



N° _____

FORMATION



MODULE N° 4 REHABILITATION

Séquence n°3

TECHNIQUES de REHABILITATION

T.B.E.B.

© a.f.p.a. 1997

centre de formation professionnelle des adultes de Lorient
La Cardonnière - Rue René Lote - 56312 Lorient Cedex - Tél. 97 87 12 00 - Télécopie : 97 87 12 12 - Minitel 36 14 AFPA

Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle
association nationale pour la formation professionnelle des adultes

CLOS - COUVERT

ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

1 - MURS EN PIERRE /

STRUCTURES VERTICALES

A.F.P.A.

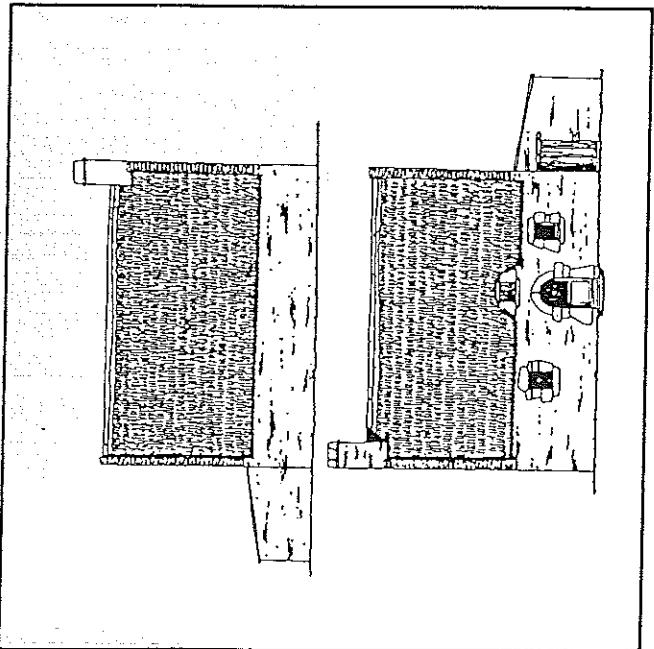
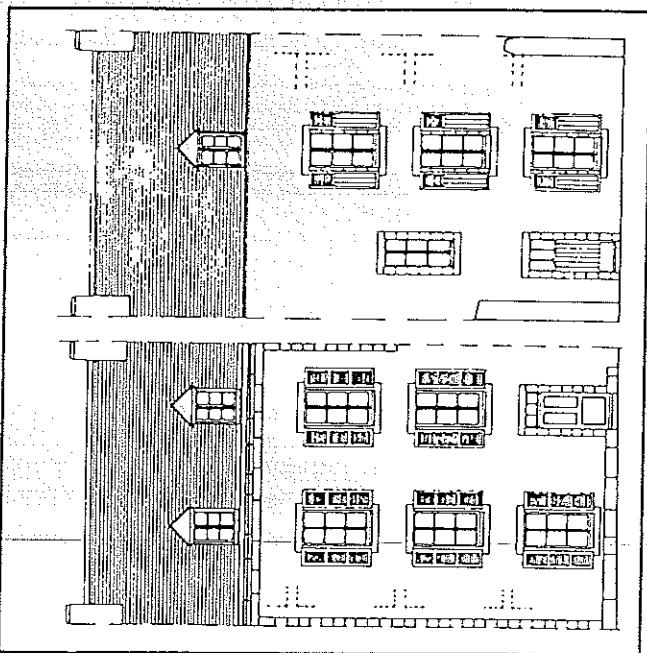
T.B.E.B.

Lorient

Réhabiliter un immeuble, c'est d'abord réhabiliter sa structure. Il faudra s'assurer de la fiabilité de la superstructure avant d'entreprendre quelque aménagement intérieur que ce soit.

Il est très important de préciser un niveau de compatibilité entre matériaux modernes et matériaux traditionnels qui constituent l'ossature des immeubles anciens. Par ailleurs, il ne faudra pas oublier que les matériaux et les exigences de leur mise en œuvre ont largement contribué à la création de formes et de volumes auxquels il conviendra de se référer dans toute réhabilitation.

réhabilitation de la structure



la pierre

LA PIERRE DES MURS

Un regrettable courant « néo rustique » tend à généraliser la mise à nu de la pierre, on « fait de la pierre apparente ». Il s'agit le plus souvent d'une erreur. En effet, sur la côte, la plupart des murs des maisons construites depuis un siècle étaient enduits ; les pierres étaient donc appareillées en pose brouillée sans souci d'esthétique ; les pierres des entourages de baies faisaient saillie afin que l'enduit fini vienne affleurer (photo 1).

Dans les cas où la pierre restait apparente, les joints étaient garnis d'un mortier de chaux et sable selon la technique des « joints beurrés » (photo 3), bien différents des joints de ciment gris en creux que l'on voit actuellement (photo 2).

Lorsque ces joints beurrés devront être refaits, on opérera de la manière suivante :
1) Dégarnissage profond et complet des joints existants.

2) Brossage des pierres.
3) Bourrage des joints avec un mortier à base de chaux et de sable que l'on choisira en fonction de sa couleur qui devra s'harmoniser avec celle de la pierre.

4) Lissage des joints au nu des pierres.
5) Lavage des pierres à l'éponge humide.

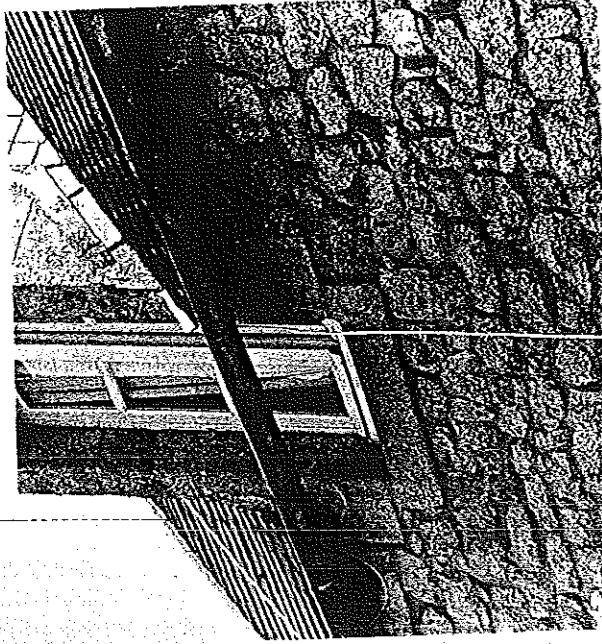
Les joints de ciment peu poreux empêchent la pierre de « respirer ».

De plus, leur trop grande adhérence a pour effet de tirer la pierre et non de la cerner délicatement comme le fait la chaux.

LES PIERRES TAILLEES.

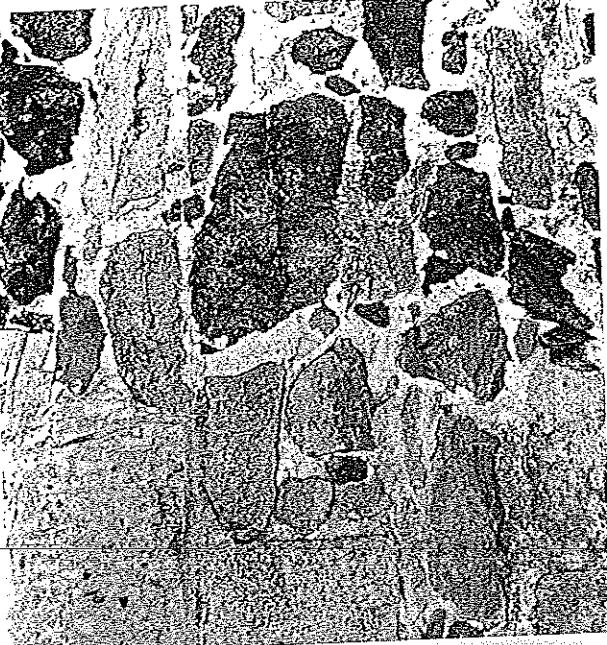
Les pierres des linteaux, jambages, appuis, corniches ou les moellons assisés de certaines façades au rez-de-chaussée devront être vérifiées ; toutes les pièces défectueuses seront changées ; il est possible de remédier à certains éclats dans la pierre grâce à un amalgame de poudre de pierre et de colle de marbrier.

Ces pierres, en général très dures, pourront être nettoyées par une pulvérisation d'eau à très haute pression (30 à 160 kg/m²). Elles ne devront jamais être sablées, l'abrasion par sablage à sec ou humide ayant pour effet de supprimer les protections naturelles de sulfure et de calcaire qui, en outre, donnent aux vieilles pierres leur très bel aspect patiné.



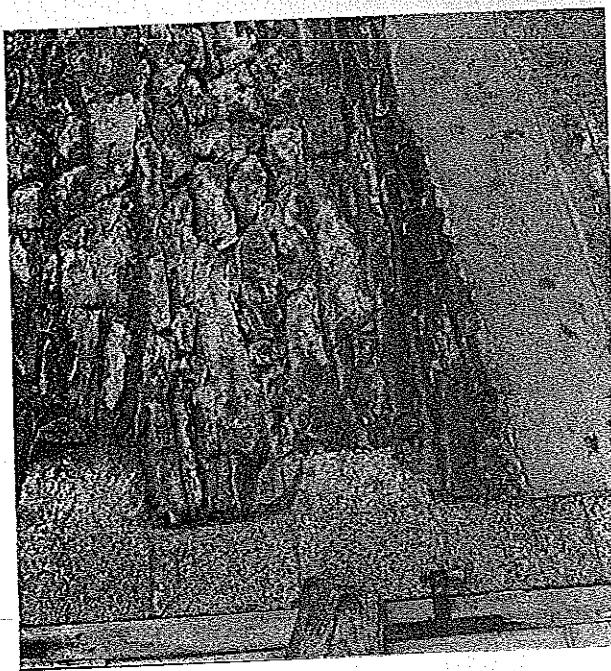
2

MAUVAIS



3

BON



1

2. Le bâti de pierre.

Une mode actuelle tend à vouloir rendre apparente la pierre de l'ensemble des constructions. C'est une grave erreur, quand celle-ci n'a pas été mise en œuvre dans ce but à l'origine. En effet, l'appareillage est révélateur de la conception de départ: la mise à nu peut entraîner des désordres liés au ruissellement, surtout si le mortier de liaison était constitué de terre.

