étanchéité courant (correspondant aux règles), hauteur minimale correspondant au bandeau existant ou à la base des joints de fractionnement s'ils existent.

Assurer la protection verticale de l'acrotère haut par un bardage rapporté.

Protéger le dessus de l'acrotère par une couvertine.

- démonter le bandeau préfabriqué existant ③ ;
- reconstituer le complexe d'étanchéité à partir de l'élément porteur ① ;
- relever l'étanchéité des parties courantes ② sur une hauteur limitée ②' ;
- mettre en place sur 2 lisses (discontinues du fait des joints de fractionnement) horizontales fixées mécaniquement ⑥ un bardage simple assurant la protection du relevé en partie basse ⑥ ;
- protéger le dessus de l'acrotère par une couvertine ④.

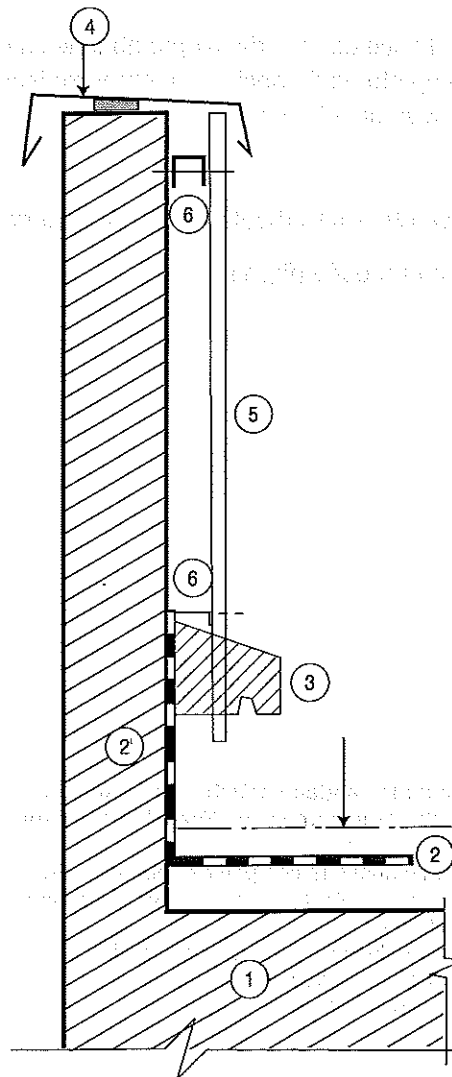


Fig. 2 : Solution bardage.



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Corrosion des avaloirs en plomb

QUESTION

Comment peut-on éviter la corrosion des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (avaloirs) en plomb des toitures-terrasses plates accessibles ? Causes et remèdes.

RÉPONSE

1. Dispositions courantes (fig. 1)

D'après le DTU 43.1 (édition d'octobre 1981 + modificatif de juillet 1990 et *erratum* de novembre 1991¹⁾), les dispositions suivantes sont prévues :

« ... le joint entre canalisation et moignon doit être aisément visitable. Aucune jonction ne doit se trouver dans l'épaisseur des parois ou d'un faux-plafond non démontable. Lorsqu'il traverse l'élément porteur, le moignon doit déborder la sous-face de 0,15 m. »

D'autre part :

« Le raccordement du revêtement aux évacuations se fait par l'intermédiaire d'entrées d'eau qui peuvent être :

- en plomb de 2,5 mm d'épaisseur au moins ;*
- en cuivre de 0,6 mm d'épaisseur au moins ;*
- en matériau spécialement adapté à cet usage (élastomère par exemple).*

Les entrées d'eaux pluviales sont généralement constituées de deux parties :

– la platine et le moignon assemblés entre eux par soudure ou tout système d'assujettissement étanche ;

...

– la platine enduite d'EIF (enduit d'application à froid) sur ses deux faces est insérée dans le revêtement d'étanchéité. Un élément de feuille supplémentaire est disposé à sa sous-face (prise en sandwich). »

La figure 1 montre cette disposition de mise en œuvre conforme.

La pose du dispositif dans les conditions courantes de chantier correspond à la réservation d'un trou de diamètre adapté au dispositif selon que celui-ci comporte une entrée cylindrique ou tronconique (ou cylindrique élargie comme sur la figure).

Cette réservation est laissée libre après pose du dispositif de manière à pouvoir rendre visitable (ou au moins visible) le raccordement avec l'évacuation, notamment dans le cas d'une réfection de l'étanchéité de la toiture-terrasse.

¹⁾ Texte du DTU en révision.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

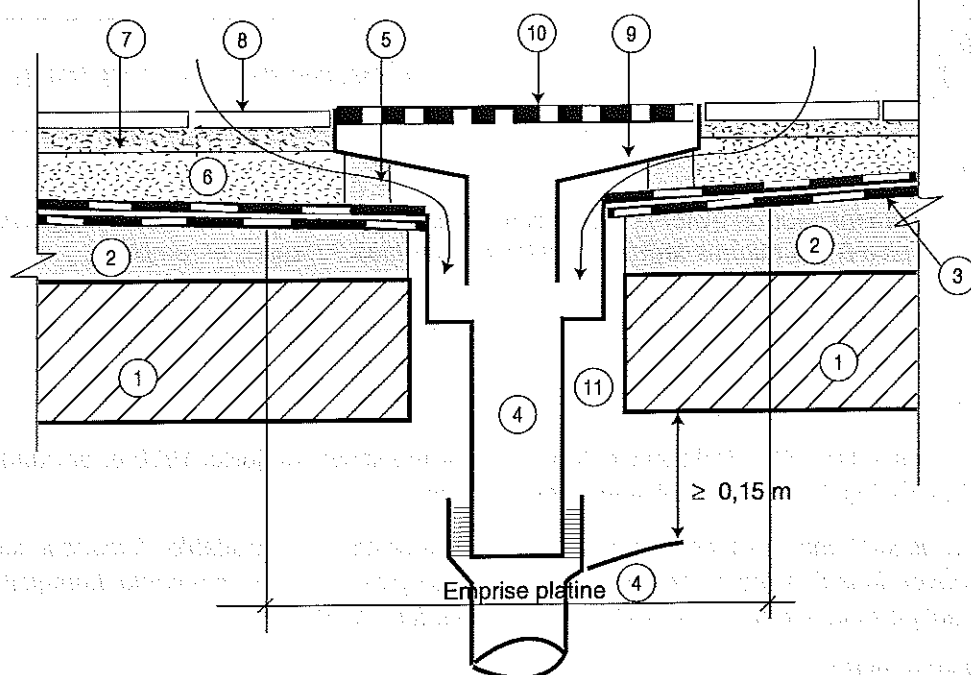
QR

ST

UV

WX

YZ



- ① Élément porteur
- ② Forme de pente adhérente
- ③ Complexe bicouche
- ④ Platine plomb
- ⑤ Scellement avaloir
- ⑥ Sable stabilisé

- ⑦ Mortier de pose
- ⑧ Revêtement de sol
- ⑨ Avaloir - fonte
- ⑩ Grille - fonte
- ⑪ Espace libre

Fig. 1 : Coupe sur évacuation.

2. Causes de la corrosion

Le *plomb* est généralement utilisé pour ces dispositifs. Ce métal est très résistant aux corrosions du fait de l'autoprotection qui se forme lors de sa réaction avec le CO_2 de l'air.

Cependant, le plomb est attaqué par les mortiers de chaux et de ciment.

Les mortiers de chaux présentent une partie de chaux non liée qui, en présence d'eau peut provoquer la corrosion du plomb. Mais cette agressivité de la chaux est temporaire du fait de la carbonatation rapide en présence du CO_2 de l'air.

Le même phénomène intervient avec le ciment Portland du fait que lors de la prise, le ciment libère de la chaux.

Lorsque la pièce ou dispositif en plomb est en contact avec une masse de mortier ou de béton, c'est-à-dire lorsque le dispositif est scellé dans l'élément porteur, la corrosion (par l'extérieur) du dispositif est plus importante étant donné que la carbonatation s'effectue plus lentement pour la chaux libre qui reste plus longtemps active.

Dans le cas cité et illustré par la figure 1, la corrosion s'est effectuée par l'intérieur du dispositif dans la partie évasée de l'avaloir, sous l'effet de la chaux provenant du mortier de pose par les eaux de pluies dont l'agressivité résulte de la pollution atmosphérique ($\text{CO}_2 - \text{SO}_2$). Le maintien de cette zone à l'humidité par les eaux infiltrées à travers le revêtement de protection et la couche de sable et mortier de pose ont facilité le phénomène.

3. Autres causes

- Contact avec d'autres métaux : fer, fonte, cuivre, aluminium : formation avec l'eau d'un couple galvanique.
- Contact avec certains bois à forte teneur en tanin (chêne, teck, etc.), attaque en présence d'eau.
- Corrosion chimique (rare) :
 - acides concentrés (acide chlorhydrique, acide nitrique, acide acétique) ;
 - acide carbonique ;
 - eaux douces ($\text{pH} \leq 7$), etc.

4. Protection

La protection du plomb des dispositifs d'évacuation des EP est prévue dans le DTU 43.1 et le DTU 43.2.

Elle consiste en une enduction de la platine sur ses deux faces par un EIF (enduit d'imprégnation à froid à base de bitume).

Cette précaution est surtout destinée à faciliter le collage des revêtements d'étanchéité à la platine prise en sandwich. Toutefois, le texte ne précise pas si le moignon (cylindrique ou tronconique) soumis au ruissellement d'eaux chargées doit être traité à l'EIF. Il est possible également que l'épaisseur du plomb dans le cas présenté n'ait pas été respectée ($\geq 2,5$ mm).

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.

La corrosion des avaloirs en plomb est due à l'attaque chimique par les acides.



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Couche de diffusion

QUESTION

Quel est le rôle de la couche de diffusion dans un complexe traditionnel d'étanchéité de toiture ?

RÉPONSE

La couche de diffusion est définie dans le DTU 43.1 comme : « une couche ménagée sous l'écran pare-vapeur, destinée à *répartir* la pression de la vapeur d'eau ».

En pratique, cette couche est associée à une barrière de vapeur étanche lorsque la toiture-terrasse (plate) recouvre des locaux dont l'humidité relative est $\geq 80\%$ à 20 °C ou lorsque le dernier plancher (plancher-terrasse) est un plancher chauffant.

Cette couche est constituée d'un feutre 36 SVV perforé et dont la sous-face est revêtue de granulés de liège ou de billes de polystyrène ; un surfaçage de la barrière étanche par ces dispositifs peut permettre à la vapeur d'eau ayant migré à travers l'élément porteur de se diffuser et de se répartir sous la barrière de vapeur. La définition exacte devrait donc être « couche de répartition ou d'égalisation des pressions de vapeur ».

Les textes codifiés n'ont jamais bien déterminé le mode de fonctionnement ou l'efficacité de ce dispositif. En fait, si la vapeur parvient à se répartir sous la barrière ou pare-vapeur, elle devrait normalement être évacuée à l'extérieur. Des dispositifs tels que des *évents* (à simple ou double effet suivant leur conception) peuvent être disposés à raison de 1 tous les 15 à 20 m².

Toutefois, ces dispositifs ne sont pas prescrits de façon formelle.

Leur efficacité est variable selon le type d'isolant utilisé (laine minérale ou isolant fibreux, ou mousse plastique alvéolaire).

Ils sont plus employés dans d'autres pays (Allemagne, États-Unis, Canada) qu'en France.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



TOITURE-TERRASSE

Défaut de protection des acrotères hauts

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Par définition (DTU 20.12), un acrotère haut présente une hauteur prise au-dessus du niveau de la protection de plus de 0,30 m. Un acrotère haut en béton armé forme garde-corps. Il est surmonté d'une lisse métallique permettant de réaliser la hauteur de sécurité fixée par la norme NF P 01-012.

La partie supérieure formant couronnement présente les défauts suivants :

- arase irrégulière (disparition d'un enduit de ragréage éclaté par effet de gel) ;
- armatures apparentes ;
- porosité, développement de mousses ;
- absence de protection contre les pénétrations d'eau.

Les photos 1, 2, 3 montrent le détail des dégradations.

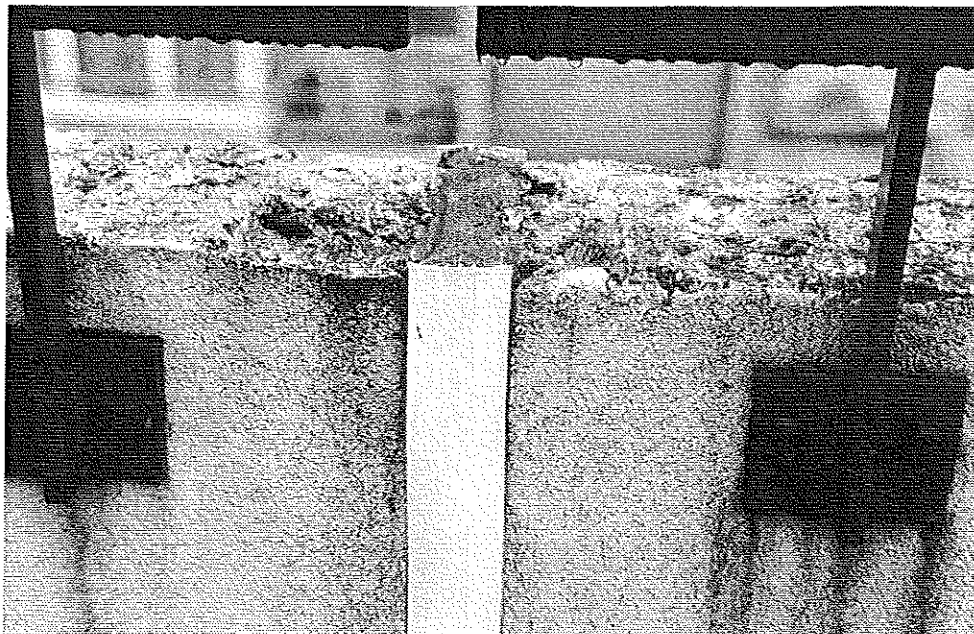


Photo 1 : Dessus de l'acrotère haut. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Fissuration de l'enduit et désagrégation par infiltration et effet de gel (couronnement d'acrotère). © J. Putatti



Photo 3 : Détail dessus d'acrotère ; enduit de couronnement décollé, armatures acrotère apparentes. © J. Putatti

Les désordres précisés correspondent :

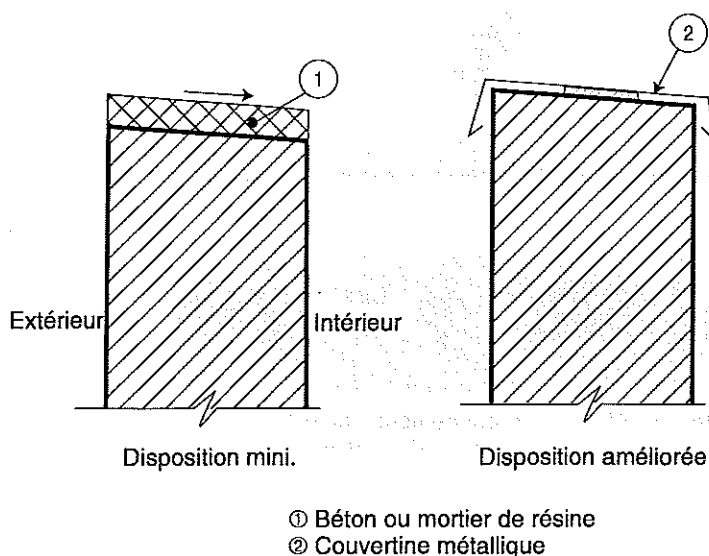
— à un défaut de conception ;

— et à un défaut de réalisation.

Les acrotères préfabriqués présentant deux faces lisses devaient prévoir un couronnement en arase pentée ramenant les eaux vers l'intérieur, ou à défaut un couronnement métallique rapporté (couvertine).

Il est probable que les aciers apparents (voir photo 3) correspondent à des aciers de suspension pour le levage et la manutention des acrotères préfabriqués, coupés ensuite après pose pour être recouverts par l'enduit de couronnement.

L'insuffisance de couverture de cet enduit et le défaut d'adhérence sur le béton préfabriqué sont à l'origine de la fissuration et de la désorganisation de l'enduit de protection (voir figures et photo 4).



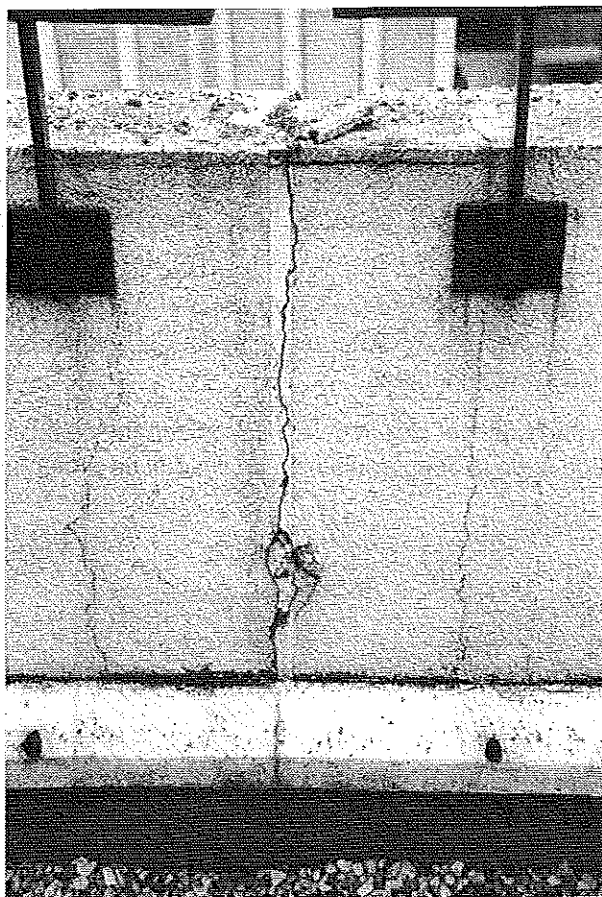


Photo 4 : Défaut de couronnement d'acrotère ; fissuration et décollement de l'enduit. © J. Putatti



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Descentes d'eaux pluviales

QUESTION

Quelle est la cause de **traînées brunâtres** constatées fréquemment le long des canalisations d'évacuation des eaux pluviales ou d'aération (ventilation de chutes) dans le dernier étage sous une toiture-terrasse ? (élément porteur en béton armé).

RÉPONSE

Il y a lieu de distinguer les traînées déposées sur la canalisation, des fuites résultant de pénétrations par défaillance de l'étanchéité.

Cette fiche ne concerne que les *traînées avec dépôts*.

La cause de ce type de désordre est à rechercher dans les migrations de vapeur d'eau à travers la dalle-toiture et condensant :

- sous le pare-vapeur si celui-ci est collé partiellement sur l'élément porteur ;
- sous l'étanchéité posée en indépendance sur l'isolant ;
- sur la surface du moignon métallique dont la température est pratiquement la même que celle de l'ambiance extérieure.

Le phénomène peut être amplifié si l'eau en excès du béton n'a pu être évacuée avant la pose de l'étanchéité (période humide) ou si la dalle-terrasse est chauffante.

Cette constatation était fréquente avec les anciennes conceptions de toiture : revêtement d'étanchéité posé sur forme fractionnée, du fait que les points d'évacuation des eaux pluviales étaient situés aux points bas des toitures-terrasses.

Toutefois, ce type de terrasse existe et subit généralement des réfections du revêtement d'étanchéité en conservant les éléments supports d'origine.

Dans ce cas, l'eau condensée se dépose sous l'étanchéité posée en indépendance et se dirige vers la réservation faite dans le béton en se chargeant de produits bitumineux plus ou moins solubles (dont la couche d'imprégnation ou EIF). C'est ce qui explique la couleur brunâtre des traînées.

D'autre part, le cheminement des eaux condensées sous le revêtement d'étanchéité peut se faire entre les joints des panneaux isolants, ou sous ces derniers compte tenu que leur collage « en plein » est rarement réalisé.

Actuellement et depuis plus de 30 ans, les terrasses plates sont à pente nulle, sauf celles accessibles à la circulation piétonnière et à la circulation des véhicules, en climat de montagne et en zone tropicale humide.

Les cheminements entre couches s'effectuent plus lentement où l'eau reste incluse dans la toiture (ce qui peut modifier, à la longue, les qualités de la couche isolante).

Le phénomène constaté sera donc relativement rare, sauf si les condensations se produisent au niveau de la platine et du moignon métallique.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

En théorie, si le pare-vapeur correspond à l'ambiance intérieure du local (type courant ou renforcé) et s'il est correctement mis en œuvre, c'est-à-dire en adhérence complète sur l'élément porteur, les condensations sous le pare-vapeur devraient être nulles (cas difficile à vérifier après coup). Dans ce cas, les coulures sont dues en toute vraisemblance aux condensations qui se produisent sur la face du moignon en contact plus ou moins direct avec le béton de la terrasse.

La réservation pour passage de l'évacuation EP n'étant pas étanche, les coulures ou traînées chargées par la dissolution de produits bitumineux (EIF sur la platine et le moignon pour éviter le contact entre le plomb et le béton) traversent la dalle et se manifestent en partie haute de l'évacuation EP.

La solution peu utilisée en France, mais pratiquée en Allemagne et en Suisse par l'utilisation d'entrées d'eaux isolées, consiste à utiliser ces dispositifs qui permettent d'éviter les condensations au niveau de la traversée de plancher. Une solution intermédiaire qui permet de limiter les condensations consiste à utiliser des platines en élastomère plus isolant que le plomb (cf. photo 1).

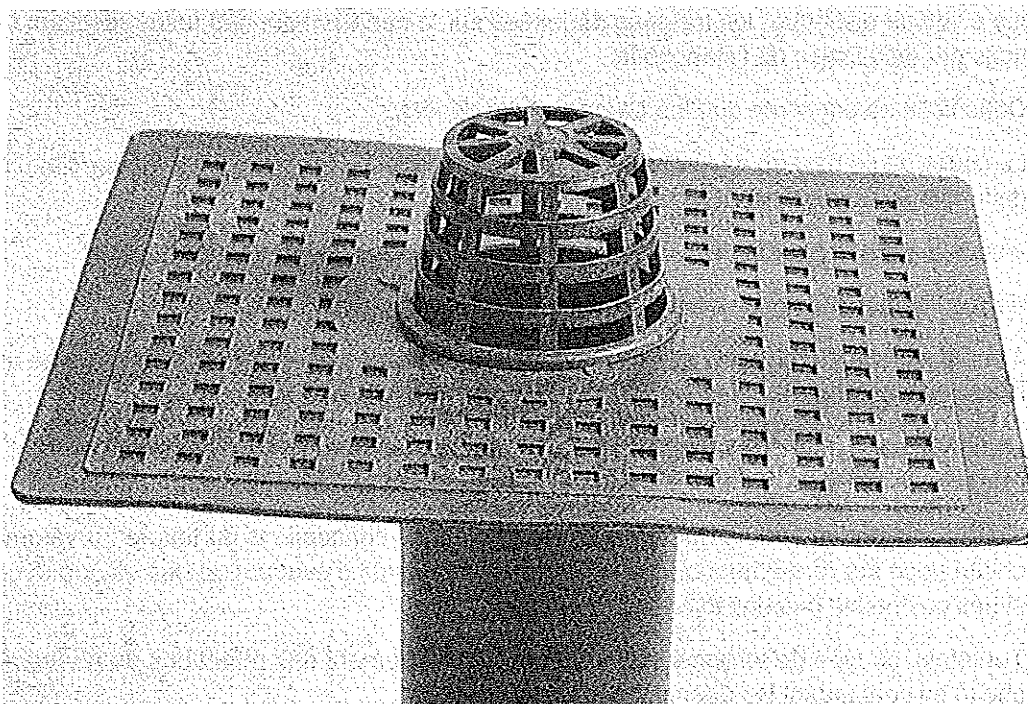


Photo 1 : Platine EP en élastomère (d'après doc. Klaus Esser).

Remarque

La procédure d'Avis technique permet la mise en œuvre de dispositifs d'entrées d'eau (généralement d'origines diverses, ex. : Société Klaus Esser) disponibles en France.

Le principe de ces dispositifs consiste à réaliser par moulage-injection une double paroi en polyuréthane rigide comprenant entre les deux parois un isolant en mousse de polyuréthane de faible densité.

La planéité de raccordement à l'étanchéité doit être compatible avec les matériaux d'étanchéité. Elle est en polychloroprène (CR) pour les étanchéités bitumineuses et en PVC (chlorure de polyvinyle) pour les membranes monocouches en PVC.



TOITURE-TERRASSE

Désordre par pénétration d'eau - Utilisation d'un SEL

DESCRIPTION DES DÉSORDRES ¹⁾

Sur une petite terrasse accessible (35 à 40 m² environ) des désordres de différentes natures se produisent :

- décollement après « soufflage » des carreaux 30 × 30 constituant la protection et le revêtement de circulation sur l'étanchéité (cf. photo 1) ;
- pénétrations d'eau à l'intérieur au droit d'une poutre habillée par un caisson.

Cette terrasse correspond à un agrandissement d'un corps de bâtiment (R + 1 sur sous-sol) par une aile latérale ne comprenant que le rez-de-chaussée et un sous-sol aménagé en piscine.



Photo 1 : Vue d'ensemble de la terrasse privative. Zone découverte du carrelage. Sondage pratiqué. © J. Putatti

CAUSES PRINCIPALES DES DÉSORDRES

1/ Décollement des carreaux : l'examen de la sous-face d'un carreau (cf. photo 2) montre que la colle est restée adhérente au carreau. Il y a donc eu rupture au niveau du plan de collage avec le support revêtu par un revêtement réputé étanche.

¹⁾ Cas concret rencontré en expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

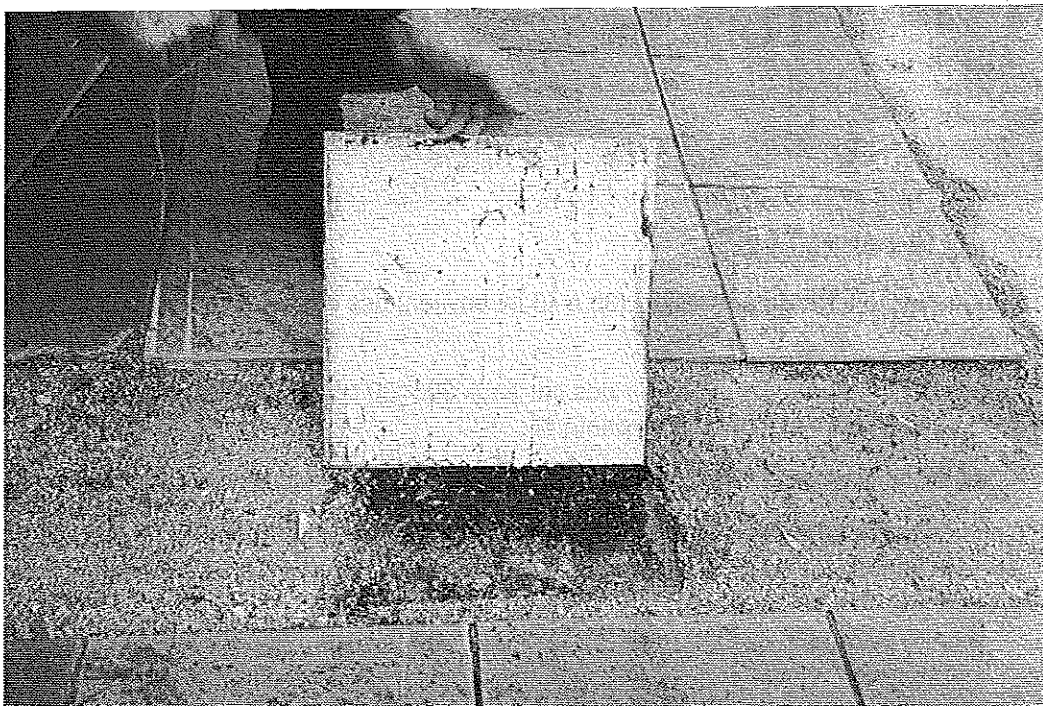


Photo 2 : Carreau décollé. Sous-face enduite de colle. Défaut d'adhérence avec le support.
© J. Putatti

Le support du carrelage collé correspond au revêtement d'étanchéité qui est en fait un SEL (Système d'étanchéité liquide) appliqué directement sur l'élément porteur (plancher béton armé).

L'aspect de ce revêtement par film mince (cf. photos 3 et 4) montre la décomposition complète du film réputé étanche.



Photo 3 : Aspect du plan de collage. Aucune trace de colle. Débris du film résine réputé étanche (Système d'étanchéité liquide). © J. Putatti

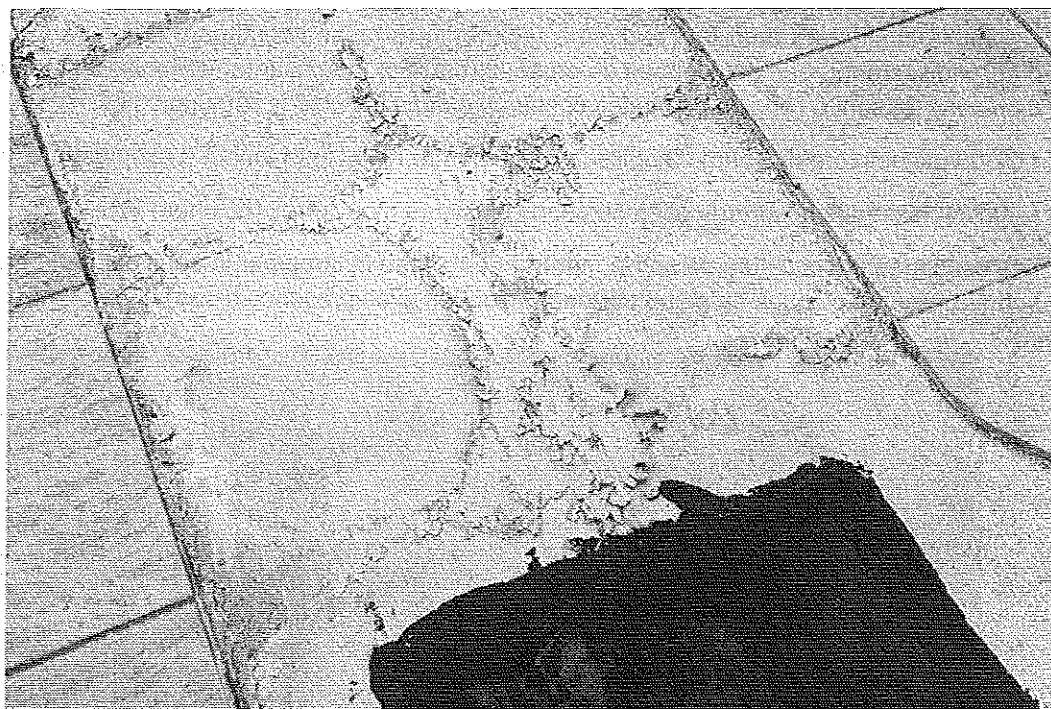


Photo 4 : Aspect du plan de collage en bordure : désagrégation complète du SEL. Sondage rebouché avec feuille bitume. © J. Putatti

2/ Seuil de hauteur insuffisante et non raccordé de manière correcte au point de vue de l'étanchéité (cf. photo 5).



Photo 5 : Seuil de hauteur insuffisante. Origine probable de la fuite à travers le plancher. © J. Putatti

Ce seuil est situé au droit de l'ancienne façade, la terrasse constituant la couverture de l'aile d'agrandissement. Les déficiences de ce seuil (hauteur insuffisante, absence de raccordement d'étanchéité) sont à l'origine des fuites constatées dans les pièces sous-jacentes.

- Cloquage peinture du coffre d'habillage d'une poutre métallique (début d'expertise) (cf. photo 6).
- Accentuation des désordres par infiltrations plusieurs mois après (cf. photo 7).

Les sondages effectués sur le coffre montrent que l'eau infiltrée par le seuil est présente dans le coffre réalisé en plaques de plâtre cartoné (cloques avec présence d'eau).

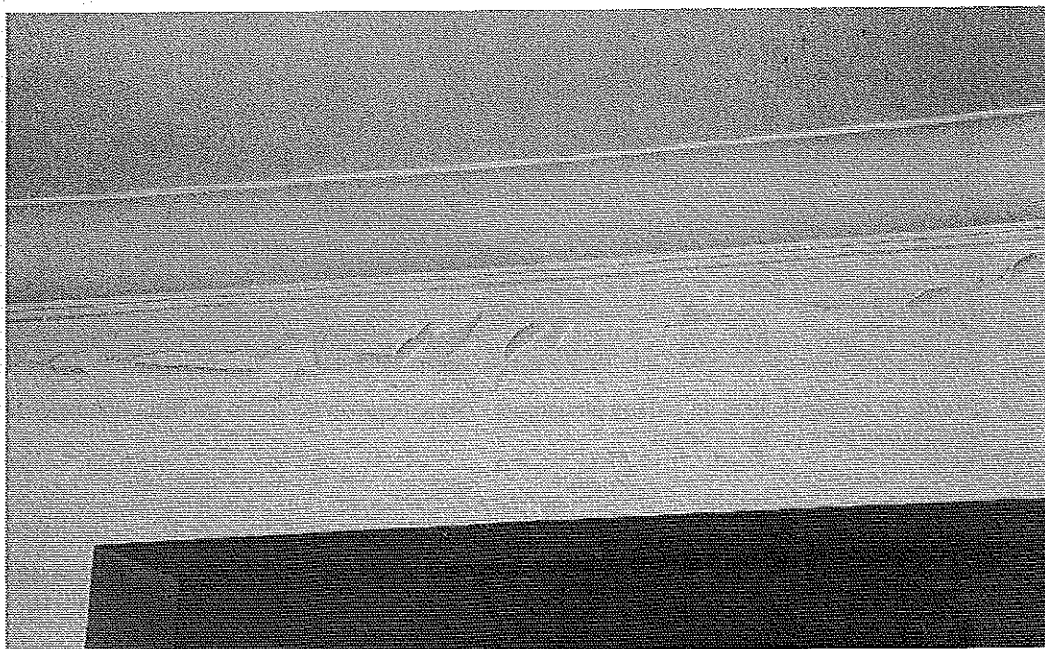


Photo 6 : Cloquage peinture sur coffre d'habillage du soffite (poutre métallique de reprise des maçonneries d'étage par création de la baie au rez-de-chaussée). © J. Putatti



Photo 7 : Aspect de la poutre de reprise des maçonneries de l'étage, après infiltrations sur plusieurs mois (seuil photo 5 situé au-dessus). © J. Putatti

L'examen des autres aspects de la toiture révèle qu'il n'y a qu'une seule évacuation pour les eaux pluviales. En cas de fortes pluies, le risque de pénétration d'eau par le seuil est accru par l'insuffisance des dispositions constructives.

La présence d'une plinthe en relevé de terrasse ne permet pas de vérifier si le SEL a été relevé sur les acrotères.

L'examen des pièces du marché (devis descriptif sommaire) montre qu'un système « d'étanchéité multicouche » était prévu.

En réalité, l'entreprise de gros œuvre ayant réalisé les travaux avait remplacé un revêtement multicouche (actuellement bicouche) par un SEL apparemment plus facile à appliquer (?) au lieu de faire appel à un sous-traitant « étanchéité ».

La méconnaissance des règles de l'Art (seuil, relevé, évacuation des eaux pluviales) a fait le reste...

La solution qui a été apportée à ce désordre fait l'objet de la fiche « Solutions ».

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW). Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW).

Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW). Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW).

Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW). Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW).

Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW). Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW).

Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW). Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW).

Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW). Les données relatives à la consommation d'énergie sont présentées en millions de kilowattheures (MkWh) et non en millions de kilowatts (MW).



TOITURE-TERRASSE

Désordre par pénétration d'eau - Utilisation d'un SEL¹⁾

PRINCIPE DE LA SOLUTION

Le principe de la solution apportée (en cours d'expertise) au désordre décrit dans la fiche correspondante correspond :

- à la *réfection complète de l'étanchéité de la terrasse*, après dépose du revêtement de protection ;
- à la *correction des ouvrages de gros œuvre* et en particulier :
 - à la création d'un seuil de porte-fenêtre permettant un raccordement correct du revêtement d'étanchéité ;
 - à la reprise du bâti de menuiserie de la porte-fenêtre correspondant diminué en hauteur, ainsi qu'aux éléments de fermetures (volets métalliques) ;
 - à la création d'une évacuation EP supplémentaire par un trop-plein (cf. photo 1) ;
 - à la reprise complète des relevés.



Photo 1 : Création d'un trop-plein latéral + reprise des relevés. © J. Putatti

La réfection de l'étanchéité a été faite par un bicouche élastomère posé sur le support existant (plancher).

Le système normalisé comprenant le pare-vapeur + isolant + revêtement et protection dure, ne pouvait remplacer l'ancien système ne comprenant qu'une « étanchéité » et une protection (sauf risque « d'enrichissement » vu sous le plan de l'assurance).

1) La fiche « Désordre » décrit le sinistre correspondant.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La protection du revêtement bicouche a été assurée par un système « dalles sur plots » compatible avec le niveau relevé du seuil.

La création du seuil a nécessité la démolition d'une partie des maçonneries anciennes (cf. photos 2 et 3). Celles-ci, constituées de moellons, ont permis de découvrir les abouts de poutres (solives) porteuses de l'ancien plancher. L'agrandissement réalisé avec création de la terrasse a été effectué *sans liaison* avec la partie ancienne, ce qui a favorisé les pénétrations d'eau sur le pignon côté terrasse. Par ailleurs, la maçonnerie de l'étage qui, avant l'agrandissement, ne comportait qu'une fenêtre sur allège, transformée par la suite en porte-fenêtre, a dû être reprise au niveau du plancher par une poutre métallique constituée de plusieurs éléments, ne comportant pas de chaînage, les ouvrages étant de natures non compatibles (maçonnerie d'une part, éléments métalliques d'autre part, plancher ancien en bois).

La méconnaissance des règles de l'Art, ainsi que les défauts de réalisation et l'incompétence de l'entreprise pour des travaux spécialisés (étanchéité) sont à l'origine d'un sinistre dont les conséquences financières ne sont pas négligeables.

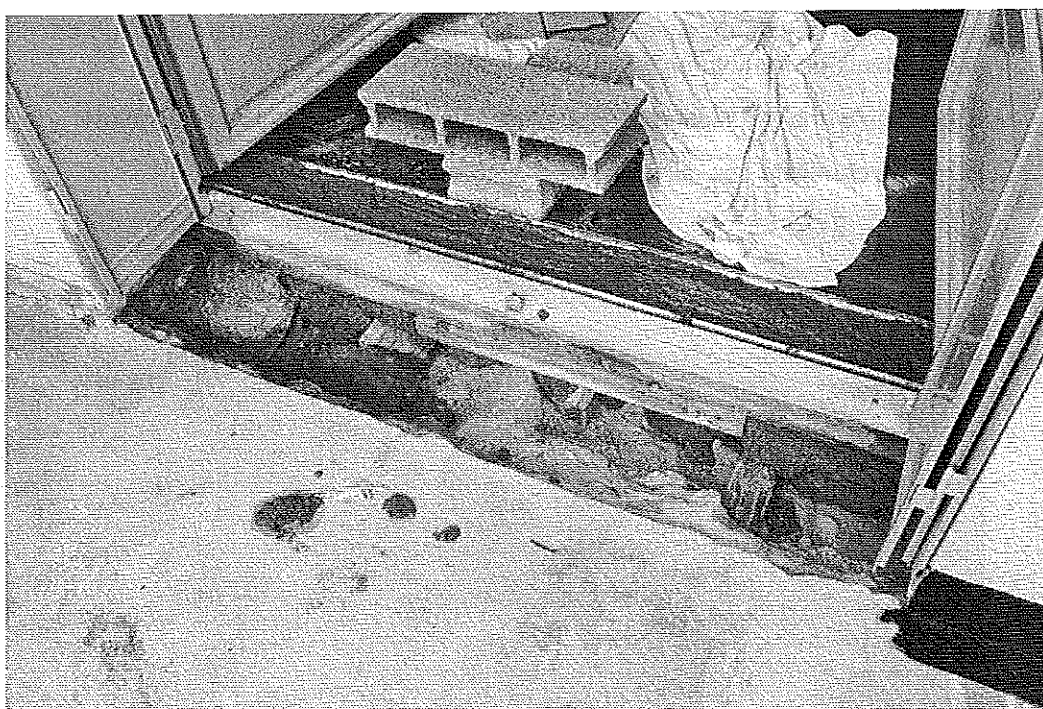


Photo 2 : Reprise du seuil de la porte-fenêtre donnant accès à la terrasse. Création d'un seuil en saillie côté local. © J. Putatti



Photo 3 : Détail de la reprise du seuil. Découverte de l'ancienne maçonnerie. Présence de poutre bois de l'ancien plancher. © J. Putatti



TOITURE-TERRASSE

Disparition des granulés d'un revêtement d'étanchéité

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Sur une toiture plate industrielle de grande surface, le revêtement d'étanchéité est un bitume élastomère bicouche avec autoprotection par granulés minéraux colorés. Après pose, on observe près des entrées d'eau largement dimensionnées (photo 1) des dépôts de granulés minéraux provenant sans aucun doute de l'autoprotection mise en place lors de la fabrication de la feuille d'étanchéité en usine.



Photo 1 : Revêtement d'étanchéité autoprotégé par granulés minéraux. © J. Putatti

Ce phénomène généralement limité, les matériaux de protection étant mis « à refus » à la fabrication, présente dans certains cas une importance non négligeable.

Dans ce cas, l'examen détaillé de la toiture s'impose avec découpe d'échantillon 30 x 30 cm pour analyse en laboratoire afin de vérifier le poids des granulés restant en place, en choisissant les échantillons dans les zones les plus dégarnies.