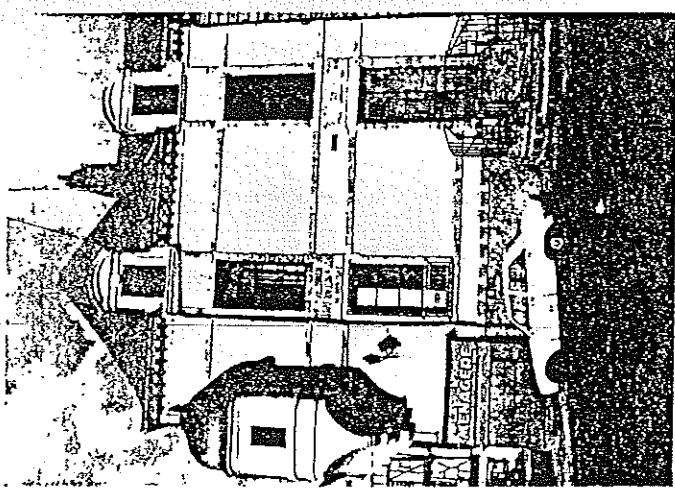
Les façades de ce type pourraient être jointoyées avec des joints "beurres", ou, mieux, enduites à nouveau au mortier traditionnel en trois couches (voir les enduits).

Le ravalement des façades de pierre doit être effectué prudemment dans la mesure où il ne doit pas supprimer une patine qui rendra ces façades étrangères à l'eau, pour ne pas faciliter l'accrochage de la saleté due à la pollution.

Le jointement doit se faire en respectant les teintes de la pierre; il convient donc d'utiliser des sables et un mortier en harmonie avec celle-ci.

Le remplacement de pierres est évidemment onéreux, on pourra parfois effectuer des réparations ou des remplacements à l'aide de linéaux de béton enduits d'un mortier constitué de poudre, de pierre et d'un liant clair (chaux, ciment blanc) avec une finition granulée. Les moulures de pierre pourront être réparées à l'aide de mortier de résine, ou collé de marbrier + pierre breyée. (fig. n° 4)

Certains murs épais sont constitués de deux parements de pierre et d'un remplissage intérieur de mortier de terre. L'humidité, et le gonflement qui en résulte, ajoutés à un possible défaut de liaison entre les parements, conduisent à l'apparition d'un ventre qu'en divira réduire au minimum.... (fig. n° 5)



Comparaison de deux façades contemporaines prévues pour être enduites.

Vannes

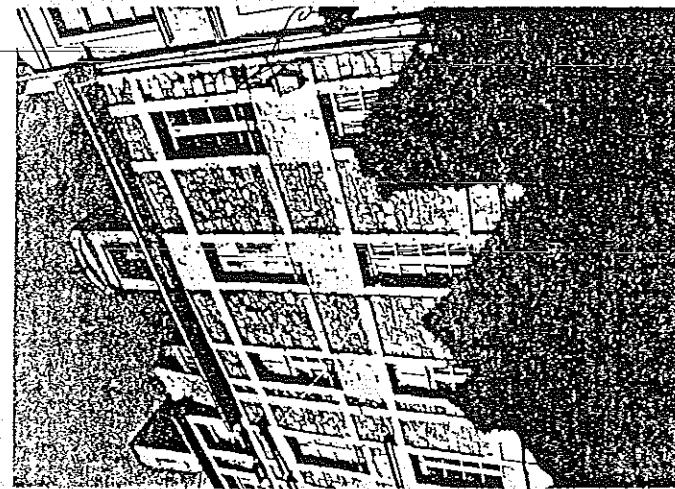
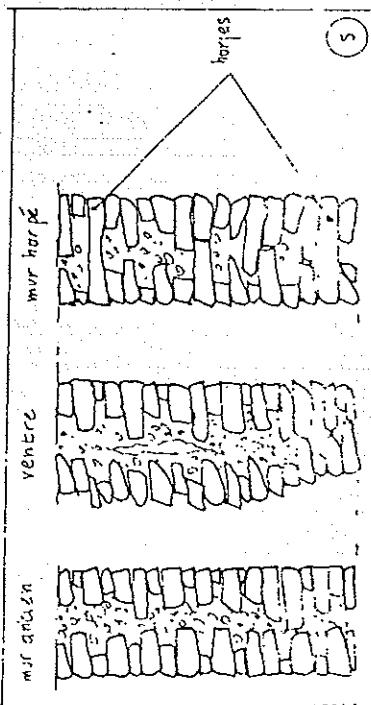


Pierre reconstituée

4



5



Comparaison de deux façades contemporaines prévues pour être enduites.

Vannes

Pierre reconstituée

4

.... il y a lieu de distinguer si le ventre est "l'interne" au mur, ou si c'est l'ensemble du mur qui accuse un contre-irruit.

* Dans le premier cas, une solution radi-cale peut être le démontage du mur après étalement sérieux du bâtiment.

+ Le parement extérieur sera remonté d'aplomb et pourra servir de coffrage perdu à un mur de béton banché. (fig. 6)
+ Le mur pourra être remonté à l'identique en prenant soin d'assurer la liaison des deux faces par des harpes, le cœur du mur pouvant être constitué d'un mortier maigre ou de terre.

* Dans le second cas, le contreirruit ne provient pas de l'intérieur du mur même, mais de la poussée des charpentes ou de l'affaissement des fondations.
+ La charpente peut être redressée à l'aide de tirants et on procédera au remplacement des pièces défectueuses. (fig. 7)
+ L'affaissement pourra être limité par des injections de béton sous les fondations existantes.

Ces procédés relèvent cependant de spécialistes particulièrement compétents en la matière.

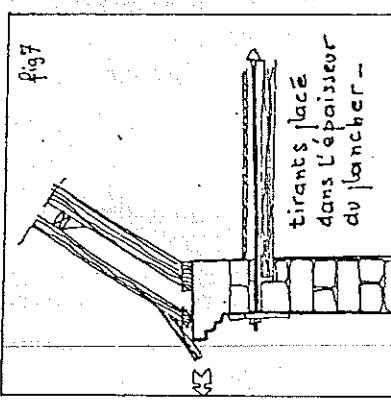
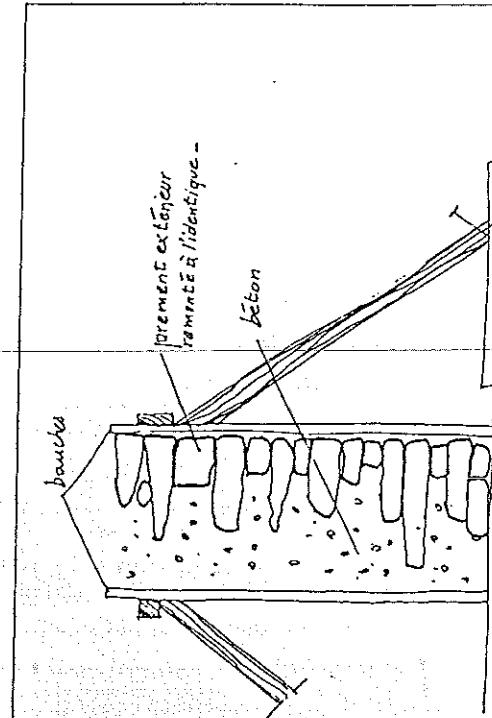


fig. 7



parement extérieur
remonté à l'identique -

béton

fig. 6 - mur de pierre servant de coffrage / ou à -
pour l'intérieur, on installe le solide avec intercalation
d'un isolant éventuellement sur le béton et remplit
par ce rôle contrairement à la terre -

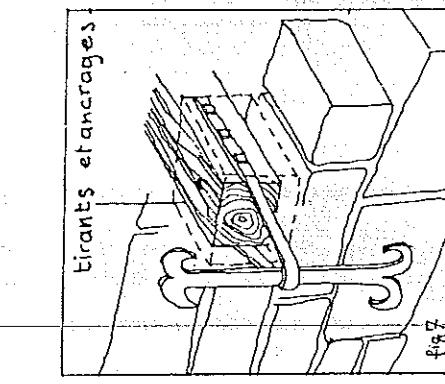
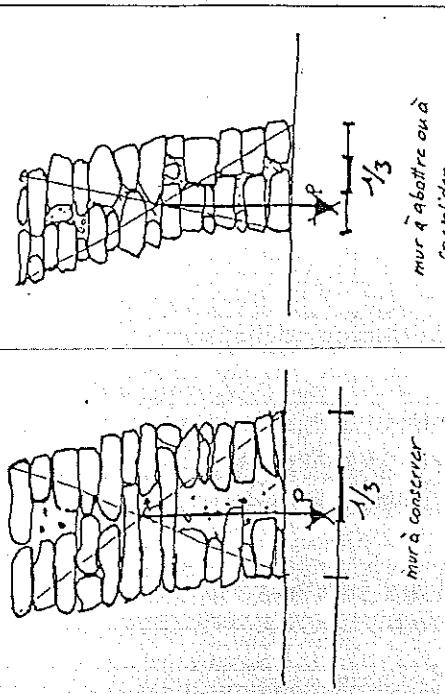


fig. 7



parement extérieur
remonté à l'identique -
mur à abattre ou à
conserver -

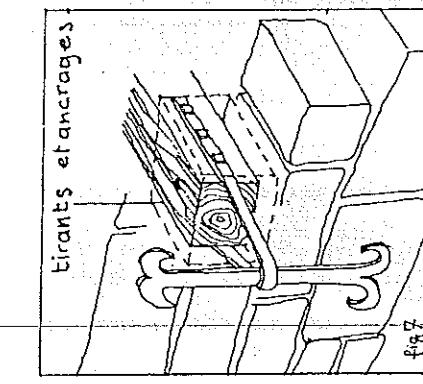


fig. 7

Remarques

Avant de s'attaquer à des travaux importants comme l'abattage d'un mur, il est prudent de s'assurer qu'un maçon spécialisé sera capable de le remonter avec toute la compétence nécessaire. On pourra prendre des photos qui guideront efficacement le travail afin de ne pas trahir l'appareillage original.

Par ailleurs, les murs épais peuvent accuser un contre-irruit sans que leur stabilité soit fondamentalement mise en cause. Si le centre de gravité du mur n'est pas décalé de plus d'un tiers par rapport à la verticale, on considérera comme non nécessaire de l'abattre.

Dans le cas où l'on remonte le mur selon sa conception d'origine, ou si l'on pratique des consolidations par injection de coulis, on réduira au maximum l'emploi des ciments, beaucoup trop durs et étanches, au bénéfice des mortiers de chaux grasse, ou mortiers bâtarde faiblement dosés en ciment, qui laissent le mur respirer.

Quelques conseils pour réaliser un muret en pierre

Recueillis auprès d'Hervé EVEN,

Formateur à la Formation Compagnonnique des Métiers du Bâtiment.

Vocabulaire

Parpaing : pierre qui traverse le mur et peut éventuellement dépasser.

Boutisse : pierre dont la queue est plus longue que le parement.

Paneresse : pierre dont le parement est plus grand que la queue.

Blocage : déchets de pierre.

Parement : face qui se verra ; la plus satisfaisante à l'œil.

Quelques conseils

- On doit poser une pierre dans le sens où on la trouve dans la carrière.

Il faut donc en choisissant une pierre, déterminer le sens.

- Le lit de pose (l'assise) doit être le plus grand et le plus plat possible pour être bien stable.

- La queue de la pierre doit être la plus longue possible.

Après le choix du lit de pose, on peut être amené à retailler la pierre pour obtenir un parement acceptable.

- S'efforcer d'obtenir qu'une partie, au moins, de la pierre soit de niveau, ou le lit de pose, ou le lit d'attente, ou l'axe.

- Lorsque des pierres boutisses sont plus longues que l'épaisseur du mur, on risquerait de les briser pour les recouper à la largeur du mur. Il est préférable de conserver la queue qui signe la qualité de la construction. (en cas de limite de propriété la queue doit être chez soi ou recoupée une fois la maçonnerie finie).

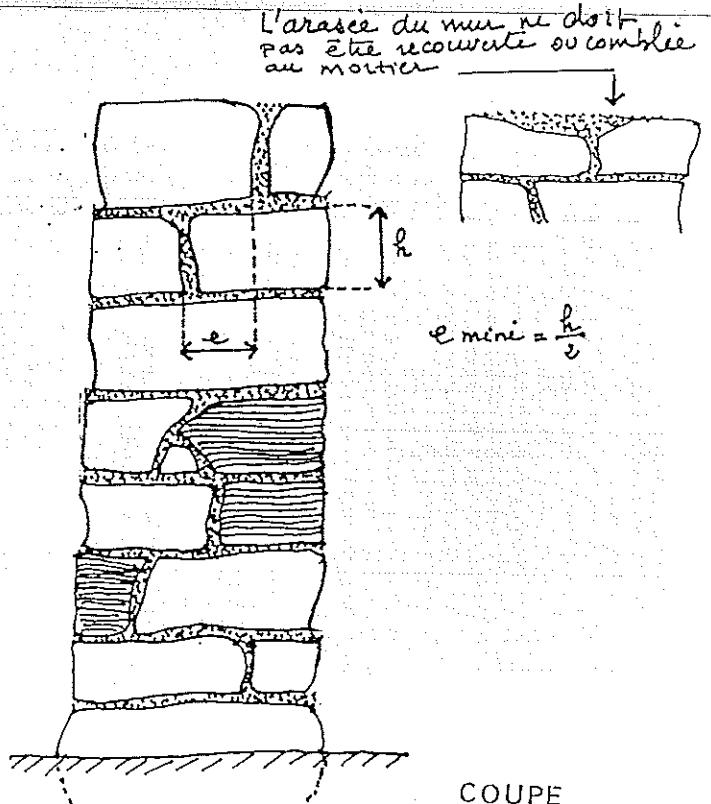
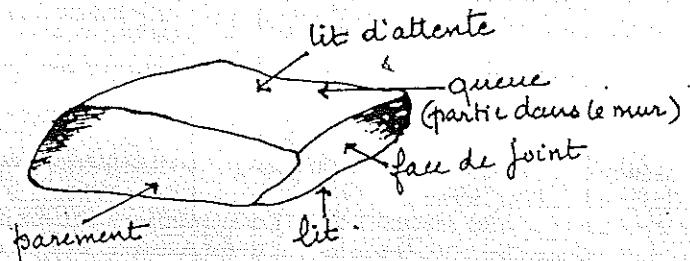
- Il est souhaitable d'en utiliser le plus souvent possible.

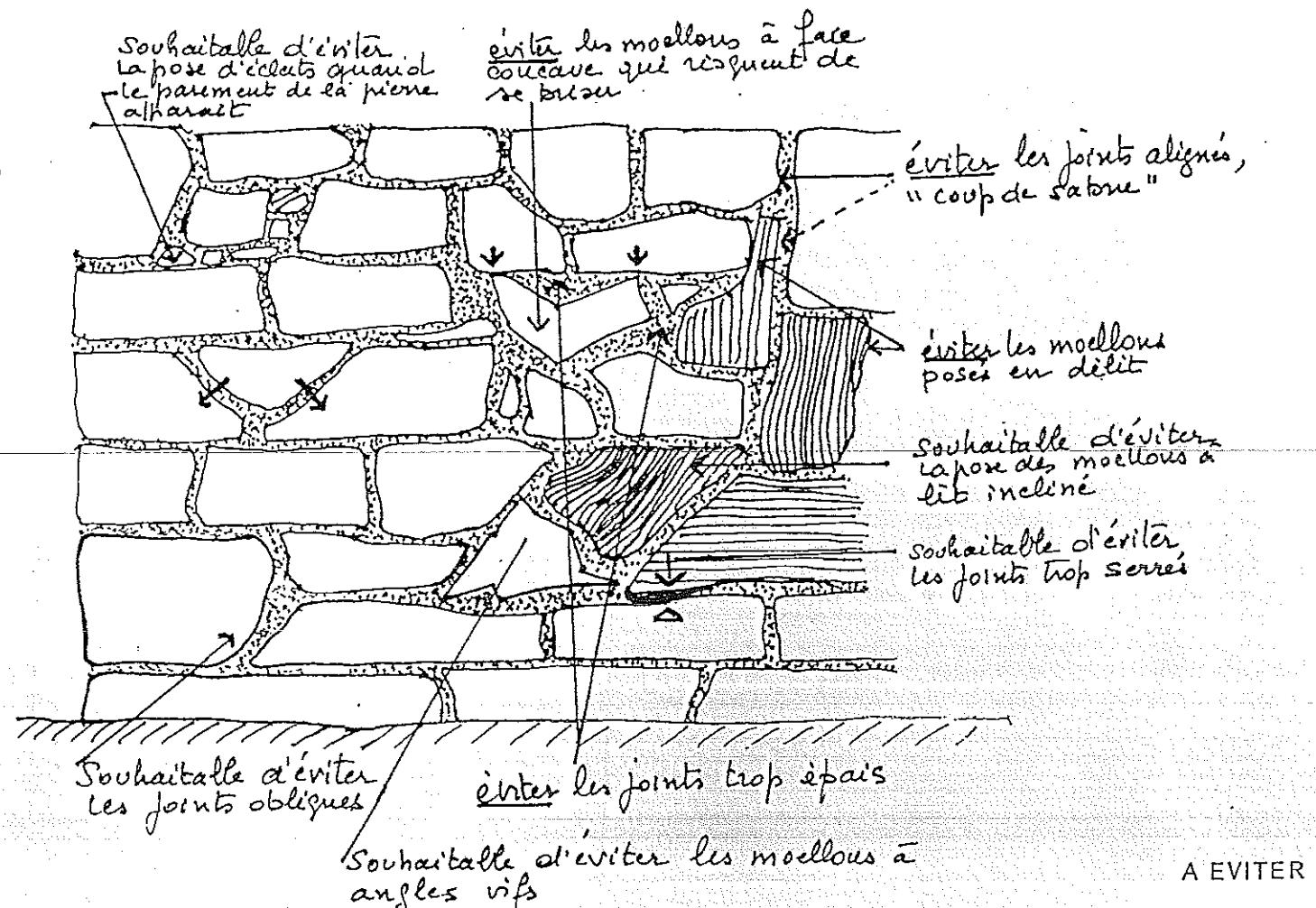
- Eviter de faire deux parements désolidarisés (le liaisonnement dans l'épaisseur est aussi important que dans la hauteur).

- Essayer d'obtenir que le lit d'attente soit sensiblement de niveau ou en faux niveau vers l'intérieur.

- Essayer de mettre les plus grosses pierres dans le bas du mur, dans les premières rangées, et ne pas hésiter à garder, ou à prendre, des pierres qui débordent de l'assise du mur.

- A chaque assise, utiliser les déchets de pierre, pour bloquer l'intérieur du mur.
- Seules les inégalités de la pierre sont rattrapées par de petites pierres ou de la terre, ou du mortier.
- Dans tous les sens (horizontal et vertical), le blocage (déchets de pierres, terre ou mortier) est utilisé pour combler les vides des pierres du mur. La qualité de la maçonnerie est dépendante de la qualité de blocage utilisé. Il doit y en avoir un minimum.
- La partie supérieure de la pierre doit être légèrement en surplomb par rapport à celle-ci afin de retenir le mortier de répartition.



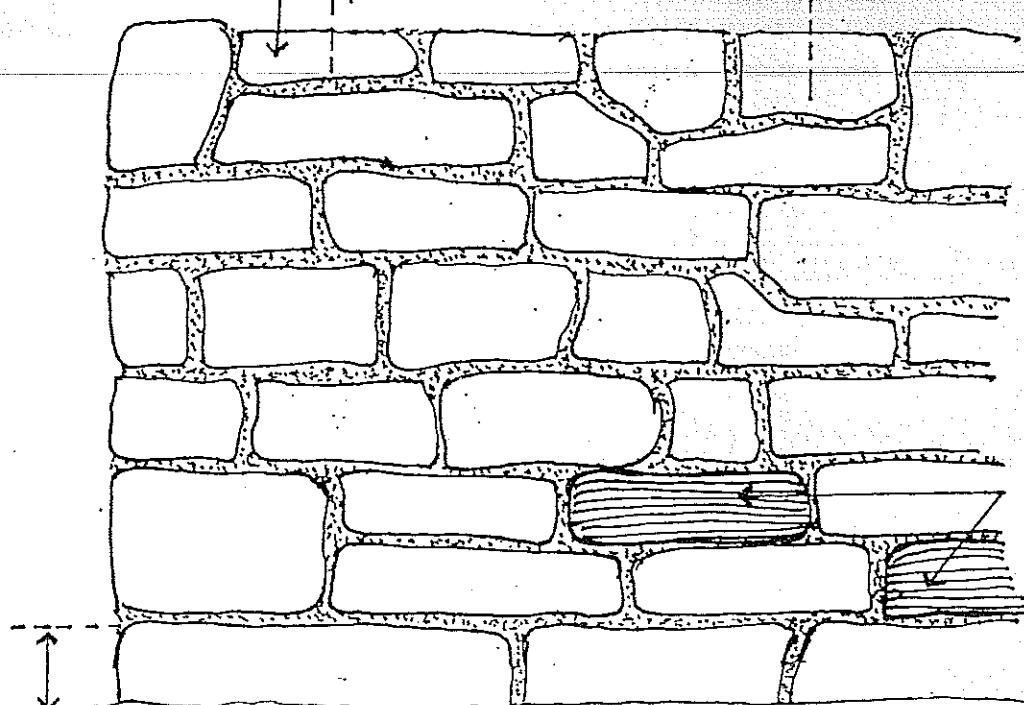


A EVITER : ces défauts (Fig. N°1) ne sont pas seulement inesthétiques mais compromettants pour la solidité.