En principe, la face supérieure reçoit une autoprotection minérale dont le poids est de 900 g/m². Si d'après les résultats d'essai, cette valeur est vérifiée, la fabrication est conforme aux dispositions du cahier des charges des fabricants. L'excès rassemblé près des points d'évacuation peut être constitué par des granulés libres pris dans les rouleaux à la fabrication et à l'emballage.

Si les résultats sont moindres, ils peuvent être dus à une insuffisance résultant de la fabrication. Il est à craindre, selon l'importance relative du manque, que cette autoprotection n'assure pas la protection du revêtement à base de bitume pendant les dix ans de la période de garantie. Cette insuffisance doit être décelée dans l'année de parfait achèvement.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Les solutions de reprise dépendent de l'importance (quantité manquante /m²) et de la surface affectée par ce type d'insuffisance. Si les zones sont bien délimitées (cas d'un défaut de fabrication), la solution consiste à mettre en place une couche supplémentaire soudée, après préparation, à la couche existante.

Si le désordre se produit pendant la période décennale, la perte même partielle de l'autoprotection va compromettre la durabilité du revêtement. Dans ce cas, il existe des procédés de remise en état par mise en œuvre d'un revêtement de protection adapté (revêtement acrylique par exemple).



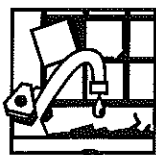
Figure 1 : Disparition des granules d'un revêtement d'étanchéité

Le revêtement d'étanchéité est un produit qui se compose d'une couche de granules et d'une couche de résine. Les granules sont des petites particules de verre ou de céramique qui protègent la résine de l'usure et des rayons UV.

La disparition des granules est un problème courant qui peut être causé par plusieurs facteurs : l'usure normale, les chocs, les rayons UV, etc. Cela peut entraîner une perte de l'efficacité du revêtement et nécessiter une réparation.

Il est important de surveiller régulièrement l'état du revêtement et de le réparer dès que possible. Pour cela, il faut identifier les zones affectées et les nettoyer soigneusement. Ensuite, on peut appliquer une nouvelle couche de granules ou un revêtement de protection adapté.

En conclusion, la disparition des granules d'un revêtement d'étanchéité est un problème qui peut être évité en prenant des mesures préventives. Il est essentiel de choisir un revêtement de qualité et de l'entretenir correctement pour assurer sa durabilité et son efficacité.



Désordre

TOITURE-TERRASSE

Étanchéité

CIRCONSTANCES DU DÉSORDRE

- Étanchéité d'une toiture-terrasse réalisée par une entreprise d'étanchéité, cotraitante de l'entreprise de gros œuvre.
- Action judiciaire intentée par le maître d'ouvrage et le syndicat des copropriétaires à l'encontre de ces entreprises.

PREMIÈRE EXPERTISE

L'expert judiciaire demande la *réfection totale de l'étanchéité*, mais également de son *support*.

- **Conclusion :** Les responsabilités sont à partager par moitié entre l'entreprise de gros œuvre et celle d'étanchéité.

THÈSE DE L'ENTREPRISE D'ÉTANCHÉITÉ

Cette entreprise demande sa mise hors de cause pour les raisons suivantes :

- inexistence de désordres, le bâtiment étant hors d'eau. Les travaux préconisés par l'expert ne concernent que des réfections intérieures ;
- l'immeuble n'étant ni en péril, ni rendu impropre à sa destination, le vieillissement prématuré de l'étanchéité n'a pas été démontré par l'expert ;
- défaut d'entretien : constatations de l'expert : des percements accidentels sont relevés à plusieurs endroits ainsi que des plaques de mousses. L'entreprise souligne le prix très faible de ce type de couverture en indiquant que les conséquences éventuelles de cette économie doivent rester à la charge des assureurs. Elle demande une *expertise complémentaire*.

PREMIER JUGEMENT DU TGI

Le tribunal accepte la thèse de l'entrepreneur et nomme un second expert.

RAPPORT DU SECOND EXPERT

- Ce dernier relève trois catégories de défauts :
 - cloquage général de l'étanchéité ;
 - plaques de mousses ;
 - poinçonnements accidentels.
- Partage des responsabilités :
 - 40 % à la charge de l'entrepreneur de gros œuvre pour malfaçons dans l'exécution de la forme de pente ;
 - 40 % à la charge de l'entreprise d'étanchéité qui a accepté de poser un revêtement sur un support dont la pente ne convenait pas au système d'étanchéité ;
 - 20 % à la charge de la copropriété pour défaut d'entretien.
- Assignation par le syndicat des copropriétaires du promoteur-vendeur de l'opération : assignation par ce dernier de l'entreprise de gros œuvre et de l'entreprise d'étanchéité.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

SECOND JUGEMENT DU TRIBUNAL

Le tribunal :

- déclare *sans objet* l'appel en garantie du promoteur contre les entreprises ;
- partage les *responsabilités* :
 - 10 % à la copropriété ;
 - 90 % à la charge des constructeurs (*in solidum*) soit :
 - 40 % au promoteur-vendeur en sa qualité de maître d'œuvre ;
 - 40 % à l'entreprise de gros œuvre ;
 - 10 % à l'entreprise d'étanchéité qui n'a pas commis de faute d'exécution mais qui n'aurait pas dû accepter de poser l'étanchéité sur la forme de pente.

Le promoteur-vendeur interjette l'appel à l'encontre des entreprises.

ARRÊT DE LA COUR D'APPEL

1. Recevabilité de l'appel du promoteur-vendeur

La cour d'appel considère que c'est à tort que les premiers juges ont retenu la responsabilité du maître d'œuvre du promoteur à l'égard de la copropriété, les seuls rapports contractuels existants entre eux étant fondés sur la vente et qu'en conséquence, le promoteur ne devait que la garantie du vendeur.

La cour conclut que le promoteur était fondé à appeler les entreprises en garantie.

2. Sur le fond

La cour maintient que dans ses rapports avec les entrepreneurs, le promoteur ne peut rejeter sur eux les conséquences de la faute de conception qu'il a commise en sa qualité de maître d'œuvre et confirme la répartition des responsabilités définie par le jugement.

Remarques

L'arrêt de la cour est intéressant à plus d'un titre :

- un promoteur-vendeur n'est responsable à l'égard d'une copropriété qu'en sa *qualité de vendeur* puisque les seuls rapports contractuels qui les unissent sont basés sur la vente. Si un promoteur est recherché en tant que maître d'œuvre, il convient que les entreprises l'appellent en garantie au cas où il n'aurait pas été assigné par le maître d'ouvrage actuel ;
- responsabilité d'une entreprise pour « absence de réserves ». L'entreprise d'étanchéité n'avait commis aucune faute d'exécution, mais elle aurait dû refuser de poser son étanchéité sur un support inadapté ou tout au moins faire des *réserves écrites*. Le pourcentage de responsabilité retenu ici (10 %) est faible mais il est courant que les magistrats condamnent plus sévèrement les entreprises pour absence de réserves.



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Étanchéité multicouche (réfection)

QUESTION

Peut-on appliquer une étanchéité multicouche sur un support ou ancienne étanchéité en brai de houille ?

RÉPONSE

La réponse est négative.

En effet, le brai de houille est incompatible avec les étanchéité multicouches fabriquées avec des bitumes provenant de la distillation du pétrole.

La seule solution qui correspond à une réfection de l'étanchéité consiste à éliminer l'ancienne étanchéité à base de brai de houille, *en totalité*.

Les méthodes et règles de réfection actuelles qui consistent à conserver le plus possible les ouvrages existants et à *superposer* un nouveau complexe indépendant moderne ne conviennent pas dans ce cas.

Les anciennes étanchéités à base de brai de houille (ciment volcanique) repérables généralement par les dégagements d' H_2S (hydrogène sulfuré), qui se sont comportées souvent d'une manière satisfaisante pendant plusieurs dizaines d'années, contiennent de l'eau retenue dans les feutres celluloseux. Cette eau, une fois le nouveau complexe posé, ne pourra pas s'échapper et risquera de se manifester par des soulèvements ou cloquages.

La pose du nouveau complexe devra donc :

- éliminer en totalité l'ancienne étanchéité ;
- prévoir la mise en place d'un pare-vapeur et d'un isolant, après nettoyage complet.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Évacuation des eaux pluviales - Avaloirs en fonte

QUESTION

Peut-on utiliser des avaloirs en fonte pour les entrées d'eaux pluviales en toiture-terrasse ?

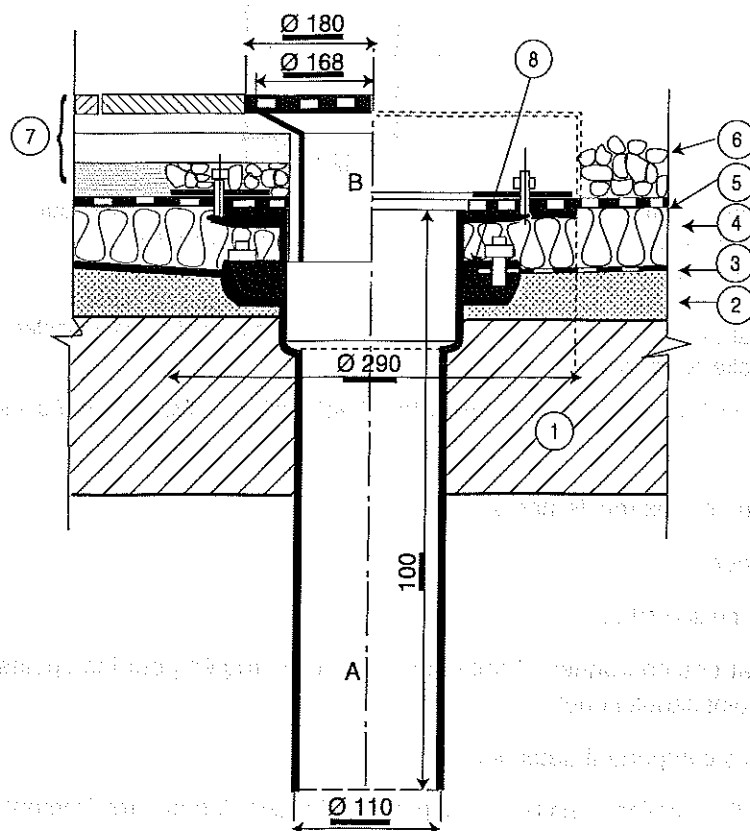
RÉPONSE

L'édition actuelle du DTU 43.1 (octobre 1981 + modificatif n° 1 de juillet 1990) mentionne :

« Le raccordement du revêtement aux évacuations se fait par l'intermédiaire d'entrées d'eau qui peuvent être :

- en plomb de 2,5 mm d'épaisseur minimale ;
- en cuivre de 0,6 mm d'épaisseur minimale ;
- en matériau spécialement adapté à cet usage (élastomère), etc. »

La fonte n'est pas citée directement. Certains fabricants (cf. Fig. 1 et 2) ont spécialement conçu des dispositifs d'entrées d'eau en fonte ¹⁾.



① Élément porteur

② Forme de pente

③ Pare-vapeur

④ Isolant

⑤ Revêtement d'étanchéité

⑥ Protection lourde meuble

⑦ Revêtement protection dure

⑧ Joint caoutchouc

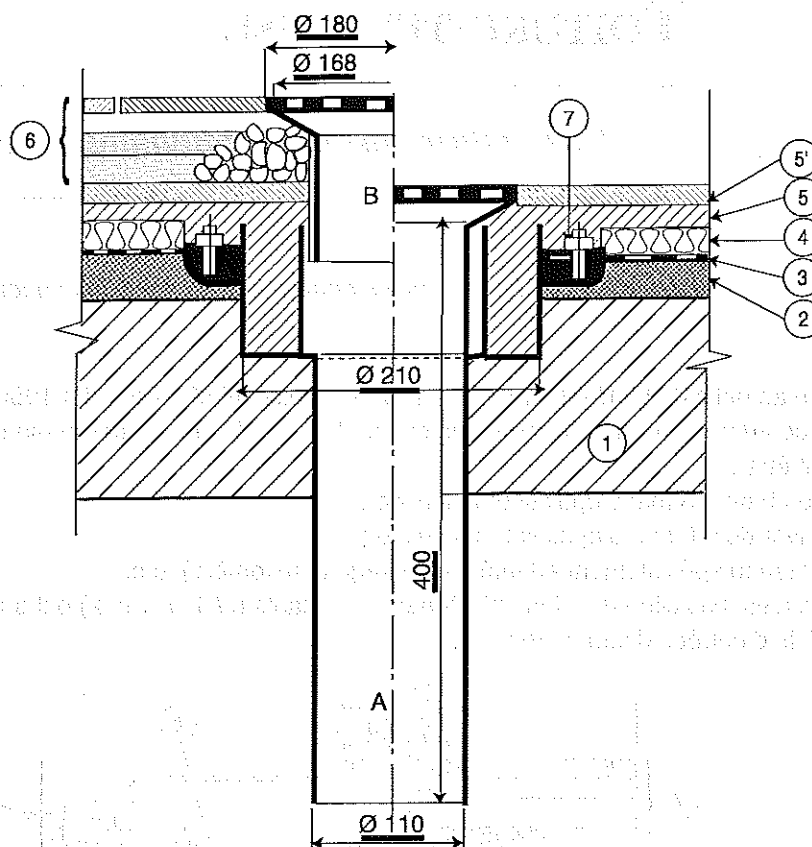
A - Partie fixe

B - Rehausse variable

Cotes soulignées variables

Fig. 1 : Avaloir fonte raccordé à une étanchéité multicouche (d'après doc. Fonderies de Bayard).

1) Usine de Saint-Dizier - Fonderie de Bayard - Fonte courante. Crépines Esser, fonte d'aluminium - Pont-à-Mousson. Crépines de terrasse - Dispositif sous ATec.



- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| ① Élément porteur | ⑥ Revêtement supérieur |
| ② Forme de pente | ⑦ Joint caoutchouc |
| ③ Pare-vapeur | A - Partie fixe |
| ④ Isolant | B - Rehausse variable |
| ⑤ Asphalte coulé | Cotes soulignées variables |
| ⑤' Asphalte coulé sablé | |

Fig. 2 : Avaloir fonte raccordé à un étanchéité asphalte (d'après doc. Fonderies de Bayard).

Le raccordement aux revêtements :

- écran-vapeur ;
- complexe multicouche,

s'effectue par des couronnes et anneaux de serrage réglés pour les épaisseurs courantes d'isolants (avec joint caoutchouc).

Les dispositifs comportent deux parties :

- une partie fixe scellée dans l'élément porteur et raccordée aux revêtements pare-vapeur et étanchéité ;
- une partie amovible (rehausse variable) pouvant coulisser verticalement dans la pièce précédente.

Pour l'asphalte, un type spécial permet le raccordement direct de l'asphalte coulé dans une sorte de gouttière annulaire. Le raccordement par couronne et anneau de serrage avec joint caoutchouc n'a lieu que pour le pare-vapeur (cf. Fig. 2).

Différents modèles d'avaloirs sont utilisés à l'étranger (USA, Canada, Allemagne). Les éléments sont en fonte normale (cf. photo 1) ou en fonte d'aluminium (cf. photo 2).

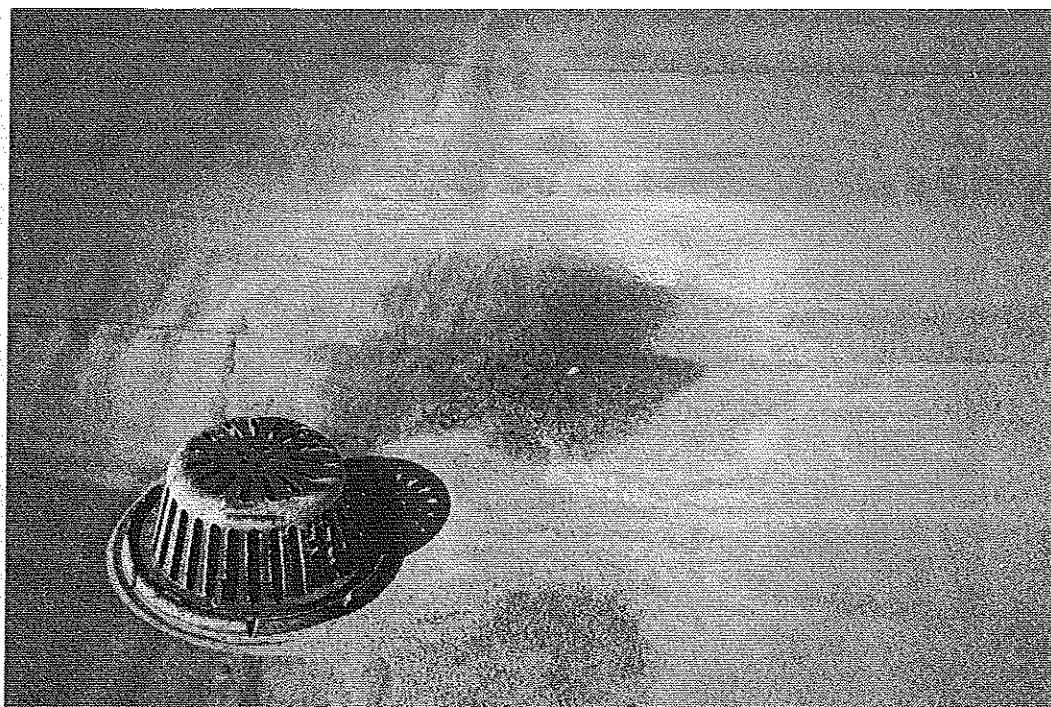


Photo 1 : Utilisation d'une entrée d'eaux pluviales en fonte (toiture au Canada). © J. Putatti



Photo 2 : Utilisation d'une entrée d'eaux pluviales en fonte d'aluminium. © J. Putatti

Le problème de l'utilisation de ces dispositifs est lié aux techniques d'étanchéité correspondantes et en particulier au raccordement des feuilles d'étanchéité (cf. photos 3 et 4). Certains dispositifs présentent en effet des raccordements peu compatibles avec les feuilles d'étanchéité.



Photo 3 : Entrée d'eaux pluviales en fonte d'aluminium à débit contrôlé (Canada). Raccordement difficile et mal exécuté avec un revêtement d'étanchéité. © J. Putatti

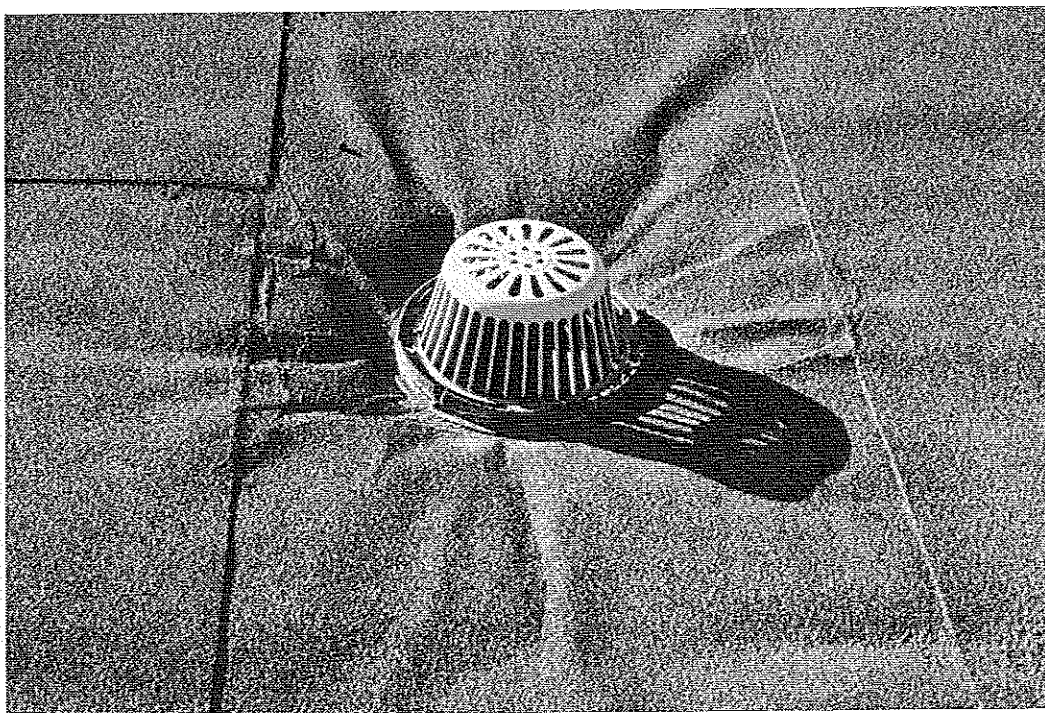


Photo 4 : Entrées d'eaux pluviales en fonte d'aluminium (toiture au Québec). Difficultés de raccordement avec revêtement d'étanchéité. © J. Putatti

Document communiqué en vertu de l'accès à l'information. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act. / Document released pursuant to the Access to Information Act.



TOITURE-TERRASSE

Fissuration d'acrotères hauts

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Sur une toiture-terrasse inaccessible, les acrotères sont traités en acrotères hauts et constituent des garde-corps. La présence d'un bandeau saillant préfabriqué (cf. autre fiche désordre) nécessite pour respecter la hauteur de sécurité, la mise en place d'une main courante métallique. Le garde-corps réalisé en béton armé, recouvert d'une peinture épaisse à liant plastique est recoupé par des joints garnis par un profilé en PVC.

Plusieurs types de désordres affectent cet ouvrage :

- fissurations verticales (cf. photo 1) entre joints de fractionnement ;
- fissurations verticales près ou au droit des joints de fractionnement (cf. photo 2) ;
- fissurations horizontales de décollement de l'enduit placé sur le dessus d'acrotère (cf. photo 3), chutes d'éléments (façade sur rue) ; découverte d'aciers corrodés ;
- fissurations verticales au droit des fixations de platines de main courante métallique (cf. photo 2) ;
- fissurations verticales de part et d'autre d'un joint de fractionnement (cf. photo 4) désorganisation complète du joint, et pénétrations d'eau dans le mur derrière le revêtement d'étanchéité.



Photo 1 : Fissuration verticale de l'acrotère (zone en dehors des joints de fractionnement). Fissure de décollement de l'enduit de dessus d'acrotère. © J. Putatti

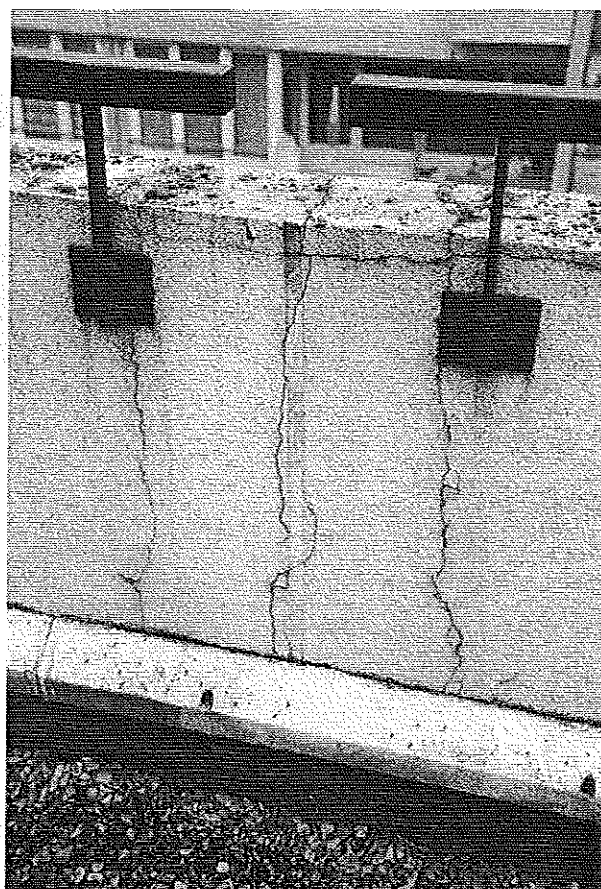


Photo 2 : Fissurations verticales de l'acrotère :
– au droit du joint de fractionnement ;
– au droit fixation platines de main courante. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

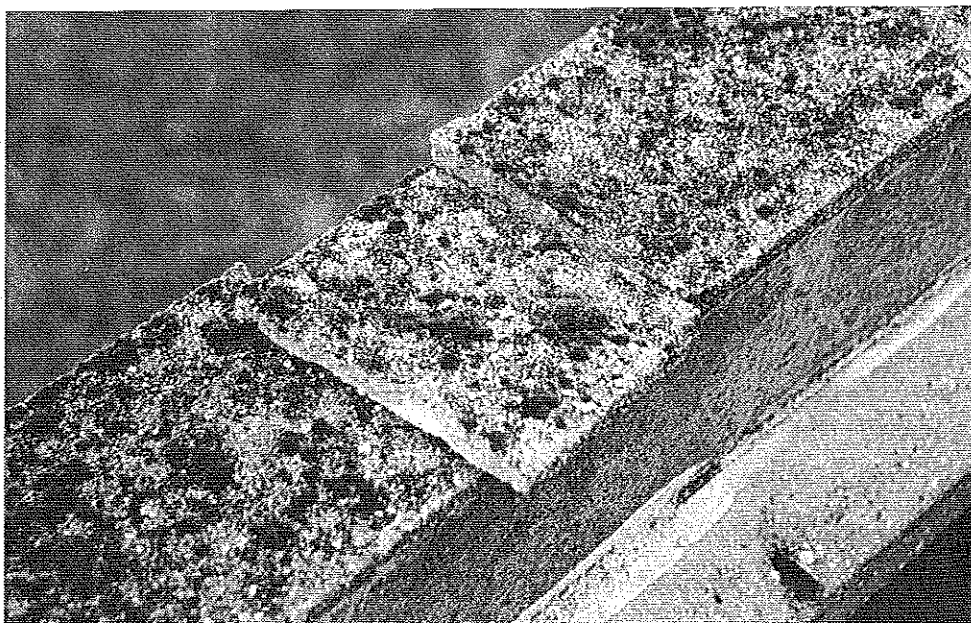


Photo 3 : Fissuration de l'enduit appliqué sur le dessus d'acrotère avec décollement et chute d'éléments. © J. Putatti

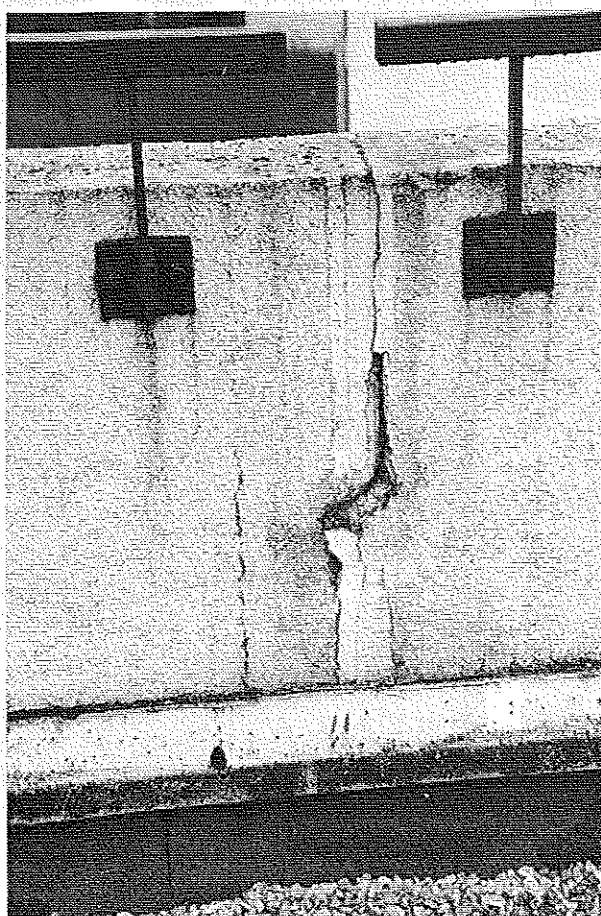


Photo 4 : Désordre au droit d'un joint d'acrotère haut. Désorganisation du joint de chaque côté. La fissure se prolonge jusqu'au niveau du couronnement. Elle traverse le joint et le mortier de garnissage a disparu (tracé en Z). Pénétrations d'eau dans le mur d'acrotère derrière le bandeau. © J. Putatti

CAUSES

Les désordres constatés correspondent à un non-respect des règles de l'art définies dans le DTU 20.12 (édition septembre 1993) :

- insuffisance d'armatures longitudinales ;
- joints de fractionnement au-dessus de l'arase supérieure du bandeau non respectés (espacements-renforts aciers au niveau du bandeau) ;
- calfeutrement mastic déficient ;
- couronnement non protégé (mortier rapporté non adhérent - absence d'étanchéité).

REMÈDES

1/ Au niveau du gros œuvre :

- réparation des fissures par les méthodes courantes ;
- mise en place d'un revêtement de façade à fonction étanchéité (enduit armé) ;
- reprise des joints de fractionnement.

2/ Au niveau de l'étanchéité :

- mise en place d'une étanchéité autoprotégée sur la face interne de l'acrotère recouvrant le bandeau préfabriqué (après vérification des fixations) ;
- protection du dessous d'acrotère.

1. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

2. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

(

3. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

4. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

5. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

6. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

7. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

8. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

9. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

10. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

11. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

12. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

13. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

14. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

15. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

16. Les acrotères hauts sont fissurés, les fissures sont profondes et larges.

(—

(

(—



TOITURE-TERRASSE

Infiltrations consécutives à la fissuration d'un acrotère

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Une terrasse privative est bordée côté façade principale de l'immeuble par un acrotère bas surmonté d'un garde-corps métallique comportant des panneaux avec un grillage à mailles 10 x 10. Le dessus de l'acrotère est brut et présente (théoriquement) un bandeau saillant équipé d'une « goutte d'eau ». L'acrotère bas comporte une armature dans le bandeau saillant.

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Sur l'ouvrage extérieur, on peut constater des fissures transversales sur le dessus de l'acrotère (cf. photos 1 et 2).

D'autre part, l'angle inférieur du bandeau saillant est éclaté et l'armature longitudinale de ce bandeau est visible et corrodée (cf. photos 1 à 3). La face verticale du bandeau présente des trous. Le garde-corps métallique est corrodé, surtout en partie basse au niveau du bandeau saillant.

Le relevé d'acrotère sous bandeau est protégé par un carrelage 10 x 20 mis en place dans le sens de la longueur.

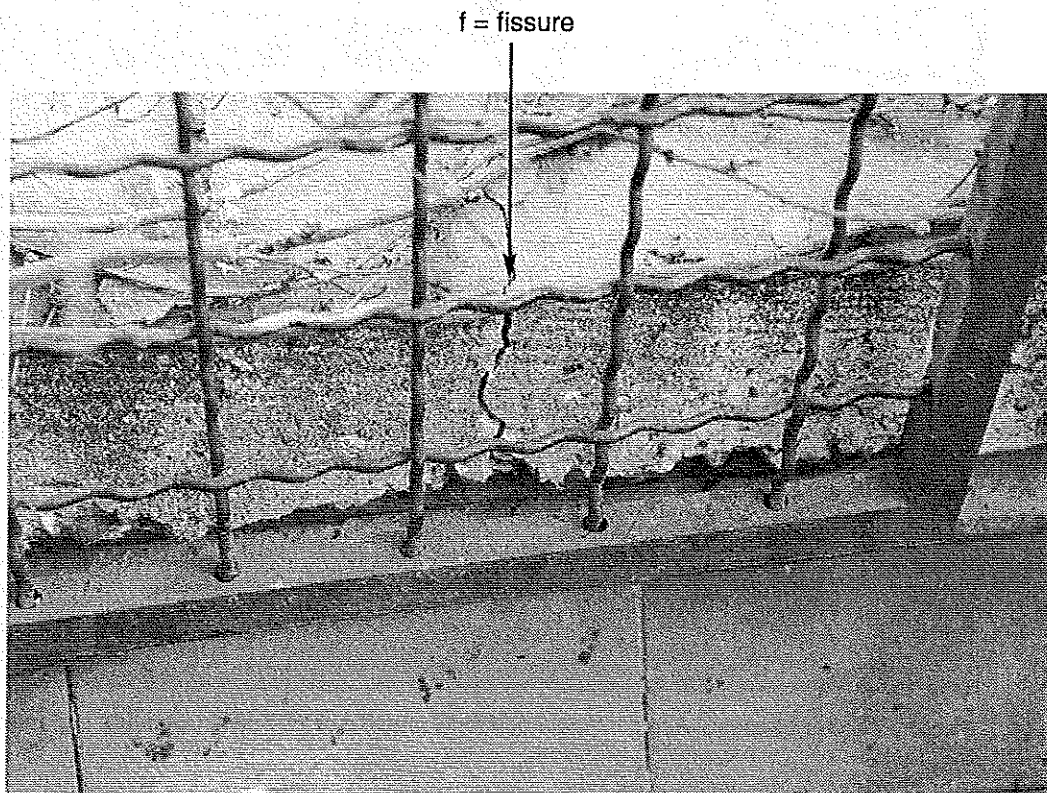


Photo 1 : Fissuration du dessus d'acrotère. Éclatement de la goutte d'eau. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Détail bandeau saillant. Bordure inférieure éclatée. © J. Putatti

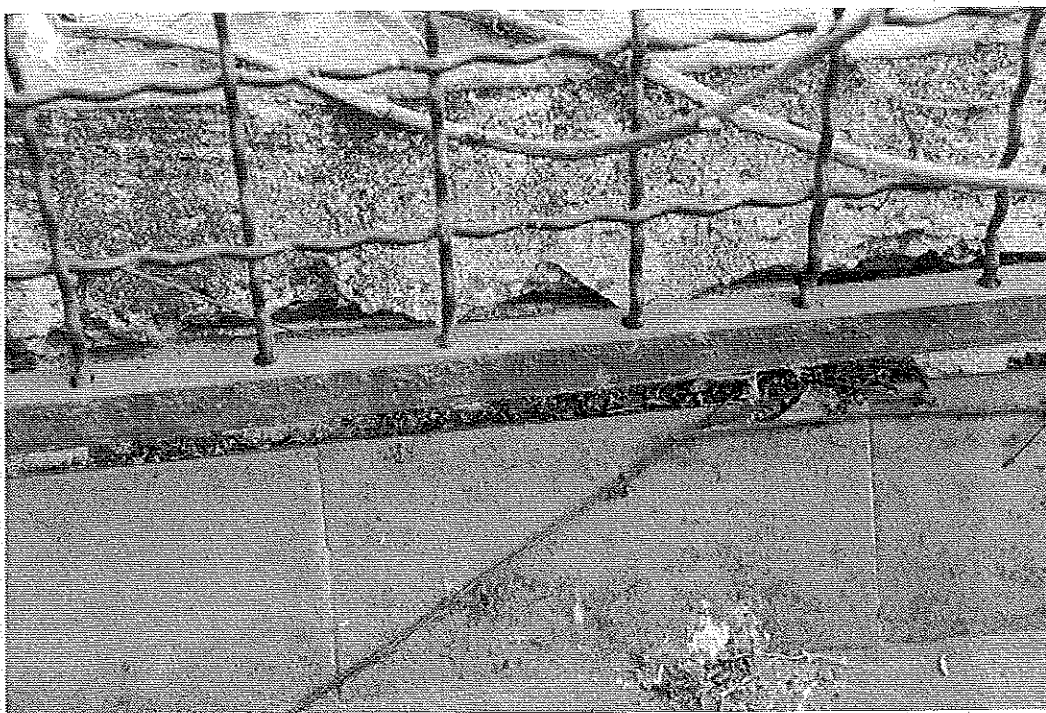


Photo 3 : Détail bandeau. Angle inférieur éclaté. Goutte d'eau inefficace (armature apparente).
© J. Putatti

À l'intérieur, dans l'appartement sous-jacent, des désordres avec pénétrations d'eau sont constatés :

- le long de la façade, en plafond, au droit de la jonction plafond, bâtis de menuiserie et en plafond (cf. photo 4) ;
- au droit des meneaux de façade (cf. photo 5).



Photo 4 : Désordres intérieurs consécutifs aux pénétrations, en bordure de baie. © J. Putatti



Photo 5 : Désordres intérieurs par pénétrations au droit d'un meneau. © J. Putatti

CAUSES DES DÉSORDRES (CF. FIG. 1)

Les pénétrations d'eau à l'intérieur des locaux s'effectuent à partir :

- des fissures d'acrotère par contournement de l'étanchéité du relevé ;
- d'effets capillaires par le dessous du bandeau par suite de l'inefficacité du dispositif « goutte d'eau » initialement prévu.

L'origine des désordres est à rechercher :

- au niveau de la fissuration par retrait de l'acrotère (bandeau et relevé) probablement par insuffisance d'armatures longitudinales ;
- au niveau de l'éclatement de l'angle inférieur, par un défaut d'enrobage de l'armature d'angle dont la corrosion a provoqué, par expansion de la rouille, l'éclatement du béton et la destruction de la goutte d'eau. Le cheminement de l'eau par effet de capillarité a pu contribuer à un effet de contournement de l'étanchéité du relevé.

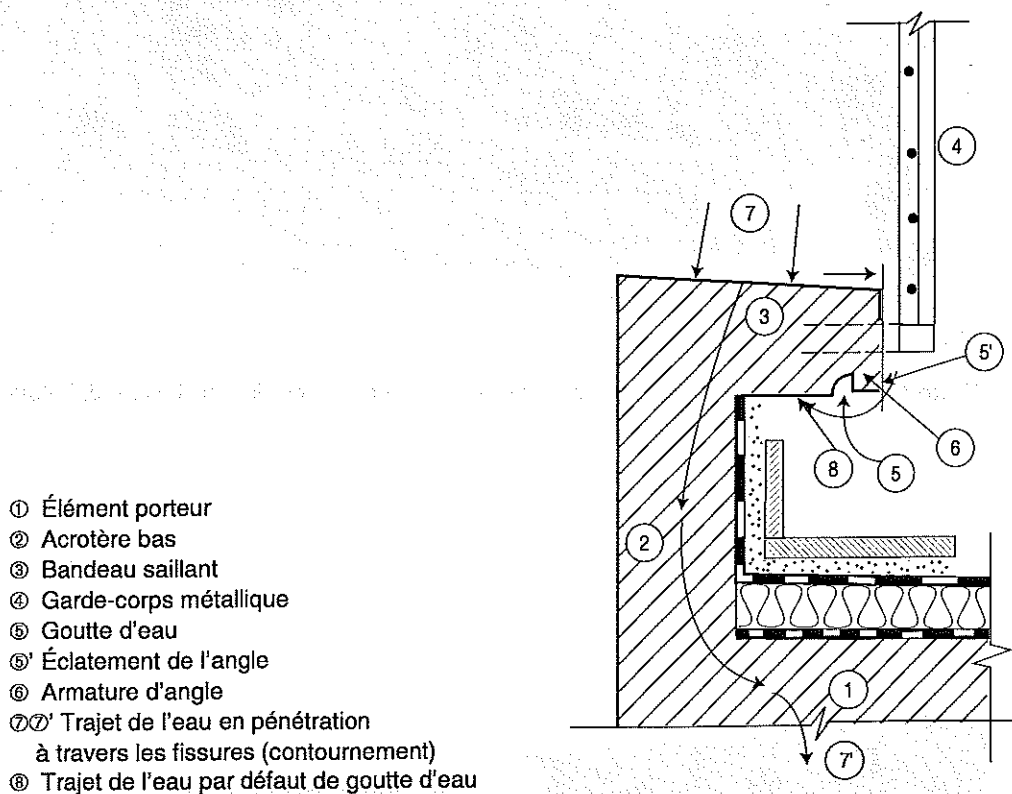


Fig. 1 : Coupe sur acrotère bas.

REMÈDES

- Déposer le garde-corps métallique.
- Reprendre l'angle inférieur du bandeau béton en passivant les aciers apparents.
- Recouvrir le dessus d'acrotère et du bandeau par un profil en aluminium reconstituant la goutte d'eau avant de reposer le garde-corps.



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Infiltrations d'eau

QUESTION

Après réfection d'une toiture-terrasse d'HLM, des infiltrations se produisent au moment des périodes de gel autour des conduits d'évacuation des gaz brûlés de chauffe-eau.

Le contrôle de la mise en eau colorée de la terrasse n'a pas relevé de défaut d'étanchéité.

Quelle peut être l'origine de ces infiltrations ?

RÉPONSE

Les infiltrations peuvent avoir plusieurs origines :

- fissuration du couronnement du conduit ;
- fissuration de l'enduit extérieur de la souche ;
- inefficacité du larmier de couronnement ;
- phénomène de condensation à l'intérieur du conduit.

Compte tenu de l'essai de mise en eau, seule la dernière hypothèse semble devoir être retenue.

Étant donné que l'apparition des infiltrations se manifeste lors des périodes de gelée, il est probable que les phénomènes de condensation sont à l'origine des désordres.

Ces phénomènes se produisent d'autant plus facilement que la hauteur de la souche est grande. En effet, pour une cheminée basse, les gaz qui sortent sont encore chauds et le risque de condensation est faible ou nul. En revanche, lorsque la souche est haute, la masse plus importante peut être réchauffée par les gaz de combustion. Elle est presque à la température de l'air extérieur et les parois sont au-dessous de la température de rosée. D'où les condensations dans le conduit.

D'autre part, le gaz refroidi, plus dense, ne monte pas et s'évacue moins vite. La vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion a le temps de se condenser sur les parois.

Remèdes

On peut :

- améliorer le tirage du conduit avec un aspirateur adéquat (stato-dynamique) ;
- protéger thermiquement le conduit par un doublage, par exemple.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



Ministère de l'Environnement et de la Forêt

Direction régionale de l'Est

Montréal

Afin de mieux connaître les besoins et les attentes des citoyens, le Ministère de l'Environnement et de la Forêt a lancé une consultation publique sur le thème de la gestion des déchets.

La consultation se déroulera du 15 mai au 15 juin 1995.

Vous êtes invité à participer à cette consultation.

Remarque :

- Les participants doivent être âgés de 16 ans ou plus.
- Les participants doivent résider dans la région de l'Est.
- Les participants doivent être citoyens canadiens.
- Les participants doivent être résidents de la région de l'Est depuis au moins six mois.

La consultation se déroulera en deux phases. La première phase sera une consultation écrite. Les participants devront répondre à un questionnaire. La deuxième phase sera une consultation orale. Les participants devront participer à une séance de discussion.

Les participants seront sélectionnés par tirage au sort. Les participants seront informés par lettre de leur sélection. Les participants devront participer à la consultation écrite et orale.

Les participants seront rémunérés pour leur participation à la consultation orale.

Remarque :

Un questionnaire

est joint à ce questionnaire. Les participants doivent le remplir et le retourner au Ministère de l'Environnement et de la Forêt.



TOITURE-TERRASSE

Infiltrations par les relevés d'étanchéité, utilisation de bandeaux préfabriqués

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

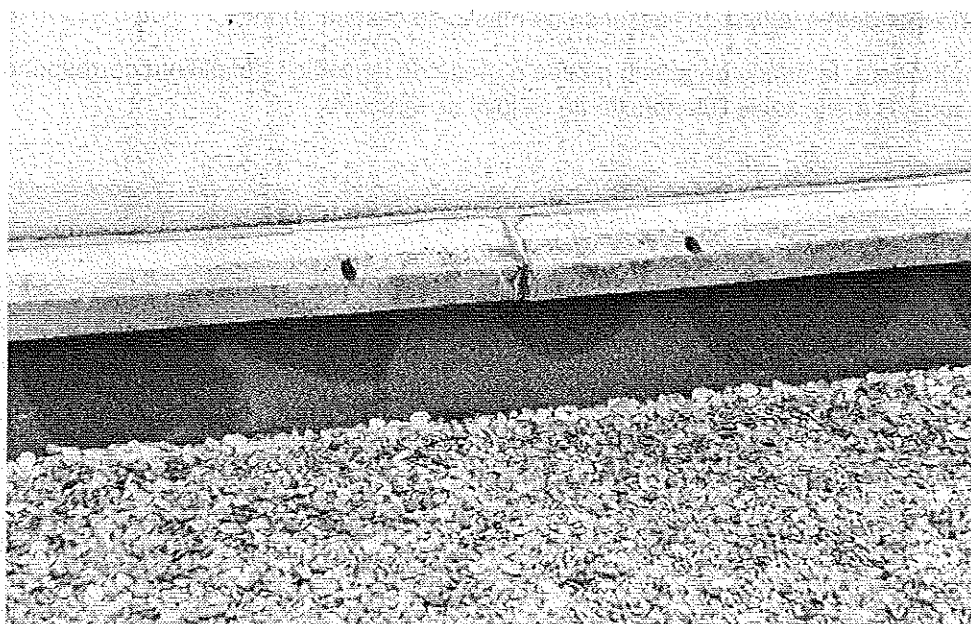
Le désordre correspond au contournement de l'étanchéité par l'arrière de celle-ci dans la zone de relevé. C'est le bandeau de protection qui est en cause. Celui-ci est constitué d'éléments préfabriqués en béton de 1,00 m de longueur, collés sur l'acrotère coulé en place et fixés mécaniquement par 2 chevilles à expansion. Le calfeutrement mastic est inefficace et l'ensemble est déficient.

CONSÉQUENCES

Ce désordre dont l'origine a été déterminée ci-dessus a généré un sinistre complet d'une zone de toiture à partir la pénétration par bandeau et cheminement sous les différentes couches du complexe d'étanchéité, c'est-à-dire :

- panneaux isolants ;
- couche de collage de l'isolant ;
- pare-vapeur.

Le moindre défaut de cette couche collée à l'élément porteur (fissure par exemple) entraîne des fuites graves dans les locaux sous-jacents (cf. photo suivante).



Pénétrations à l'arrière du relevé. Défaut d'étanchéité du bandeau . © J. Putatti

DÉTAIL DES DÉFAUTS DE BANDEAUX

Les bandeaux préfabriqués présentent les défauts suivants.

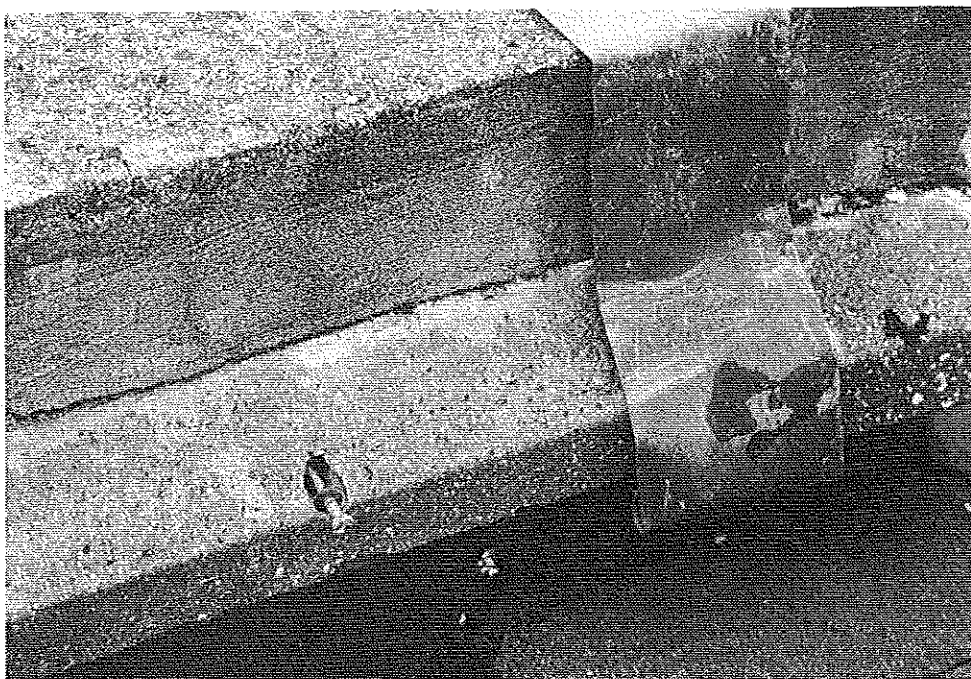
- 1/ Défaut de mastic de calfeutrement à la liaison bandeau-acrotère (cf. photo Glissement de l'ensemble colle + bandeau).



Glissement de l'ensemble colle + bandeau. © J. Putatti

2/ Défaut de fixation mécanique (cf. photo suivante). Certaines vis sortent de leur trou de fixation. Seule la colle mise en œuvre lors de la pose du bandeau assure (?) la liaison. Noter dans la zone correspondant à la fixation l'absence de mastic de calfeutrement.

D'autre part, la bande de plomb placée à droite de la fixation défailante correspond à un joint et assure (?) à elle seule l'étanchéité de ce joint de structure.



Défaut de fixation mécanique. Absence de calfeutrement mastic. Joints de dilatation : étanchéité improvisée. © J. Putatti

4/ Rupture d'un élément d'angle (cf. photo suivante).

Ce petit élément placé près d'un angle et d'un joint de dilatation n'était fixé que par la colle...



Rupture d'un élément de bandeau près d'un angle (une seule fixation mécanique). © J. Putatti

Figure 1.1 : Schéma de principe d'un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC) à double flux.

Figure 1.2 : Schéma de principe d'un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC) à simple flux.

Figure 1.3 : Schéma de principe d'un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC) à double flux avec récupération de chaleur.



Figure 1.4 : Schéma de principe d'un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC) à double flux avec récupération de chaleur et filtration de l'air neuf.



TOITURE-TERRASSE

Lanterneaux pour éclairage zénithal - Défaut d'éclaircement

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Sur une toiture-terrasse plate d'installations industrielles, l'éclairage est de type zénithal et réalisé par des lanterneaux disposés en bandes parallèles dont certaines parties comportent des parties ouvrantes commandées depuis l'intérieur (cf. photo 1).

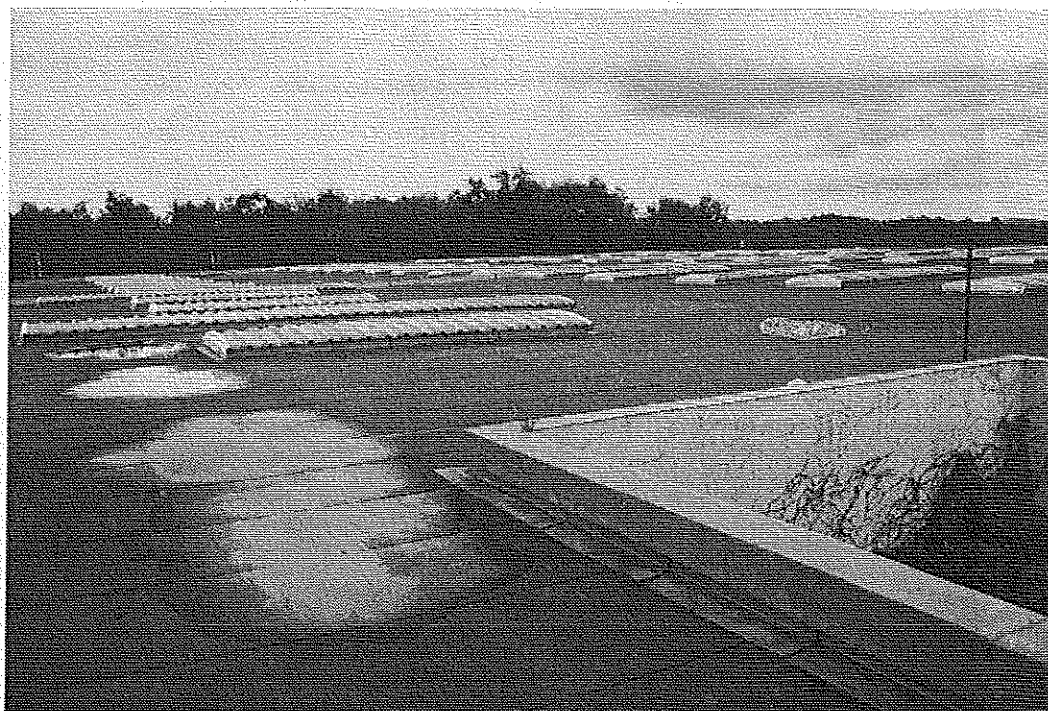


Photo 1 : Vue d'ensemble de la toiture. © J. Putatti

Les lanterneaux sont des bandes translucides en plaques cintrées de PRV (polyester renforcé fibres de verre) à double paroi, posées sur costières métalliques.

Ces accessoires de toiture relèvent de la procédure des Avis techniques.

Les matériaux utilisés lors de la construction ne bénéficiaient pas d'Avis technique à l'époque (fabrication d'origine italienne).

DÉSORDRES

Les désordres sont apparus après la réception des ouvrages pendant la période de garantie décennale.

NATURE DES DÉSDORDRES

- Dépôts de poussières sur la plaque inférieure constituant la double paroi.
- Perte de translucidité importante dès la mise en service (cf. photos 2 et 3).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

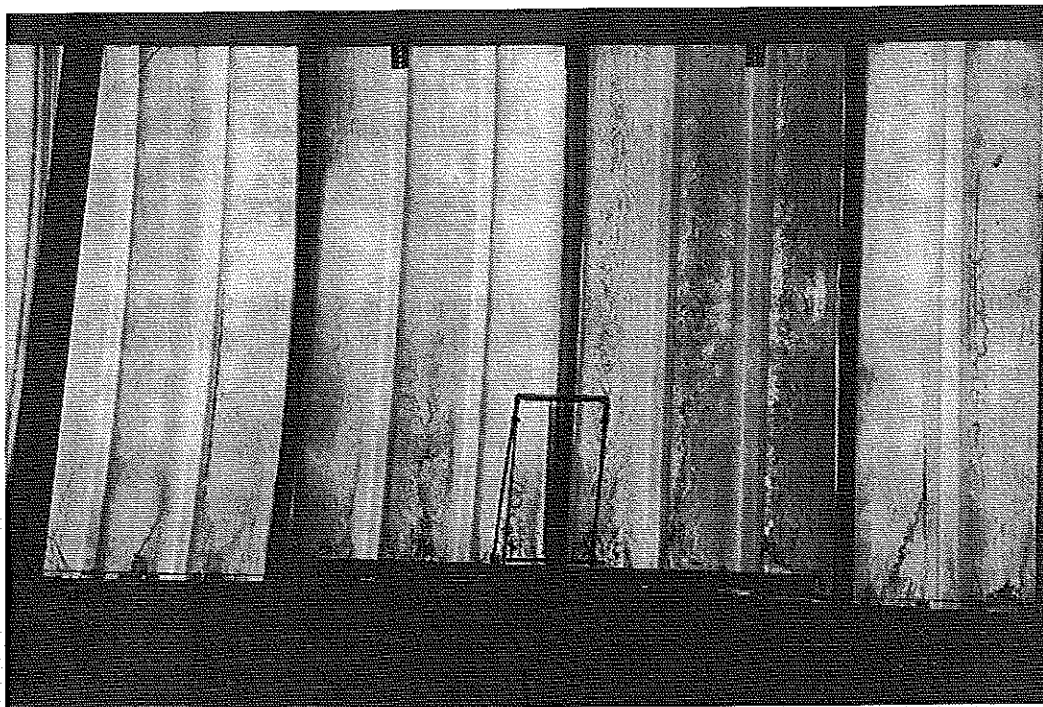


Photo 2 : Dépôts de poussières sur les plaques inférieures (vue par-dessous). © J. Putatti

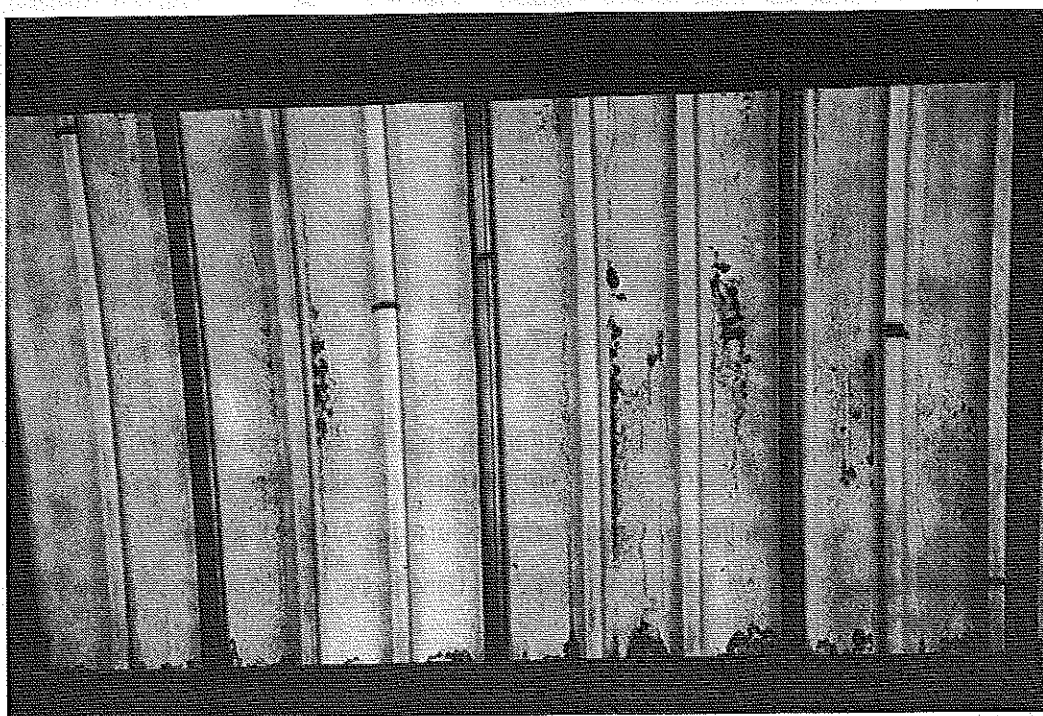


Photo 3 : Dépôts de poussières sur les plaques inférieures (vue par-dessous). © J. Putatti

Les dépôts de poussières sont variables selon les ondes des plaques, tant dans les zones avec parties ouvrantes que dans les zones courantes.

Certaines sont presque intactes, d'autres et pour la plupart d'entre elles, comportent des dépôts noirâtres (par transparence). Certaines ondes présentent des coulures résultant des condensations internes et de la pente des plaques.

CONSTATATIONS

1/ Certaines constatations ont pu être faites en surface des ouvrages :

- Les emboîtements transversaux des plaques comportent des joints souples en mousse plastique alvéolaire de couleur noire. Ces garnitures ont subi les attaques des oiseaux et sont fortement dégradées (cf. photos 4 et 5). À noter que ces garnitures n'ont pas été posées systématiquement sur tous les lanterneaux.

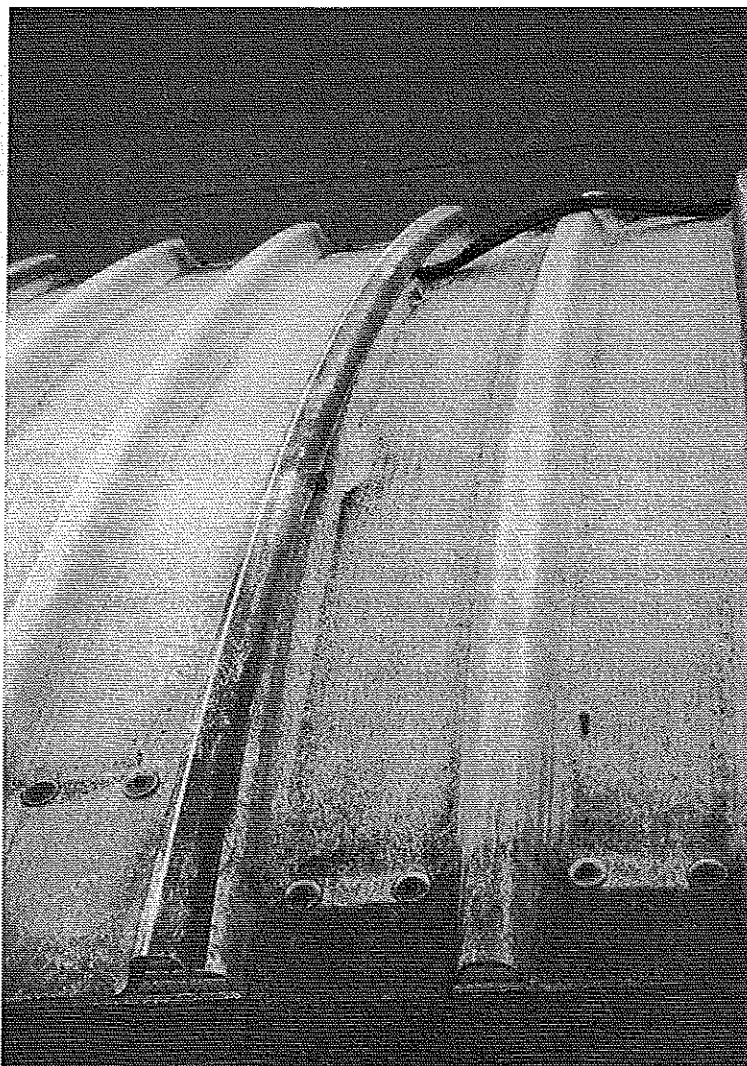


Photo 4 : Garniture de joint de recouvrement de plaque sortie de l'emboîtement. © J. Putatti

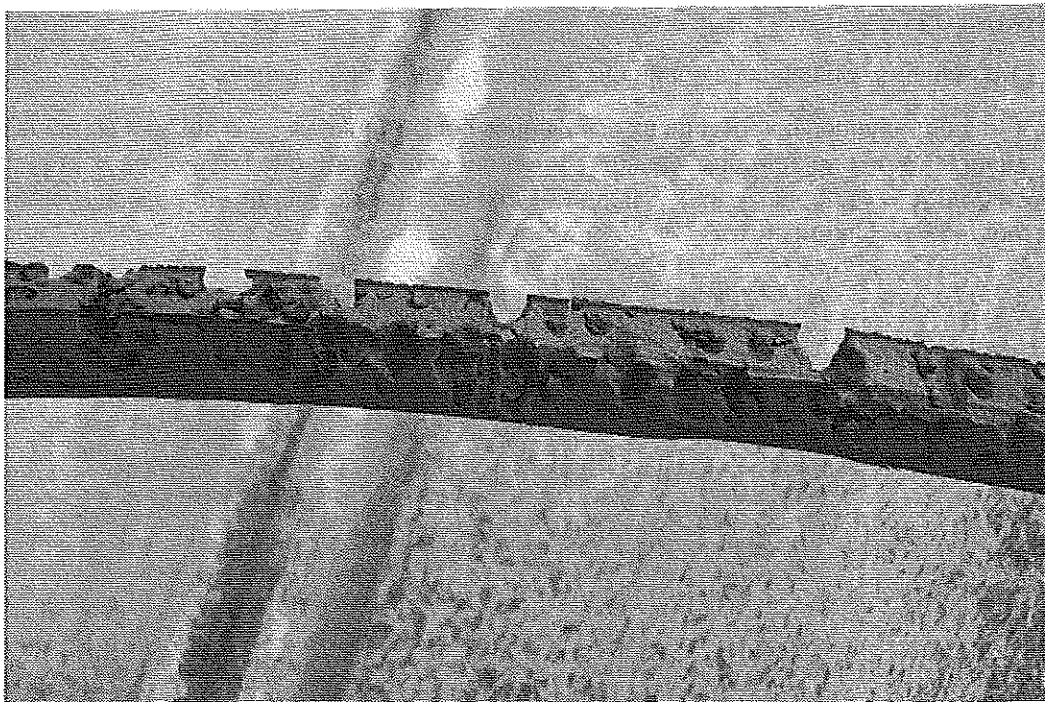


Photo 5 : Détail d'une garniture de joint attaquée par les oiseaux. © J. Putatti

- Les plaques nervurées sont posées dans le *sens contraire* des règles de pose par rapport aux vents dominants (vent d'ouest - sud/ouest). Certaines plaques sont déboîtées (cf. photo 6).

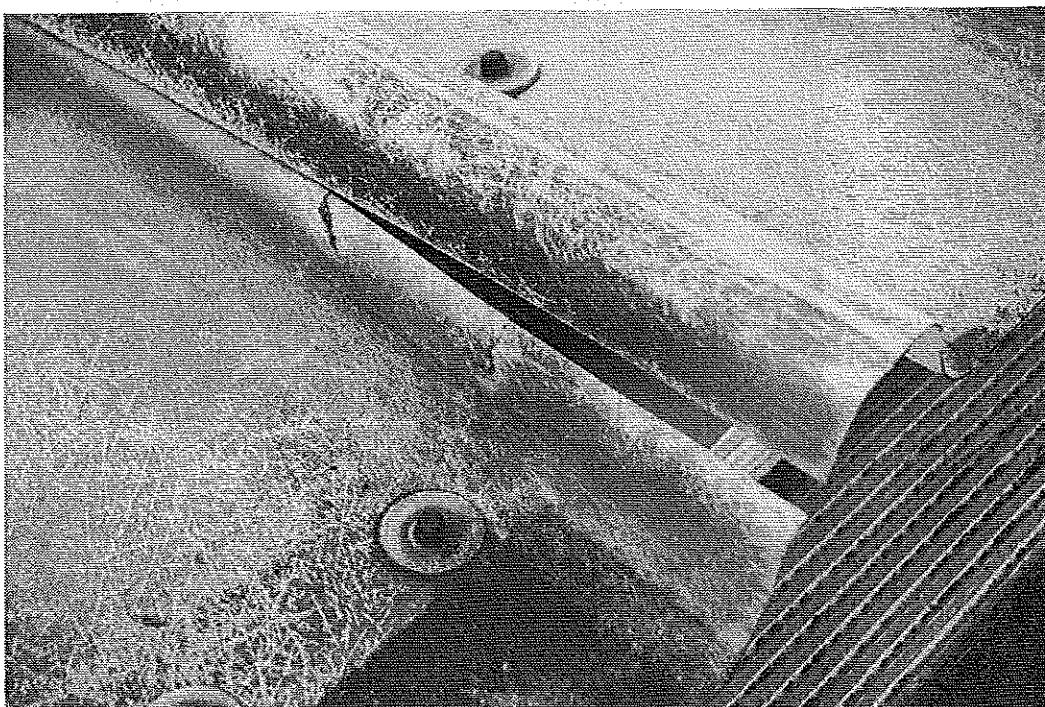


Photo 6 : Plaque déboîtée. Remarquer l'emplacement des fixations. © J. Putatti

- L'aspect général de la surface extérieure de la plaque supérieure montre que la protection par gel-coat a pratiquement disparu du fait de l'action du rayonnement solaire. Les fibres de verre apparaissent en surface suite à la disparition de la protection et de l'action par hydrolyse des eaux de pluie sur la résine polyester.

2/ D'autres constatations ont nécessité le *démontage* de quelques éléments courants (plaque supérieure) :

- La face inférieure (sous-face) de la plaque montre un aspect correct (*cf.* photo 7) de couleur jaune pâle d'origine.

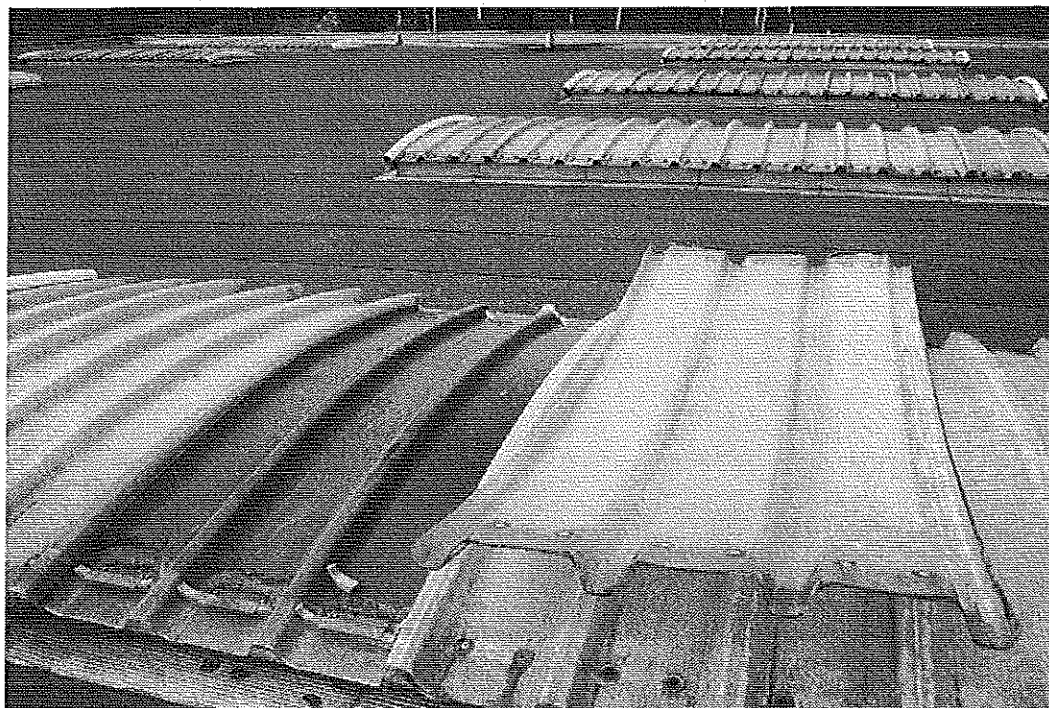


Photo 7 : Démontage d'une plaque supérieure. Aspect pratiquement intact de la sous-face.
© J. Putatti

- La face supérieure du panneau inférieur est de couleur grise non uniforme (*cf.* photos 8 et 9).
- Des traînées résultant des condensations internes dans la double paroi sont relevées avec une largeur croissante vers les zones d'appui (*cf.* photo 8).
- Le dépôt de poussières constaté sur certaines plages (*cf.* photo 9) présente une épaisseur non négligeable.
- Des dépôts de poussières et de sable fin sont accumulés dans les zones de fixation (*cf.* photo 10) notamment contre les pattes en forme de L en acier galvanisé. Certaines pattes sont corrodées côté intérieur du fait de l'accumulation des eaux de condensation.

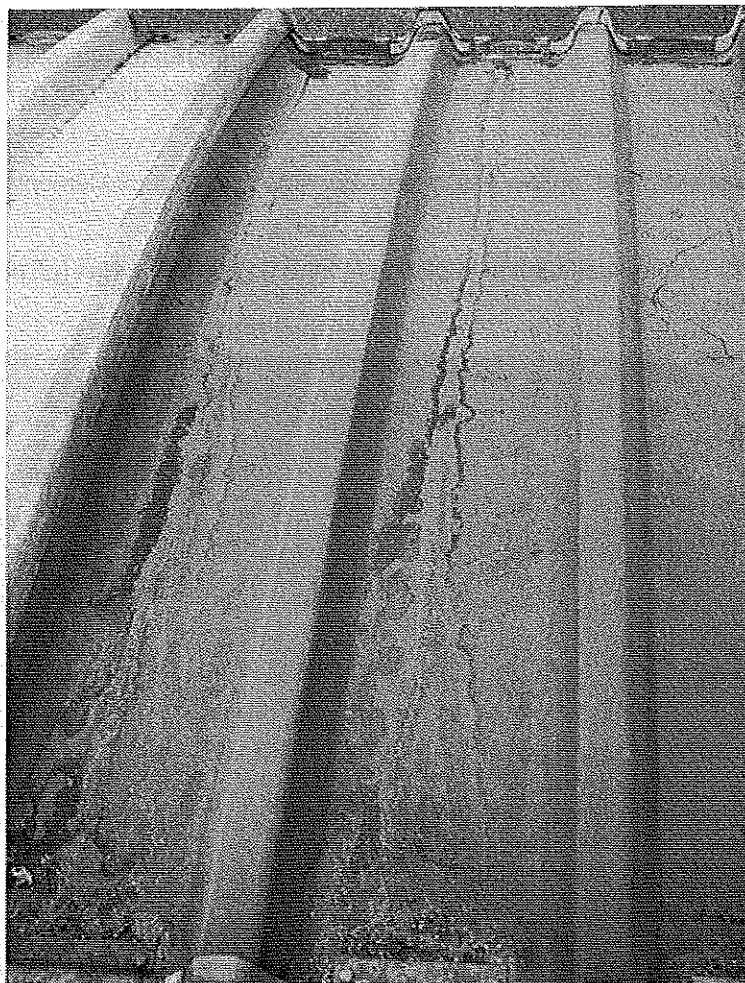


Photo 8 : Traînées de condensation à largeur variable (plaque inférieure). © J. Putatti

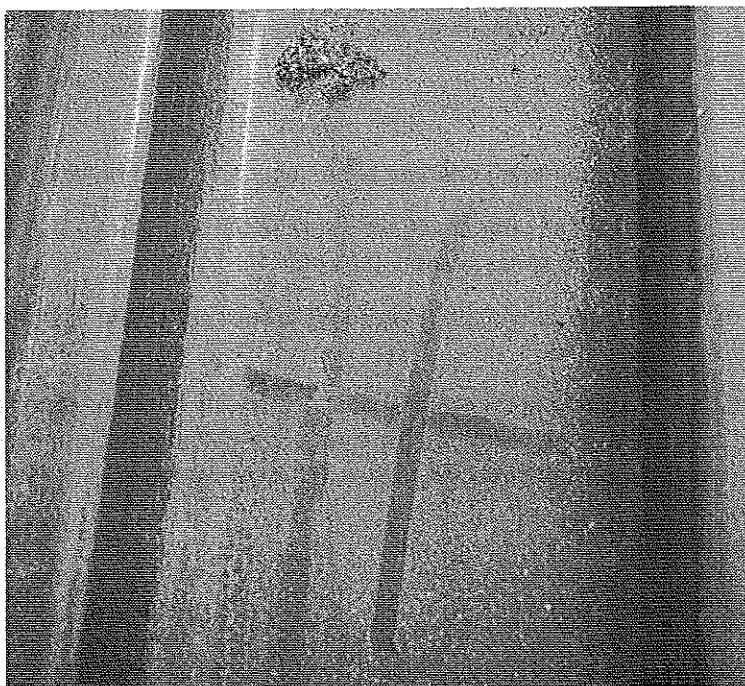


Photo 9 : Trace de doigt montrant l'épaisseur de la poussière déposée. © J. Putatti

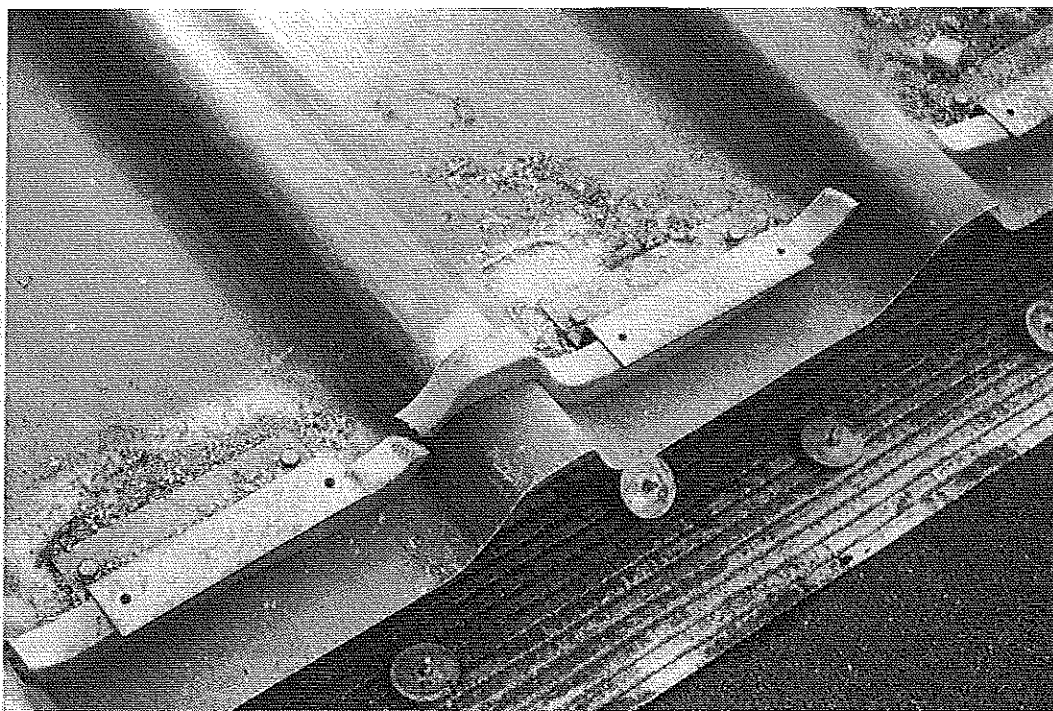


Photo 10 : Dépôts de poussières et de sable fin dans les zones basses. Remarquer la rupture des garnitures en mousse alvéolaire. © J. Putatti

Les closoirs en mousse de polyéthylène de couleur blanche ou gris clair présentent :

- des ruptures au droit des nervures (cf. photo 10) ;
- des disparitions complètes de garniture, notamment au droit des nervures ;
- une absence d'élasticité et de souplesse ;
- la réduction en poussière par l'action destructrice du rayonnement solaire.

Le démontage d'un panneau ouvrant montre que les traces de dépôts de poussières (taches noires) constatées en surface de la plaque inférieure courante se retrouvent dans les zones de plage des plaques inférieures en sous-face (cf. photo 11).

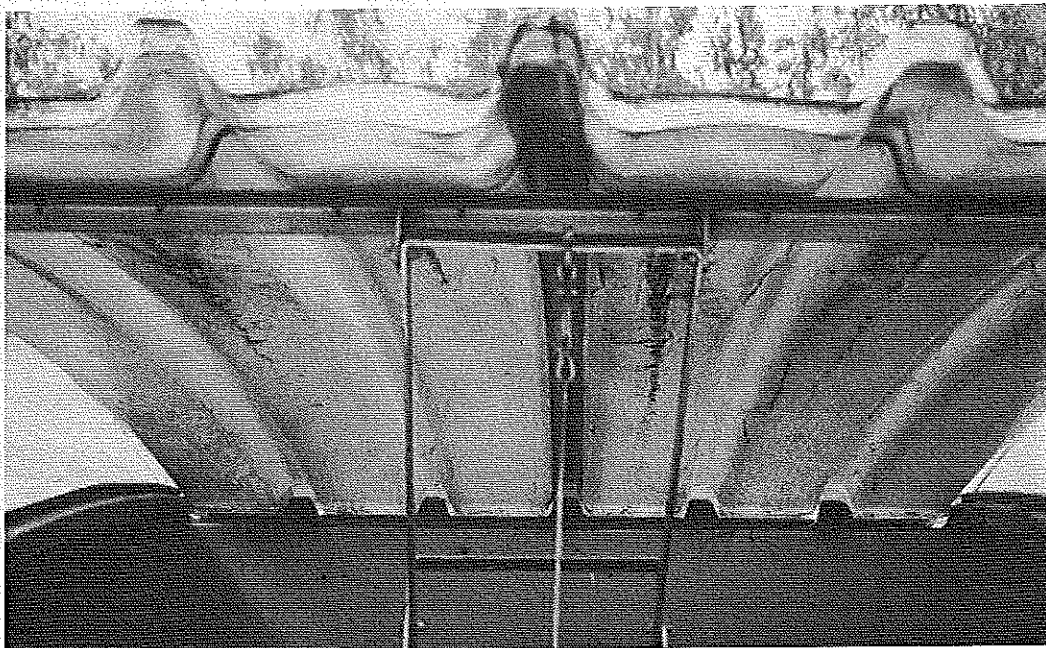


Photo 11 : Aspect sous-face d'un panneau ouvrant. © J. Putatti

Les closoirs sont constitués dans leur épaisseur par plusieurs couches élémentaires de mousse alvéolaire de polyéthylène.

Certains présentent une décohésion entre couches. Des attaques par les oiseaux sont repérables dans d'autres.

L'examen sur la tranche, au contact avec les nervures des plaques, révèle :

- des fissures dans la zone du closoir présentant la plus faible épaisseur ;
- des retraits avec des « jours » correspondant à des défauts d'étanchéité à l'air (cf. photo 12).

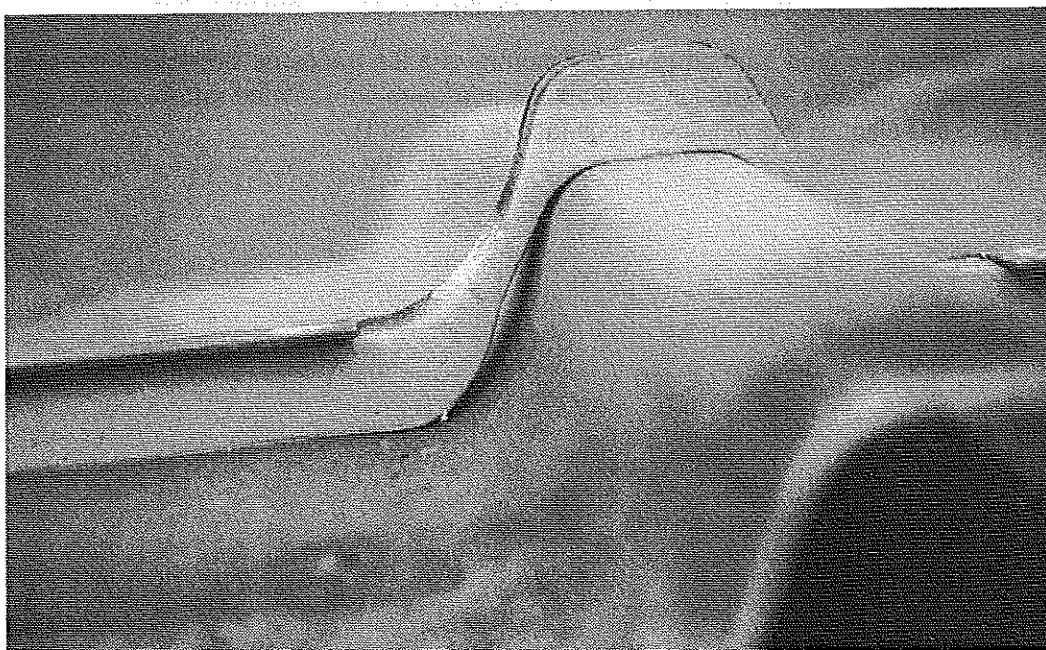


Photo 12 : Détail du joint entre plaques (mousse de polyéthylène comprimée fissurée). Étanchéité à l'air non assurée. © J. Putatti

CAUSES DES DÉSORDRES

Les dépôts de poussière constatés sur le dessus des plaques inférieures constituant la double paroi des lanterneaux translucides sont dus à un *manque* ou une *insuffisance d'étanchéité à l'air* de ces dispositifs d'éclairage :

- montage des plaques effectué à l'envers, c'est-à-dire face aux vents dominants (inobservation des règles courantes de pose des plaques en toiture) ;
- les plaques étant fixées en place, les nervures d'emboîtement sont soumises à des déformations facilitant les entrées d'air et de poussières. Les garnitures d'étanchéité transversales non assujetties aux plaques et placées en fonction des emboîtements (inversion du sens de pose) ne permettent pas de réaliser l'exigence d'étanchéité à l'air ;
- les closoirs en mousse alvéolaire (polyéthylène non élastique) ne sont pas adaptés à l'exigence d'étanchéité à l'air au niveau des appuis des plaques sur les costières ;
- l'espace intercalaire entre les plaques supérieures et inférieures n'est pas étanche à l'air. De ce fait, les condensations se produisent à certaines périodes.

Le matériau utilisé n'avait *pas d'Avis technique* lors de sa pose sur l'ouvrage incriminé.

La comparaison avec des matériaux similaires bénéficiant d'Avis techniques favorables apporte les éléments suivants :

« L'entretien peut être rendu nécessaire en raison de l'aspect translucide de cet ouvrage ».

« Seul un nettoyage courant par lessivage sur les éléments cintrés avec un produit non abrasif et rinçage à grande eau sera effectué » (cf. dossier technique).