PAREMENT

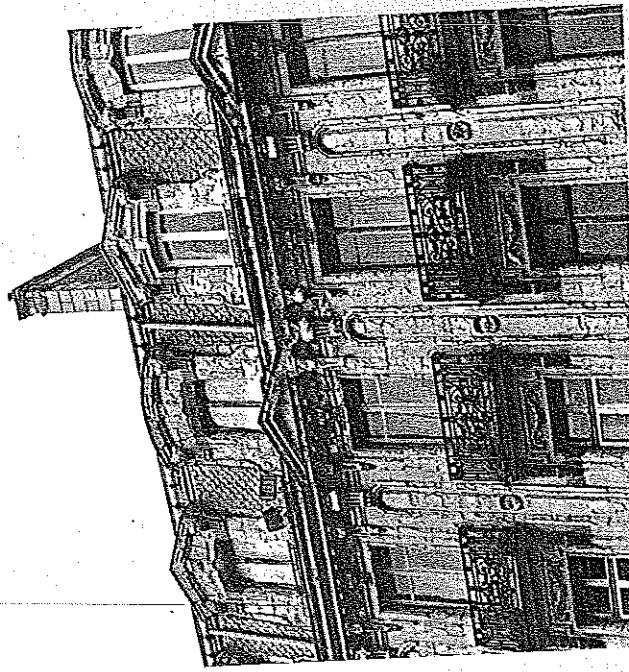
une pierre sur trois doit être une boutisse

distance entre boutisses 1,80 m maximum



A FAIRE

SOUHAITABLE : on recherchera des pierres de surface à peu près identiques. La largeur des joints doit rester faible sans jamais être nulle.



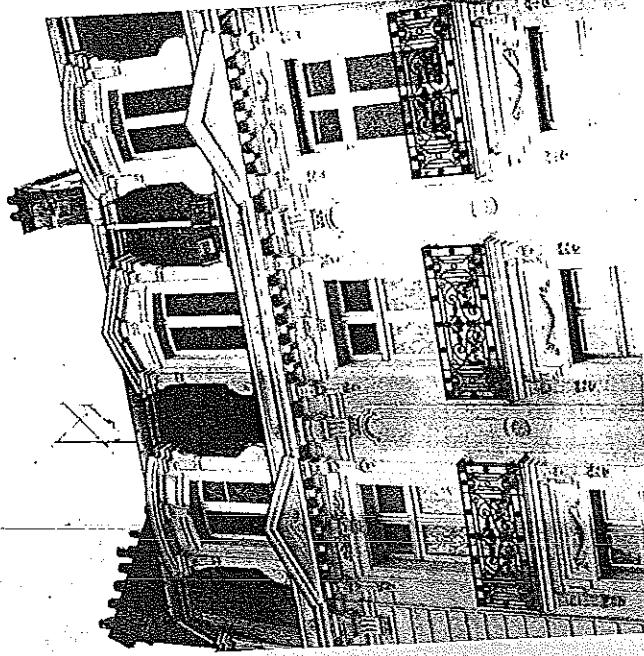
la réfection d'une façade en pierre de taille apparente

(pierre blanche ou calcaire).

La réfection d'une façade en pierre de taille nécessite, suivant l'état de conservation de la pierre :

- un ravalement
- un placage
- un remplacement des pierres.

Il s'agit souvent de la combinaison de ces trois actions.



PLACAGE

- Epaisseur minimale de 5 cm.
- Varier selon la nature et la qualité du matériau utilisé.

REMPACEMENT

- Indispensable de remplacer par une pierre de même nature.

REFORCEMENT DES STRUCTURES VERTICALES

Renforcement des fondations

Il s'agit toujours d'une opération délicate et onéreuse qui doit rester cohérente avec l'ampleur de la réhabilitation à entreprendre.

Il peut être rendu nécessaire par suite :
— d'un désordre affectant les fondations ;
— d'un alourdissement ou surélévation du bâtiment aboutissant à un dépassement de la capacité portante du sol.

Il sera nécessaire parfois d'exécuter des travaux préparatoires de stabilisation du sol (confortation de ciels de carrières, comblement de cavité, mise en place de chaînage périphérique).

Dans l'habitat ancien, les mouvements du bâtiment sont normalement ressentis par les joints et les enduits obligatoirement moins rigides que le matériau lui-même. Les ouvrages déficients sont à reprendre avec des liants ou matériaux compatibles avec l'ensemble de l'édifice. Il convient d'éviter toutes vibrations qui pourraient entraîner une dégradation du jointolement des maçonneries.

- **Reprise en sous-œuvre
de fondations
par panneaux alternés**

En utilisant l'effet de voûte de la maçonnerie au-dessus d'un vide de faible portée, on exécute des puits alternés permettant de descendre jusqu'aux cou-

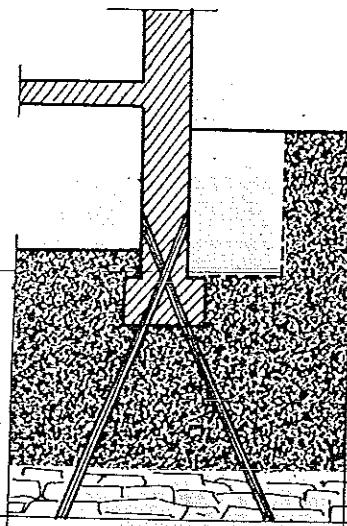


Fig. 7 - Micro pieux forés

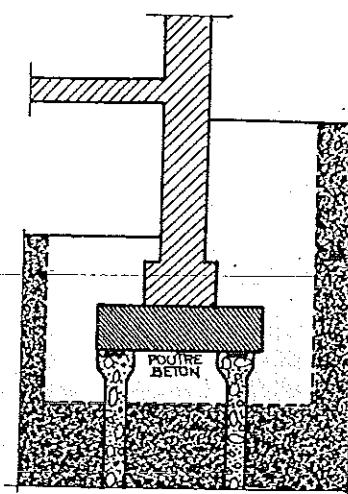


Fig. 8 - Pieux foncés par vérins

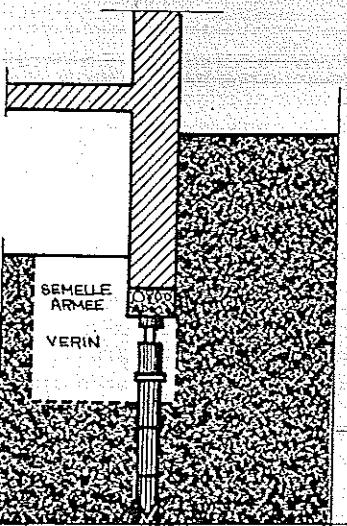


Fig. 9 - Pieux forés de part et d'autre

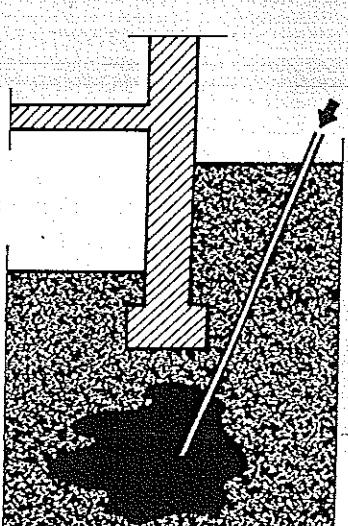


Fig. 10 - Injections

ches de terrain suffisamment résistantes. On réalise alors un tronçon de semelle de fondation en maçonnerie (habitat ancien) ou en béton armé (habitat récent) sur lequel on monte un mur jusqu'à quelques centimètres du niveau de l'ancienne fondation sans oublier de prendre les dispositions nécessaires à la solidarisation des divers tronçons entre eux (harpes de maçonnerie, fer en attente). Après prise et retrait des matériaux, on procède au bourrage du vide restant à l'aide d'un mortier à retrait compensé ; on n'entreprendra le tronçon adjacent que lorsque le premier tronçon sera apte à remplir son rôle porteur.

• Reprise en sous-œuvre par puits et longrines

Cette méthode s'apparente à la précédente. On exécute des puits aux angles du bâtiment, aux points singuliers et éventuellement à des points intermédiaires. On relie les têtes de puits par une longrine en béton armé juste au-dessous de la fondation à renforcer. La mise en place du ferrailage présente souvent des difficultés (habitat récent).

temps une semelle de répartition en béton armé sous la fondation existante (fig. 8). Cette semelle constitue l'un des points d'appui du vérin hydraulique dont l'autre servira à enfourcer les éléments de pieux. Lorsqu'on aura atteint un refus acceptable, on remplira les pieux de béton et on introduira des cales entre leur tête et la semelle permettant de dégager le vérin et d'effectuer le clavage définitif (procédé à éviter pour l'habitat ancien).

• Renforcement de fondations par pieux forés

On réalise deux files de pieux de chaque côté du mur et le plus près possible du parement (fig. 9). On reporte ensuite les charges du mur sur les têtes de pieux par des longrines et semelles en béton armé exécutées par tronçons successifs. On procède ensuite comme ci-avant (méthode à réserver pour l'habitat récent).

• Renforcement du sol

Ce procédé consiste à combler par injection sous pression ou par gravité les vides et les fissures du sol pour accroître sa résistance à la compression (fig. 10). On peut utiliser selon les cas :

- un coulis à base de produits chimiques liquides ou de résines organiques ;
- un coulis de ciment additionné éventuellement de pouzzolanes, de cendres volantes, de plastifiants ou d'accélérateurs ;
- un coulis de bentonite ou d'argile colloïdale.

Cette technique très difficile à contrôler doit être mise en œuvre par des spécialistes en fonction des conditions locales et en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter d'induire des désordres dans les bâtiments.

Renforcement des structures verticales

Il peut être rendu nécessaire par suite :

- de la détérioration de murs en pans de bois (ossature ou remplissage) ;
- du mauvais état de la maçonnerie (déformation, manque de cohésion, fissures, lézardes...) ;
- de la détérioration de linteaux ou la nécessité de créer de nouvelles baies.

• Renforcement des murs en pans de bois

Remplacement des pièces détériorées

On procède à l'échange des pièces défectueuses par des bois de mêmes dimensions et de même essence en utilisant des pièces neuves ou de réemploi. Il doit être employé chaque fois qu'il n'y a pas d'assemblage complexe en cause et que la pièce défectueuse est accessible sans trop de difficultés.