Dans la présente affaire, on notera qu'il n'y a aucun dépôt de poussière sur les plaques supérieures, la pluie assurant par son ruissellement naturel le nettoyage et le rinçage signalé ci-dessus.

« La maintenance comporte une visite périodique de la vérification du maintien en bon état des accessoires métalliques, closoirs d'étanchéité, fixations, etc. »

Mais cette maintenance ne fixe pas la fréquence de ces visites périodiques.

D'autre part, la *vérification des closoirs et des fixations nécessite le démontage* des panneaux supérieurs, ce qui constitue une opération anormale d'entretien assimilable à celle qui consisterait à déposer complètement une couverture en petits éléments pour vérifier l'état des bois de couverture.

Pour le cas présenté, il y a une hétérogénéité dans la compatibilité et la durabilité des composants. En particulier les compléments d'étanchéité (joints, garnitures de closoirs) déficients :

- ne sont pas définis au niveau des exigences (souplesse, élasticité, durabilité, etc.) par le dossier technique du matériau défini par le fabricant ;
- sont admis sans observations particulières par l'Avis technique.

En fait, c'est le coût moindre (économie abusive) qui a déterminé le choix de ces matériaux « accessoires » et non les exigences des constituants (double paroi).

La solution consistant à démonter la totalité des plaques supérieures, à nettoyer le dessus des plaques inférieures, à remplacer les garnitures de joints (emboîtements) et les closoirs, et éventuellement les fixations, est démesurée au point de vue des coûts d'entretien courant par rapport au coût initial d'installation de ces dispositifs d'éclairage. Ce type de désordre est *fortement préjudiciable à l'exploitant* de l'installation industrielle qui ne bénéficie plus de l'éclairage naturel exigé.

Document communiqué en vertu de l'accès à l'information

(

(

(

(

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est également à noter que les données relatives à la consommation d'énergie
sont basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.

Il est à noter que les données relatives à la consommation d'énergie sont
basées sur des données fournies par les fournisseurs d'énergie et qu'elles
peuvent donc varier légèrement des données officielles.



TOITURE-TERRASSE

Pathologie générale

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA PATHOLOGIE

- Pathologie propre de l'élément porteur.
- Présence de pente. Cas de la pente nulle.
- Panneaux isolants non porteurs, supports du revêtement d'étanchéité.
- Protection des revêtements d'étanchéité.
- Points singuliers (ouvrages particuliers de la toiture-terrasse).
- Éléments de fixation ou de désolidarisation des différentes couches.
- Interdictions entre supports et revêtements d'étanchéité.

DÉSORDRES

1. Les désordres en partie courante

- Absence de revêtement ou d'ouvrage d'étanchéité.
- Non-conformité du revêtement ou des ouvrages aux documents codifiés (DTU Avis techniques).
- Déchirures, fissures, cloques, vieillissement.
- Actions mécaniques (poinçonnement, perforations).
- Absence ou insuffisance de la désolidarisation de la protection en dur.
- Autres causes.

2. Les désordres affectant les relevés

- Décollement des relevés.
- Absence ou insuffisance de hauteur des relevés.
- Fissuration des relevés consécutifs aux mouvements du support.
- Cisaillement en pied du relevé par la protection en dur (absence de désolidarisation).
- Absence ou insuffisance de la protection en tête des relevés.
- Déficience des bandeaux saillants ou bandes de solin.
- Infiltrations à travers les acrotères (fissures-joints).
- Chute ou fissuration de la protection en dur des relevés.
- Autres causes diverses.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

3. Désordres concernant les dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux pluviales

- Raccordement défectueux des dispositifs avec le revêtement d'étanchéité en partie courante.
- Section des entrées d'eau pluviales insuffisantes.
- Obstruction des entrées d'eaux pluviales.
- Autres causes (corrosions – dépôts de calcite).
- Cas des terrasses à pente nulle ou à pente insuffisante.

4. Désordres concernant les noues et les chéneaux

- Absence ou insuffisance de pente.
- Exécution défectueuse de l'étanchéité.
- Vieillessement du revêtement.
- Autres causes.

5. Désordres concernant les joints de dilatation

- Joints non enterrés sur costières.
- Joints plats non enterrés.
- Cas particuliers des joints plats circulés (parcs autos).
- Joints enterrés (terrasses-jardins).

6. Désordres concernant d'autres ouvrages particuliers en pénétration ou en émergence

- Souches de conduits de fumée ou de ventilation.
- Gainex ou caissons de VMC.
- Lanterneaux.
- Autres ouvrages (piétements de poteaux métalliques, crosses d'antennes TV, etc.).

7. Désordres affectant les ouvrages de protection en dur

- Dégénération de la protection en dur.
- Soulèvement des protections carrelées.
- Autres désordres (effet du gel, désaffleurements, etc.).

8. Désordres résultant de l'absence ou de l'insuffisance d'entretien ou de l'usage

- Absence complète d'entretien.
- Insuffisance de l'entretien.
- Interventions ultérieures sur la terrasse d'entreprises diverses.
- Usage non conforme à la destination d'origine.



TOITURE-TERRASSE

Phénomène de pustulage d'un revêtement d'étanchéité autoprotégé

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Un revêtement d'étanchéité type bicouche élastomère présente, peu de temps après sa pose, un phénomène de pustulage sur certaines feuilles, notamment en bordure du joint de liaison. Le revêtement est apparent, du type à autoprotection par granulés minéraux (photos 1 à 3).

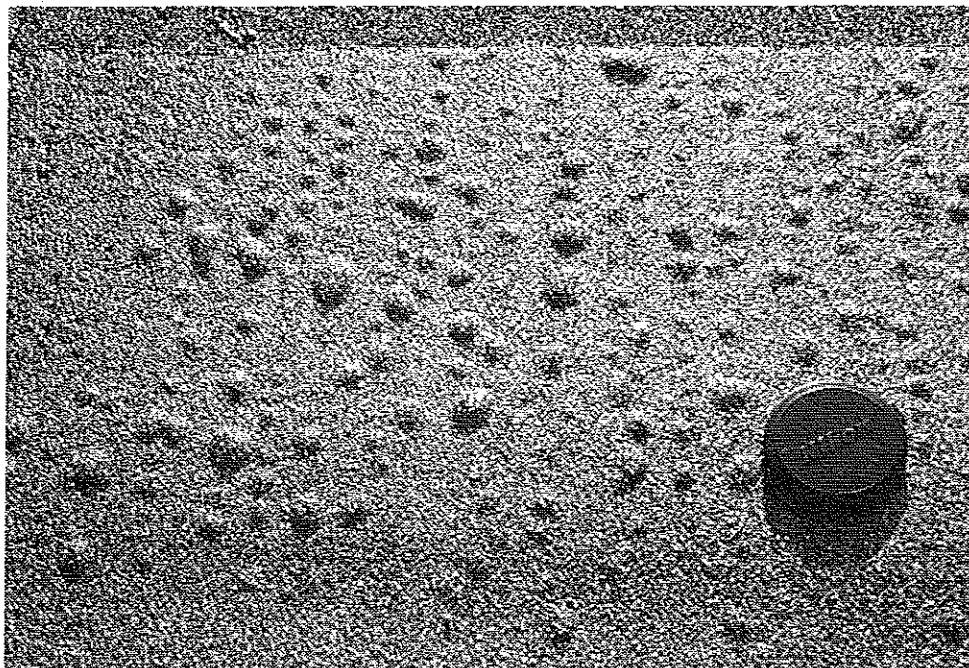


Photo 1 : Pustulage du revêtement autoprotégé par granulés minéraux. (Le diamètre du bouchon d'objectif est de l'ordre de 55 mm, ce qui correspond à des pustules de 10 à 13 mm.)
© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Même phénomène (chantier différent). Noter la concentration des pustules en bordure d'une feuille de revêtement. © J. Putatti



Photo 3 : Détail pustules : groupes de pustules en phase ultime avant éclatement. © J. Putatti

Ce phénomène a été rencontré sur plusieurs chantiers exécutés avec des matériaux de même type (couleur différente) provenant de la même usine.

Le complexe d'étanchéité était identique : bitume élastomère type bicouche, la couche supérieure étant liaisonnée par soudure à la flamme à la première couche posée en semi-indépendance sur un isolant.

CAUSES

La cause du pustulage est imputable au seul matériau d'étanchéité. Lors de la fabrication, les armatures utilisées présentaient un taux d'humidité supérieur aux valeurs admissibles (problème de conditionnement, transport ou stockage des rouleaux d'armatures). Cette humidité enfermée dans les feuilles lors de la fabrication s'est révélée lors du chauffage des feuilles à la flamme, par action sur la sous-face pour la soudure à la première feuille du complexe. La vaporisation sous l'effet de la flamme de l'eau incluse, a développé la formation de cloques multiples, l'humidité incluse ne pouvant que se manifester sur le dessus du revêtement.

CONSÉQUENCES

L'action du rayonnement solaire a accentué encore le phénomène et certaines pustules ont commencé à éclater (photo 3). Le risque pouvant se généraliser, la seule solution fut de poser une nouvelle couche sur les zones affectées par ce phénomène.

Compte tenu de la présence des granulés de protection, une préparation des surfaces correspondantes a été prévue. Ce type de désordre est relativement rare ; il est normalement couvert par les assurances au niveau des risques industriels.

(

(

Le revêtement d'étanchéité autoprotégé est un système de protection des toitures-terrasses. Il est composé d'une couche de revêtement d'étanchéité et d'une couche de protection. Le revêtement d'étanchéité est une membrane qui empêche l'eau de pénétrer dans la structure de la toiture. La couche de protection est une couche de revêtement qui protège le revêtement d'étanchéité des agressions extérieures. Le revêtement d'étanchéité autoprotégé est un système de protection des toitures-terrasses qui est très efficace et durable. Il est composé d'une couche de revêtement d'étanchéité et d'une couche de protection. Le revêtement d'étanchéité est une membrane qui empêche l'eau de pénétrer dans la structure de la toiture. La couche de protection est une couche de revêtement qui protège le revêtement d'étanchéité des agressions extérieures. Le revêtement d'étanchéité autoprotégé est un système de protection des toitures-terrasses qui est très efficace et durable.

(

(

(

(



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Relevés d'étanchéité

QUESTION

La protection des relevés d'étanchéité par des bandeaux saillants préfabriqués ou des bandes de solin métalliques est-elle autorisée ?

RÉPONSE

(Document de référence DTU 20.12, édition 09/93)

1^{er} cas : Bandeau saillant préfabriqué

La nouvelle édition du DTU 20.12 a prévu cette disposition, à la demande des entreprises de gros œuvre. La réservation pour la mise en place des relevés d'étanchéité ou leur ancrage dans les ouvrages de gros œuvre peut créer des sujétions de réalisation. Le bandeau saillant préfabriqué en béton (non armé) est une solution admise dans certaines conditions.

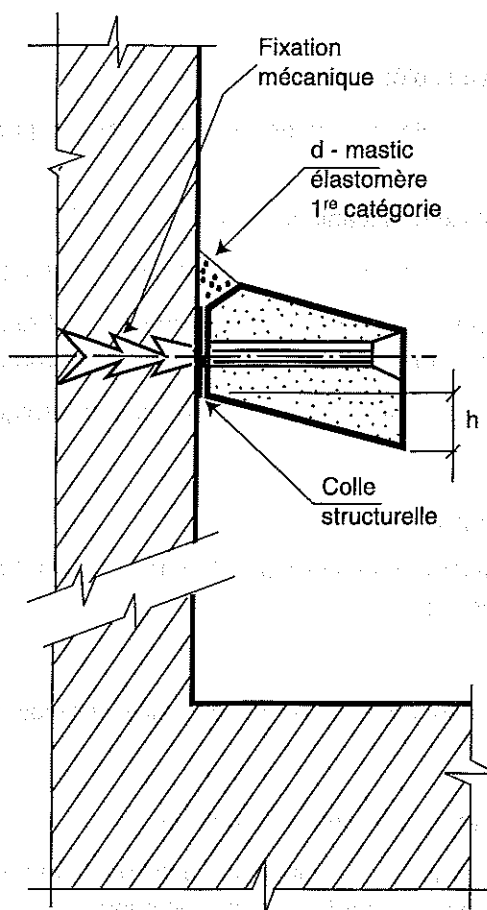


Fig. 1 : Bandeau saillant préfabriqué (d'après DTU 20.12).

1/ Les bandeaux doivent être approvisionnés par leur fabricant avec les accessoires nécessaires à leur mise en œuvre.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

- Géométrie conforme respectant les cotes **d** et **h** :

d = 0,04 à 0,09 m selon nature protection relevé et hauteur relevé ;

h = 0,02 à 0,03 m (- d° -).

- Éléments de longueur $L \leq 1$ m.

- 2 trous prévus pour la fixation mécanique à l'élément porteur.

2/ Fixations

- 2 fixations par éléments, vis et chevilles métalliques à expansion, protection anticorrosion requise.

- Colle contact bandeau/support fournie par le fabricant présentant :

– une bonne adhérence aux supports ;

– une étanchéité à l'eau ;

– une épaisseur suffisante pour tenir compte des tolérances géométriques du support et des éléments à jointoyer.

3/ Mise en œuvre :

– préalable à celle des travaux d'étanchéité ;

– application sur des surfaces planes, saines, débarrassées des produits de cure, laitance et huile de décoffrage éventuels ;

– pose obligatoire collée et fixée mécaniquement ;

– colle appliquée sur le support, les pièces à poser et leurs abouts ;

– en jonction supérieure, la forme donnée à la colle doit permettre l'écoulement de l'eau, un mastic de calfeutrement est à prévoir au raccordement avec le support ;

– rebouchage des trous après mise en place des fixations mécaniques.

2° cas : Bandeau de solin métallique

Ce système est justiciable de la procédure des Avis techniques. Les systèmes les plus complets sont admis pour les terrasses :

– inaccessibles ;

– accessibles piétons et séjour avec protection par dalles sur plots ;

– accessibles public ;

– accessibles avec protection par asphalte ou enrobé.

Les fixations sont uniquement mécaniques. Un mastic de calfeutrement elastomère 1^{re} catégorie SNJF complète l'étanchéité au raccordement avec le support.

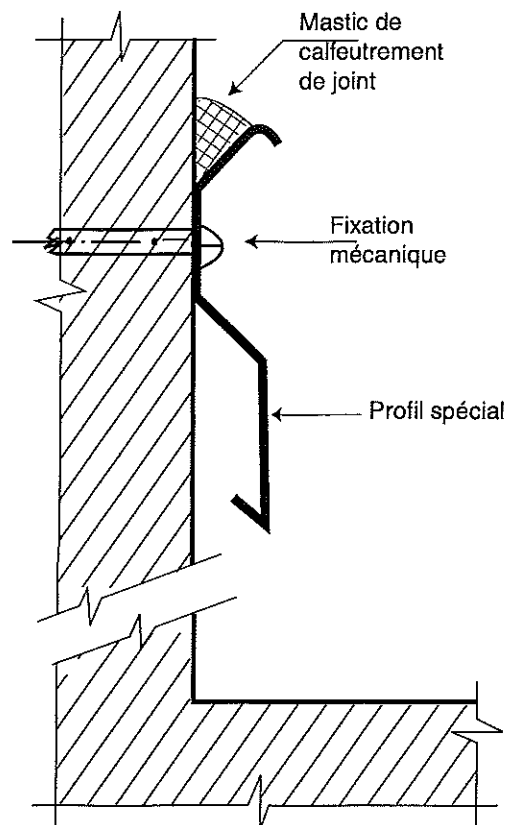


Fig. 2 : Bande de solin métallique (d'après DTU 20.12).

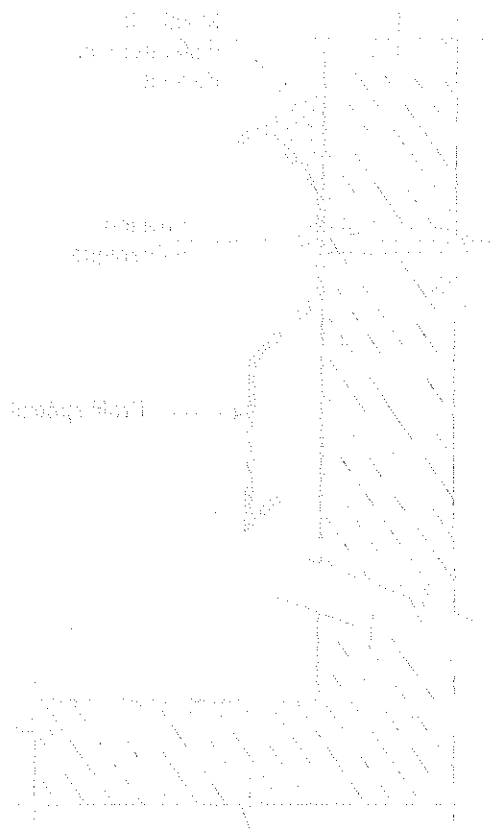


Figure 1 : Détail de la toiture-terrasse (à l'échelle 1/20)



TOITURE-TERRASSE

Revêtement d'étanchéité autoprotégé - Défaut de pose

CONSTATATION

Sur une terrasse plate, le revêtement d'étanchéité autoprotégé par feuille d'aluminium ¹⁾ a été posé sans découpe ou décalage des joints (photo 1).

Ce type de pose est incorrect car il correspond à chaque croisement de feuilles à la superposition de quatre angles de feuilles élémentaires, donc à des *surépaisseurs* incompatibles avec la fabrication des revêtements.

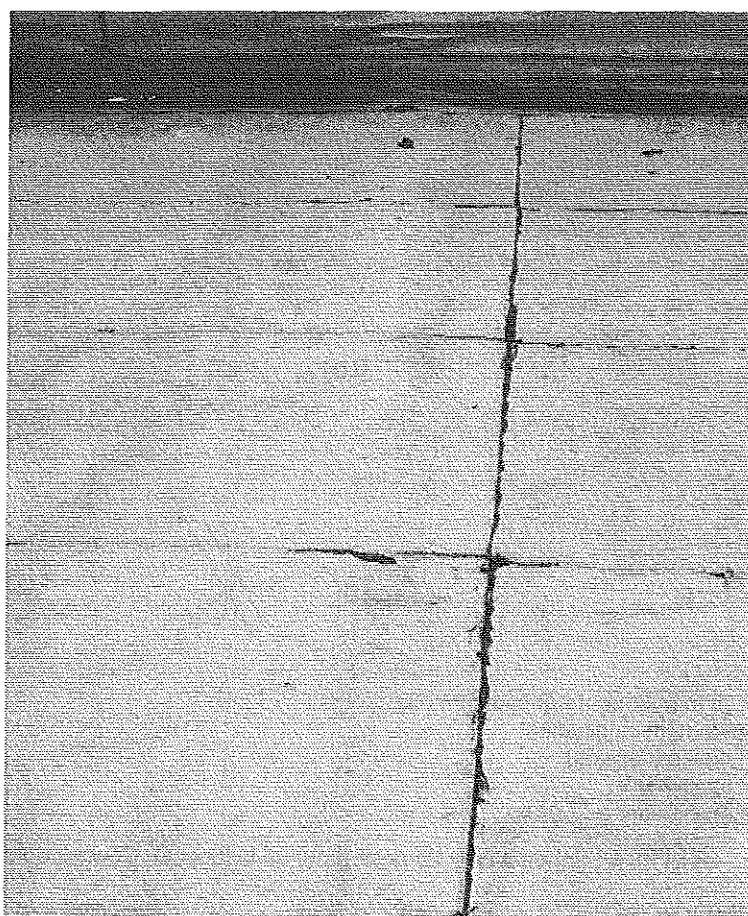


Photo 1 : Pose d'un revêtement d'étanchéité autoprotégé sans découpe des joints. © J. Putatti

1) Référence correspondant à une toiture réalisée hors de France.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

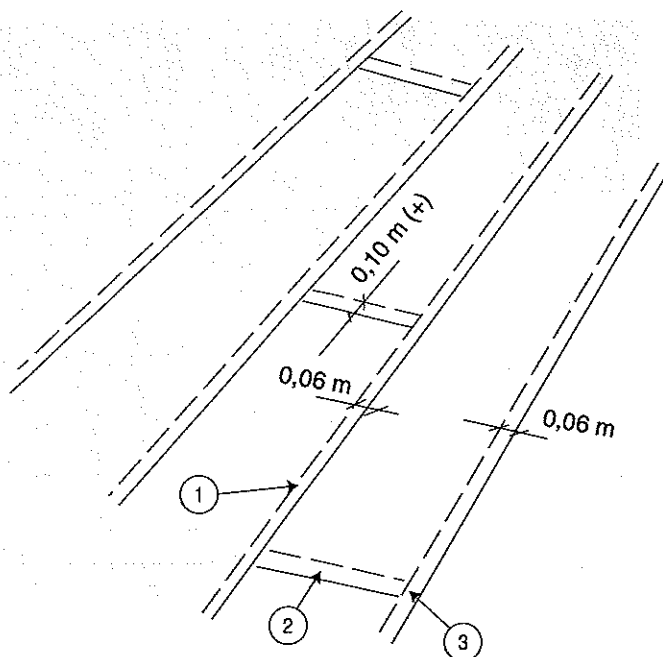
YZ

La règle de pose est la suivante :

Par lit ou couche de revêtement, donc pour le lit de surface, les éléments de feuilles ou lés ne doivent pas comporter, au droit des liaisons, plus de trois épaisseurs. La fabrication des feuilles et plus particulièrement les feuilles avec autoprotection comportent :

- pour les recouvrements longitudinaux : une largeur de galon $\geq 0,06$ m ;
- pour les abouts de lés : une largeur de galon de 0,10 m pour les bicouches courants actuels (fig. 1) ou de 0,15 m pour les monocouches.

Ces dispositions correspondent aux revêtements autoprotégés par granulés minéraux. Ceux comportant une autoprotection métallique (généralement feuille alu 8/100 gaufrée, la largeur du galon en recouvrement longitudinal est de 0,06 m + 1 carreau).



(+) ou 0,15 m pour un monocouche

① Recouvrement longitudinal

② About de lés (décalés)

en ① : 2 épaisseurs

en ③ : 3 épaisseurs

Fig. 1 : Schéma type de pose (pour un bicouche). Couche de surface.

D'autre part, lorsque sur une toiture en pente les revêtements sont posés en bandes horizontales, la pose commence par la partie avale, chaque bande recouvrant la précédente dans sa lisière amont.

Avec les toitures à pente nulle, la pose est indifférente.



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Revêtement d'étanchéité « pose à l'américaine »

QUESTION

Pour les revêtements d'étanchéité multicouches classiques, qu'appelle-t-on « pose à l'américaine » ?

RÉPONSE

Cette pose encore pratiquée aux USA et au Canada concerne les feutres cellulosiques posés à bain de bitume chaud sur des éléments porteurs en bois. Ce type de revêtement d'étanchéité concerne des toitures plates (pentes < 5 %).

- La première couche est clouée sur le support bois.
- Les couches suivantes (au nombre de 3 minimum et de 5 courantes) sont collées à bain de bitume fondu et étant décalées dans le sens de la largeur de 1/5 (ou de 1/3 de la largeur des rouleaux).
- La dernière couche est surfacée au bitume fondu et reçoit une protection par gravillons concassés de faible épaisseur (2 cm environ).

Ce mode de pose n'existe plus en France. Les multicouches ont pratiquement disparu au profit des bicouches généralement en bitume élastomère et plus rarement en monocouches. Seules les membranes synthétiques (PVC principalement) sont posées en monocouche selon différents modes de pose : indépendance sous lestage, fixations mécaniques, etc.

Remarques

La pose dite « à l'américaine » ou à lits décalés a été évoquée dans le DTU 43 (édition octobre 1975) avec deux autres modes de pose :

- à lits successifs ;
- à lits croisés.

L'édition suivante du DTU 43.1 (octobre 1981) ne prévoit plus la pose à lits décalés (ou pose à l'américaine) mais seulement les deux poses précédentes.

Ceci tient au fait que le DTU 43 de 1975 applicable pour les revêtements multicouches à base de feutres type 36 S associés ou non à des chapes de bitume armé type 40 prescrivait au moins trois couches superposées dont il fallait décaler les joints.

D'autres techniques, abandonnées par la suite mais encore prescrites avec le DTU 43 d'octobre 1975 (telles que le ciment volcanique), comportaient jusqu'à cinq feutres 27 I, se rapprochant ainsi des techniques américaines.

À noter que les feutres utilisés dans ces dernières techniques et encore mis en œuvre sont moins lourds que ceux utilisés en France à l'époque.

À titre indicatif : 1 feutre 36 S correspond à un poids de 1,8 kg/m² (36 k pour un rouleau de 20 × 1 m = 20 m²).

Alors qu'un feutre type utilisé aux USA-Canada correspond à un « papier 15 livres » soit pour un rouleau de 10 × 0,9 = 9 m², un poids de l'ordre de 0,75 k/m² (en fait c'est un papier imprégné et microperforé). C'est le bitume de collage entre couches qui constitue le complexe multicouche, le feutre étant l'armature de chaque couche.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Chantier Province Québec près frontière USA (État du Maine). Pose à l'américaine (noter les cinq rouleaux décalés). © J. Putatti



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE

Rives sans acrotères, étanchéité

QUESTION

Peut-on concevoir des rives de toitures-terrasses sans acrotères ?

RÉPONSE

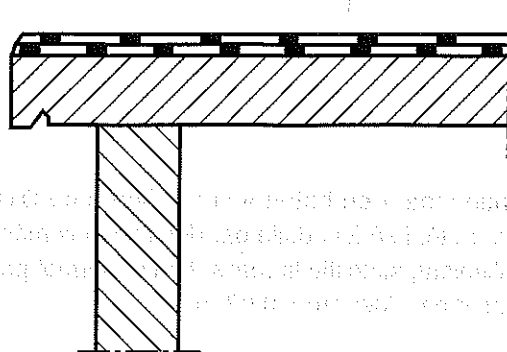
D'une manière générale, cette disposition des toitures-terrasses n'est pas prévue dans les textes codifiés (DTU 20.12, DTU 43.1).

- Le DTU 43.1 (dans son édition actuelle – ce texte est actuellement en révision) acceptait des dispositions en rives pour des couvertures d'édicules, sans isolation thermique, sans acrotère, en béton armé, de pente 0 à 5 % et de surface $\leq 20 \text{ m}^2$ (art. 6-612 de ce DTU).

Ces dispositions comportaient :

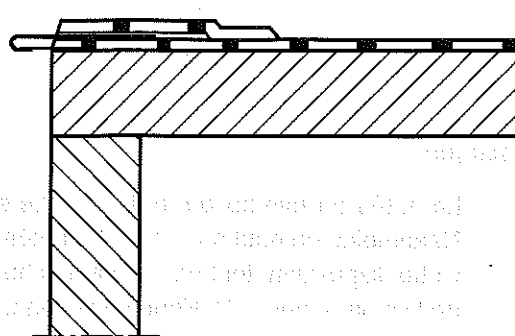
- soit une dalle en débord avec larmier en sous-face de dalle ;
- soit une dalle dont la rive se situait dans le même plan que la paroi de façade, l'effet « goutte d'eau » étant reporté sur une bande métallique en léger débord, insérée dans le revêtement d'étanchéité (cf. figures 1 à 4 : dispositions DTU 43.1).

RIVES



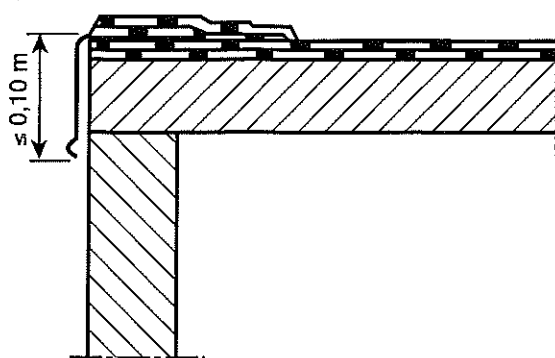
① Dalle en débord avec larmier
($S = 4$ à 20 m^2)

Fig. 1



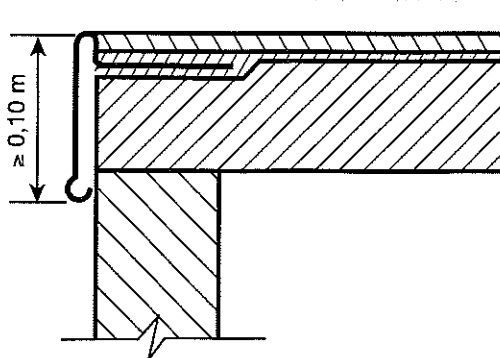
② Dalle sans débord avec larmier ($S = 4$ à 20 m^2)

Fig. 2



③ Dalle sans débord avec bande métallique à larmier
($S = 4$ à 20 m^2)

Fig. 3



④ Dalle sans débord avec larmier métallique
($S \leq 20 \text{ m}^2$)

Fig. 4

• Le DTU 20.12 (édition 09/1993) a repris ces dispositions en les précisant :

- pour les rives en débord sans acrotère, le débord doit être $\geq 0,08$ m, le larmier étant à une distance $\geq 0,04$ m du bord de dalle (cf. Fig. 5) ;
- les DPM doivent signaler les ouvrages rapportés (ex. bandes de rives métalliques) ;
- les rives nues sont réservées aux édifices de petites dimensions ($S \leq 20$ m²), mais cette disposition entraîne des risques inévitables de ruissellement des eaux de pluie.

L'isolation peut être prévue sous l'étanchéité mais doit être butée en rive par une remontée en béton (cf. Fig. 6 ; dispositions DTU 20.12).

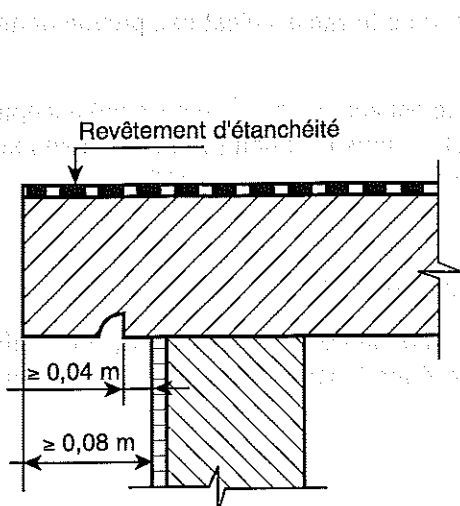


Fig. 5

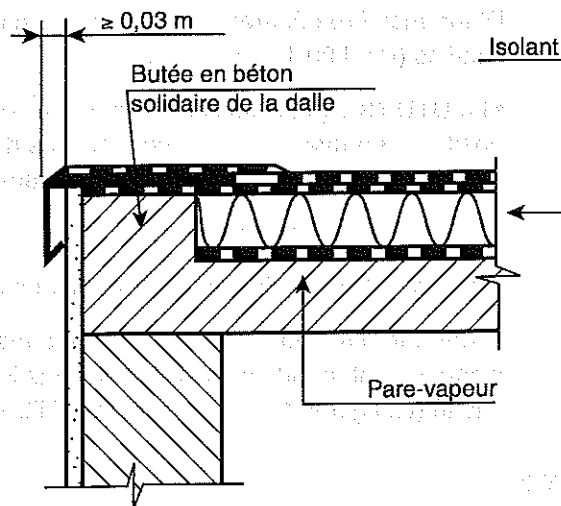


Fig. 6

Remarque

La butée en rive solidaire de la dalle est mentionnée « en béton » sur la figure du DTU 20.12. Néanmoins on peut réaliser cette butée en bois traité, fixé à la dalle par des fixations mécaniques. Cette disposition, tout en assurant la butée de l'isolant, simplifie la réalisation et permet par ailleurs de fixer la bande métallique constituant la goutte d'eau (débord $\geq 0,03$ m).

CONCLUSION

Les dispositions normatives ne permettent pas de réaliser des rives sans acrotères sauf pour des petits ouvrages.



TOITURE-TERRASSE

Terrasse privative d'immeuble - Utilisation en terrasse-jardin

DESCRIPTION DES OUVRAGES

À un étage intermédiaire d'un immeuble de grande hauteur, une terrasse de petite surface a été aménagée en terrasse-jardin avec une grande jardinière en béton installée en bordure (cf. photos 1 à 3).

Dimensions de la jardinière :

- largeur : de l'ordre de 1 m ;
- longueur : 5 m environ ;
- parois : 0,10 m d'épaisseur ;
- profondeur : 0,80 m environ.

Un bouleau à 2 troncs est implanté à une extrémité placée près d'une évacuation EP (hauteur estimée > 8 m).

Cette jardinière est disposée contre un bandeau saillant correspondant à la protection du relevé d'étanchéité.

Une estimation du poids courant de cette jardinière correspond à **1 500 kg/ml** (sans compter le poids de l'arbre).

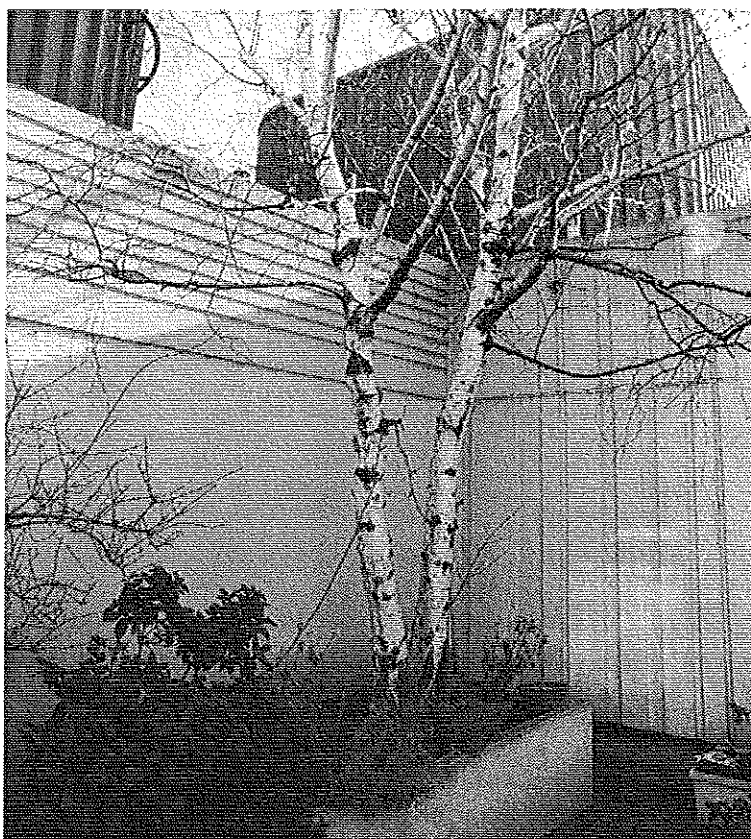


Photo 1 : Angle de la terrasse privative. Jardinière avec arbre de haute tige. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

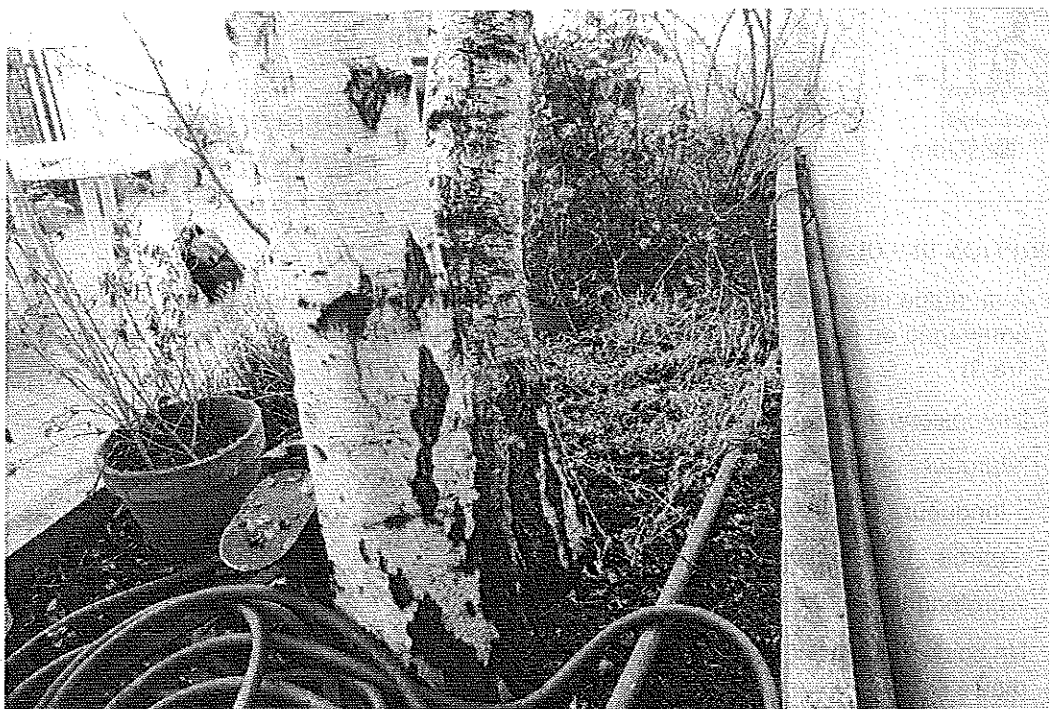


Photo 2 : Jardinière plantée (1 bouleau à 2 troncs). Détail. Sur le côté droit : bandeau saillant du relevé. © J. Putatti



Photo 3 : Point d'évacuation des eaux pluviales de la terrasse privative. © J. Putatti

Ces dispositions correspondent pour les locaux sous-jacents (appartements) à des désordres par infiltrations, situés dans la zone d'évacuation des EP (cf. photo 4).

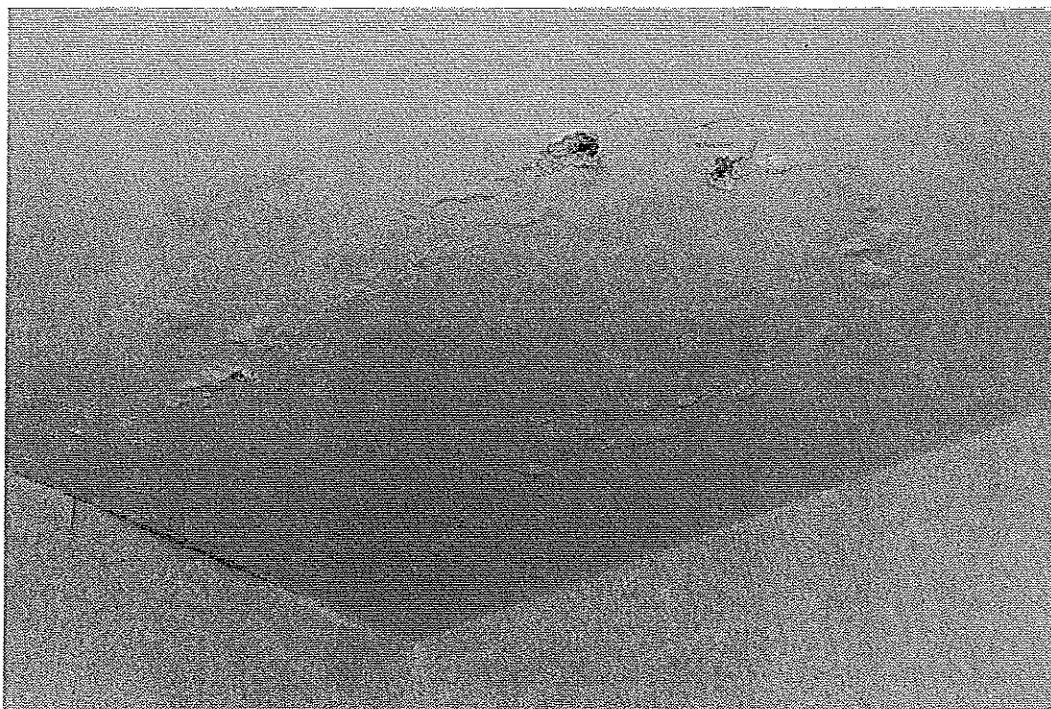


Photo 4 : Vue de l'angle du plafond de l'appartement sous-jacent (détail). © J. Putatti

A - Fuite le long du relevé (cf. photo 3).

B - Zone limite de jardinière et de l'évacuation EP.

Deux zones sont décelables en plafond :

- l'une visible sur la photo 3 correspond au relevé sous bandeau saillant (cf. zone mouillée du relevé. Noter la présence d'un robinet de puisage) ;
- l'autre, plus étendue, correspond à un cloquage de la peinture en plafond avec un point de fuite principal et un autre point voisin.

D'après renseignements pris sur place, l'évacuation des eaux de surface de la terrasse privative par l'entrée EP placée en about de jardinière, s'effectuerait dans l'épaisseur de la dalle porteuse.

La première pénétration résulte probablement d'un contournement du relevé sous bandeau. Accumulation possible entre ce bandeau et le muret adjacent de jardinière.

La seconde peut résulter de l'incorporation de l'évacuation d'une EP dans l'épaisseur d'un élément porteur vers une gaine technique disposée derrière le mur pignon (cf. photo 1).

Une autre hypothèse peut aussi correspondre à une fuite résultant de la fissuration de la dalle porteuse dans la zone située sous l'about de la jardinière (charge localisée > 2 tonnes).



Le 15/05/2014, l'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est
utilisée comme terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.
L'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est utilisée comme

terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.

Le 15/05/2014, l'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est
utilisée comme terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.

Le 15/05/2014, l'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est
utilisée comme terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.

Le 15/05/2014, l'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est
utilisée comme terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.

Le 15/05/2014, l'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est
utilisée comme terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.

Le 15/05/2014, l'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est
utilisée comme terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.

Le 15/05/2014, l'inspecteur a constaté que la terrasse-jardin est
utilisée comme terrasse-jardin et non comme terrasse-jardin.



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE À USAGE PRIVATIF

Entretien des terrasses

QUESTION

Quelles sont les conditions d'entretien des toitures-terrasses en général et des toitures à usage privatif en particulier ?

RÉPONSE

La réponse actuellement fournie par le DTU 43.1 (NF P 84-204) ¹⁾ à l'annexe III « Entretien » définit :

- l'intervention des opérations d'entretien... après la réception de l'ouvrage ;
- la périodicité des visites « de surveillance » (minimum : 1 fois par an) ;
- les opérations minimales de l'entretien courant, notamment :
 - l'enlèvement périodique des herbes, mousses, végétation et débris divers ;
 - l'enlèvement des feuilles à l'automne ;
 - maintien en bon état de fonctionnement des évacuations d'eaux pluviales, etc. ;
 - les dispositions particulières pour les toitures-terrasses protégées par dalles sur lats (sans préciser la périodicité).

Le DTU 43.2 plus récent (novembre 1987 + modificatif n° 1 de juillet 1990) qui traite des toitures avec revêtements d'étanchéité de pente $\geq 5\%$, donc par définition, non réservées à l'accessibilité des personnes (sauf entretien) est plus précis dans son annexe 1.

« L'entretien est à la charge du maître d'ouvrage ou de ses ayants droit après la réception de l'ouvrage. Il comporte des visites périodiques de surveillance des ouvrages au moins une fois par an. »

...

Ce texte reprend le détail des opérations d'entretien comme pour le DTU 43.1.

En conclusion :

- pour les terrasses inaccessibles plates (pentes 0 à 5 %), la charge en revient au propriétaire ou à la copropriété ;
- pour les *terrasses privatives*, donc de pente nulle (cas des dalles sur plots) ou inférieure à 5 %, la charge en revient au copropriétaire correspondant (photo 1).

Les conséquences du non-respect de cette obligation qui ne figure plus expressément dans le texte réglementaire (*en révision*) peuvent être graves de conséquences, notamment si la terrasse privative se trouve au-dessus d'un appartement (cas d'un étage en retrait). L'engorgement de l'évacuation EP en cas de pluies abondantes peut provoquer des inondations au même étage (par les seuils de portes-fenêtres) et des fuites à l'étage sous-jacent, notamment en cas d'occupation prolongée de l'appartement avec terrasse privative. La responsabilité doit être recherchée au niveau du propriétaire négligent.

¹⁾ Édition octobre 1981 (texte en révision) + modificatif n° 1 (juillet 1990) + modificatif n° 2 (février 1993).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

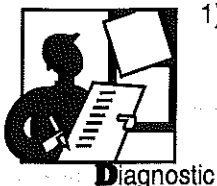
YZ



Photo 1 : Défaut d'entretien flagrant d'une terrasse privative.

Accumulation de mousses au droit d'une évacuation d'eaux pluviales.

© J. Putatti



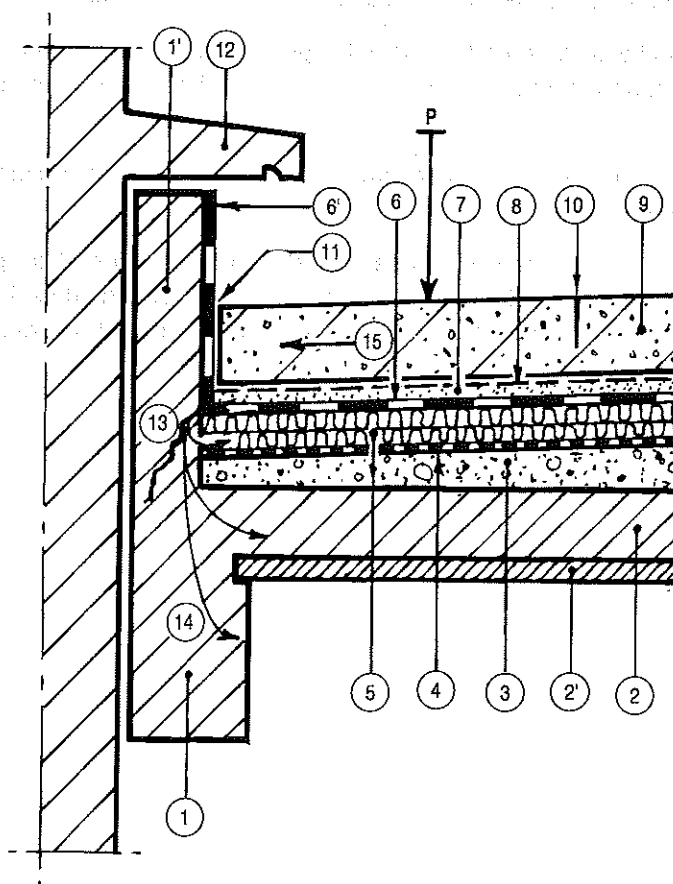
1)

TOITURE-TERRASSE (ACCESSIBLE AUX VÉHICULES LOURDS-PL)

Infiltration d'eau

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'OUVRAGE

Pénétration d'eau en rive d'acrotère (cf. coupe)



- | | |
|--|--|
| ① Structure porteuse BA | ⑥ Relevé étanchéité chape alu + renfort angle |
| ① Acrotère BA | ⑦ Couche de sable (0,02 - 0,03) |
| ② Dalle porteuse coulée sur prédalle ② | ⑧ Non tissé polyester |
| ③ Forme de pente adhérente | ⑨ Protection lourde dure. Dalle armée (0,15 m) |
| ④ Pare-vapeur | ⑩ Joint scié |
| ⑤ 2 couches collées au bitume (EAC) d'isolant en mousse de verre | ⑪ Joint sec |
| ⑥ Complexe d'étanchéité bicouche élastomère | ⑫ Bandeau |
| | P : Essieu 13 T (roue 6,5 T) (camion semi-remorque 35 T) |

DESCRIPTION DU SINISTRE

- ⑬ Rupture d'étanchéité dans l'angle avec fissuration probable de l'acrotère
- ⑭ Pénétration d'eau dans le complexe et l'élément porteur ; fuites à l'intérieur des locaux
- ⑮ Poussée du dallage de protection sur l'acrotère, rupture du relevé

1) Cas concret rencontré en expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES

La conception et la réalisation du dallage béton armé (épaisseur 0,15 m) ne sont pas conformes aux règles (cf. DTU 43.1), en ce qui concerne le fractionnement du dallage :

- pas de *joint périphérique* ($e \geq 0,02$ m avec garniture de produit imputrescible apte aux déformations alternées) ;
- joints de fractionnement recoupant la *totalité* de l'épaisseur du dallage tous les 3 à 5 m dans les deux sens.

Les joints réalisés sont des *joints sciés* (épaisseur 0,005 m) sur la moitié de l'épaisseur de la dalle.

La rupture de l'étanchéité s'est produite dans l'angle du relevé, par compression due à la poussée du dallage se comportant comme une plaque de grande dimension subissant les effets de la dilatation.

Cette compression du revêtement est accompagnée de phénomènes de cisaillement détruisant le relevé dans une zone fragile.

Les évacuations EP étant placées près des rives d'acrotère, l'eau s'infiltre par le joint sans épaisseur compris entre le dallage et le relevé, s'accumule dans la couche de sable et s'échappe par les zones de rupture du relevé et les fissures de retrait du béton de la structure porteuse (joints de prédalle, par exemple).

REMÈDES

Cf. fiche « solution ».



TOITURE-TERRASSE (ACCESSIBLE AUX VÉHICULES LOURDS-PL)

Infiltration d'eau

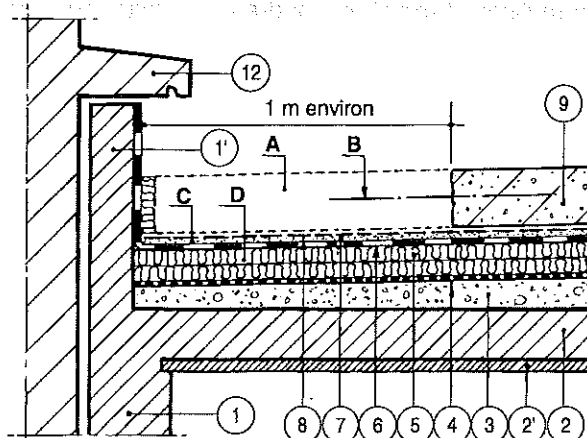
DÉSORDRES

Cf. fiche diagnostic : « TOITURE-TERRASSE (ACCESSIBLE AUX VÉHICULES LOURDS PL) - Infiltration d'eau » :
Pénétration d'eau en rive d'acrotère.

RÉPARATIONS

Assurance DO

L'expert DO propose le principe de réparation partielle suivant (cf. schéma).



- | | |
|--|--|
| ① Structure porteuse BA | ⑥ Relevé étanchéité chape alu + renfort angle |
| ① Acrotère BA | ⑦ Couche de sable (0,02 - 0,03) |
| ② Dalle porteuse coulée sur prédalle ② | ⑧ Non tissé polyester |
| ③ Forme de pente adhérente | ⑨ Protection lourde dure. Dalle armée (0,15 m) |
| ④ Pare-vapeur | ⑩ Joint scié |
| ⑤ 2 couches collées au bitume (EAC) d'isolant en mousse de verre | ⑪ Joint sec |
| ⑥ Complexe d'étanchéité bicouche élastomère | ⑫ Bandeau |
| | P : Essieu 13 T (roue 6,5 T) (camion semi-remorque 35 T) |

La reconstitution partielle de l'ouvrage dans la zone de relevé comprend les phases suivantes :

- sciage du dallage sur les 8/10 de son épaisseur environ (zone périmétrique de 1 m de largeur) ;
- dégagement complet du dallage ;
- dégagement du relevé et de l'étanchéité dans la zone adjacente ;
- reconstitution de l'étanchéité, du relevé et des sous-couches ;
- reconstitution de la protection armée avec un joint de 0,02 m en bordure d'acrotère.

Problèmes posés par cette réparation partielle

- A** - Démolition de la dalle armée de la protection lourde dure.
- B** - Liaison armatures entre partie conservée (côté droit) et partie reconstituée (côté gauche) de cette dalle.
- C** - Dégagement *intact* du revêtement d'étanchéité existant pour raccordement avec revêtement d'étanchéité reconstitué.
- D** - Conservation *intacte* d'un isolant fragile (mousse de verre) compte tenu des opérations précédentes.

RÉALITÉ DU PROCESSUS DE RÉPARATION

A - La démolition de la dalle armée (double armature) amorcée par le sciage de la dalle sur la majeure partie de l'épaisseur a provoqué :

- la destruction complète du revêtement d'étanchéité dans la zone de raccordement ;
- la destruction de l'isolant dans cette même zone (finition de la coupure de dalle au marteau-piqueur, etc.).

D'autre part, les deux nappes d'armatures se sont retrouvées en position inférieure, c'est-à-dire dans la zone « hors sciage » de béton.

B - La liaison par armatures avait été envisagée par percements de trous et brochage avec scellement par colle époxy.

C - Le raccordement par recouvrement de l'étanchéité existante avec l'étanchéité de réparation devenait impossible par suite de la destruction de l'étanchéité.

D - Même remarque pour l'isolant réduit en poudre par le marteau-piqueur.





TOITURE-TERRASSE (SEUIL D'ACCÈS)

Défaut d'étanchéité d'un seuil d'accès à une toiture-terrasse

SITUATION DE L'OUVRAGE

Accessibilité à une toiture-terrasse accessible uniquement pour évacuation (accès de sécurité) et pour entretien (porte ouvrant sur l'extérieur). Protection par gravillons libres des parties courantes.

1^{er} cas : Protection seuil par couvertine métallique (photo 1)

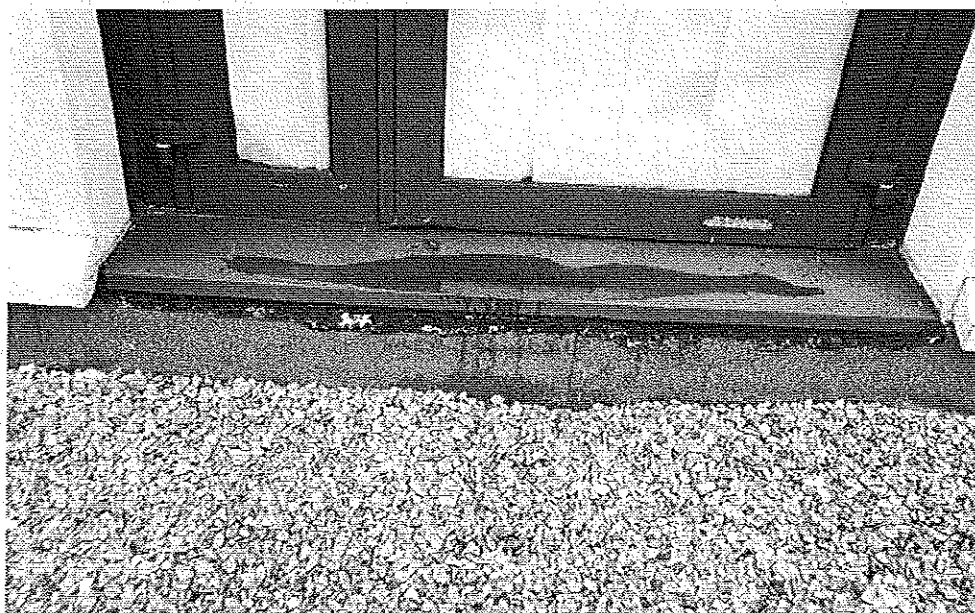


Photo 1 : Protection du seuil par couvertine métallique. © J. Putatti

Le relevé d'étanchéité ne recouvre pas le seuil ; c'est la pièce d'appui métallique qui renvoie les eaux vers l'extérieur. Néanmoins, l'insuffisance de pente provoque une stagnation des eaux sur la pièce d'appui. Le débord de celle-ci sur le relevé est insuffisant pour réaliser le profil « goutte d'eau » : il y a des risques de passages capillaires sous la pièce de seuil.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

2^e cas : Protection du seuil par enduit mince en mortier (photo 2)

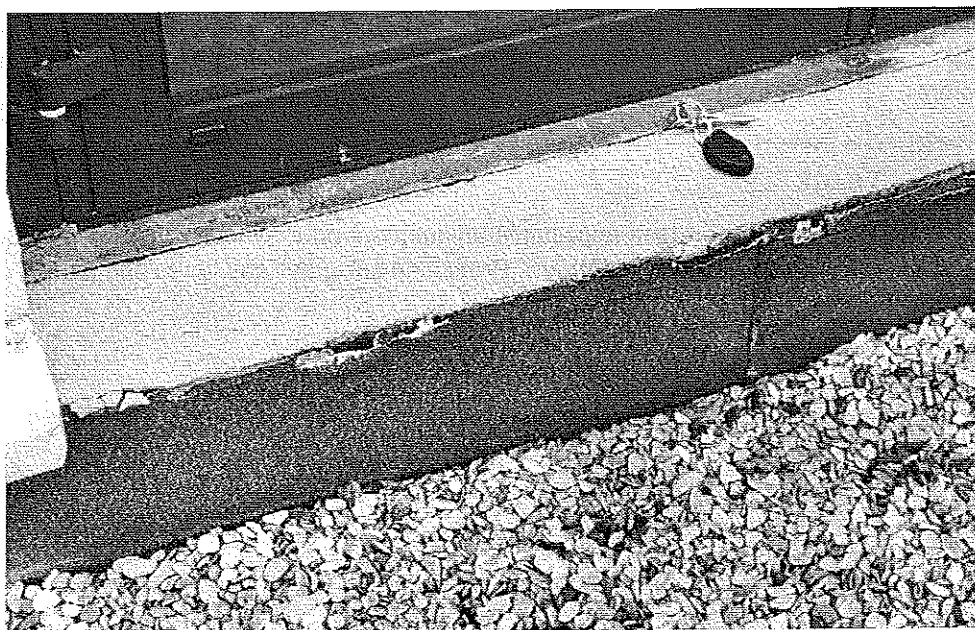
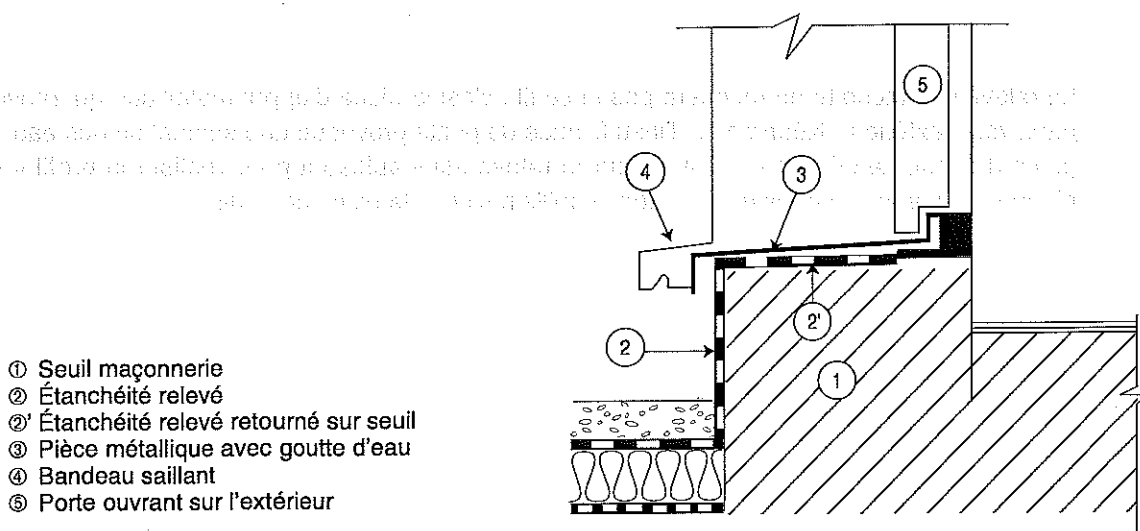


Photo 2 : Protection du seuil par enduit mince en mortier. © J. Putatti

Même disposition pour le relevé qui s'arrête juste à l'angle saillant du seuil. Il y a début de dégradation du relevé autoprotégé et de l'enduit mortier rapporté sur le seuil. La disposition correcte consiste à remonter le relevé d'étanchéité et à le retourner à l'horizontale jusqu'à la pièce d'appui de la menuiserie métallique en respectant le rejingot.

La protection mécanique du seuil doit être adaptée à la nature de la menuiserie. La couverture métallique est la solution correcte à condition :

- de déborder sur l'angle du seuil pour former goutte d'eau ;
- de présenter une pente transversale pour évacuer les eaux reçues par le seuil (voir figure).



D'autre part, le relevé du seuil doit être remonté en tableau de baie.



TOITURE-TERRASSE ACCESSIBLE

Protection par carrelage

DÉFINITION DES DÉSORDRES

L'ouvrage concerné est une terrasse accessible à usage privatif d'un immeuble en copropriété. Cette terrasse se situe au-dessus d'appartements (étages courants).

Les désordres sont de plusieurs types :

- gel des carreaux avec exfoliations en écailles (carreaux 10 × 20) ;
- retombées, plinthes avec dépôts de calcite provenant de la dissolution de la chaux libre des joints (photo 1) ;
- défauts de finition dans les raccordements d'ouvrages (protections) ;
- fissuration, éclatement de l'enduit des couronnements (photos 2 et 3) ;
- détails d'exécution.



Photo 1 : Désordres dans une zone de ressaut :

- carrelage éclaté par gel ;
- concrétions de calcite (dissolution chaux libre des joints) ;
- protection du relevé. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Éclatement de l'enduit et d'un carreau au droit d'un scellement de garde-corps. © J. Putatti

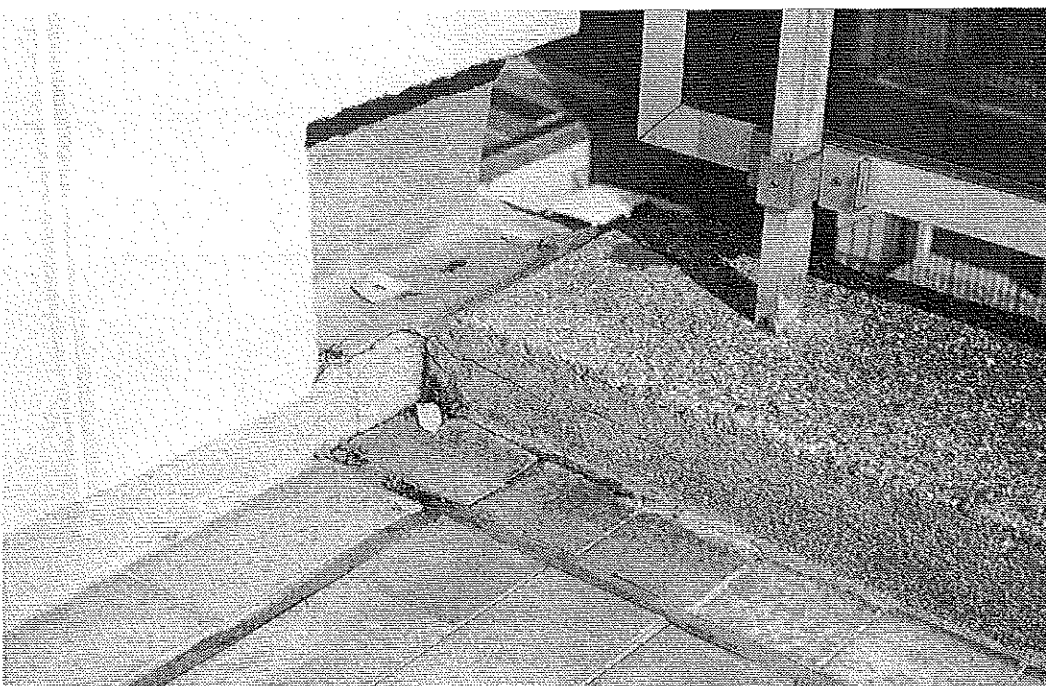


Photo 3 : Fissuration socle. Décollement carreau d'angle. Raccordement non achevé (pierre d'angle). © J. Putatti

CONSÉQUENCES

Le désordre « gel » des carreaux étant majeur a conduit à la *réfection complète* de la protection avec utilisation d'un carrelage non gélif. De ce fait, la plupart des autres « défauts » ont disparu.

À noter que la réfection d'un revêtement de sol « dur » de terrasse accessible nécessite des précautions pour la protection de l'étanchéité.



TOITURE-TERRASSE ACCESSIBLE À USAGE PRIVATIF

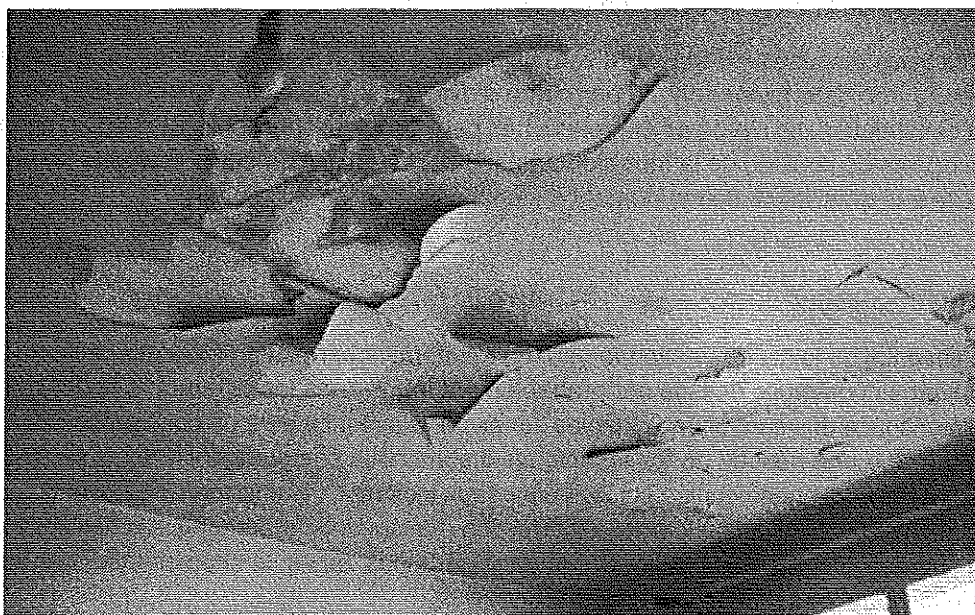
Défaut d'étanchéité ¹⁾

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Une terrasse privative installée sur un retrait d'étage d'un immeuble parisien a occasionné des désordres très importants dans l'étage sous-jacent (infiltrations, inondations, etc.), avec pour conséquence l'impossibilité d'occuper l'appartement correspondant (cf. photos).



Terrasse accessible privative (étage en retrait). Absence de joints de fractionnement dans le carrelage plus remontées de calcite dans certains joints. © J. Putatti



Aspect d'ensemble du plafond dévasté par les fuites. © J. Putatti

¹⁾ Cas concret d'expertise judiciaire

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

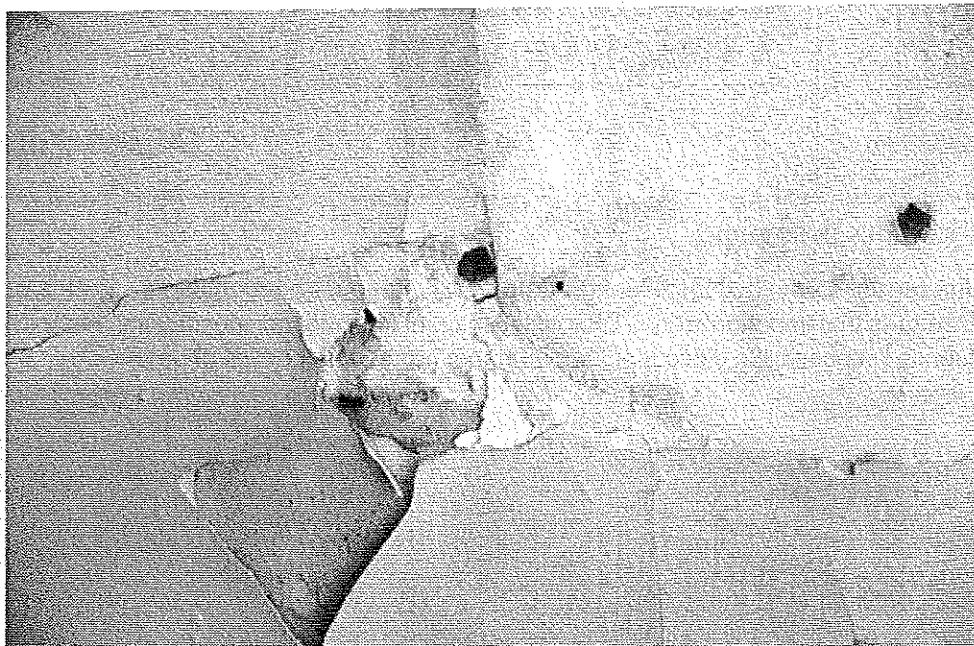
QR

ST

UV

WX

YZ



Détail de la zone de fuite (présence de 2 trous Ø 20 mm environ). © J. Putatti

Les constatations effectuées au niveau de la terrasse privative montrent :

- la présence de charges localisées importantes (jardinières massives avec arbustes...) ;
- la présence au sol d'un carrelage en éléments 5 × 5 sur une surface importante sans joints de fractionnement (non conforme aux règles de l'art). Ce revêtement présente de nombreux dépôts de calcite provenant de l'excès de chaux libre du mortier de pose (distribution aléatoire) ;
- une disposition de seuil d'accès par porte-fenêtre, de hauteur insuffisante.

Au niveau du plafond détérioré, le décollement du film peinture laisse apparaître des trous situés au centre de la zone de cloquage la plus importante.

Ces trous disposés, en toute vraisemblance, aux points bas de la dalle brute (forme de pente de nature non déterminée) ont dû permettre d'évacuer les eaux de pluie au stade du gros œuvre de la construction. Ils n'ont pas été rebouchés par la suite avant l'application du complexe d'étanchéité ou lors du coulage de la forme de pente. Ils ont sans aucun doute facilité la pénétration de l'eau suite à la défaillance du revêtement d'étanchéité.

CAUSES DU DÉSORDRE

L'absence de joints de fractionnement du revêtement carrelage et le blocage de ce dernier par les ouvrages construits dessus ont probablement induit dans les différentes couches du revêtement d'étanchéité des contraintes dans les zones de relevés. La date de construction de l'immeuble correspond à une période où les techniques d'étanchéité comportaient la mise en place d'une forme de pente fractionnée coulée sur des panneaux isolants ; cette forme recevait ensuite le revêtement étanche et sa protection lourde. L'interaction des couches a entraîné la défaillance du revêtement d'étanchéité et les fuites concentrées dans certaines zones, le cheminement des eaux de surface s'effectuant à travers les couches.

REMÈDES

Compte tenu de l'importance des dégâts, la seule solution retenue a consisté à reprendre la totalité des ouvrages de cette terrasse en commençant par la dépose et la récupération (partielle) des plantations, la démolition du carrelage, la dépose de l'étanchéité, puis sa réfection à partir de techniques d'étanchéité plus adaptées et une protection conforme aux règles de l'art, ainsi que la réinstallation de l'espace jardin.

2000/00/00

(

Le présent document est la propriété de la Société d'habitation de la Ville de Québec. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Société d'habitation de la Ville de Québec est formellement interdite.

(

(

(



TOITURE-TERRASSE ACCESSIBLE AUX PIÉTONS

Infiltrations d'eau

DÉFINITION DE L'OUVRAGE

Terrasse accessible piétons, constituée :

- d'un support (élément porteur) plancher préfabriqué en béton armé ;
- d'une forme de pente en béton de gravillons ;
- d'une étanchéité asphalte 5 + 15 posée sur papier kraft ;
- d'une protection lourde : dalles de pierre sur forme en mortier (indépendance entre étanchéité et protection assurée par un feutre bitumé 27S) ;
- bassins décoratifs avec relevés d'étanchéité.

NATURE DU SINISTRE

- Importantes taches d'humidité en sous-face de la terrasse avant réception des ouvrages.
- Sondage effectué dans un hourdis de plancher libérant une certaine quantité d'eau emmagasinée entre les différentes couches.

CAUSES RETENUES PAR L'EXPERT (JUDICIAIRE)

- Non-conformité de certaines dispositions au DTU (de l'époque).
- Désolidarisation insuffisante entre étanchéité et protection lourde.

La mise en place du feutre remplaçant la couche de sable résultait de la faible épaisseur disponible pour le complexe étanchéité-protection.

- Absence de joints entre relevés et protection lourde.

AUTRES CAUSES

La mise à nu de l'étanchéité lors de la réfection de la terrasse privative a fait apparaître des déchirures au droit des relevés des bassins.

Ces déchirures ont été provoquées par la poussée des protections lourdes, transmise intégralement aux relevés du fait de l'absence de joints élastiques.

Les émergences (bassins) ont joué le rôle de points durs aggravant celui des rives.

REMÈDES

Les travaux n'ayant pu être réceptionnés, les garanties des assureurs ne pouvaient être accordées.

L'entreprise d'étanchéité a repris entièrement les travaux en respectant les dispositions du DTU 43 (nouvelle édition), en particulier :

- un joint élastique de 0,02 m a été réservé dans la protection en bordure des reliefs et émergences ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

– la protection a été fractionnée (forme + dalles) par un double quadrillage de joints garnis d'un produit élastique :

- de 0,02 m de largeur tous les 6,00 m,

- de 0,01 m de largeur tous les 3,00 m ;

– les relevés ont été limités au strict nécessaire en supprimant ceux des bassins posés sur la protection lourde, ces derniers étant traités indépendamment.

La réfection partielle n'a pas été envisagée du fait que le chantier n'était pas réceptionné au moment du désordre.



TOITURES-TERRASSES ACCESSIBLES AUX PIÉTONS

Protections lourdes dures

PATHOLOGIE GÉNÉRALE

Définitions

Les protections lourdes de terrasses plates accessibles au séjour et à la circulation des personnes sont définies dans le DTU 43.1 (actuellement en cours de révision).

Le modificatif n° 2 du cahier des charges d'octobre 1981 publié en février 1993 définit l'ensemble des ouvrages de protection des revêtements d'étanchéité selon la destination ou l'utilisation des toitures-terrasses.

Pour les toitures-terrasses accessibles à la circulation piétonnière et au séjour, il y a lieu de distinguer :

- les revêtements de type asphalte ;
- les revêtements à base bitume sous forme de multicouches normalisés ou à base de bitumes modifiés (procédure Atec).

D'autre part, les protections rapportées lourdes comprennent :

- les protections coulées ;
- les protections par éléments préfabriqués posés.

Désordres

Les désordres concernent les ouvrages de protection proprement dits du fait :

- de leur conception et de leur comportement ;
- de leur exécution ;
- de leur usage ou manque d'entretien.

Ils concernent également les conséquences des défaillances de la protection vis-à-vis du revêtement d'étanchéité.

Ils se manifestent par des infiltrations en sous-face de l'élément porteur.

Seules les protections lourdes dures concernant les revêtements à base de feuilles manufacturées bitumineuses (procédés multicouches) font l'objet de la présente fiche.

1. Protections coulées

a) Constitution

Mortier ou béton coulé sur place, complété par un revêtement de circulation, c'est-à-dire :

- sol scellé (dallage ou carrelage) ;
- dalles sur plots.

Cette protection est coulée sur une couche de désolidarisation.

- La couche de désolidarisation est constituée de granulats courants roulés ou concassés, de granularité 3/15 mm, épaisseur $\geq 0,03$ m et séparée de la protection dure par un feutre non tissé synthétique de masse ≥ 170 g/m².

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Pour les surfaces $< 30 \text{ m}^2$ (loggias, terrasses, balcons, etc.), on peut utiliser une double couche de feutre bitumé surfacé type 36 S dont une face est revêtue d'un dispositif antiadhérent peu granulé de liège ou granulés minéraux, les 2 faces revêtues étant placées en regard l'une de l'autre.

On peut également prendre un non tissé de 150 g/m^2 minimum, surmonté d'un film synthétique indépendant (polyéthylène) de $100 \text{ }\mu\text{m}$.

- Protection :

- mortier d'épaisseur $\geq 0,04 \text{ m}$;

- béton d'épaisseur $\geq 0,04 \text{ m}$.

Protection tirée à la règle et laissée brute en attente de la réalisation du revêtement de circulation.

- Dosage :

- 400 kg de ciment/ m^3 de sable pour le mortier ;

- 300 kg de ciment/ m^3 de sable pour le béton.

- Fractionnement : tous les 4 m dans les 2 sens maximum (surfaces $\leq 10 \text{ m}^2$).

Joints de largeur 10 à 20 mm . Si le béton est armé, les armatures sont interrompues au droit des joints.

- Panneaux de l'ordre de $3 \times 3 \text{ m}$ ou au plus $4 \times 2,50 \text{ m}$.

Tolérances :

- chape mortier :

- flèche $\leq 7 \text{ mm}$ sous la règle de $2,00 \text{ m}$,

- flèche $\leq 2 \text{ mm}$ sous la règlette de $0,20 \text{ m}$;

- chape béton :

- flèche $\leq 10 \text{ mm}$ sous la règle de $2,00 \text{ m}$,

- flèche $\leq 3 \text{ mm}$ sous la règlette de $0,20 \text{ m}$;

- épaisseur moyenne \geq épaisseur nominale ;

- épaisseur en tout point \geq épaisseur nominale : 10 mm .

- Revêtement de circulation : sols scellés, cf. DTU 52.1 (annexe 4) pour revêtements extérieurs.

Les sols collés relevant de la procédure d'Avis technique en ce qui concerne les mortiers-colle sont admis dans le cadre de leurs Avis techniques respectifs.

On peut également disposer des dalles sur plots sur la protection rigide constituée pour la chape.

b) Pathologie

- Chape ciment :

Sous l'effet des variations thermolygrométriques, la masse constituée par la chape se dilate et se rétracte. La répercussion de ces mouvements, malgré la couche de désolidarisation, est néfaste pour le revêtement d'étanchéité tant en partie courante qu'au droit des relevés (déchirures, cisaillements, etc.).

- Causes :

- surface de chape trop importante (DTU 43.1 non respecté) $S > 10 \text{ m}^2$ dimension (s) $> 4 \text{ m}$;

- joints de largeur insuffisante (ou d'épaisseur nulle) ou absence de remplissage pour matériau souple ;

- chape non désolidarisée du revêtement (DTU 43.1 non respecté).

2. Protection par éléments préfabriqués posés

a) Constitution

1/ Dalles préfabriquées en béton de ciment ou en pierre dure ; pose sur une couche de désolidarisation

- Couche de désolidarisation constituée d'un lit de sable de 0,03 m minimum ou lit de granulats courants de 0,03 m d'épaisseur minimum, roulés ou concassés (granularité 3/15 mm).

- Dalles :

- béton : cf. cahier des charges des dalles en béton (pose du sable) du Syndicat national des fabricants de produits en béton pour voirie et signalisation ;

- pierre dure : épaisseur $R \geq 0,04$ m, dimensions 0,25 x 0,50 m carrées ou rectangulaires.

Pose à sec, joints serrés non garnis. La couche de désolidarisation est constituée de granulats.

Les dalles sont posées à sec à joints serrés sur cette couche.

- Pose à sec, joints garnis larges. La couche de désolidarisation est constituée de sable ou de granulats. Les dalles sont posées à sec avec joints de 0,02 m de largeur environ. Ces joints sont garnis de ciment de constitution identique à celle des mortiers de chape coulée.

- Pose sur mortier, joints larges garnis, la couche de désolidarisation est constituée de granulats. Cette couche reçoit un non tissé synthétique de masse ≥ 170 g/m². Les dalles sont posées avec des joints de largeur 0,02 m environ garnis par moitié sur couche de mortier de 0,03 m d'épaisseur (composition d° chaque coulée).

- Fractionnement : dans chaque cas de mise en œuvre un joint de largeur $> 0,02$ m est à prévoir tous les 6 m au plus et garni d'un produit ou dispositif imputrescible apte aux déformations alternées.

- Tolérances sur revêtement fini.

- Planéité :

- pose à sec : flèche de 5 mm sous la règle de 2,00 m + tolérances de fabrication des dalles ;

- pose sur mortier : flèche de 3 mm sous la règle de 2,00 m + tolérances de fabrication des dalles ;

- désaffleurement entre dalles adjacentes : tolérances admises pour les dalles ;

- alignement des joints : 5 mm + tolérances de fabrication des dalles.

2/ Pavés en béton « autobloquants » ou non (NF P 98-303) :

- couche de désolidarisation : lit de sable épaisseur $\geq 0,06$ m ;

- épaisseur pavé $\geq 0,06$ m ;

- fractionnement : limité à un joint en bordure des reliefs ;

- tolérances sur revêtement fini planéité : flèche 10 mm sous la règle de 2,00 m + DPM.

b) Pathologie

- Dalles posées à sec : celles-ci peuvent subir quelques désorganisations et basculements préjudiciables à la circulation piétonnière. Risque de casse des dalles. L'entretien permet de corriger ce type de désordre.

- Dalles posées sur mortier joints larges :

L'étanchéité de la protection est relative. Des percolations peuvent se faire au droit des joints fissurés et des remontées de chaux libre avec dépôts de calcite au droit de ces joints sont possibles. Le comportement des joints de fractionnement est fonction du phénomène de reptation de la protection.

3. Protection par dalles sur plots

Ce type de protection est applicable aux terrasses plates accessibles avec pente ou à pente nulle.

Les applications les plus courantes concernent les terrasses à pente nulle.

a) Constitution (cf. DTU 43.1, art. 8.5)

La toiture comprend à partir du revêtement d'étanchéité :

- une protection lourde dure ;
- des plots supports de dalle ;
- des dalles amovibles.

Des dispositions particulières sont prévues pour les relevés qui, selon les cas, peuvent recevoir une protection dure ou non.

La protection lourde dure des parties courantes peut être supprimée pour certains revêtements :

- asphalte type P ;
- certains revêtements sous procédure Atec.

b) Pathologie

- Les ruptures de dalles béton (ou pierre dure) peuvent entraîner des désordres dans les revêtements non protégés par une chape.
- Pour les terrasses à pente nulle, la sujétion d'entretien n'est pas négligeable, ce qui nécessite une dépose périodique des dalles.
- Les défauts de planéité de l'élément porteur ne sont pas tous rattrapables par les plots (en principe réglables) d'où un affleurement possible des dalles.
- Les relevés restent le point principal des désordres.
- Infiltration au droit des relevés.

1^{er} cas : Le relevé est caché par les dalles

L'encrassement inévitable des joints entre dalles provoque l'accumulation des eaux en surface avec stagnation et contournement en tête de relevé, derrière l'étanchéité. Seul l'entretien régulier évite l'obturation des joints par les mousses et autres débris.

2^e cas : La tête de relevé se situe au-dessus des dalles

Cette disposition nécessite une protection mécanique du relevé (qui correspond à une simple chape bitume à autoprotection ou mécanique).

Cette protection peut être :

- une chape grillagée ;
- un bardage étanche.

Les désordres se produisent par le mouvement des dalles sur la chape à autoprotection métallique, provoquant des déchirures dans celle-ci.

Ces désordres peuvent être évités par une conception correcte des relevés.

Dans tous les cas, il y a nécessité d'entretien régulier sous les dalles pour éviter l'obturation des entrées d'eaux pluviales.