Reconstitution des parties détériorées par des résines

Lorsque les détériorations concernent des assemblages de fortes dimensions, des abouts de pièces, on peut avoir recours à une reconstitution partielle à

base de résines (fig. 11). Après élimination des parties dégradées, on exécute des forages permettant la mise en place d'armatures en polyester et fibres de verre ; on place des coffrages dans lesquels on coule un mortier de résines époxydiques. On scelle ensuite les armatures aux résines pures. Cette technique est onéreuse mais le procédé est compétitif car il supprime de nombreux travaux annexes.

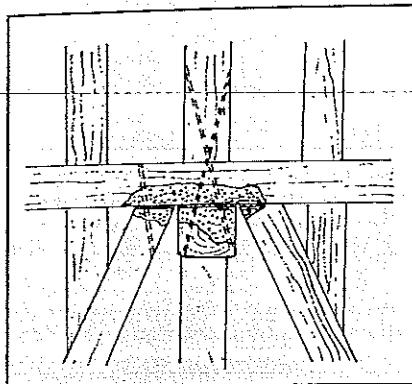


Fig. 11 - Renforcement ossature bois avec résines époxy et semelles résilientes

Renforcement par une ossature métallique

Si l'ensemble du pan de bois est détérioré et ne peut assurer son rôle porteur, on peut construire en retrait une ossature métallique reprenant toutes les charges en prenant soin de lui assurer une bonne protection contre la corrosion. Les poteaux sont dissimulés dans les cloisons ou un doublage ; les poutres reçoivent les solivages du plancher. Cette ossature est solidarisée au pan de bois qui ne joue qu'un rôle esthétique et de soutien du remplissage. Ce procédé est très onéreux, ce qui le fait réservé à des cas particuliers.

Remplacement d'ossatures par des piles en maçonnerie

Ce mode d'intervention doit concerner l'ensemble d'un ouvrage et doit mettre en œuvre une maçonnerie dont le module d'élasticité est voisin de celui des pans de bois (utilisation de liants aériens). Il doit être exécuté avec soin comme une reprise en sous œuvre pour éviter des désordres.

Reconstitution des remplissages

Lors du renforcement d'un mur en pans de bois, il faut s'efforcer de conserver au maximum le remplissage existant (torchis, briques, petits moellons...) en ne démolissant que les parties indispensables. Les matériaux provenant de cette démolition peuvent être récupérés en vue de leur réemploi, en particulier le vieux torchis. Après réhumidification, celui-ci peut être mis à nouveau en place pour reconstituer un remplissage s'adaptant parfaitement à l'ossature. Il est ensuite recouvert d'un enduit en terre allégée (de récupération éventuellement) présentant une bonne imperméabilité à l'eau, une bonne perméabilité à la vapeur d'eau et une adhérence satisfaisante au remplissage.

De nombreuses tentatives ont été effectuées pour utiliser des matériaux modernes :

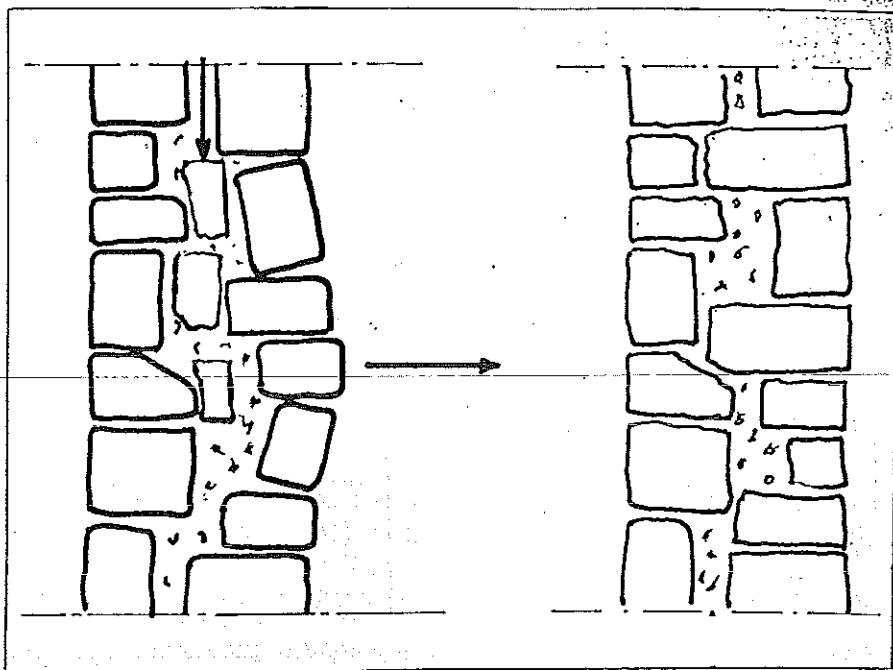


Fig. 12 - Reconstruction parement

— brique creuse se taillant sans grande difficulté sur place houardée au mortier de chaux aérienne ;
— béton cellulaire autoclavé facile à découper et se mettant en œuvre avec des joints minces à la colle ;
— béton d'argile ou de verre expansé projeté sur lattis métalliques ;
— fibraglos se découpant aisément et se fixant au mortier.

Elles se heurtent toutes au problème des fissurations qui apparaissent à la jonction entre le remplissage ou l'enduit et l'ossature.

Pour les limiter, il convient de :

— sélectionner les mortiers de jointolement et les enduits ;
— utiliser des bois anciens ;
— mettre en œuvre divers procédés (tous onéreux) : entaille sur les faces latérales du bois, joint acrylique à la pompe, joint souple dans réservation, joint préformé.

Malgré ces dispositions, il subsiste un risque d'infiltrations d'eau et de détérioration du pan de bois.

• Renforcement des structures verticales en maçonnerie

Réalisation ou pose de tirants, création de chaînage

Si une façade présente un faux aplomb important, un déversement, un bombeement ou un cintrement avec apparition de lézardes, sa stabilité peut être sujette à caution. Il peut être nécessaire de mettre en place des tirants ou de faire participer, si ce n'est pas le cas, l'ossature du plancher à ce liaisonnement. On procède :

— à la mise en place de barres ou de plats métalliques se terminant sur le nu extérieur des façades par une clé. Leur mise en tension s'effectue par boulonnage en extérieur ou par tendeurs à lanterne (ou à coins) à l'intérieur ; ces tirants trouvent généralement leur place dans l'épaisseur des planchers et doivent être traités contre la corrosion (habitat ancien) ;

— à la mise en place d'ancres aux extrémités des poutres ou solives du plancher, dispositions souvent complémentaires des précédentes (habitat ancien) ;
— à la création de chaînage intérieur ou extérieur, en béton armé coulé ou projeté, sous forme de bandeau, au niveau des planchers ou sous la couverture (habitat existant plus récent).

Reconstruction partielle et consolidation des parties courantes

Les parties de murs ayant pris du ventre peuvent être remontées par parties alternées d'environ un mètre de large sur une hauteur d'un demi-étage (fig. 12). Après démontage du parement, on le remonte à l'aplomb en ayant soin d'assurer de place en place le liaisonnement des deux parements par des pierres de grandes dimensions (principalement habitat ancien).

Si le parement paraît instable, on effectuera un dégarnissage complet des joints suivi d'un regarnissage à l'aide d'un mortier compatible avec les matériaux et liants déjà en place (habitat ancien).

Si la maçonnerie manque de cohésion, il peut s'avérer nécessaire de procéder à des injections de coulis de ciment et de chaux hydraulique à très faible pression en vérifiant qu'elles n'induisent pas dans la maçonnerie de nouveaux désordres. La mise en œuvre de ce procédé est délicate. Il faut toujours s'assurer de la compatibilité du coulis injecté avec le liant d'origine (principalement habitat récent).

On pourra également renforcer un mur instable au moyen de béton projeté par voie sèche sur une épaisseur pouvant atteindre 10 cm en armant cette coque par un treillis soudé. La maçonnerie devra être propre, rugueuse, exempte de toute trace de plâtre (habitat récent).

Par contre, il faut conserver en l'état le léger fruit qu'on rencontre sur certaines façades très anciennes, qui traduit un état normal et en aucun cas un désordre.

- 1 — Mise en place et mise en charge du premier profilé
- 2 — Mise en place et mise en charge du second profilé
- 3 — Bourrage final du linteau

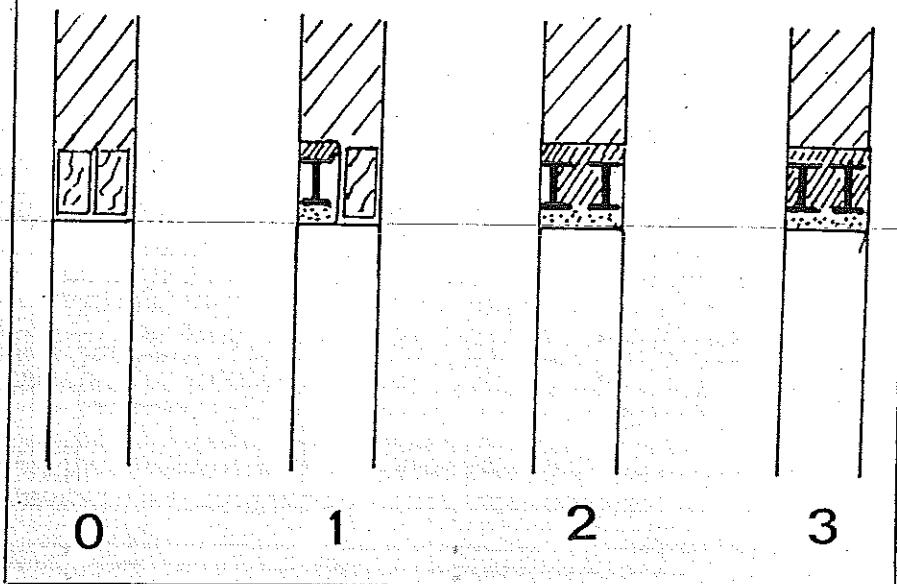


Fig. 13 - Remplacement de linteau par demi-épaisseur

• Renforcement des points singuliers

Réparation ou remplacement de linteaux

Les anciens linteaux détériorés (fig. 13, 14) peuvent être réparés ou remplacés par :

- des poutrelles métalliques ou des pièces de bois ;
- des linteaux en béton armé.

Avant toute intervention, il convient de rechercher les causes de la détérioration (surcharge, défaut de stabilité) de vérifier et de conforter, si nécessaire, les jambages de la baie.

La réparation des linteaux s'effectue au moyen de résines époxydiques qui permettent le rétablissement du profil initial de la pièce endommagée et de ses caractéristiques mécaniques.