TOITURE-TERRASSE À ISOLATION INVERSÉE

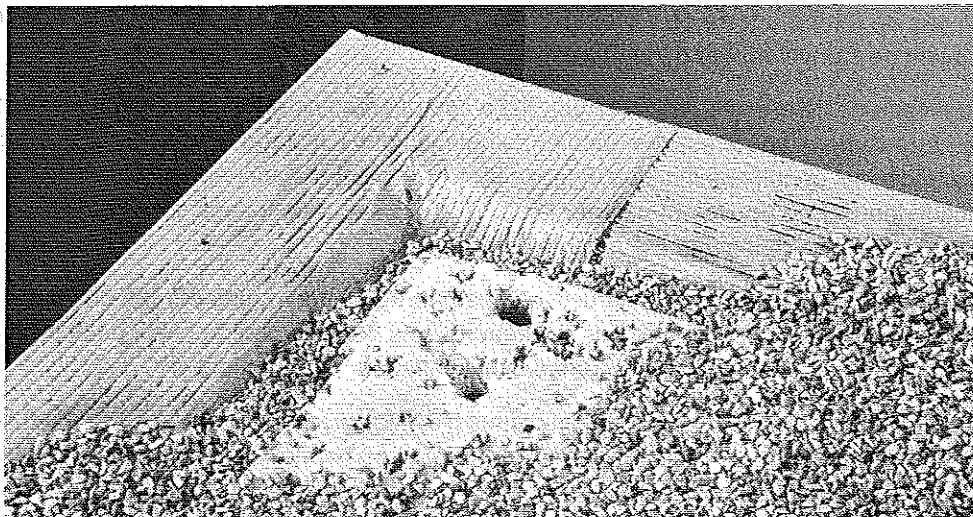
Acrotères bas

DESCRIPTION DU DÉSORDRE

Sur une toiture à isolation inversée comportant des acrotères bas revêtus, l'effet de vents violents a provoqué :

- le déplacement des gravillons de la protection meuble ;
- le soulèvement partiel des panneaux isolants avec passage des gravillons par les joints, sous les panneaux.

D'autre part, les panneaux dégarnis de leur protection, notamment dans les angles, ont fait l'objet d'attaques par les oiseaux (cf. photos).



Vue d'un angle de la toiture avec isolation inversée. © J. Putatti



Protection lourde (gravillons) meuble déplacée par le vent. Panneaux soulevés et déboîtés.
© J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

L'absence de protection des faces supérieures des panneaux a provoqué leur vieillissement sous l'action des UV (modification de teinte).

CAUSES

À l'origine la hauteur de l'acrotère bas revêtu correspondait aux règles de l'art (cf. DTU 20.12 et DTU 43.1).

Après mise en place de l'isolant (polystyrène extrudé) en deux couches croisées, puis de la protection meuble par gravillons roulés, l'arase de celle-ci correspondait à 0,01 m près à celle du dessus d'acrotère.

Il est évident que la prise au vent de cette protection constituée de petits éléments (granularité 8,15) était particulièrement sensible, notamment dans les zones de rives et les angles.

La stabilité des panneaux isolants de faible masse volumique (de l'ordre de 30 kg/m³) mais de surface non négligeable ne pouvait pas être assurée.

En cas de tempête forte ou exceptionnelle, les panneaux dont le lestage n'était plus assuré risquaient de s'envoler hors de la toiture.

Au niveau de l'étanchéité de la toiture, il y a lieu néanmoins de remarquer que cette fonction pouvait être remplie sous réserve que l'ensemble isolant + lestage n'ait pas complètement disparu. Toutefois, les conditions initiales de pose du revêtement d'étanchéité (en indépendance sous protection lourde) ne pouvaient assurer la stabilité du revêtement sous les effets de succion du vent que si la protection lestage restait en place.

Les désordres par attaques destructives des panneaux provoqués par les oiseaux ne sont que la conséquence de la découverte des panneaux après déplacement et envol de la protection meuble. Il en est de même de leur vieillissement sous l'effet du rayonnement UV.

D'autre part, un dispositif d'évacuation d'eaux pluviales placé près de l'acrotère a été conservé dans ses dispositions initiales (dispositif garde-grève). Les panneaux isolants ont été découpés autour du dispositif. Cette disposition constitue un pont thermique localisé au droit de l'évacuation. Ce pont thermique a entraîné des cloquages du revêtement peinture en plafond d'un W.-C. situé sous-terrasse.



TOITURE-TERRASSE À ISOLATION INVERSÉE

Dispositif garde-grève

CAS PRÉSENTÉ

Pour une toiture-terrasse plate à acrotères bas revêtus de hauteur minimale réhabilitée thermiquement par la mise en place d'une isolation inversée, c'est-à-dire posée sur l'étanchéité existante conservée, la protection meuble par gravillons roulés remise en place pour le lestage des panneaux se trouvait arasée pratiquement au même niveau que celui de l'acrotère. Une solution réalisée par l'entreprise d'étanchéité a consisté à mettre en place un dispositif garde-grève (photos 1 et 2) pris *en sandwich* dans le relevé en chape de bitume armé autoprotégé par une feuille d'aluminium.

Le profil mis en place est une bande en zinc ou acier galvanisé perforée, permettant le drainage de la couche de gravillons libres. Un sondage pratique au droit d'une évacuation EP (photo 2) montre l'absence d'isolant et de nappe drainante (géotextile) au droit du dispositif EP.

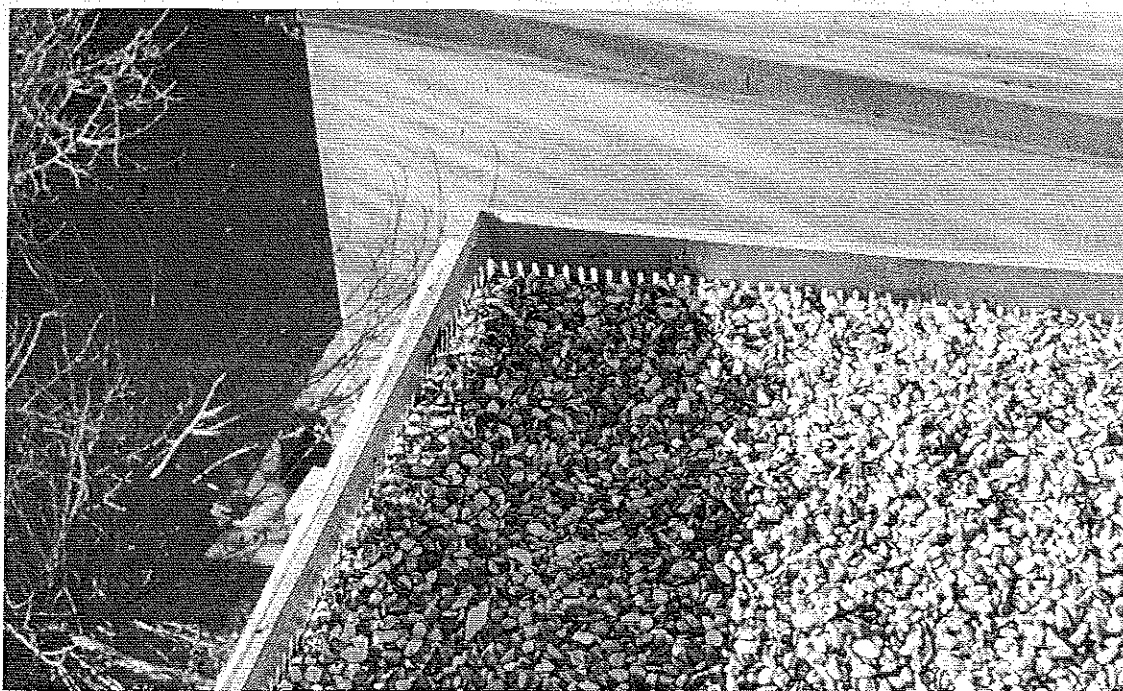


Photo 1 : Vue d'un angle après pose du garde-grève. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

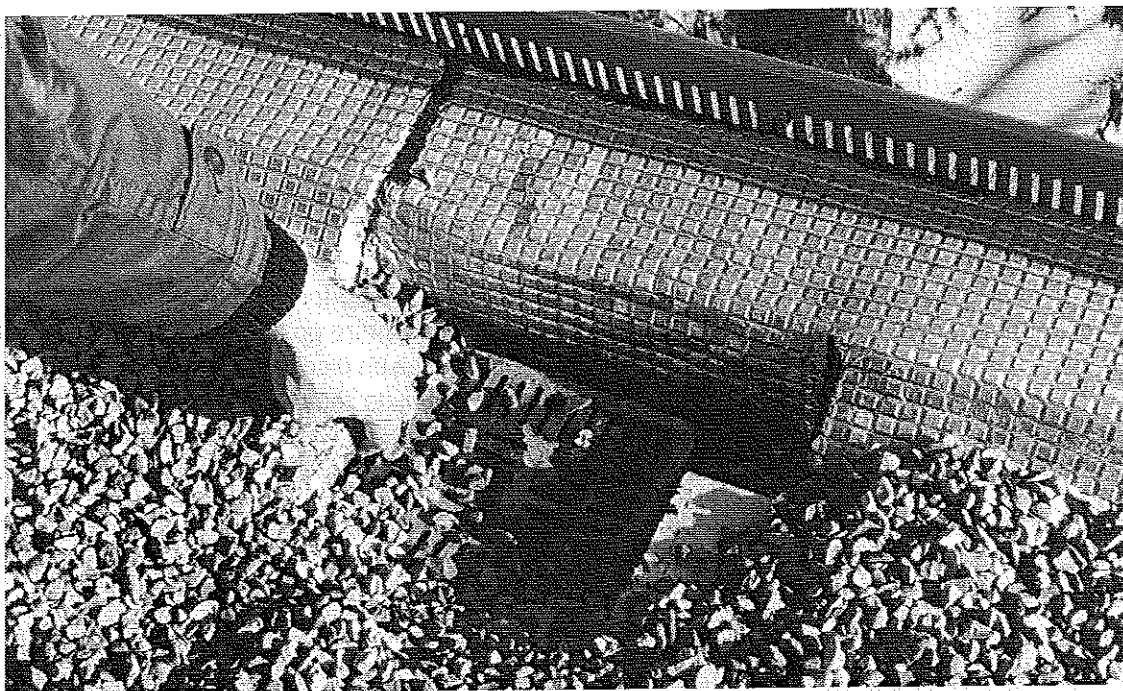


Photo 2 : Détail dispositif évacuation EP. Absence d'isolant et de géotextile. © J. Putatti

CRITIQUE DU DISPOSITIF

- Le dispositif garde-grève constitue une amélioration par rapport à la situation initiale pour laquelle les gravillons s'étaient déplacés après l'action de vents forts.
- En cas de tempête, les gravillons se déplaceront à nouveau et le lestage des panneaux ne sera plus assuré.

Les dispositions rectifiées ne sont pas conformes au DTU 43.1, qui exige pour les bâtiments de hauteur > 28 m et pour ceux de hauteur < 28 m situés en région 2 de vent site exposé ou région 3 site exposé :

- soit l'agglutination en surface des gravillons (solution difficile à utiliser avec l'isolation inversée) ;
- soit un lestage par dallettes béton sur 2,00 m de largeur au pourtour du bâtiment et au droit des émergences telles que souches ou édicules.

L'indépendance de la protection doit rester assurée (géotextile). Il est également procédé au choix de la granularité la plus élevée possible (16/25 par exemple).

D'autre part, pour le cas présenté, il y a lieu de rétablir l'isolant au droit du dispositif EP en le recouvrant d'une nappe de géotextile, afin :

- d'éviter le pont thermique ;
- d'éviter le passage des éléments fins de la protection meuble directement dans l'EP.



TOITURE-TERRASSE À ISOLATION INVERSÉE

Réparations après sinistre

(cf. fiche Désordre)

PRINCIPE

Une toiture-terrasse plate comportant des acrotères bas revêtus a été réhabilitée au point de vue thermique en disposant sur le revêtement d'étanchéité existant et reconnu en bon état, un isolant thermique insensible à l'eau (polystyrène exsudé) lesté par une protection lourde meuble (gravillons mis en place initialement) (fig. 1).

Par suite de l'insuffisance de la hauteur de relevé (valeur h) du fait de la surépaisseur du complexe correspondant à l'isolant, la protection lourde s'est déplacée lors de vents violents, déstabilisant ainsi les panneaux isolants sous-jacents.

TRAVAUX EFFECTUÉS

- ① Élément porteur
- ② Revêtement étanchéité initial
- ②' Relevé repris (chape bitume 40 ALU)
- ③ Bande garde-grève
- ④ Isolant
- ⑤ Protection meuble (gravillons libres)

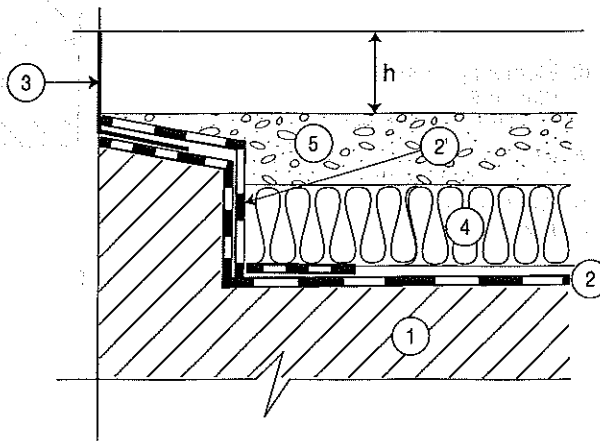


Fig. 1 : Coupe sur acrotère.

- dépose complète de la couche de protection meuble (gravillons roulés) ;
- dépose des panneaux isolants périmétriques ;
- mise en place de garde-grève pris en sandwich entre le dessus de l'ancien relevé et un nouveau relevé périmétrique ;
- repose des panneaux isolants ;
- remise en place de la protection meuble.

CRITIQUE DE LA SOLUTION DE REPRISE

La solution ne respecte pas les dispositions normatives :

- en ce qui concerne la hauteur minimale h du relevé qui devrait être de 0,05 m au-dessus de la protection meuble ;
- en ce qui concerne la stabilité de cette protection meuble vis-à-vis des effets de vents violents. La garde présentée par le garde-grève n'empêchera pas le déplacement des gravillons et à la limite ne pourra assurer la stabilité des panneaux isolants.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Cette « réparation » a été faite au moindre coût et constitue une amélioration qui n'a pas été poussée à son optimum. Elle est néanmoins susceptible d'être améliorée en disposant une protection complémentaire par dalles béton posée :

- autour du bâtiment et des émergences, sur la couche actuelle de gravillons ;
- ou sur une épaisseur réduite de cette dernière ;
- ou encore en remplacement de la couche actuelle.

D'autre part, l'interposition d'un géotextile (non-tissé polyester) sur les panneaux aurait amélioré les dispositions précédentes.

Les eaux pluviales doivent être évacuées par l'intermédiaire d'un garde-grève posé sur l'isolant (fig. 2).

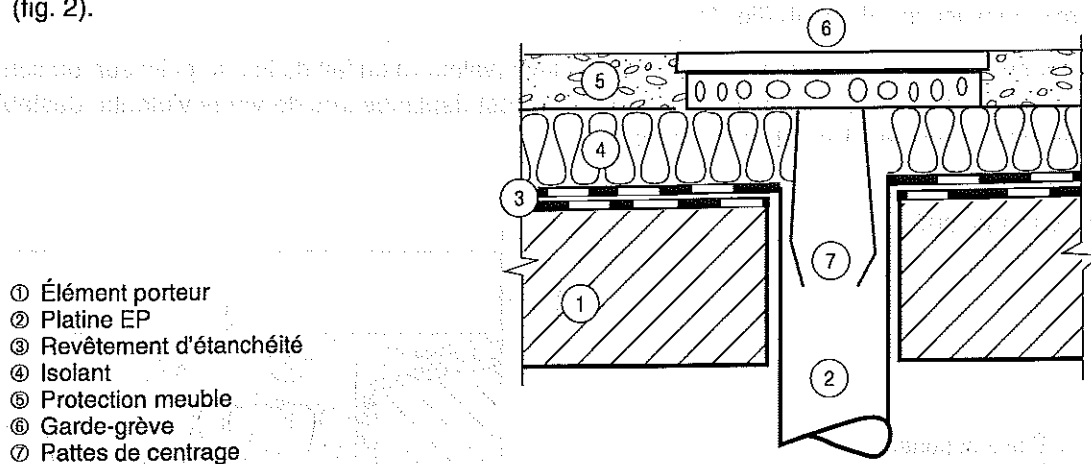


Fig. 2



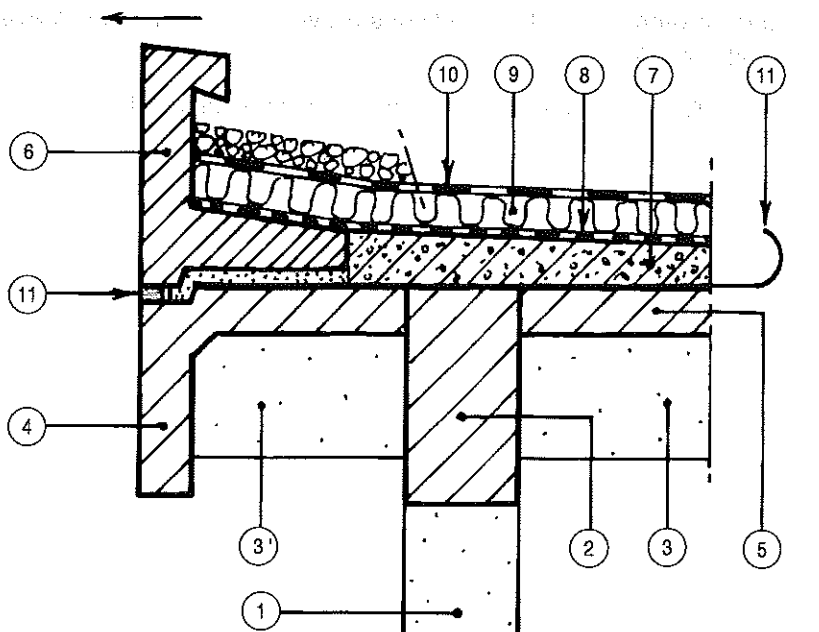
Désordre

TOITURE-TERRASSE INACCESSIBLE

Acrotère préfabriqué

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

- Bâtiment à structure préfabriquée.
- Une façade longitudinale (cf. schéma) comporte un acrotère préfabriqué posé sur un bandeau en équerre.
- Cet acrotère est relié à une forme de pente en béton coulée sur un film polyéthylène.
- La composition de la toiture-terrasse est traditionnelle.



- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| ① Poteau | ⑦ Forme de pente coulée sur place |
| ② Poutre façade structure | ⑧ Pare-vapeur |
| ③ Poutre structure | ⑨ Isolant |
| ③ Poutre console | ⑩ Étanchéité |
| ④ Bandeau préfabriqué | ⑪ Joint souple |
| ⑥ Plancher préfabriqué | ⑫ Film polyéthylène |
| ⑥ Acrotère préfabriqué | |

CONSTATATIONS

- Décollement du joint mastic extrudé disposé entre l'élément acrotère et l'élément bandeau.
- *Déplacement de l'acrotère préfabriqué* posé initialement au nu de la façade sur 0,02 m environ.
- Déchirement du joint mastic sur toute la longueur de la façade.

CAUSES PROBABLES DES DÉSORDRES

L'acrotère s'est avancé de 0,02 m par suite de la dilatation de la forme de pente sur la profondeur du bâtiment, principalement du fait que cette forme était désolidarisée de l'élément porteur par un film polyéthylène.

Le mastic de joint a été cisailé dans le sens transversal.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La section de ce joint n'était pas conforme aux règles (recommandations SNJF ¹⁾) et en particulier son épaisseur trop faible (0,5 cm).

La disposition initiale comportait plusieurs fautes de conception :

- forme de pente désolidarisée de l'élément porteur par un film polyane ;
- nu extérieur de l'acrotère au même nu que celui du bandeau sous-jacent. Il eut été préférable de prévoir un débord d'au moins 0,07 m pour former goutte d'eau sans le concours d'un joint étanche (façade exposée à la pluie) et d'interposer un joint (écrasé) sous forme d'un cordon préformé lors de la pose de l'acrotère préfabriqué sur le plancher-terrasse.

RÉPARATIONS

- Dépose de tous les éléments d'acrotère.
- Repose de ces acrotères dans les conditions prévues initialement mais avec un joint entre la forme de pente et l'acrotère.
- Remise en place d'un mastic conforme aux recommandations SNJF.

¹⁾ SNJF : Syndicat national des joints et façades.



Désordre

TOITURE-TERRASSE INACCESSIBLE

Revêtement d'étanchéité

POSITION DU PROBLÈME

Terrasse inaccessible avec étanchéité multicouche protégée par une couche de gravillons libres.

Cette terrasse a subi le déversement partiel d'un fût d'hydrocarbure (mazout) ou de solvant (peinture).

REMÈDES

Il y a lieu de *déposer la totalité de la protection lourde* afin de constater l'amplitude des dégâts.

- Selon les dimensions de la terrasse et l'étendue des désordres, il y aura lieu :

- soit de déposer la totalité du complexe d'étanchéité ;
- soit de circonscrire les zones à reprendre et réparer comme suit.

- La zone atteinte par l'hydrocarbure a subi un ramollissement ou « fluxage », c'est-à-dire une dissolution partielle par les huiles dites lourdes.

- Il y a lieu d'éliminer toute la partie liquide de l'hydrocarbure répandu :

- par pompage ;
- par absorption (chaux - sable fin, etc.). Laisser sécher.

- *Établir une nouvelle couche d'étanchéité* en prenant toutes les précautions d'usage pour la liaison avec l'existant (éviter le chalumeau à flamme ; utiliser uniquement un bitume de collage à chaud ou une colle mastic spéciale).

- Rétablir la *protection lourde* meuble en évitant de faire stationner des charges lourdes dans la zone contaminée.

- Vérifier, le cas échéant, si l'hydrocarbure (ou le solvant) n'a pas attaqué l'isolant thermique placé sous le revêtement (cas des mousses plastiques alvéolaires).

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE-JARDIN

Percements multiples dans le complexe d'étanchéité

QUESTION

Quelle est l'origine de percements multiples dans un complexe d'étanchéité d'une toiture-terrasse-jardin (cas concret d'expertise) ?

RÉPONSE

Problème

Lors de travaux de parachèvement sur une dalle de toiture (terrasse-jardin installé sur une salle d'ordinateurs), l'entreprise chargée de l'aménagement du jardin et des plantations met en place des espèces de « haute tige » (bambous de 6 m de hauteur) nécessitant des tuteurs pour assurer leur stabilité.

L'installation de ces dispositifs est suivie quelques heures après par un sinistre dans la salle sous-jacente, mettant en péril le matériel informatique.

Circonstances

L'installation des tuteurs est faite dans l'après-midi d'un vendredi par une équipe de jardiniers d'une entreprise d'espaces verts, selon le descriptif prévoyant ces dispositifs.

L'équipe rencontrant quelques difficultés pour planter les tuteurs, elle réitère l'opération à plusieurs reprises, multipliant ainsi les points de pénétration dans le complexe.

Les premières fuites en plafond de salles d'ordinateurs se situent dans la nuit du samedi au dimanche suivant, nécessitant une alerte immédiate avec tentative de sauvegarde du matériel, des services de sécurité et de maintenance.

Constitution de l'ouvrage de toiture- jardin

- L'élément porteur est réalisé par des dalles alvéolées en béton précontraint à fils adhérents comportant une dalle de complément coulée sur place.
- Un pare-vapeur et un isolant thermique (polyuréthane) supportent un revêtement bicouche spécial toitures-terrasses-jardins.
- Une couche drainante constituée de plaques alvéolées spéciales en polystyrène moulé est installée.
- Dans les parties courantes, une couche de terre végétale d'épaisseur faible (0,30 m) recouvre l'ensemble.
- Dans les parties « vallonnées » du jardin et afin de ne pas augmenter les charges permanentes de terre, des plaques de polystyrène expansé sont disposées de manière à réaliser les accidents de reliefs du jardin.

Analyse du dossier d'expertise

L'entreprise d'étanchéité, alertée par le maître d'ouvrage, procède à des sondages dont certains révèlent une concentration de trous, principalement au droit des végétaux à haute tige ayant fait l'objet de tuteurage. On relèvera ainsi une quarantaine de trous dans le revêtement d'étanchéité.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

La réfection totale de la toiture-terrasse, dont le coût dépassera 4 MF, est aussitôt entreprise aux frais avancés du maître d'ouvrage, y compris la mise en place d'un " parapluie " provisoire en fonction des phases de travaux.

La recherche des causes et responsabilités s'effectuera ensuite par l'examen des pièces du marché qui révéleront le « pot aux roses »...

Le devis d'espaces verts, plantations détaillant les espèces plantées, prévoyait, en ce qui concernait les « hautes tiges » (bambous), des tuteurs sans autre précision. Par la suite, au cours des réunions d'expertise, et compte tenu de la composition de la toiture-terrasse (faible épaisseur de terre végétale), la nécessité de préciser le type de tuteurs à prévoir (en l'occurrence des tuteurs tripodes) s'imposera.

Une autre évidence apparaîtra également du fait de la présence de locaux à hauts risques : la nécessité d'une chape de protection du revêtement étanche. Elle sera réalisée dans les travaux de réfection.



TOITURE-TERRASSE PLATE

Cloquage généralisé

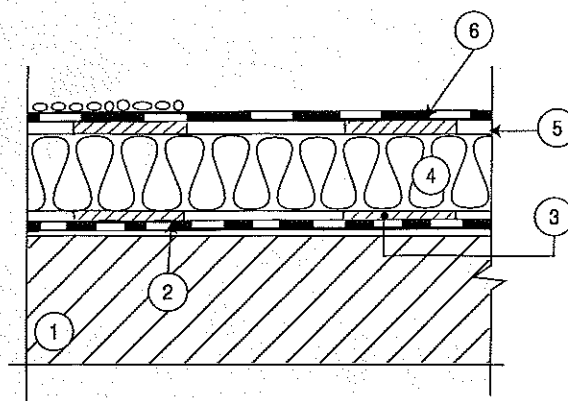
DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Une toiture-terrasse plate comportant plusieurs bassins séparés par des joints de dilatation sur double costière a été le siège de cloques et de plis formés d'abord individuellement (photo 2) puis évoluant de manière importante sous les effets du rayonnement solaire.



Photo 1 : Terrasse plate étanchéité autoprotégée ; développement de cloques (phase 2).
© J. Putatti

Le revêtement d'étanchéité est de type autoprotégé par granulés minéraux, donc apparent. La composition de la toiture correspond à la coupe suivante (fig. 1).



- ① Structure porteuse (dalle BA)
- ② Pare-vapeur collé au bitume sur dalle
- ③ Points de collage isolant polyuréthane
- ④ Isolant
- ⑤ Points de collage revêtement
- ⑥ Revêtement d'étanchéité bicouche élastomère autoprotégé

Fig. 1 : Coupe sur toiture-terrasse

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

CAUSES

D'une manière générale, le cloquage d'un revêtement se produit lorsque les tensions qui se développent en sous-face deviennent supérieures aux contraintes d'adhérence du revêtement sur son support. Dans le cas courant d'une toiture-terrasse, il y a deux plans de collage :

- le collage par points ou plots de bitume chaud de l'isolant sur le pare-vapeur ;
- le collage par points, plots ou lignes de colle du revêtement sur l'isolant.

1^{re} cause

Fréquente avec certains panneaux d'isolant polyuréthane revêtus sur une face d'une feuille de papier Kraft ou d'un voile de verre. Si le collage au bitume chaud (EAC) s'effectue par temps froid, la température du bitume s'abaisse rapidement et le collage du panneau est mauvais. Ce dernier, soumis à des différences de température entre ses deux faces, pourra subir par effet bilame un phénomène de tuilage qui se répercutera sur le revêtement d'étanchéité. Cette cause se vérifie par un ou plusieurs sondages pratiqués à travers le complexe étanche (revêtement + isolant).

2^e cause

Elle résulte du collage effectué pour ce type de panneau avec du bitume chaud (EAC). Le revêtement étant protégé par une autoprotection par granulés minéraux est posé, selon les règles, en semi-indépendance, c'est-à-dire que le collage est partiel (environ 15 % de la surface). Il est réalisé par plots ou par lignes de collage.

Si l'eau atmosphérique passe par un défaut du revêtement d'étanchéité (poinçonnement, mauvaise liaison entre feuilles), le cheminement pourra s'effectuer à partir du plan de collage supérieur :

- soit entre le revêtement et l'isolant ;
- soit par l'intermédiaire des joints entre panneaux généralement non étanches, jusqu'au plan de collage inférieur. Dans le cas présenté les entrées d'eau se sont produites dans les zones de relevés (photo 1) et au droit des liaisons après formation des premières cloques (photo 2).



Photo 2 : Cloque en formation noyée partiellement sous l'eau de rétention. Noter l'ouverture du joint de pose du revêtement d'étanchéité. © J. Putatti

Les cheminements sont possibles du fait que les collages ne sont pas continus. L'eau qui a pu pénétrer dans le complexe est généralement arrêtée par la dernière barrière restante, c'est-à-dire par le pare-vapeur. En fait cette barrière n'est pas destinée à assurer l'étanchéité de la toiture, mais à empêcher la vapeur d'eau provenant de l'occupation des locaux de traverser le complexe d'étanchéité.

Cette barrière de vapeur est collée « en plein » au bitume chaud sur l'élément porteur. Elle pourra assurer provisoirement l'étanchéité ou la rétention des eaux ayant pu traverser le complexe, sauf si elle se fissure avec l'élément porteur.

L'eau retenue dans le complexe va être soumise aux variations de températures extérieures et plus particulièrement l'été où, compte tenu de l'absence de protection thermique du revêtement autoprotégé, les températures de surface vont atteindre et dépasser 50 °C. La couleur du revêtement autoprotégé intervient ici de manière défavorable, particulièrement avec les teintes foncées.

L'espace clos correspondant au complexe contenu, une certaine quantité d'eau va subir « l'effet marmite » et l'eau transformée en vapeur va exercer des pressions considérables (photo 3) qui vont engendrer des déformations très importantes du revêtement. Voir en figure 2 le principe de la formation d'une cloque.

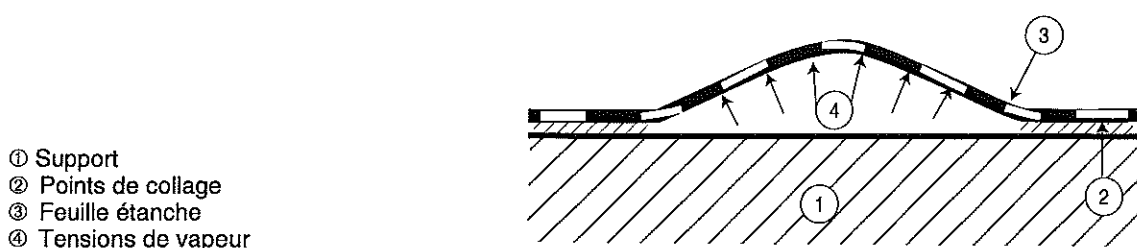


Fig. 2 : Principe de la formation d'une cloque.



Photo 3 : Cloquage généralisé (nombreuses réparations). © J. Putatti

Ces déformations pourront entraîner des ruptures ou des décollements des lés ou feuilles d'étanchéité en aggravant les entrées d'eau. Au stade final (photo 3), malgré de nombreuses reprises, la seule solution est la réfection complète de la toiture-terrasse.

Le complexe autoprotégé peut avantageusement être remplacé par un complexe posé en indépendance complexe lesté et protégé par une protection meuble (gravillons roulés).

pour les toitures-terrasses plates, la solution la plus économique est la réfection complète de la toiture-terrasse.

La solution la plus économique est la réfection complète de la toiture-terrasse.

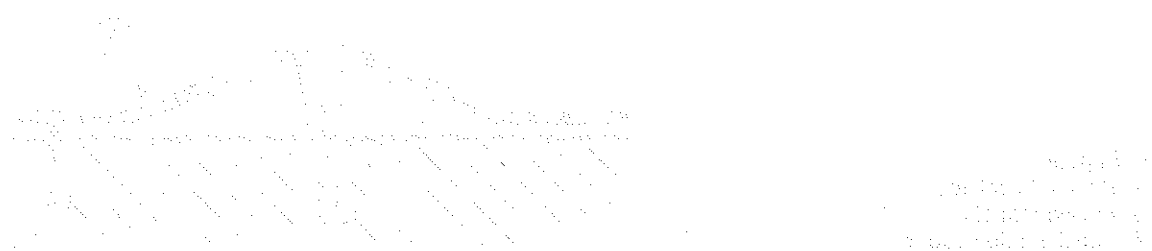


Fig. 3. Toiture-terrasse plate : Cloquage généralisé



Fig. 4. Toiture-terrasse plate : Cloquage généralisé



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE PLATE

Présence d'eau en permanence sur une toiture-terrasse plate

QUESTION

La présence d'eau en permanence sur une toiture-terrasse plate est-elle préjudiciable à la tenue et à la durabilité du revêtement d'étanchéité ?

RÉPONSE

La réponse est positive. Une toiture-terrasse plate, c'est-à-dire à pente nulle ou inférieure ou égale à 5 %, n'est pas un bassin de rétention, ni une réserve d'eau pour l'incendie (voir la photo).



Terrasse plate noyée en permanence sur une grande partie de sa surface. © J. Putatti

La pente nulle est admise pour les terrasses inaccessibles ou techniques et pour les terrasses-jardins ou les terrasses accessibles aux piétons comportant une protection par dalles sur plots (cf. DTU 43.1).

L'évacuation des eaux de pluie doit normalement s'effectuer par deux dispositifs par bassins, c'est-à-dire :

- soit 2 évacuations EP ;
- soit 1 évacuation EP et un trop-plein (TP)

Le cas illustré par la photo appelle les observations suivantes.

L'évacuation EP visible dans le bas du cliché ne permet pas l'évacuation de l'eau stagnant sur la moitié du bassin desservi. La seconde évacuation se situe à l'opposé dans l'alignement parallèle à l'acrotère longitudinal. L'efficacité de ces deux EP est nulle.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Chaque séquence de pluie augmentant le volume d'eau stagnante, seul l'excédent intéressé par l'EP correspondante s'évacue.

La cause de cette situation résulte de la planéité et de l'horizontalité du gros œuvre de la toiture plate. Il est vraisemblable que la dalle porteuse du plancher-terrasse a été coulée sur un coffrage non nivelé ou décoffré trop tôt. Le fluage du béton a provoqué une déformation dans la zone correspondant aux stagnations.

Cette solution ne peut être « rattrapée » dans la situation actuelle. Ce défaut résultant du gros œuvre aurait dû être décelé, lors de la réception de l'élément porteur servant de support au complexe étanche (pare-vapeur + isolant + revêtement d'étanchéité), par l'entreprise d'étanchéité ou l'organisme coordonnateur des travaux. Les insuffisances de l'élément porteur auraient pu être rattrapées :

- soit par une forme de nivellement en béton ;
- soit par des panneaux isolants d'épaisseur variable reconstituant un plan horizontal.

La conséquence est le vieillissement « différentiel » du revêtement de type autoprotégé par granulés minéraux, soumis selon les zones :

- à l'action permanente de l'eau ;
- à l'action du rayonnement solaire ;
- et en période d'hiver, dans les zones de stagnation, à formation de glace développant des contraintes superficielles.

Cette disposition est préjudiciable à la tenue de l'autoprotection, par phénomène de « *mud curling* » ou « alligatorisme » (formation de craquelures du revêtement en forme de peau de saurien), et à la durabilité du revêtement.

Les toitures-terrasses comportant une protection lourde meuble par couche de gravillons (épaisseur minimale 0,04 m) présentent un meilleur comportement. Les défauts localisés de planimétrie (retenue d'eau $\leq 0,02$ m pour les terrasses à pente nulle ou flèches $\leq 0,01$ m sous une règle de 2,00 m déplacée en tous sens) sont compensés par l'épaisseur de la couche de gravillons.

Cette couche joue le rôle de rétenteur d'eau en excès mais ne pourrait compenser la totalité de l'eau accumulée dans le cas présenté, l'épaisseur de la lame d'eau permanente étant de l'ordre de 0,04 à 0,05 m.

D'autre part, d'autres effets non négligeables pour l'environnement et la pérennité de la toiture-terrasse résultent de la présence permanente de l'eau de rétention :

- développement de micro-organismes résultant de la fermentation de poussières, bactéries, débris végétaux ou animaux ;
- développement de végétation, prolifération d'insectes (moustiques, etc.).



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE PLATE

Réhabilitation thermique par isolation inversée

QUESTION

Peut-on réaliser la réhabilitation thermique par isolation inversée d'une toiture-terrasse plate ?

RÉPONSE

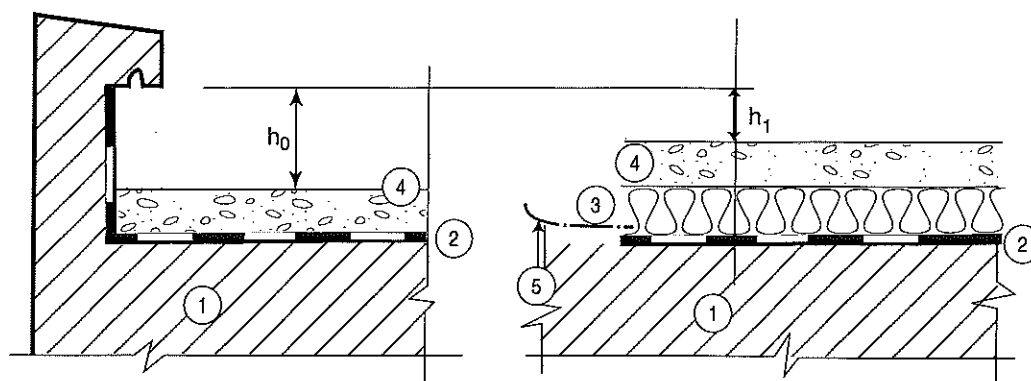
Rappel, définition

La toiture « inversée » ou à isolation inversée consiste à disposer la couche isolante au-dessus du revêtement d'étanchéité, avec une couche de protection-lestage pour le maintien en place des panneaux isolants spécialement destinés à cet usage.

Cette technique utilisée parallèlement à la disposition normalisée qui consiste à placer l'isolant sur un pare-vapeur et au-dessous du revêtement d'étanchéité présente certains avantages mais également quelques contraintes.

Elle est possible sur une toiture-terrasse plate dont l'étanchéité ancienne présente un bon comportement, notamment si le revêtement d'étanchéité est protégé par une protection meuble (couche de gravillons).

Principe



État ancien

Amélioration thermique

- ① Élément porteur
- ② Revêtement ou complexe d'étanchéité
- ③ Isolant thermique spécial pour toiture inversée
- ④ Protection lestage
- ⑤ Couche éventuelle de désolidarisation placée sur l'étanchéité
- h_0 = hauteur utile du relevé
- h_1 = nouvelle hauteur utile du relevé

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Dispositions pratiques

- Le revêtement d'étanchéité doit être en bon état (pose préférentielle en indépendance) et protégé par une couche de gravillons meubles correctement entretenue (disposition à vérifier lors de la dépose de cette protection qui constitue également le lestage).
- L'isolant thermique rapporté est spécialement conçu pour cette utilisation (généralement polystyrène extrudé), c'est-à-dire qu'il doit être insensible à l'eau pour conserver ses qualités isolantes (matériaux cellulaires à très fort pourcentage de cellules fermées).

Ce matériau est soumis à la procédure des Avis techniques.

- La mise en place d'une couche de séparation entre le revêtement existant et les plaques isolantes peut être nécessaire (cf. dossier technique de l'Avis technique).
- La hauteur minimale h du relevé prise par rapport à l'arase de la protection lourde doit être respectée après mise en place de la couche isolante (cf. DTU 20.12), soit :

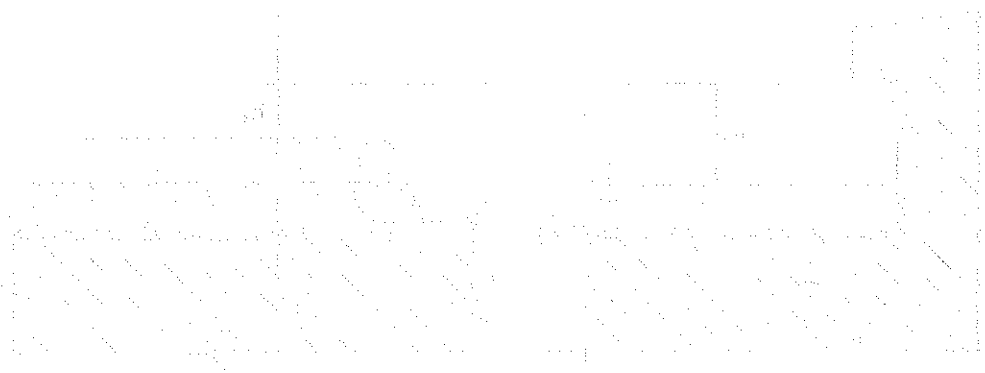
— 0,10 m (valeur prise à l'arase du relevé)

— ou 0,05 m si l'acrotère est complètement revêtu.

- La protection meuble par gravillons (roulés de préférence) peut être remplacée par des dalles de béton posées sur les panneaux isolants par l'intermédiaire d'un géotextile insensible à l'action des UV (non-tissé polyester par exemple).

Pour les bâtiments élevés situés en zones ventées (régions 2 et 3 de vent-site exposé pour les bâtiments de moins de 28 m de hauteur et toutes régions au-delà de 28 m de hauteur), un lestage par dallettes est nécessaire sur 2,00 m de largeur autour du bâtiment et au droit des émergences.

- Les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales, dispositif garde-grève doivent être placés dans l'épaisseur de la couche de protection (gravillons) et non sur l'ancienne étanchéité afin d'éviter un pont thermique.





Diagnostic

TOITURE-TERRASSE PLATE INACCESSIBLE

Infiltration d'eau

DÉFINITION (D'APRÈS CAS CONCRET, DOSSIER D'EXPERTISE)

Toiture-terrasse plate (pente < 5 %) avec protection par gravillons roulés.

Terrasse inaccessible (sauf entretien) à zones techniques (installations VMC).

Accès à partir d'un local terrasse (machinerie d'ascenseur).

DÉSORDRE

Fuites au droit d'une évacuation EP autour du moignon raccordé à la descente, dans un local (appartement).

Ces fuites se produisent après des périodes de pluies continues et abondantes.

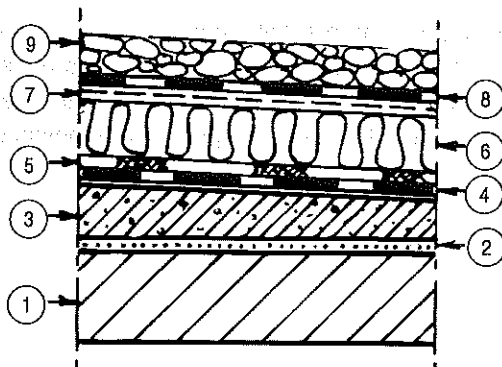
Traînées, traces sur plafond et murs adjacents. Passages de l'eau.

INVESTIGATIONS

1. Détermination de la composition de la toiture

D'après l'âge de la construction (période) et les éléments recueillis, il est établi que (cf. schéma) :

- l'étanchéité initiale est un multicouche placé sur une forme de pente fractionnée ③ placée sur l'élément porteur (dalle BA) ① ;
- cette étanchéité a subi une réfection complète (ouvrage en cours de décennale) avec :
 - conservation de l'étanchéité initiale comme pare-vapeur ④ ;
 - mise en place de panneaux isolants ⑥ en polyuréthane posé en semi-indépendance ;
 - nouveau revêtement bicouche élastomère ⑦ posé en indépendance ⑦ ;
 - remise en place de la protection gravillons ⑨.



① Dalle BA structure

② Couche d'indépendance (sable ou polystyrène)

③ Forme de pente fractionnée

④ Étanchéité initiale

⑤ Collage/plots

⑥ Isolant

⑦ Couche d'indépendance

⑧ Nouvelle étanchéité

⑨ Gravillons de protection

2. Sondage au droit de l'ouvrage d'évacuation des eaux pluviales

Le sondage révèle la présence d'eau :

- sous le revêtement d'étanchéité correspondant à la réfection, c'est-à-dire entre le revêtement ⑦ et l'isolant ⑥ ;

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

— sous l'isolant ⑤ et l'ancien revêtement d'étanchéité ④.

Compte tenu de la pente donnée par la forme fractionnée l'hypothèse suivante est avancée :

- un défaut d'étanchéité (perforation défaut de liaison) dans l'étanchéité nouvelle doit exister à une certaine distance du point de passage autour de l'EP repérée ;
- la pénétration d'eau chemine à travers les couches et se concentre au droit de cette dernière.

D'autres sondages sont effectués mais ne révèlent pas de présence d'eau.

3. La protection gravillon

Elle est déposée en procédant par zones et par bassins versants. Des mises en eau successives sont effectuées avec de l'eau colorée (fluorescéine, bleu de méthylène).

Lors d'une mise en eau, une nouvelle fuite survient au droit d'une autre descente EP et correspond à un bassin versant autre que celui de la fuite d'origine.

Le bassin voisin est débarrassé de sa protection pour permettre l'examen détaillé de la surface de l'étanchéité.

L'origine de la fuite est finalement repérée (perforation et usure du revêtement).

RÉPARATIONS

La zone de fuite est réparée et étendue à une zone plus importante du fait de la présence d'un édifice et d'installations techniques (VMC, ventilateurs) et de canalisations.

Une nouvelle mise en eau est effectuée après renforcement et réparation.

Compte tenu des installations techniques et de leur entretien, des chemins d'accès et protections dures posées sur la protection meuble sont demandés pour éviter de nouveaux désordres.

CONCLUSION

Pour toutes les terrasses avec revêtements d'étanchéité posés sur isolant, les risques de perforation nécessitent pour les zones sensibles des *protections dures*, la résistance au poinçonnement des revêtements d'étanchéité actuels pouvant être estimée insuffisante eu égard aux conséquences (cheminement des passages d'eau, difficulté de repérage des points de perforation, présence d'eau dans les isolants, etc.).



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE PLATE INACCESSIBLE

Protections lourdes meubles

QUESTION

Comment peut-on éviter le déplacement des protections lourdes meubles par l'effet du vent ?

RÉPONSE

Rappel

- Les protections lourdes meubles sont obligatoires (cf. DTU 43.1) :
 - sur les revêtements d'étanchéité *multicouches* traditionnels à base de bitume oxydé, quel que soit le mode de pose, pour assurer la protection du revêtement contre le rayonnement solaire ;
 - sur les revêtements d'étanchéité traditionnels ou non posés en *indépendance*, afin d'assurer le lestage du complexe étanche et d'éviter le soulèvement et l'arrachement de celui-ci par les effets de dépression dus au vent ;
 - sur les revêtements *asphalte* de type A posés (en indépendance) sur des panneaux isolants et dans les régions à forte opposition de température.

Par définition : une protection lourde meuble (cf. DTU 43.1) est constituée par une couche de *granulats* courants *roulés ou concassés* de 0,04 m d'épaisseur minimale et de granulométrie comprise entre 5 mm et une dimension (ou calibre) au plus égale aux 2/3 de l'épaisseur de la protection placée sur le revêtement d'étanchéité.

L'épaisseur minimale est portée à 0,06 m si la résistance thermique du support en panneaux isolants est $> 2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$.

Pour les bâtiments élevés ($H > 28 \text{ m}$) et pour les bâtiments de hauteur $< 28 \text{ m}$ mais situés en région 2 de vent – site exposé, ou région 3 – site exposé, une *agglutination en surface* des gravillons ou un lestage par dalles est nécessaire sur 2,00 m de largeur au pourtour du bâtiment et au droit des émergences telles que souches, édicules (sortie et accès terrasse, machineries d'ascenseurs, etc.).

- L'indépendance de la protection doit rester assurée. Il est également procédé au choix de la granularité la plus élevée possible. La granularité courante est 5-15. Il est préférable d'utiliser la 15-25. Les éléments fins (5 mm) sont en effet plus sensibles aux effets de déplacement du vent. On utilise également la granularité 16-32.

Remarques

La solution mentionnée dans le DTU 43.1 consistant à agglomérer ou agglutiner en surface les gravillons ne précise pas le mode d'agglutination de ces derniers.

On peut utiliser soit un saupoudrage de ciment suivi d'une aspersion d'eau (opération délicate du fait du risque d'agglutination en profondeur), soit la projection d'une émulsion bitumineuse.

L'inconvénient de ces deux procédés apparaît lors des opérations d'entretien qui restent indispensables pour tous les types de terrasses. En effet, l'agglutination des gravillons de surface constitue une sorte de béton caverneux pouvant « piéger » des graines amenées par le vent, susceptibles de développer une végétation qui sera ensuite difficile à éliminer et qui pourra provoquer des perforations dans le revêtement d'étanchéité.

La solution par dalles rapportées dans les zones sensibles au vent paraît préférable.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].

Le 11/04/2014, à 14h00, Monsieur [Nom] a été reçu par Monsieur [Nom].



Désordre

TOITURE-TERRASSE PLATE À ISOLATION INVERSÉE

Déplacement des panneaux isolants

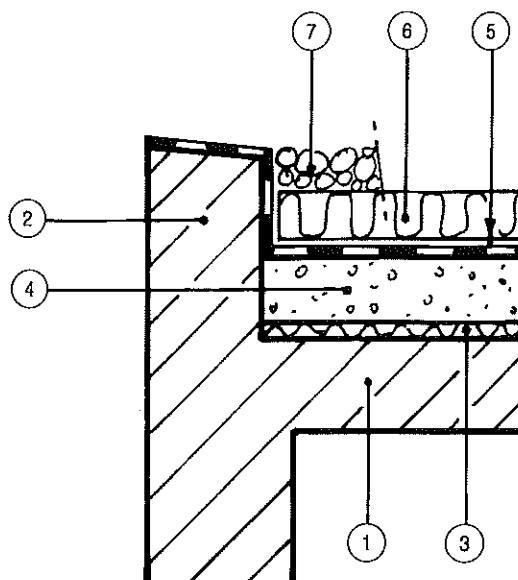
DESCRIPTION DE L'OUVRAGE (cf. schéma)

Une toiture-terrasse de conception ancienne comportait une forme de pente fractionnée coulée sur panneaux isolants et un revêtement d'étanchéité posé en indépendance et lesté par une protection lourde meuble.

L'acrotère limitant cette terrasse était du type « bas ».

La réhabilitation thermique de cette toiture a été entreprise en utilisant le principe de la toiture inversée (ou à isolation inversée), avec réutilisation de la protection lourde après mise en place des panneaux de polystyrène extrudé et révision de l'étanchéité initiale.

Compte tenu de l'apport de l'isolant mis en place en 2 couches décalées, le niveau d'arase des gravillons de protection correspond à celui de l'arase supérieure de l'acrotère.



- ① Élément porteur
- ② Acrotère bas revêtu
- ③ Couche de polystyrène
- ④ Forme de pente fractionnée

- ⑤ Revêtement d'étanchéité
- ⑥ Isolant
- ⑦ Protection lourde meuble

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Par suite de l'action du vent, les gravillons se déplacent. Les panneaux isolants ne sont plus lestés et se déplacent avec risque d'envol.

La surface de la terrasse est complètement désorganisée dans les zones voisines des rives.

D'autre part, des condensations localisées se produisent en sous-face au droit des évacuations EP (insuffisance d'isolation par absence des panneaux isolants au droit des platines).

Les plaques déplacées et rendues apparentes ont subi les attaques d'oiseaux (corbeaux) avec destruction partielle.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

REMEDES (PRÉCONISÉS)

- Dépose complète des gravillons et des plaques déplacées.
- Changement des plaques altérées par les attaques d'oiseaux et l'exposition aux UV.
- Remise en place, avec correction des ponts thermiques au droit des évacuations EP.
- Installation de garde-grève raccordés à l'étanchéité sur les dessus de bandeaux d'acrotère, afin d'éviter la chute de gravillons à l'extérieur de la terrasse.
- Mise en place selon les dispositions du DTU 43.1 de *dalles de béton préfabriquées* en bordure des rives d'acrotère avec interposition d'un géotextile sur les panneaux évitant l'introduction des granulats dans les joints de panneaux.
- Remise en place des gravillons en couche d'épaisseur régulière et uniforme contre les dalles béton.





Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE POUR PARC AUTOS

Détérioration du revêtement asphalte

QUESTION

Quelle peut être l'origine d'une détérioration du complexe d'étanchéité asphalte pour un parc autos d'hypermarché ?

RÉPONSE

Désordre

Altération de la protection asphalte par les chariots.

Le revêtement asphalte est par définition un revêtement de type P pour accessibilité aux véhicules légers (essieu de poids $\leq 2t$) mis en œuvre sur support en maçonnerie. En l'occurrence, dans le cas de figure examiné, élément porteur de type D (dalles alvéolées précontraintes par fils adhérents) posé jointivement sans dalle complémentaire coulée sur place.

Le complexe P comprend par définition (référence DTU 43.1) :

- une couche d'asphalte coulé pur épaisseur 5 mm qualité parc ;
- une couche d'asphalte coulé sablé épaisseur 15 mm qualité parc ;
- une couche de désolidarisation : 1 papier entre deux sans fil ou 2 couches de papier Kraft (70g/m² chaque) ;
- une couche d'asphalte gravillonné, qualité protection parc, épaisseur 20 mm. La masse totale moyenne est de 90 kg/m² environ.

Les désordres se produisent dans la couche de protection et se présentent sous forme d'empreintes correspondant aux flasques des bandages plastiques des roues de chariots (deux traits parallèles). L'effet produit correspond à une indentation, c'est-à-dire un poinçonnement localisé (cf. photo).



Zone de « garage » des chariots (caddies). Indentation (empreintes) des roues dans le revêtement de protection. © J. Putatti

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

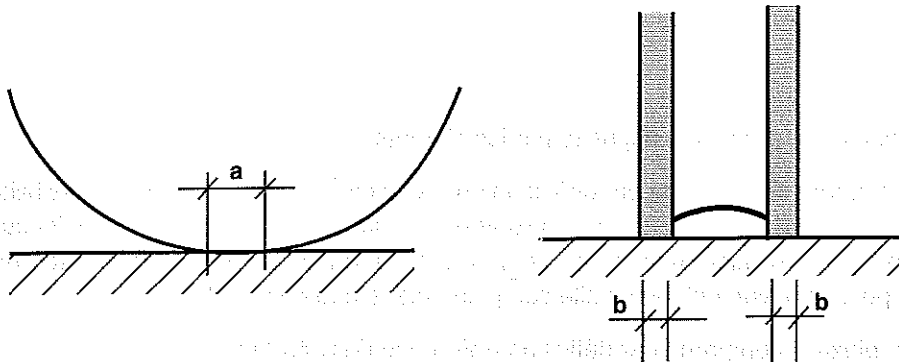
YZ

Cause

Les empreintes sont multiples dans la zone de stockage (garage) des chariots ou caddies. Elles résultent de l'application de très fortes contraintes correspondant aux doubles jantes des roues de caddies. La surface de contact est de l'ordre de quelques millimètres carrés et l'effet produit est par définition une « indentation ».

Indentation (selon le *Dicobat*) : « marque en creux laissée à la surface d'un matériau par le choc d'un outil ou d'un objet contondant » (cf. schéma).

Dans le cas présent, il ne s'agit pas d'un choc mais d'une charge poinçonnante.



L'action statique (réaction résultant du poids du chariot) est accompagnée d'un effet dynamique qui accentue l'action mécanique de cisaillement.

À noter que les chariots équipés de ce type de roues sont surtout utilisés lorsque les surfaces de vente sont situées au-dessous des niveaux de stationnement des véhicules et sont desservis par des escaliers mécaniques pour permettre les blocages des roues. L'action de roues à bandage ne crée pas ce type de désordre du fait de l'écrasement (relatif) du bandage et de la surface de contact plus importante. La résistance de la surface de roulement (asphalte gravillonné) est caractérisée par l'essai d'indentation qui est effectué selon les dispositions de la norme d'essai (T 66-002).

Le principe de l'essai consiste à appliquer à diverses températures (jusqu'à 40 °C) des charges variables en fonction de la surface de différents poinçons, pendant une durée déterminée. (Le cas le plus défavorable correspond à une contrainte localisée : 52,5 kg sur 1 cm² pendant 31 min.)

C'est probablement, dans cette zone de stockage des chariots, dans des périodes d'exposition maximale aux effets solaires et par effets cumulés d'actions dynamiques que les empreintes se produisent, mais l'action de cisaillement des bandages de roue est plus défavorable que l'essai d'indentation, les surfaces d'application relevant plus d'une cisaille que d'un poinçon.

Remède

Ce type de protection pour l'usage prévu n'est pas compatible. D'autre part, les chariots qui peuvent être lourdement chargés (notamment de bouteilles d'eau ou de boissons) ne sont pas adaptés à la circulation sur ce revêtement. La réparation des zones affectées par les désordres en utilisant un revêtement plus dur (chape ou dallage béton) ne pourra résoudre complètement le problème. Il a lieu d'envisager l'utilisation de chariots à bandages spécialement adaptés à l'accès à des rampes mécaniques ou à des escaliers de même type.

Le changement des formulations d'asphalte pour obtenir de meilleures performances à l'indentation (ou l'adaptation de la norme d'essai) pourrait entraîner d'autres modifications des caractéristiques du matériau « asphalte » (perte de souplesse par exemple et risque de fissuration).



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE POUR PARC AUTOS

Rampes d'accès

QUESTION

Quelle est la pente maximale admissible pour une rampe d'accès à un parking en surface ou à un parking souterrain ?

RÉPONSE

1. Cas général

On peut distinguer :

- les rampes *intérieures* destinées à l'accès de parkings en sous-sols ou en élévation, qui ne nécessitent pas de revêtement d'étanchéité et de protection sauf si elles recouvrent des locaux sensibles (locaux techniques, locaux d'archives, etc.) ;
- les rampes d'accès *extérieures* donnant accès depuis une voie publique (ou privée) :
 - à un parc-autos situé en toiture-terrasse de bâtiment (rampe droite ou circulaire) ; par exemple : parc-autos sur couverture d'un centre commercial,
 - à un parc-autos situé en sous-sol d'un immeuble.

La partie extérieure (accès) peut être située sur terre-plein ou sur des locaux sensibles.

2. Pentes admissibles

Il n'y a aucun texte, aucune norme fixant les pentes limites des rampes d'accès, sauf la *norme NF P 91-100* (mai 1994) « Parcs de stationnement accessibles au public - Règles d'aptitude à la fonction - Conception et dimensionnement ».

Les pentes les plus fortes ne doivent pas dépasser 16 à 18 %, exceptionnellement 20 %.

La norme NF P 91-100 fixe la valeur maximale à 18 % pour les rampes droites et pour les rampes courbes dans l'axe de la rampe (compte tenu du devers nécessaire pour parer aux effets de la force centrifuge).

Le DTU 43.1 donne une valeur maximale de 15 % pour les rampes d'accès aux véhicules, lorsque la protection est en asphalte pour rampe (Chap. VII, art. 7-127).

Les pentes des rampes extérieures doivent présenter une rugosité accentuée (stries) lorsque les pentes sont fortes et surtout dans les régions à fort enneigement où des mesures particulières doivent être prises.

Des dispositions particulières sont à prévoir pour les protections dures des revêtements d'étanchéité, pour reprendre les efforts tangentiels transmis par la protection.

D'autre part, l'évacuation des eaux de pluie en bas de rampe doit pouvoir être assurée.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE LOI



PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI

PROJET DE LOI



TOITURE-TERRASSE SANS ACROTÈRES ¹⁾

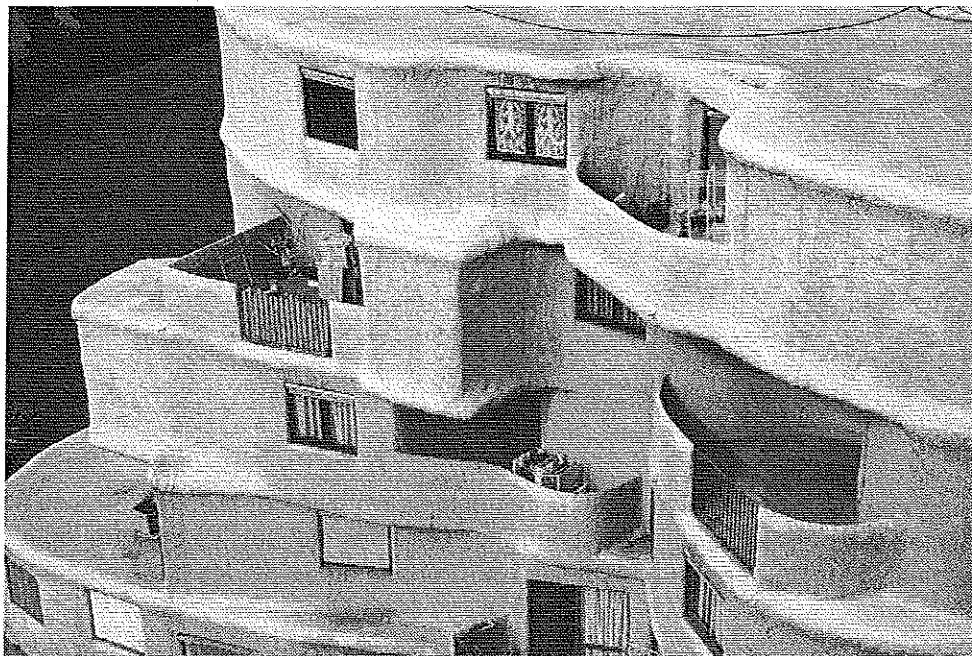
Étanchéité

DÉFAUTS D'ÉTANCHÉITÉ

Dans le cadre de la réalisation d'un projet d'immeubles à usage d'habitation, la conception architecturale des toitures-terrasses avait prévu :

- des terrasses plates (pente nulle) non accessibles, sans acrotères ;
- des façades avec décrochements, terrasses privatives, loggias, raccordées à la terrasse haute par une rive sans acrotère.

L'étanchéité des différentes terrasses ainsi que celle des façades était réalisée par un procédé d'étanchéité liquide SEL (Système d'étanchéité liquide) (cf. photo suivante).



Vue d'ensemble. © J. Putatti

Remarque préliminaire

La conception choisie n'est pas conforme aux règles codifiées (DTU 20.12, DTU 43.1). Elle utilise des techniques d'étanchéité de façade raccordées à des techniques d'étanchéité de toiture-terrasse non normalisées.

LES DÉSORDRES

1/ À l'origine, défaillance du système d'étanchéité de toiture (fuites, pénétrations d'eau...) du fait de la fissuration du support de l'étanchéité SEL.

2/ Puis apparition de fissures à la jonction inférieure du bourrelet de rive avec le revêtement de façade (cf. photo suivante).

¹⁾ Cas concret rencontré en expertise.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

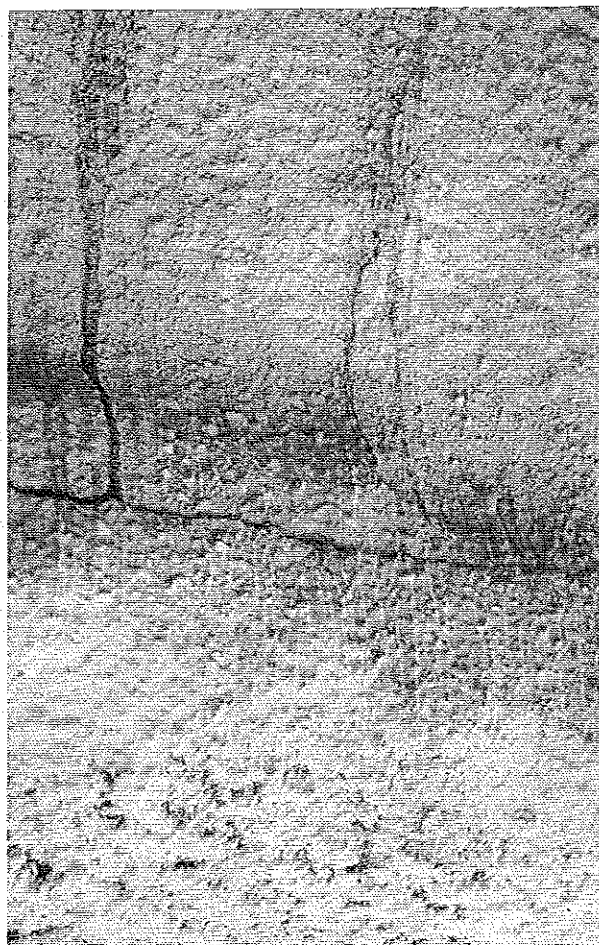
QR

ST

UV

WX

YZ



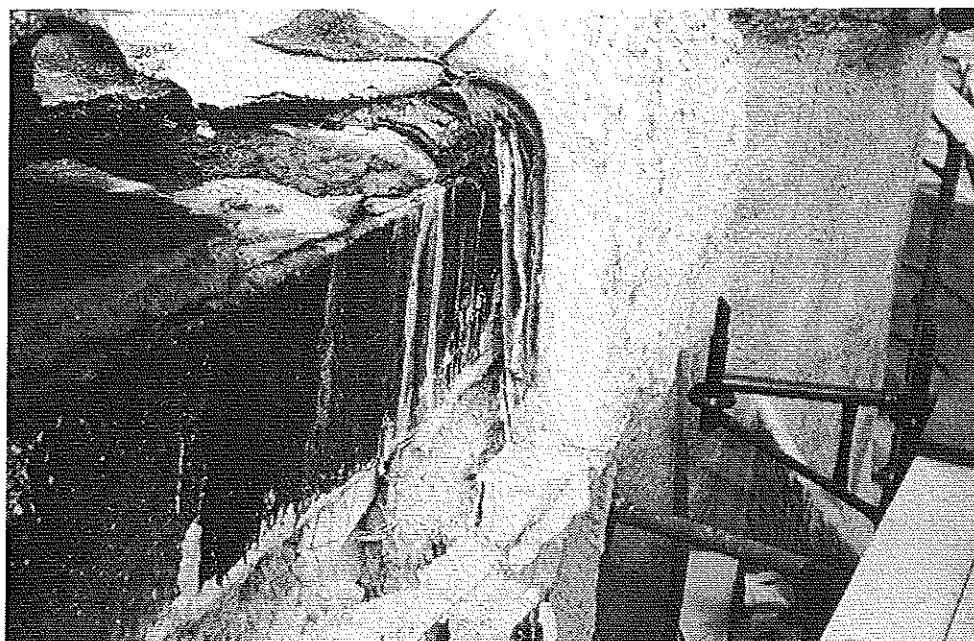
Détail rive. © J. Putatti

D'autre part, l'absence de pente et les défauts de planéité de la toiture-terrasse n'ont pu empêcher les coulures en bordure des bourrelets et sur les façades. La pénétration à l'intérieur des façades s'est faite à partir de la fissure horizontale créée par les mouvements du support de l'étanchéité.

Les sondages pratiqués lors de la réfection de la toiture et des façades ont montré (cf. photo suivante) que la structure des bâtiments comportait :

- une ossature en béton armé ;
- des planchers en dalle pleine BA ;
- des remplissages en maçonnerie ;
- un enduit projeté sur un grillage pour les façades avec interposition d'isolant ;
- une étanchéité en toiture-terrasse de type multicouche posée sur isolant avec une retombée en façade ;
- une protection dure par chape armée continue.

Les toitures-terrasses privatives et les loggias étaient traitées par des procédés similaires.



Détail rive lors des opérations de reprise. © J. Putatti

TRAVAUX DE RÉFECTION

- Le revêtement des façades a été entièrement repris sur toute la hauteur du bâtiment.
- Le bourrelet en retombée a été démoli, reconstitué en béton armé raccordé au revêtement de façade et traité par un SEL à base de résine polyuréthane armée.
- Les toitures-terrasses hautes ont été conservées mais renforcées au point de vue étanchéité par un SEL à base de résine polyuréthane pour assurer la continuité avec le raccordement en façade. Une armature a été marouflée dans l'épaisseur du film résine adhérent à l'ancien support ; une couche de primaire d'accrochage avait été préalablement appliquée.



ST - Toiture-terrasse sans acrotères : Étanchéité

ÉTANCHÉITÉ

La toiture-terrasse sans acrotères est une toiture-terrasse qui ne possède pas de mur de clôture. Elle est constituée d'une dalle de béton armé sur laquelle est posée une couche d'isolant thermique. La toiture-terrasse sans acrotères est une toiture-terrasse qui ne possède pas de mur de clôture. Elle est constituée d'une dalle de béton armé sur laquelle est posée une couche d'isolant thermique.



TOITURE-TERRASSE SUR PISCINE INTÉRIEURE

*Désordres en plafond*¹⁾

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Dans le cadre d'une réhabilitation d'une habitation individuelle et d'un agrandissement partiel (adjonction d'une aile pour création d'un séjour), le propriétaire fait installer un bassin de piscine au niveau du sous-sol.

Ce bassin et le local correspondant se situent sous la construction existante et sous l'extension qui correspond à l'extérieur à une terrasse privative revêtue d'un carrelage (cf. photo 1).



Photo 1 : Terrasse extérieure privative située (en partie) sur la piscine en sous-sol. Noter le seuil inexistant. © J. Putatti

DESCRIPTION DES DÉSORDRES

Les désordres sont constatés à l'intérieur du local piscine (cf. photo 2). En plafond d'une zone voisine d'une rive extérieure (cf. photo 4) et d'un retour d'angle, un cloquage généralisé du revêtement peinture (cf. photo 3) est constaté.

¹⁾ Cas concret rencontré dans le cadre d'une expertise judiciaire.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ



Photo 2 : Altération du plafond (peinture sur plaques en plâtre cartonné). Accentuation des joints de plaque. © J. Putatti

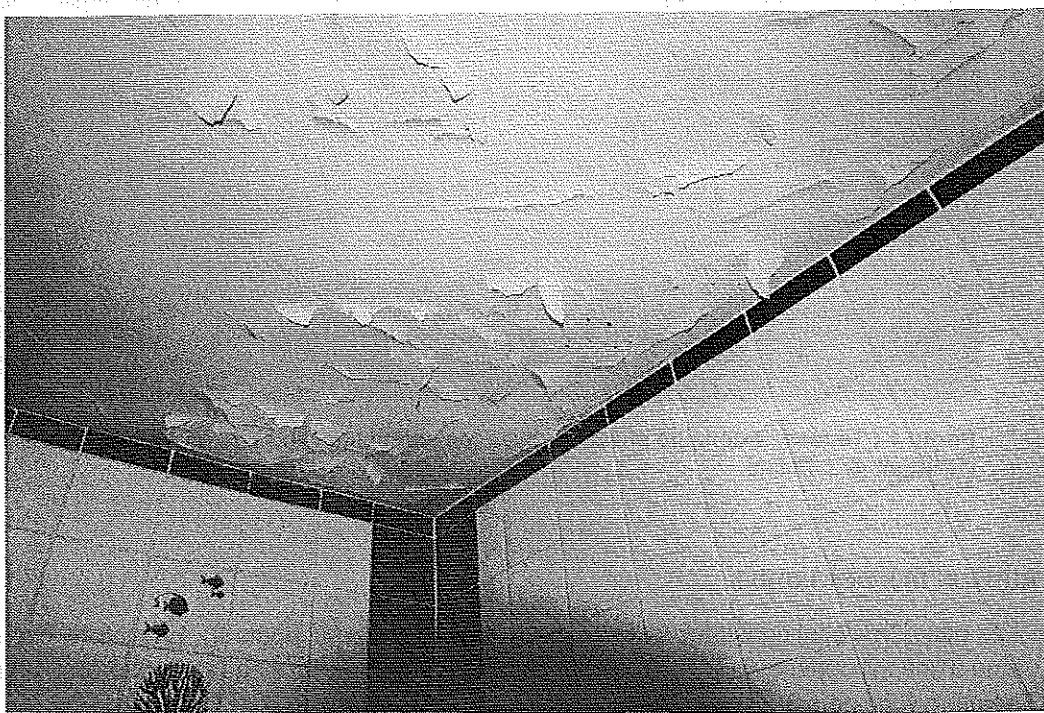


Photo 3 : Autre détail du cloquage de la peinture en plafond dans un angle. © J. Putatti

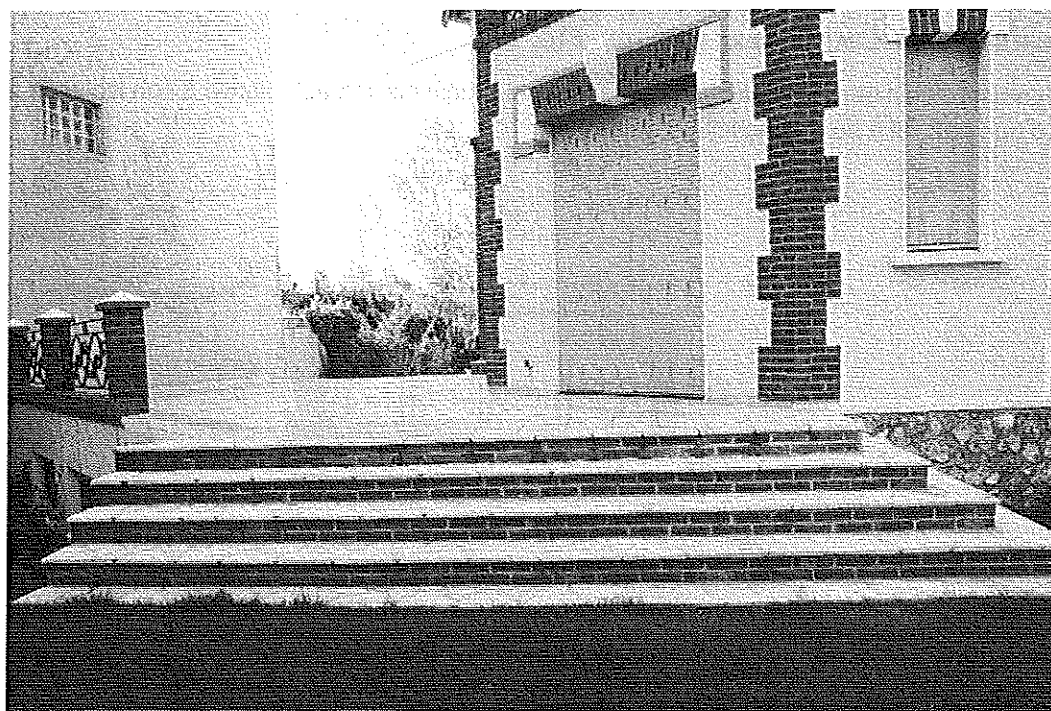


Photo 4 : Vue extérieure de la zone donnant lieu à désordres. © J. Putatti

Les cloquages se produisent dans deux zones principales situées uniquement sous la terrasse extérieure créée lors de l'agrandissement dans la partie côté escalier extérieur (cf. photo 4). Au-dessus de la piscine située au droit de la terrasse extérieure, les éléments de plafond rapporté constitués de plaques en plâtre cartonné présentent des festonnages et les joints entre panneaux sont fortement accusés.

Un sondage est pratiqué dans cette zone au-dessus du bassin, dans le faux-plafond (cf. photo 5).

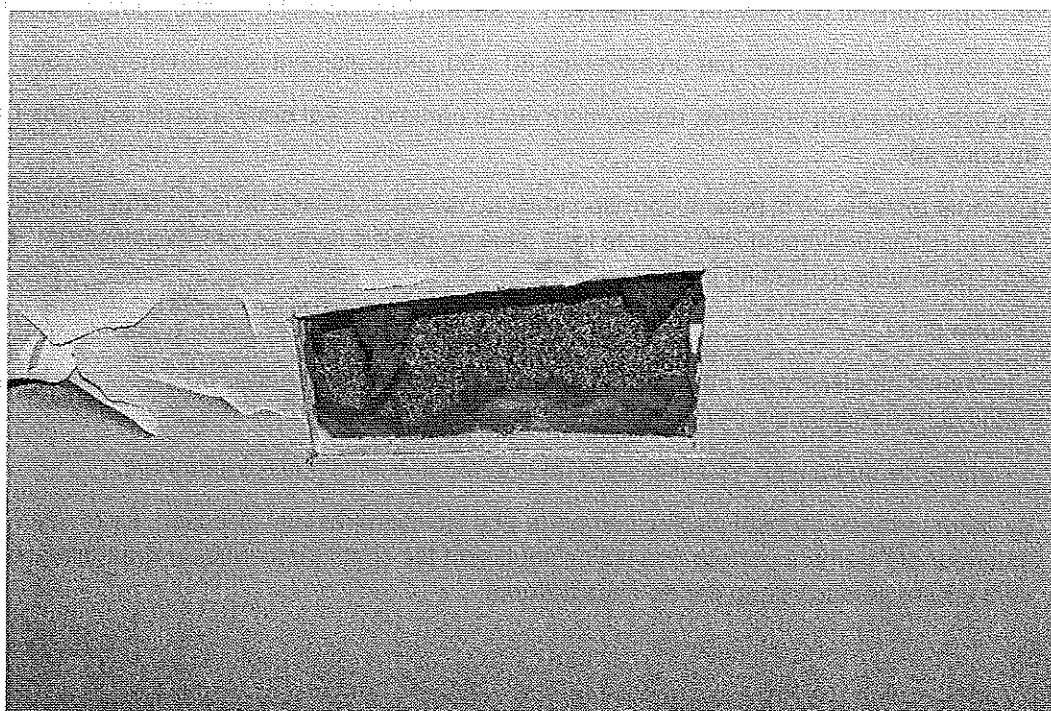


Photo 5 : Sondage pratiqué dans le faux-plafond rapporté. © J. Putatti

COMPOSITION DE LA PAROI-TERRASSE (CF. FIG. 1)

La caractéristique principale de ce plancher sur local piscine est relative à son isolation thermique d'une part, et à son étanchéité d'autre part.

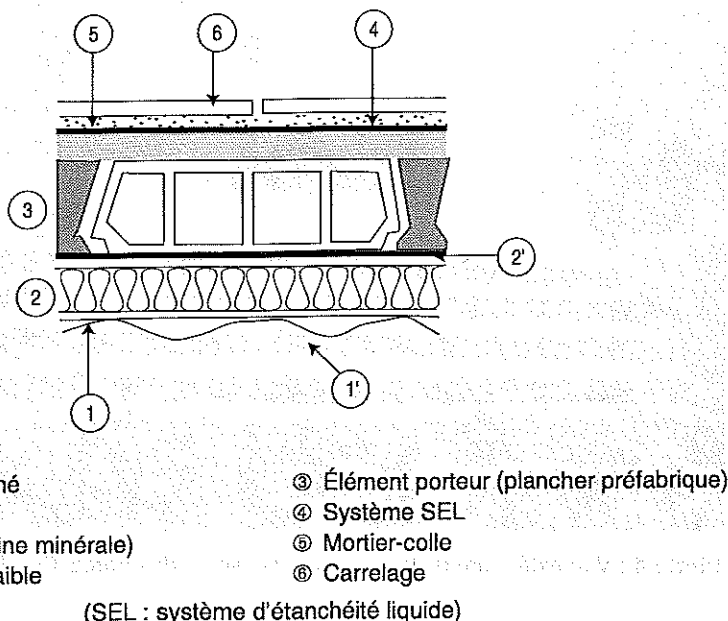


Fig. 1 : Coupe sur plancher terrasse.

L'isolation thermique est placée en sous-face, pratiquement au contact de l'élément porteur. C'est une laine minérale en panneau portée par un faux-plafond en plâtre cartonné.

L'étanchéité est placée en surface, directement sur l'élément porté (c'est ce que mentionne le devis descriptif général des travaux qui indique « Étanchéité multicouche » sans autre précision).

La protection est assurée par un carrelage 30 x 30, probablement posé au mortier-colle.

Les désordres sont constatés uniquement sur la partie du local piscine se situant dans l'extension du sous-sol.

La partie restante de la piscine correspondant au rez-de-chaussée de la construction et située sous celle-ci est naturellement isolée par le local situé au-dessus de la piscine. Les désordres en plafond sont inexistant dans cette partie.

D'autre part :

- le bassin de piscine est entièrement recouvert pendant les périodes où il n'est pas utilisé, ce qui réduit considérablement l'évaporation ;
- l'ambiance du volume « piscine » est thermo-régulée ainsi que l'hygrométrie.

La paroi-terrasse du local piscine comporte une isolation très mal disposée. Le revêtement de sol extérieur et l'élément porteur non isolés subissent les effets thermiques (retrait-dilatation) et peuvent laisser pénétrer l'eau par de fines fissures.

CAUSES PRÉSUMÉES

L'ouvrage de terrasse ne présentant pas de désordres apparents en surface n'a pas fait l'objet de sondages pour vérifier la présence et la nature d'un revêtement d'étanchéité.

D'autre part, les manquements aux règles de l'Art sont nombreux :

- isolation mal placée ;
- pare-vapeur inexistant ou inefficace (déformation des plaques de faux-plafond, réhumidification de l'isolant, etc.) ;
- étanchéité de nature ou présence douteuse (hypothèse non vérifiée¹⁾) pouvant, par les fissures du gros œuvre plancher, provoquer la réhumidification de l'isolant, lequel à son tour, provoque celle des plaques et leur déformation.

Le cloquage de la peinture pourrait être une conséquence de cette réhumidification.

REMÈDES

Les réparations ne peuvent se borner à une simple réfection des supports de peinture plafond.

L'examen des pièces du marché (descriptif sommaire) montre qu'il était prévu :

- un enduit plâtre sur le plafond directement sur le plancher à corps creux ;
- un revêtement étanche « type multicouche » sur l'élément porteur (plancher).

L'isolation n'était pas mentionnée.

Une mesure préconisée en cours d'expertise consiste :

- à déposer le faux-plafond avec son isolant ;
- à vérifier l'état de cet isolant ainsi que celui de la sous-face dégagée du plancher (plancher préfabriqué à poutrelles et entrevous). Noter éventuellement la présence de fuites par des fissures du gros œuvre ;
- vérifier au droit des points de fuites si le carrelage est fissuré.

Les sondages peuvent permettre de vérifier la présence et la nature d'une étanchéité.

Il est vraisemblable que celle-ci n'existe pas ou est constituée d'un SEL, et que la faible pente de la terrasse permet d'éviter les stagnations d'eau.

Les ouvrages particuliers tels que relevés, seuil, retombées, ne sont pas visitables afin de déterminer la présence d'une étanchéité exécutée dans les règles.

Seul le seuil de la porte-fenêtre donnant accès à la toiture ne présente pas de différence de niveau.

Les relevés sont limités à une plinthe carrelage sans bandeau ni engravure.

Sur le plan pratique, seule une *réfection complète* de la toiture à réaliser en conformité :

- d'une part avec les pièces du marché (descriptif) :
 - enduit plâtre en sous-face ;
 - revêtement d'étanchéité sur isolant ;
- d'autre part avec les règles de l'Art :
 - pare-vapeur sur élément porteur ;

1) Mais SEL en toute vraisemblance.

– isolant ;

– revêtement d'étanchéité conforme aux règles ;

– protection,

peut être envisagée pour faire cesser les désordres constatés.

Remarque

La réfection complète implique la remise en conformité avec les règles de l'Art des ouvrages de gros œuvre, aucune entreprise intervenant après sinistre ne pouvant prendre la responsabilité d'accepter un support non conforme (cas du seuil, des relevés, retombées éventuelles, etc.).



Question/Réponse

TOITURE-TERRASSE TECHNIQUE

Exigences et dispositions

QUESTION

Quelles sont les dispositions et exigences des toitures-terrasses techniques ?

RÉPONSE

Par définition, les terrasses techniques sont généralement des toitures plates (pente nulle admise) recevant des équipements techniques soumis à un certain nombre d'exigences (cf. DTU 43.1 - document en cours de révision).

Implantation des équipements techniques

L'implantation des équipements en toiture-terrasse doit permettre :

- la réalisation et l'entretien courant des ouvrages d'étanchéité et en particulier des relevés et des entrées d'eaux pluviales ;
- l'évacuation normale des eaux pluviales (fig. 1).