Le remplacement d'un linteau est une opération qui demande d'assez longs délais et qui peut s'exécuter souvent par demi épaisseur de mur. Sur un parement, on évite la maçonnerie pour y placer un profilé métallique. On assure un bourrage serré de la maçonnerie au-dessus de façon à la mettre en charge. On exécute un travail identique sur l'autre parement en ayant soin de mettre en place des entretoises et de bourrer le volume libre entre les profilés avec de la maçonnerie (habitat ancien) ou du béton (habitat récent).

Pour les linteaux en béton armé, on peut procéder en deux temps comme ci-avant, en ayant soin de réserver des passages pour les armatures de liaisonnement. En présence d'une maçonnerie hétérogène, on dégage la totalité de l'emplacement nécessaire après avoir exécuté une reprise de charges provisoire par étais ou chevalement. On met en place les

armatures puis un béton aussi compact que possible soigneusement vibré pour limiter le retrait. Après un temps de durcissement convenable, on met en charge le linteau en enlevant les étais et en bourrant soigneusement leurs emplacements. Cette opération, si elle est parfaitement réussie, ne doit se traduire par aucun mouvement dans le mur (habitat récent).

Percements de baies

Les dimensions des baies à réaliser, l'état de la maçonnerie, déterminent le procédé à employer qui s'apparente à ceux qui viennent d'être décrits. Toutefois, il sera toujours nécessaire de réaliser des jambages de part et d'autre de la baie. Ils pourront être exécutés soit au début, soit en fin de travaux. Dans ce dernier cas, il conviendra de veiller soigneusement au calage des appuis du linteau sur les jambages. Il sera parfois nécessaire pour reprendre des charges importantes de réaliser, en milieu de portée, des poteaux en béton armé ou en métal indépendants du gros œuvre et fondés en conséquence.

Il est possible d'éviter une construction en sous-œuvre, lors de la création d'une baie, en exécutant deux demi-portiques adossés de chaque côté du mur et solidarisés entre eux par des entretoises en béton armé. Cette façon de procéder présente l'inconvénient de former des saillies importantes sur le parement du mur. Dans un premier temps, on mettra à nu la maçonnerie sur le tracé du linteau et de ses jambages. On la percera au droit des entretoises ; on mettra en place le coffrage horizontal, les armatures, les coffrages verticaux, le béton soigneusement compacté. Après un délai de durcissement, on pourra procéder au percement de l'ouverture (habitat récent).

Escaliers

Ils sont réalisés en bois, en pierre, en métal et bois. Dans l'habitat ancien, on rencontre une prédominance pour le bois. Les détériorations les plus couramment rencontrées concernent les marches, les limons et les poutres pallières. Le remplacement de ces dernières pièces est complexe et interdit l'utilisation de l'escalier pendant une longue période. Aussi procède-t-on plutôt à leur réparation en utilisant des mortiers de résines époxydiques armés avec des barres en polyester et fibres de verre. Quant aux marches, elles subissent l'usure due au trafic ce qui les affaiblit et supprime leur planéité. On effectue généralement leur rechargement à l'aide de résines polyester coulées en couches minces successives que l'on solidarise avec le plateau bois par l'intermédiaire de morceaux de métal déployé cloués.

Balcons

On trouve de nombreux balcons en pierre dans l'habitat de la période intermédiaire. Ils présentent parfois des fissurations qui peuvent mettre en péril leur stabilité. Pour y remédier, on injecte sous pression faible des résines époxydiques qui assurent le scellement des parties fissurées et où l'on renforce à l'aide de barres en polyester et fibres de verre.

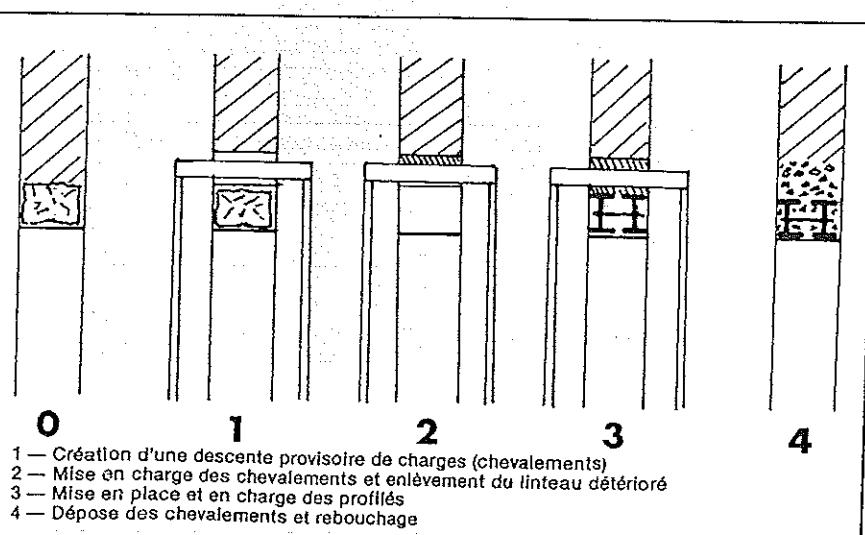


Fig. 14 - Remplacement de balcon avec modèles de chevalement

ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

2.0 - PLANCHERS /

STRUCTURES HORIZONTALES

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient

Les planchers anciens et leur restauration

Lorsque les planchers d'une maison ancienne sont en mauvais état ou inexistant et même parfois lorsqu'ils sont en bon état, la solution la plus souvent préconisée est leur remplacement par un plancher béton.

Devant les avis divergents des techniciens, nous avons voulu savoir et informer pour éviter des erreurs et des frais inutiles.

Nous avons donc demandé son avis à un architecte compétent en restauration, membre du Service-Conseil TIEZ BREIZ.

T. B.

PLAN D'ENSEMBLE

I - LES DIFFERENTS TYPES DE PLANCHERS

1) PLANCHERS POUTRES PRINCIPALES ET SECONDAIRES :

- recevant un parquet ——— terre cuite
- recevant un revêtement scellé ——— dalle schiste

2) PLANCHER A SIMPLES SOLIVES (AVANT 19^{ème})

3) PLANCHER A SOLIVES SIMPLES ET CALIBREES

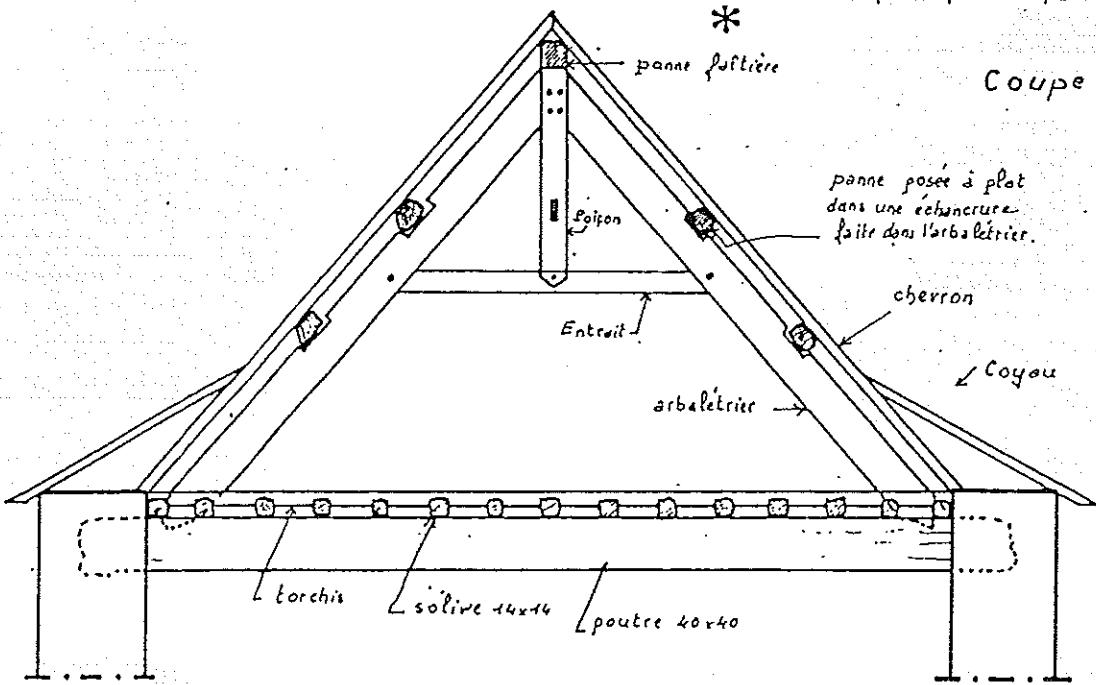
II - RESTAURATION

1) ABSENCE DE PLANCHER :

- tenter de dater la maison
- repérer traces sur maçonnerie
- adapter nouveau plancher ——— au bâti ancien ——— au projet

2) PLANCHER EXISTANT

Analyse :



Nature plancher par rapport au bâti ——— d'origine
——— modifié

Réalisation de sondages :

- partie aubier attaquée / partie restante en bon état ;
- partie encastrée dans les maçonneries (présence humidité, surtout en faces exposées).

Plancher à consolider

selon cas particulier :

- enca斯特ement défectueux : corbelet ;
- une ou deux poutres défectueuses : remplacement (section : essence bois) ;
- poutre faible ou affaiblie :
 - dédoublement ;
 - report intermédiaire ;
 - injection, inversion.