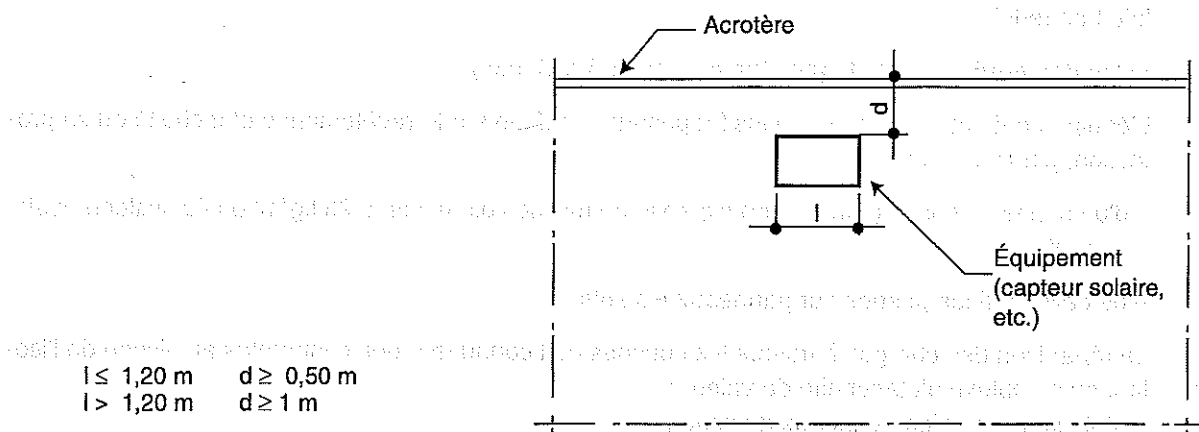


Fig. 1 : Cotes d'implantation en fonction des dimensions des équipements.
(Vue en plan)

Liaison des équipements techniques à la toiture-terrasse

Le même principe s'applique : les liaisons des équipements avec la toiture-terrasse doivent permettre l'entretien et la réfection des ouvrages d'étanchéité.

- **Cas général** : l'équipement est solidaire à l'élément porteur.

1/ Équipement démontable pour la réfection de l'étanchéité.

Prévoir une hauteur $\geq 0,20 \text{ m}$ entre le revêtement et la sous-face de l'équipement pour permettre les opérations courantes d'entretien des ouvrages d'étanchéité.

2/ Équipement non démontable

Exemple : capteur solaire (fig. 2)

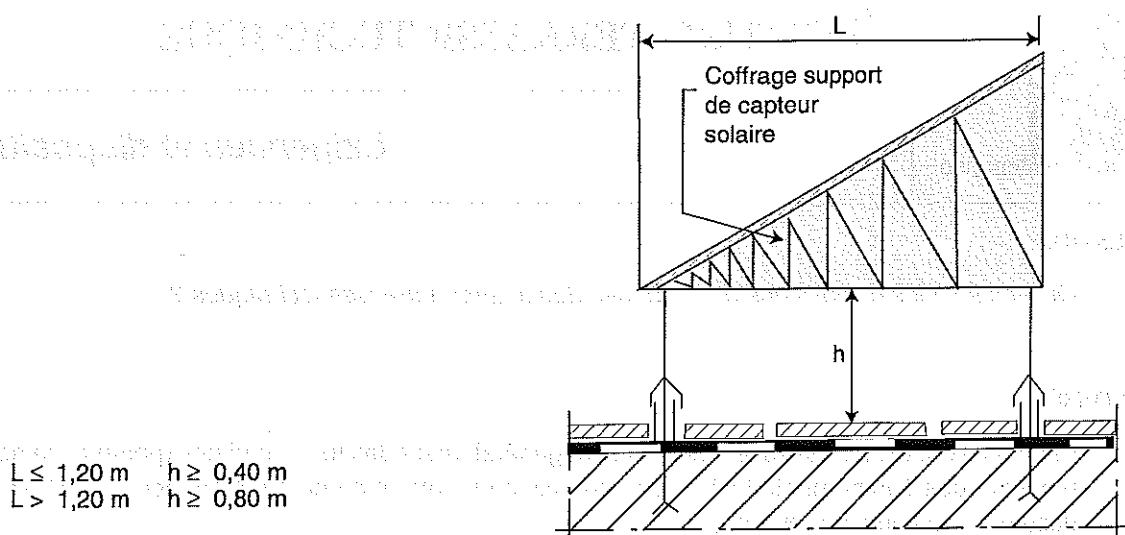


Fig. 2 : Équipement non démontable

Hauteur minimale libre sous un équipement technique non démontable selon encombrement de l'équipement.

Remarque

Les points d'appuis sur la structure étant généralement ponctuels, les ponts thermiques sont, de ce fait, très réduits.

• Cas des équipements légers (traînaresses de VMC, etc.)

L'équipement est posé sur un massif reposant lui-même sur le revêtement d'étanchéité ou sa protection, par l'intermédiaire :

- d'un panneau isolant (polystyrène expansé de masse volumique $\geq 25 \text{ kg/m}^3$ ou équivalent) épaisseur $0,03 \text{ m}$;
- de dalles rigides posées sur panneaux isolants.

La répartition des charges à travers les couches doit conduire à des contraintes au niveau de l'isolant du complexe d'étanchéité de valeur :

- $\leq 0,4 \text{ N/cm}^2$ pour les panneaux de liège ;
- $\leq 1 \text{ N/cm}^2$ pour les autres panneaux et les supports en maçonnerie.

Le massif bétonné sera si possible amovible et l'équipement démontable sans recours à des engins de levage. L'implantation des massifs ne doit pas gêner l'écoulement des eaux de pluie.

DISPOSITIONS À ÉVITER



Photo 1 : Les équipements reposent sur des dalles coulées sur place, de grandes dimensions (poids propre 300 daN/m²). L'écoulement et évacuation des EP ne peut s'effectuer (eau en permanence). Les conditions de vieillissement de l'étanchéité conduiront inévitablement à sa réfection et à la démolition avec dépose des équipements. © J. Putatti



Photo 2 : Mêmes remarques que photo 1. L'eau stagne. Il n'y a pas de chemin de dalle pour accès aux installations techniques. © J. Putatti

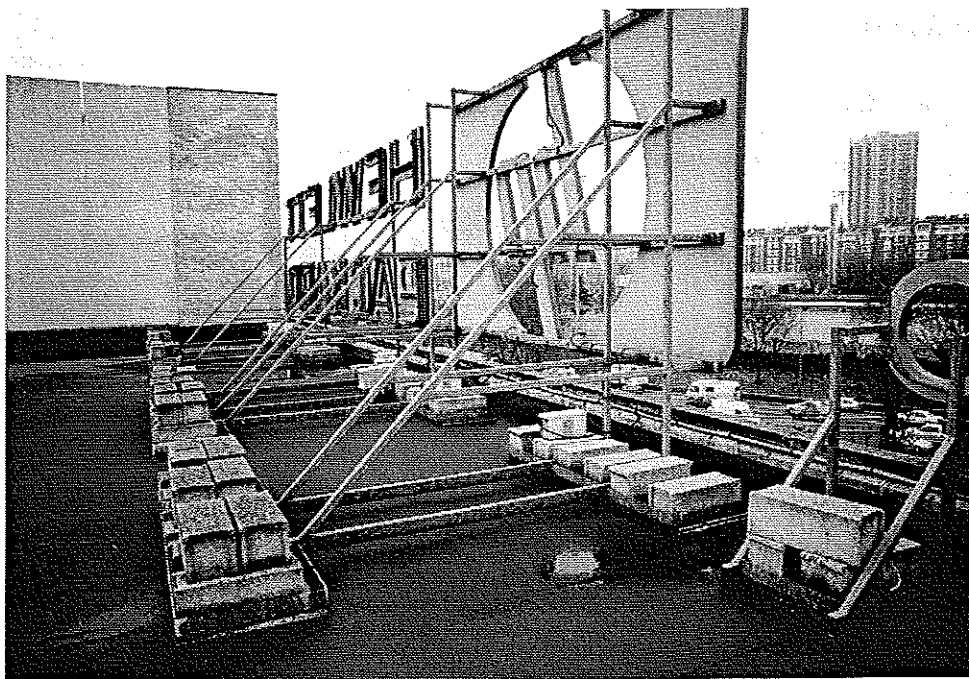


Photo 3 : Disposition « provisoire » d'installation de panneaux publicitaires dont la stabilité est assurée par des lestages par blocs de béton. Ce type d'ouvrage est particulièrement vulnérable en cas de fortes tempêtes, et dangereux pour le revêtement d'étanchéité. © J. Putatti

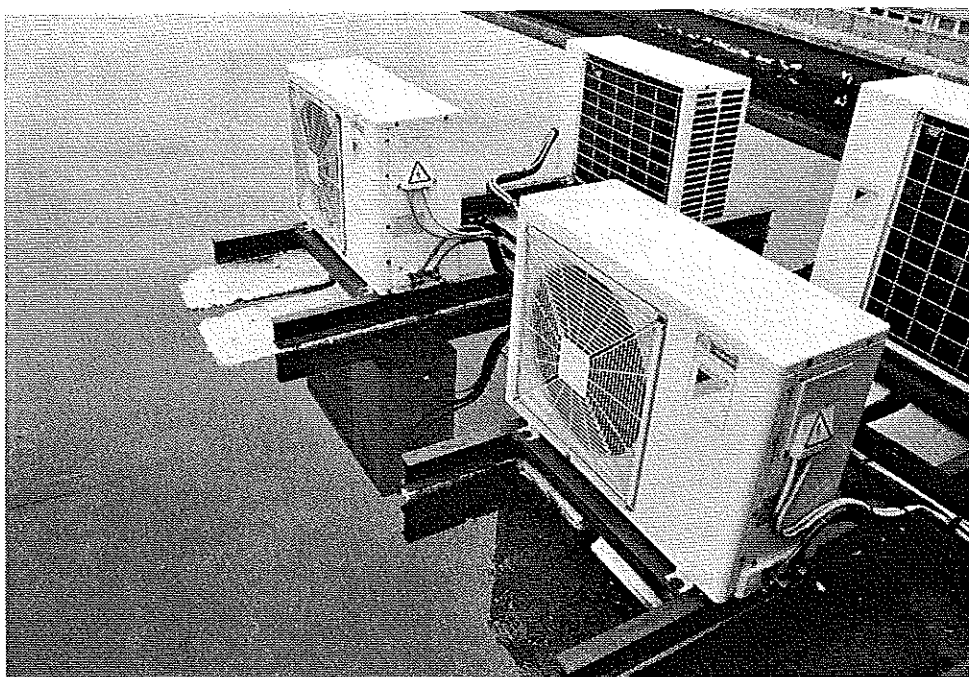


Photo 4 : Disposition d'équipement de toiture technique peu satisfaisant au niveau de l'exploitation et de la sécurité (stagnation permanente des eaux). © J. Putatti



Question/Réponse

TRAITEMENT DES EAUX

Installation d'un adoucisseur

QUESTION

Peut-on installer un système d'adoucissement de l'eau en amont d'un réseau sanitaire distribuant une eau dure entartrante ?

RÉPONSE

Le problème est complexe, et les textes (DTU, règlements) peuvent être contradictoires. Le règlement sanitaire départemental (section 3, article 14, 3^e alinéa) concernant les réseaux de distribution d'eau des immeubles et des lieux publics indique : « Le branchement est suivi d'un réseau de canalisations intérieures qui met l'eau de la distribution publique et sans traitement complémentaire à la disposition de tous les habitants de l'immeuble, à tous les étages et à toutes les heures du jour et de la nuit... »

Le décret du 3 janvier 1989 modifié, relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine stipule (paragraphe 1, article 32) : « Dans le cas d'installations collectives, le traitement complémentaire mis en œuvre ne doit concerner qu'une partie des eaux livrées dans les immeubles desservis de telle sorte que le consommateur final puisse disposer d'une eau froide non soumise à ce traitement complémentaire. »

Le DTU « plomberie » 60-1 et son additif n° 3 (mars 1970) prévoyaient un traitement par permutation sodique pour les eaux dont le TH (titre hydrotimétrique) ou le TAC (titre alcalimétrique complet) était supérieur à 25. L'additif n° 4 de février 1977 a rendu caduc l'additif n° 3 et ne suggère plus rien en matière d'adoucissement.

En pratique :

- lorsque le TH est trop élevé (par exemple de l'ordre de 30), le risque d'entartrage est réel, notamment avec les distributions intérieures d'eau chaude ;
- lorsque le TH est trop faible par suite d'un mauvais réglage de l'installation d'adoucissement (au-dessous de 15), les risques de corrosion peuvent affecter les installations.

Le respect des obligations précédentes rend difficile le traitement complet de l'ensemble de l'eau distribuée dans un bâtiment d'habitation collective, sauf à disposer d'un second réseau de distribution d'eau non traitée ou d'avoir dans certains cas exceptionnels, une dérogation de la Direction départementale de l'action sanitaire.

De même, l'eau froide distribuée au moins sur un robinet dans chaque chambre d'un immeuble d'hébergement collectif (hôtel, hôpital...) ne doit pas subir de traitement. Dans ce cas présenté, si un adoucisseur s'avère nécessaire, il sera installé uniquement sur le réseau d'eau chaude en amont de l'appareil de chauffage, et l'adoucissement sera limité à une valeur minimale de 15 pour le TH.

Les traitements par injection de polyphosphates pouvant limiter les incrustations de tartre sont en principe soumis aux mêmes clauses. Seuls les traitements magnétiques ou électriques utilisés pour limiter ces incrustations restent ambigus, faute de règles de l'art écrites sur ces systèmes.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

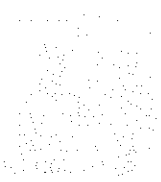
ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



Adresse postale (si différente de l'adresse ci-dessous) :

Nom et Prénom :

Adresse postale (si différente de l'adresse ci-dessous) :
Code postal : Ville :

Profession :

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.

Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis propriétaire de la propriété concernée par le projet de travaux.
Je suis locataire de la propriété concernée par le projet de travaux.



Question/Réponse

VENTILATION DES LOCAUX

Garage de maison individuelle et caves d'immeuble

QUESTIONS

1/ Obligation de ventiler le garage d'une maison individuelle ?

2/ Ventilation des caves et locaux annexes d'un immeuble.

RÉPONSES

1. Garage maison individuelle

En application de l'arrêté du 31 janvier 1986, des exigences concernent la sécurité incendie des bâtiments d'habitation.

En particulier pour les garages, les exigences de ventilation sont applicables lorsque ceux-ci ont plus de 100 m² de surface (cas rarement rencontré en maisons individuelles).

Le règlement sanitaire départemental type (art. 27.3) demande d'assurer aux « remises de véhicules automobiles » une ventilation sans nuisance pour l'habitat et le voisinage.

2. Ventilation des caves et locaux annexes

- Pas de texte de portée nationale à caractère réglementaire ou normatif fixant les règles de détermination des sections des orifices et conduits de ventilation pour ce type de locaux.
- Vérifier néanmoins si des textes existent au niveau départemental ou communal.
- Le règlement sanitaire départemental est à prendre en compte.

Exemple

Pour Paris (article 41 bis), le règlement impose la ventilation des caves et à l'art. 64.1 du règlement sanitaire départemental type :

« Le débit minimal d'air neuf à introduire pour des locaux autres que l'habitation est de 0,1 l/s/ m² soit 0,36 m³/heure/m² ou pour un local de 10 m² = 3,6 m³/heure ».

Les locaux visés sont ceux où la présence humaine est épisodique, tels que :

- dépôts d'archives ;
- circulations, halls d'entrée et où l'organisation du plan ne permet pas qu'ils soient ventilés par des locaux adjacents.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION



Le questionnaire d'évaluation est à remplir par le maître de l'ouvrage ou son représentant.

À compléter par le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.

Le maître de l'ouvrage ou son représentant.



Question/Réponse

VIDE SANITAIRE ¹⁾

Dispositions de ventilation

QUESTION

Quelles sont les dispositions qui permettent de ventiler correctement un vide sanitaire ?

RÉPONSE

La tendance générale de la réglementation thermique est de réduire les déperditions :

- par les parois en les isolant correctement et en corrigeant les ponts thermiques, ainsi qu'en améliorant l'isolation des ouvertures ;
- par renouvellement de l'air des locaux, c'est-à-dire par la ventilation.

Les règles Th.G définissent 3 cas de vide sanitaire et les conditions de ventilation (section totale des orifices de ventilation) correspondantes.

1. Vide non ventilé

Cas d'un plancher haut en béton et d'un sol non humide.

2. Vide très faiblement ventilé

Cas d'un plancher haut en béton et d'un sol humide. La section totale S des orifices (entrées-sorties) de ventilation est $< 3/10\ 000$ de la surface du vide sanitaire.

3. Vide faiblement ventilé

Cas d'un plancher en bois ou en métal. La section S est comprise entre $3/10\ 000$ et $3/1\ 000$ de la surface du vide sanitaire.

4. Vide fortement ventilé (à éviter)

$S \geq 3/1\ 000$ de la surface du vide sanitaire. Sauf cas exceptionnel, cette disposition doit être évitée, car les déperditions sont très importantes et les risques de condensation peuvent survenir si le vide sanitaire ne possède, au départ de la construction, aucune ventilation.

Il est rappelé que les orifices d'entrée et de sortie d'air extérieur, en respectant les valeurs définies ci-dessus, doivent être correctement placées, afin de balayer tout l'espace du vide sanitaire (orifices opposés sur les faces ou en diagonale).

Il ne doit pas y avoir de zones « mortes » où l'air stagne sans être renouvelé. Cette disposition est rappelée particulièrement pour les planchers en bois ou en métal (cf. Fiche « Plancher sur vide sanitaire »).

¹⁾ Vide est un terme impropre. Il faudrait le remplacer par espace ou volume.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTIONNAIRE



QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE



Question/Réponse

VITRAGES ISOLANTS

Condensations internes

QUESTION

Quelle est l'origine de la formation de buées et l'apparition d'auréoles blanchâtres ou bleuâtres affectant des doubles vitrages en bordure de baies ?

RÉPONSE

Ces désordres qui se manifestent dans les ouvrages de vitrages isolants résultent de la pénétration de la *vapeur d'eau* à l'intérieur du vitrage (condensations, buées ou même gouttelettes claires ou incolores).

Les traces ou auréoles blanchâtres résultent des condensations. Elles correspondent à une attaque des produits verriers.

Les traces bleutées sont dues à la pénétration dans la lame d'air de produits de nettoyage ou de solvants contenus dans les produits de type lasure utilisés pour la protection des bois de menuiseries.

Ces produits pénètrent très facilement à travers les barrières d'étanchéité des vitrages isolants.

L'espace compris entre les deux composants verriers d'un vitrage isolant comporte de l'air déshydraté ou un gaz lourd destiné à améliorer la résistance thermique du produit.

Les altérations précédentes nuisent :

- au rendement thermique du vitrage ;
- à sa transparence et à son aspect.

Le seul remède en cas de généralisation consiste à déposer et à remplacer le vitrage affecté par ce type de désordres.

La garantie du produit est rarement en cause.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE

QUESTION/REPONSE



Désordre

VOISINAGE

Effondrement d'un bâtiment en limite

EXPOSÉ DES FAITS

Une SCI entreprend la construction d'un immeuble d'habitation.

Lors des travaux d'infrastructure, un petit bâtiment en limite du chantier s'effondre partiellement.

Par répercussion, des dommages interviennent sur un autre fond, voisin du bâtiment sinistré.

Les propriétaires intentent une action en référé contre la SCI, laquelle appelle en garantie :

- l'architecte ;
- l'entreprise de gros œuvre ;
- le bureau d'études ;
- le bureau de contrôle.

CIRCONSTANCES ET CAUSES TECHNIQUES DU SINISTRE

Lors de la démolition des anciennes constructions et des terrassements généraux, de larges banquettes avaient été laissées.

Le géotechnicien chargé de l'étude avait recommandé que « les terrassements généraux devaient se faire à l'abri d'ouvrages de soutènement pouvant être par la suite incorporés à la structure du bâtiment ».

En fait, l'entreprise de gros œuvre a loué une pelle mécanique un mois après lesdits terrassements. L'un de ces terrassements complémentaires pratiqué près d'un mur voisin vétuste et fondé superficiellement a déclenché le basculement du mur dans l'excavation avec le terre-plein qu'il limitait (reprise en sous-œuvre en cours).

ÉLÉMENTS CONTRACTUELS ET JURIDIQUES

• La SCI avait contracté avec l'architecte une mission courante et passé un marché avec l'entreprise de gros œuvre.

• Le bureau de contrôle avait une mission courante (type A).

• Le bureau d'études avait une mission calculs + plans BA confiée par l'entreprise.

Un complément d'étude d'étalement des terres lui avait été confié.

La SCI a appelé les intervenants en garantie (action jointe).

Pendant l'expertise judiciaire, l'entreprise est mise en règlement judiciaire.

JUGEMENT DU TGI

La responsabilité de la SCI à l'égard des voisins se situe sur le plan quasi délictuel et délictuel (art. 1382 à 1384 du Code civil). Les voisins sont donc admis dans leurs réclamations.

• L'action en garantie contre l'entreprise E, reconnue responsable, est recevable et son syndic intervenu volontairement dans l'instance garantira en totalité la SCI.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

• L'architecte est mis hors de cause :

- n'étant pas intervenu ni tenu dans la surveillance des travaux ;
- ayant exprimé des réserves sur le choix de l'entreprise par la SCI ;
- les vérifications techniques du chantier étant de la responsabilité du chef de chantier.

• Le bureau d'études n'a commis aucune faute (mission ne comprenant pas les terrassements, reprises en sous-œuvre et étaielements).

• Le contrôleur technique a été mis hors de cause du fait qu'il n'avait que la mission solidité type A.

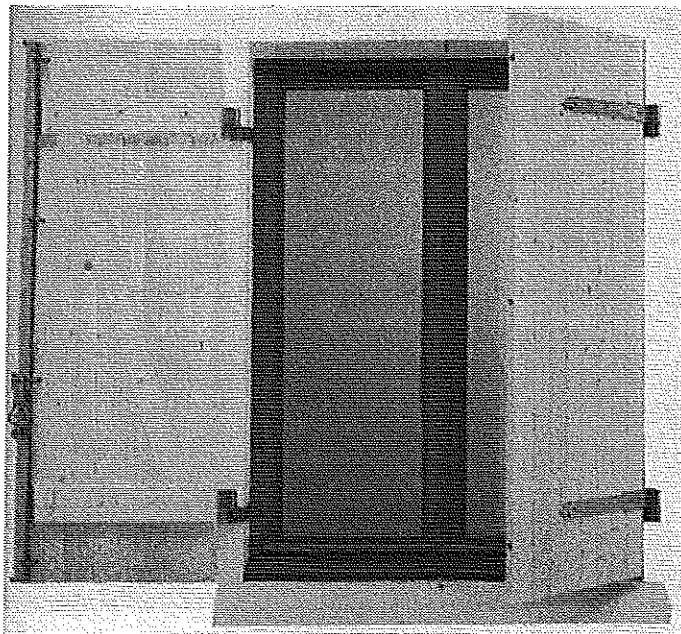


Désordre

VOLET EN BOIS

Fermeture difficile ou impossible

Pendant la saison humide, un volet à barres et écharpes en bois a gonflé. Cette variation dimensionnelle interdit la fermeture du volet.



© Catalogue Lapeyre, octobre 1996

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

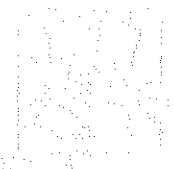
UV

WX

YZ

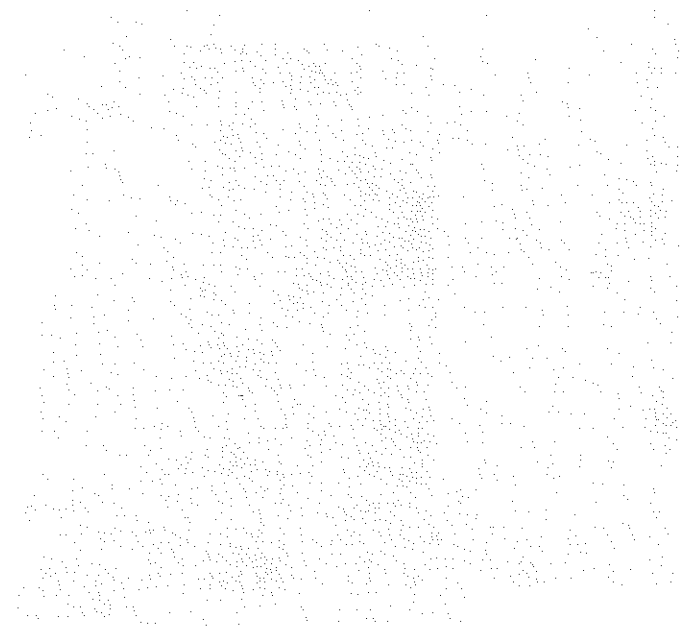
Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information

Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



Document communiqué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information



Diagnostic

VOLET EN BOIS

Fermeture difficile ou impossible

- Le volet est posé pendant l'été, le climat est très sec. L'équilibre hygroscopique du bois est très bas, de l'ordre de 10 %, etc.
- Le jeu entre les volets est faible lors de la pose, de l'ordre de 3 mm.
- Pendant la saison humide le bois a repris de l'humidité. L'équilibre hygroscopique du bois est plus important, de l'ordre de 20 %, etc.
- Une augmentation de l'humidité du bois provoque un gonflement du bois.
- Le bois sélectionné est nerveux. Les variations dimensionnelles sont importantes.
- Ce gonflement engendre une variation dimensionnelle importante, empêchant la fermeture du volet.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

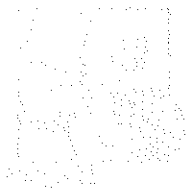
QR

ST

UV

WX

YZ



Le présent document est destiné à être lu par le client.

Il est important de lire attentivement ce document avant d'installer le produit.

Le présent document est destiné à être lu par le client.

Il est important de lire attentivement ce document avant d'installer le produit.

Le présent document est destiné à être lu par le client.

Il est important de lire attentivement ce document avant d'installer le produit.

Le présent document est destiné à être lu par le client.



VOLET EN BOIS

Fermeture difficile ou impossible

TEXTES RÉGLEMENTAIRES

DTU 36.1 : Menuiseries en bois.

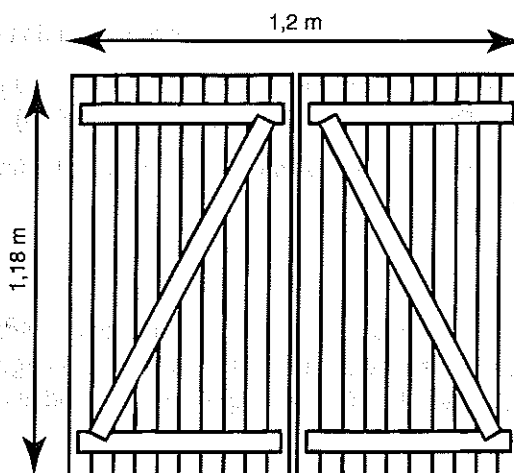
ORIGINE DU GONFLEMENT

Le gonflement du bois a un mécanisme similaire au retrait du bois. Il provient d'une augmentation de l'humidité du bois. Le coefficient appliqué est toujours un coefficient de rétractibilité du bois. C'est une approximation. L'assiette du coefficient devrait être la dimension à $H = 0\%$. Le coefficient de rétractibilité a comme référence une dimension à $H = 30\%$. Cette imprécision est acceptable, car, pour une même essence, le retrait du bois peut varier en fonction de la provenance, des conditions de croissance, de l'âge de l'arbre, de la position de la pièce dans la grume (bois juvénile), etc.

La fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles, décrit notamment le retrait du bois.

ESTIMATION DU GONFLEMENT DE VOLETS

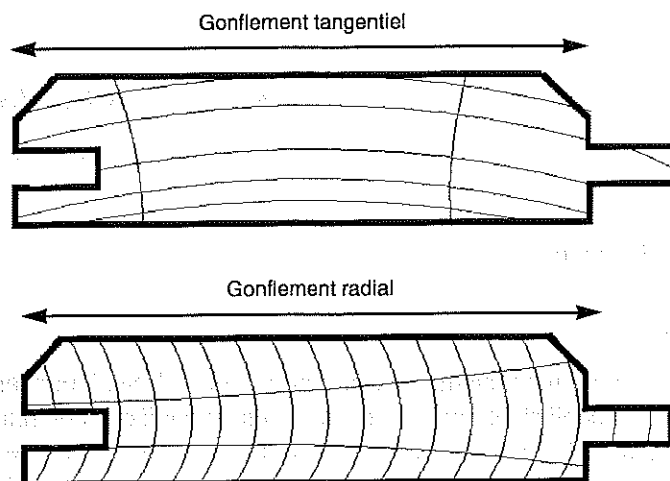
Une paire de volet à barres et écharpe, composé de lames massives en sapin est posé pendant l'été. Le bois a une humidité de 10 % (humidité de l'air 55 % et température de l'air 20 °C). Pendant l'hiver, le bois a une humidité de 20 % (humidité moyenne de l'air 88 % et température moyenne de l'air 3 °C).



Les variations dimensionnelles seront :

- gonflement dans la hauteur : négligeable ;
- gonflement dans la largeur.

Les cernes d'accroissement seront soit parallèles soit perpendiculaires aux faces, soit dans une position intermédiaire. Le coefficient de rétractibilité étant dépendant de la position des cernes, la valeur retenue sera la moyenne des deux coefficients :



$$\begin{aligned} \text{Moyenne des coefficients tangentiel et radial} &= (0,0026 + 0,0013) / 2 \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Gonflement = coefficient \times (humidité initiale - humidité finale) \times dimension

$$\text{Gonflement} = 0,002 \times (20-10) \times 1\,200$$

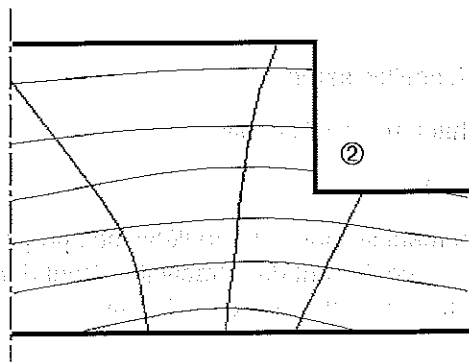
$$\text{Gonflement} = 24 \text{ mm}$$

Solution préventive

- Ne pas trop serrer les lames de volet si la période de pose est l'été. Disposer des petites cales entre les lames, telles que des allumettes. Chaque lame doit pouvoir absorber une variation dimensionnelle provoquée par les variations climatiques.
- Respecter un jeu périphérique entre le volet et le mur. Il doit être inférieur à 10 mm.
- Dans des situations extrêmes, préférer des essences avec une faible variation dimensionnelles (cf. fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles).
- Éviter de laisser le bois brut après la pose des volets. La finition limite les échanges d'humidité entre le bois et l'air.

Solution curative

Raboter la feuillure, la partie supérieure ① avec un rabot, la partie inférieure ② avec un guillaume. Cet outil est un type de rabot étroit dont le fer a la même largeur que le corps de l'outil. Après rectification, maintenir un jeu de 2 à 3 mm. Appliquer un produit de finition sur la surface retouchée.



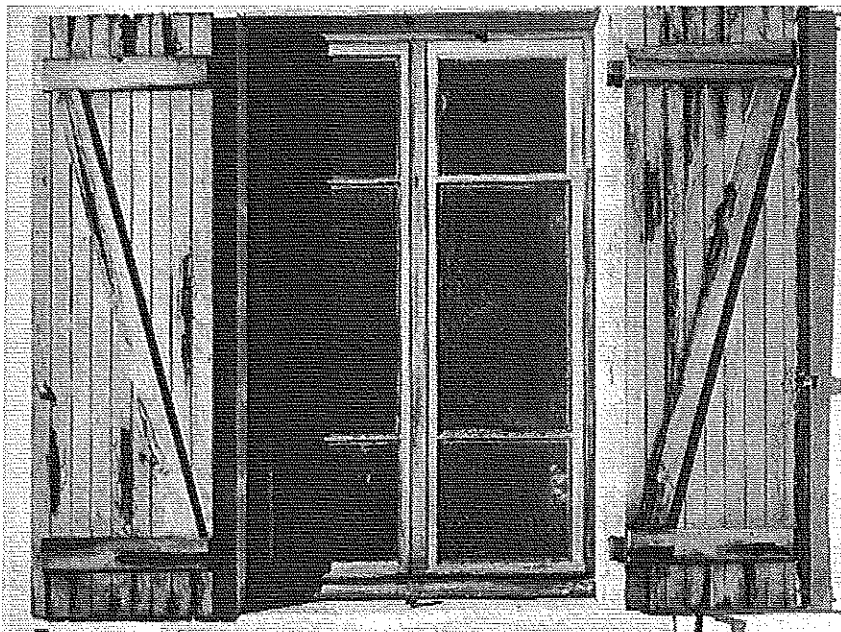


Désordre

VOLET EN BOIS À BARRES ET ÉCHARPE

Faux équerrage

Une paire de volets à barres et écharpe présente du faux équerrage. Cette anomalie empêche une fermeture correcte des volets.



© Catalogue Lapeyre, octobre 1996

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

UV

WX

YZ

PROJET DE LOI N° 1000



Assemblée nationale

Le 1000 est un nombre qui a une importance particulière dans l'histoire de la France. C'est le nombre de députés qui ont voté pour la loi de 1789.



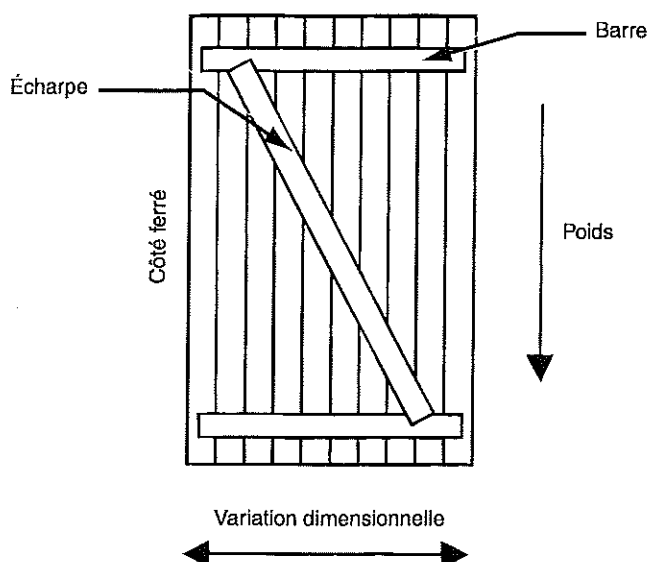
Le 1000 est un nombre qui a une importance particulière dans l'histoire de la France.



VOLET EN BOIS À BARRES ET ÉCHARPE

Faux équerrage

- Les volets sont posés à l'envers : l'écharpe travaille en traction. Elle devrait travailler en compression.



- Le volet est posé pendant l'été, le climat est très sec. L'équilibre hygroscopique du bois est très bas, de l'ordre de 10 %, etc.
- Pendant la saison humide le bois a repris de l'humidité. L'équilibre hygroscopique du bois est plus important, de l'ordre de 20 %, etc.
- Une augmentation de l'humidité du bois provoque un gonflement du bois.
- Le gonflement des lames de volet plus le travail en traction de l'écharpe provoque un glissement de l'assemblage barre-écharpe à combinaison.
- Le glissement de l'assemblage permet au volet de prendre du faux équerrage.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

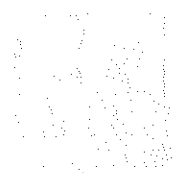
QR

ST

UV

WX

YZ



Ministère de l'Énergie

Direction

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.

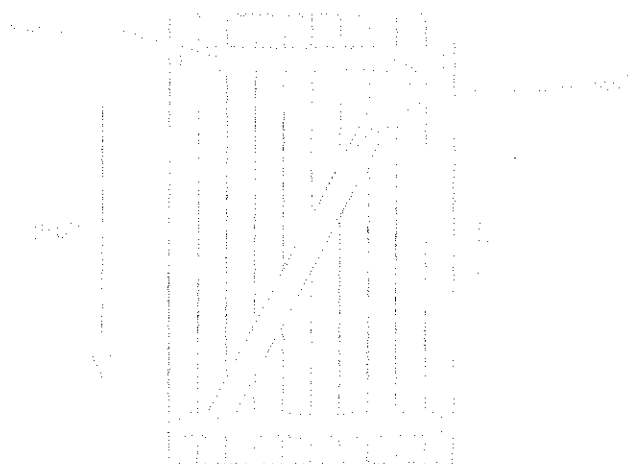


Figure 1 : Schéma de la structure de la poutre en bois à écharpe.

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.

Le présent document est la propriété de l'État. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Direction est formellement interdite.



VOLET EN BOIS À BARRES ET ÉCHARPE

Faux équerrage

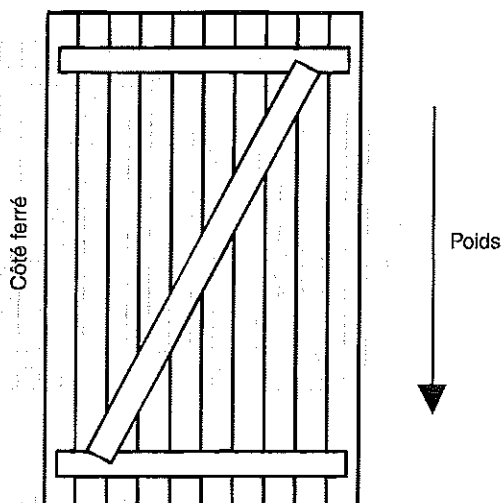
TEXTES RÉGLEMENTAIRES

- DTU 36.1 : Menuiseries en bois.
- NF P 23-445 : Volet en bois sur barres et écharpe.

Solution préventive

La fiche synthèse Bois - Réduire les variations dimensionnelles et la fiche solution Volet en bois - Fermeture difficile ou impossible apportent des informations complémentaires.

- Poser les volets dans le bon sens, afin que l'écharpe travaille en compression



- Prendre des précautions pour limiter les variations dimensionnelles des volets :

- ne pas trop serrer les lames de volet si la période de pose est l'été. Disposer des petites cales entre les lames, telles que des allumettes. Chaque lame doit pouvoir absorber une variation dimensionnelle provoquée par les variations climatiques ;
- respecter un jeu périphérique entre le volet et le mur. Il doit être inférieur à 10 mm ;
- dans des situations extrêmes, préférer des essences avec une faible variation dimensionnelle ;
- éviter de laisser le bois brut après la pose des volets. La finition limite les échanges d'humidité entre le bois et l'air.

AB

CD

EF

GH

IJ

KL

MN

OP

QR

ST

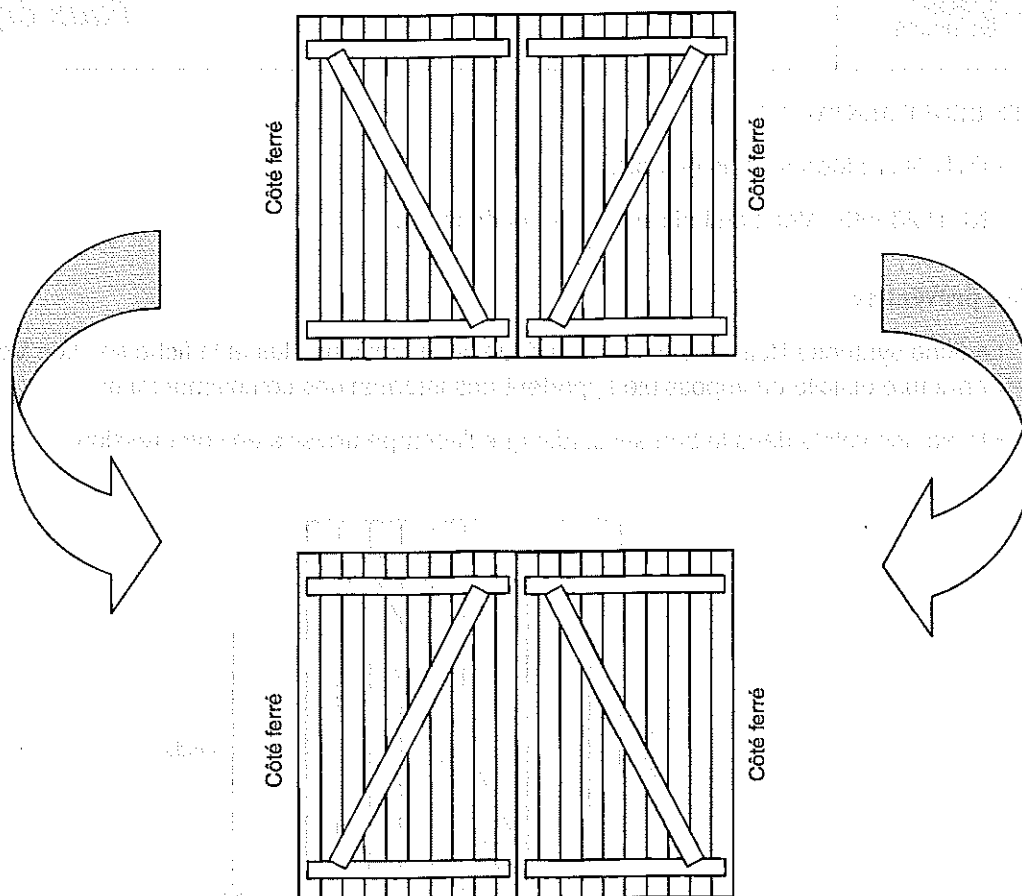
UV

WX

YZ

Solution curative

- Inverser les volets : les gonds devront être probablement descellés puis rescellés



- Pour le cas de deux vantaux, cette opération n'est possible que si le battement est rapporté