III - REFLEXIONS ET CONSEILS DIVERS

Avis sur plancher béton

Etalement

Isolation phonique des planchers bois

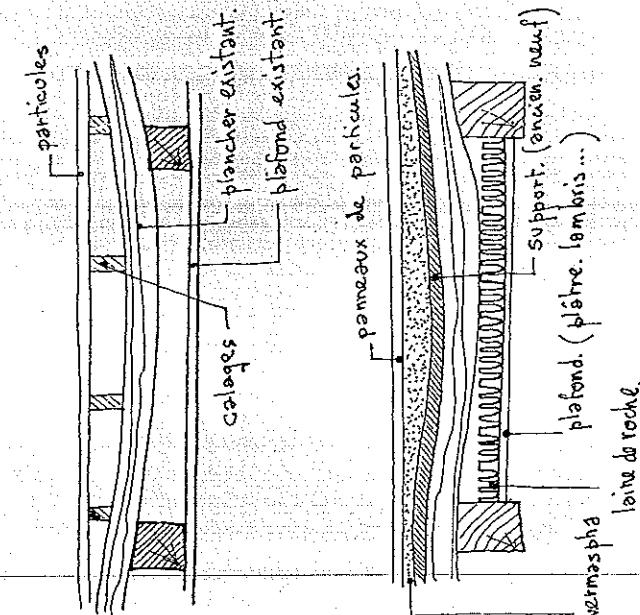
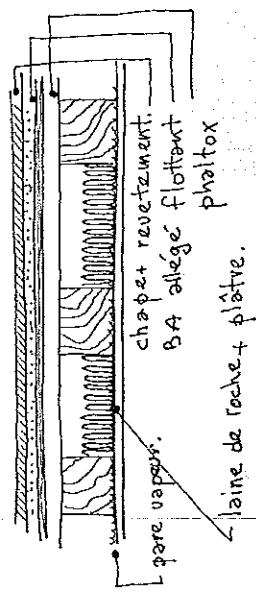
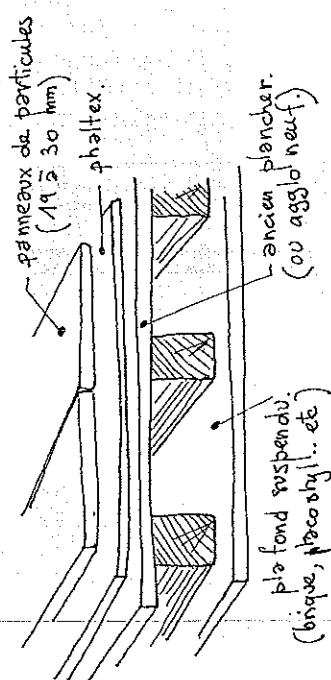
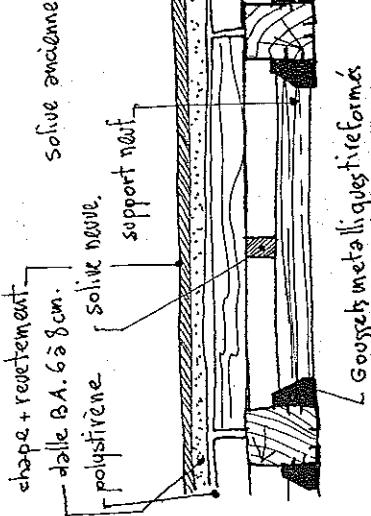
Coupe sur charpente : (XVII^e)

panne posée à plat
dans une échancrure
faite dans l'arbalétrier.

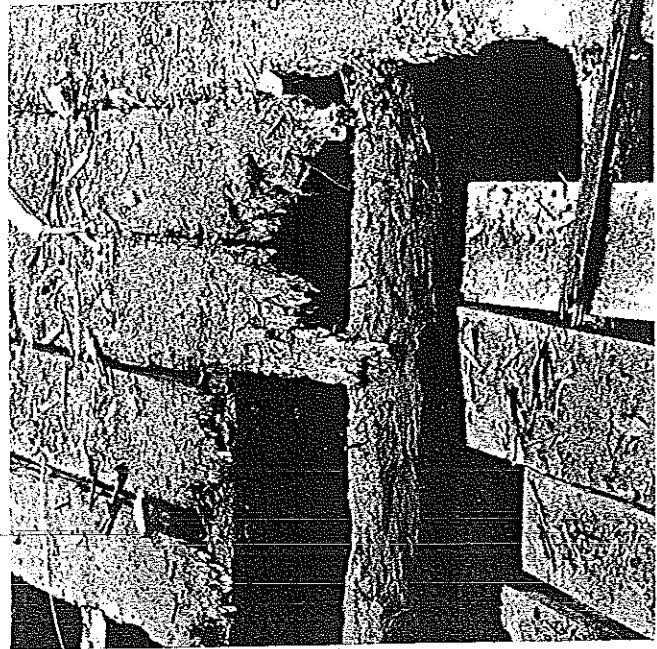
La poutre principale de plancher
reçoit les arbalétriers pour
une bonne triangulation.

planchers

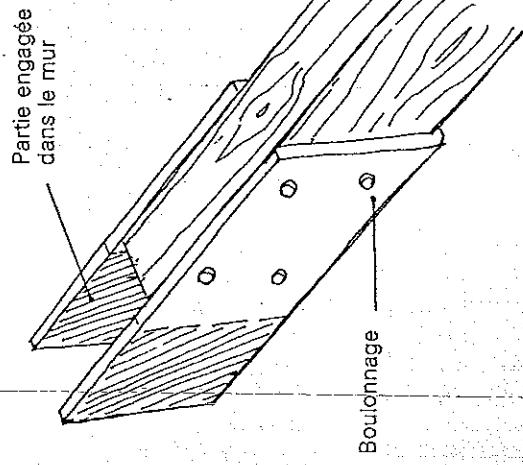
Cas de planchers à travure composée :
Augmentation de la résistance du plancher par diminution des portées entre poutres maîtresses.
Cette adaptation permet au plancher de supporter une dalle de béton armé.



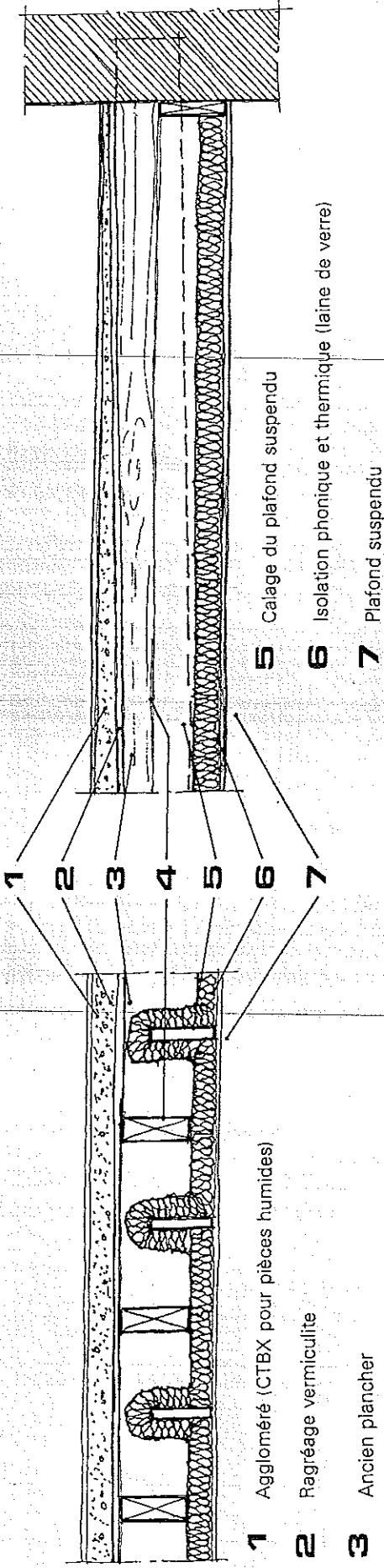
Après sondages systématiques de toutes les pièces de bois, les techniques de traitement des planchers anciens seront mis en œuvre, en fonction des caractéristiques phoniques, thermiques et mécaniques requises, et de la destination des pièces.



Les planchers, dans ce type de bâti, sont souvent en mauvais état, ils accusent fréquemment un fléchissement important, les solives sont pourries dans les murs. Ce n'est que si l'on constate que ces planchers ne pourront pas être réparés sans un grand renfort de moyens techniques toujours onéreux, qu'on n'hésitera pas à les déposer pour les remplacer par des planchers béton (dalle de béton armé sur poutrelles et hourdis). Toutefois, cette technique ne sera employée qu'en dernier recours et on préfèrera à chaque fois que cela est possible, conserver les planchers en remédiant aux défectuosités existantes et en améliorant le confort notamment acoustique qui est le plus souvent très mal assuré.



REEMPLACEMENT D'UN ABOUT DE SOLIVE DEFECTUEUX PAR UNE PIÈCE MÉTALLIQUE



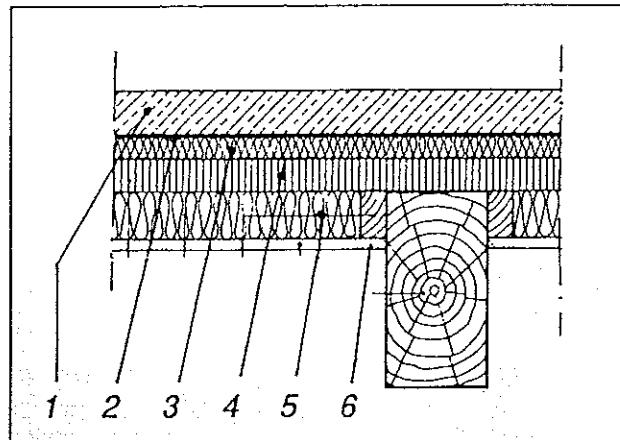
- 1 Aggloméré (CTBX pour pièces humides)
- 2 Râgréage vermiculite
- 3 Ancien plancher
- 4 Solivage Fléchi
- 5 Calage du plafond suspendu
- 6 Isolation phonique et thermique (laine de verre)
- 7 Plafond suspendu

PLANCHERS MODERNES EN BOIS

1- Plancher avec poutres en bois

12 x 20 cm (entraxe 60 cm) :

- 1- Chape ciment de 50 mm
- 2- Papier goudronné
- 3- Isolation bruit 30 mm
- 4- Agglo 40 mm
- 5- Laine de verre 60 mm
- 6- Plaque de plâtre

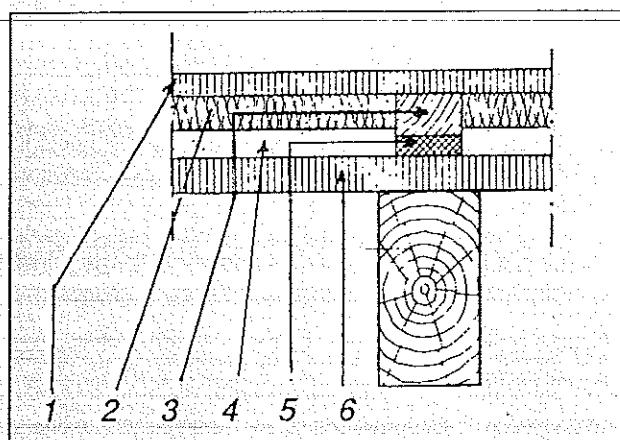


1

2- Plancher avec poutres en bois

12 x 20 cm (entraxe 60 cm) :

- 1- Agglo 25 mm
- 2- Laine de verre 40 mm
- 3- Lambourdes
- 4- Sable 30 mm
- 5- Bande d'isolation
- 6- Agglo 40 mm

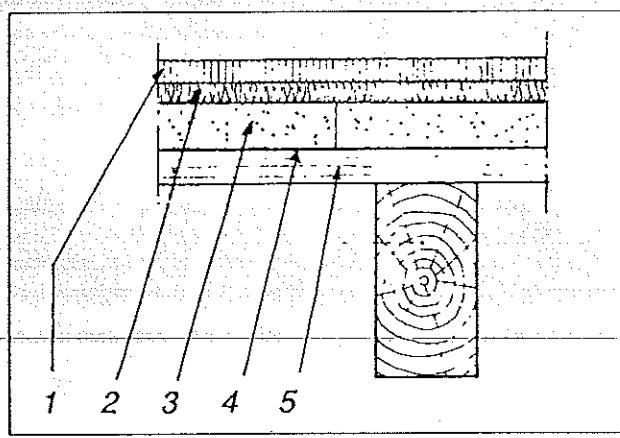


2

3- Plancher avec poutres en bois

12 x 20 cm (entraxe 60 cm) :

- 1- Agglo 25 mm
- 2- Fibres de verre 30 mm
- 3- Plaques béton 30x30x5 cm
- 4- Feuilles bitumineuses
- 5- Lambris 35 mm

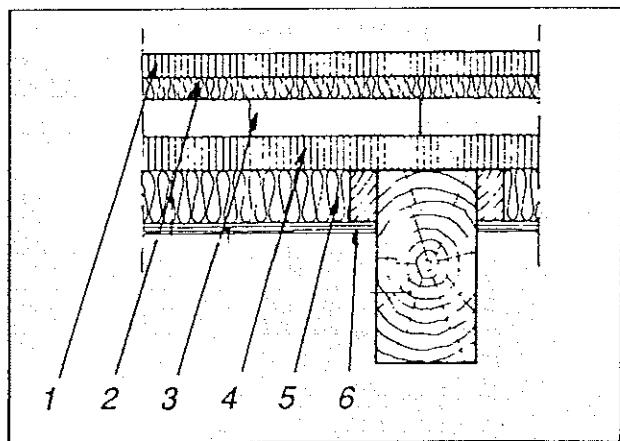


3

4- Plancher avec poutres en bois

12 x 20 cm (entraxe 60 cm) :

- 1- Agglo 25 mm
- 2- Isolation bruit 25 mm
- 3- Plaques béton 40 mm
- 4- Agglo 40 mm
- 5- Isolation 60 mm
- 6- Planches 13 mm



4

les planchers

Sur les capacités de portance des planchers existants, leur possibilité de ventilation en surface, leur nature, on choisira entre les solutions suivantes : (fig. n° 47-48-49) * Fig. 30

On gardera en mémoire que :

- une charpente de béton de 4 cm. pèse 100 kg./m² sans le carrelage;
- une baignoire pleine pèse de 200 à 300 kg. selon la taille;
- une cloison de carreaux de plâtre ou de briques de hauteur;
- un chauffe-eau à accumulation de 100 l. pèse environ 150 kg. (ne pas charger les cloisons minces).

Ces chiffres orientent sensiblement les solutions envisageables selon l'état du bâti; un diagnostic sérieux s'impose encore ici.

La ventilation, qu'elle soit naturelle ou mécanique, ne doit pas être obstruée par les occupants (encore moins s'il s'agit d'une installation au gaz où les normes sont impératives).

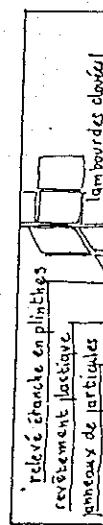


fig. n° 47

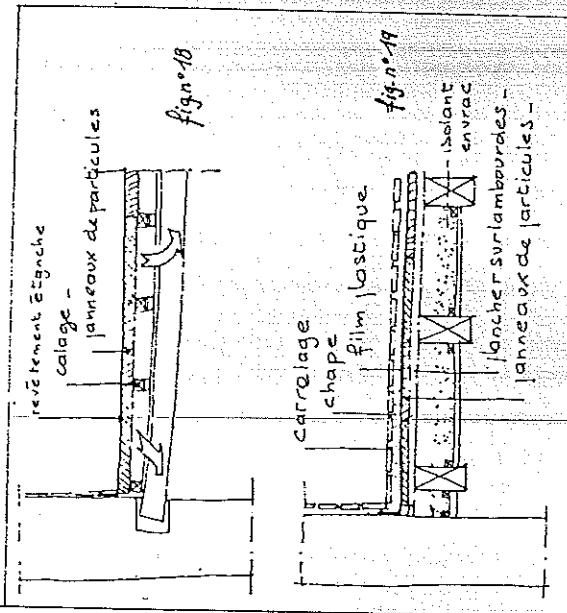


fig. n° 48

fig. n° 49

carrelage
chape
film isolant
plancher sur l'ambourde
laminox de particules

Contrairement au logement neuf où l'on appelle «pièces principales» les : séjour, chambre, cuisine, en réhabilitation, ce sont souvent les pièces de service qui sont ressenties comme ayant le plus d'importance du fait de l'absence de confort (salle de bains, W.C., etc...)

Au cours des temps, cependant, ces anciens bâtiments ont souvent subi de multiples aménagements; il convient donc, en particulier dans le cas futur de groupement ou de séparation d'appartement, de ne pas figer l'utilisation de l'espace de manière définitive. En ce sens, des aménagements légers ou facilement modifiables sont souhaitables.

En réaménagement des pièces de service : cuisine, salles d'eau, W.C.

Pour des raisons évidentes d'économie, il y a lieu de regrouper les colonnes montantes et les descentes en tirant parti de la structure de l'immeuble :

- Présence de trémie, de conduits de cheminée non utilisés.
- pièces de service dans les zones difficiles à éclairer (sous la cuisine) ou orientées au nord.

Le choix d'un sol doit être logique par rapport à la structure du bâtiment. Une ossature bois supportera mal l'introduction du béton, point dur importun. Par ailleurs, il paraît souhaitable, compte tenu de l'évolution rapide des besoins et du changement possible du mode de vie, de préférer les systèmes les plus facilement démontables. N'oublions pas que la création des pièces de service telles que W.C., salles d'eau, et l'apport des éléments de confort électrique-ménager introduisent le principal ennemi du bâti : l'humidité. Il est donc nécessaire de penser à son élimination, au moment de la conception du projet, par une ventilation efficace que l'usager ne puisse obstruer facilement, mais qui n'occasionne pas de gêne (courant d'air, bruit de la V.M.C.).

pièces d'hygiène

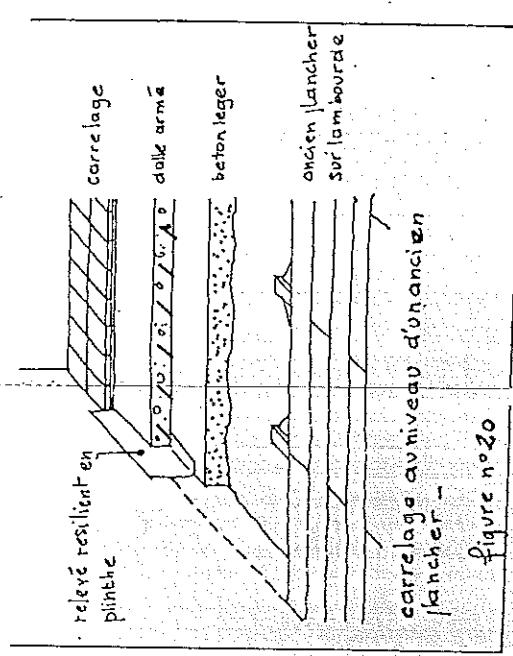


fig. n° 49

Renforcement des planchers à ossature bois

Cette action qui concerne principalement l'habitat ancien peut découler :

- d'une dégradation importante nécessitant le remplacement de tout ou partie de l'ossature;
- d'une dégradation locale et isolée imposant une réparation ponctuelle ;
- d'une augmentation de la charge progressive du plancher ou des surcharges d'exploitation impliquant un renforcement d'ensemble de l'ossature.

• Suite à une importante attaque d'insectes ou de champignons

- Il faut identifier la nature des insectes, éliminer les parties détériorées, évaluer les parties saines, les renforcer si nécessaire et traiter tout le bois par injection et pulvérisation de produit actif. Si l'attaque provient de vrillettes, et si la section intacte est suffisante, on pourra se limiter à éliminer l'humidité et le confinement.
- En cas d'altération par des champi-

LES STRUCTURES HORIZONTALES

gnons, il est indispensable de rechercher et de faire disparaître la cause d'humidité. Il convient ensuite de détruire toutes les parties contaminées et tous les tissus de champignons apparents avant de procéder à un traitement chimique approprié.

• Suite à une insuffisance de pièces maîtresses

Généralement, on observe une flèche importante et un risque de rupture. On peut y remédier par :

- une diminution de la charge appliquée (cloisonnement, remplissage, ...);
- la création de nouveaux porteurs;
- une réduction de la portée en créant un point d'appui intermédiaire ou en modifiant les appuis.

Plus généralement, on doit procéder à un renforcement ou à un remplacement. Le premier est préférable car il évite un étalement complet et la dépose de la poutre existante. On peut les renforcer :

- **Par moisage de poutrelles métalliques** (fig. 25). Elles deviennent l'ossature porteuse unique. On utilise des profilés en U ou en I entretoisés de part et d'autre de la poutre maîtresse, sur lesquels oncale les solives.

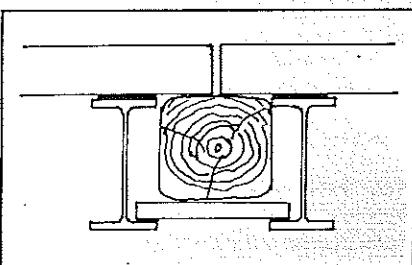


Fig. 25 - Exemple de moisage d'une poutre par des profilés métalliques (le calage s'effectue de préférence sous les solives).

Les abords de profilés seront encastrés dans la maçonnerie et scellés. Il est nécessaire de s'assurer qu'il n'y a pas de points faibles dans la maçonnerie à l'aplomb des points d'appui et d'une façon générale qu'il y a compatibilité entre les efforts appliqués à la maçonnerie et sa capacité portante.

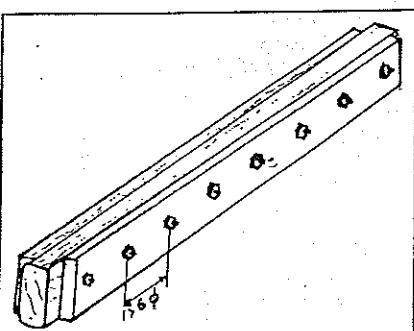


Fig. 26 - Moisage à l'aide de deux pièces de bois boulonnées (attention au moment d'encastrement).

- **Par moisage à l'aide de pièces de bois** (fig. 26). Les sections sont parfois prohibitives et peu esthétiques.

- **Par superposition d'une poutrelle métallique.** Cette poutrelle placée au-

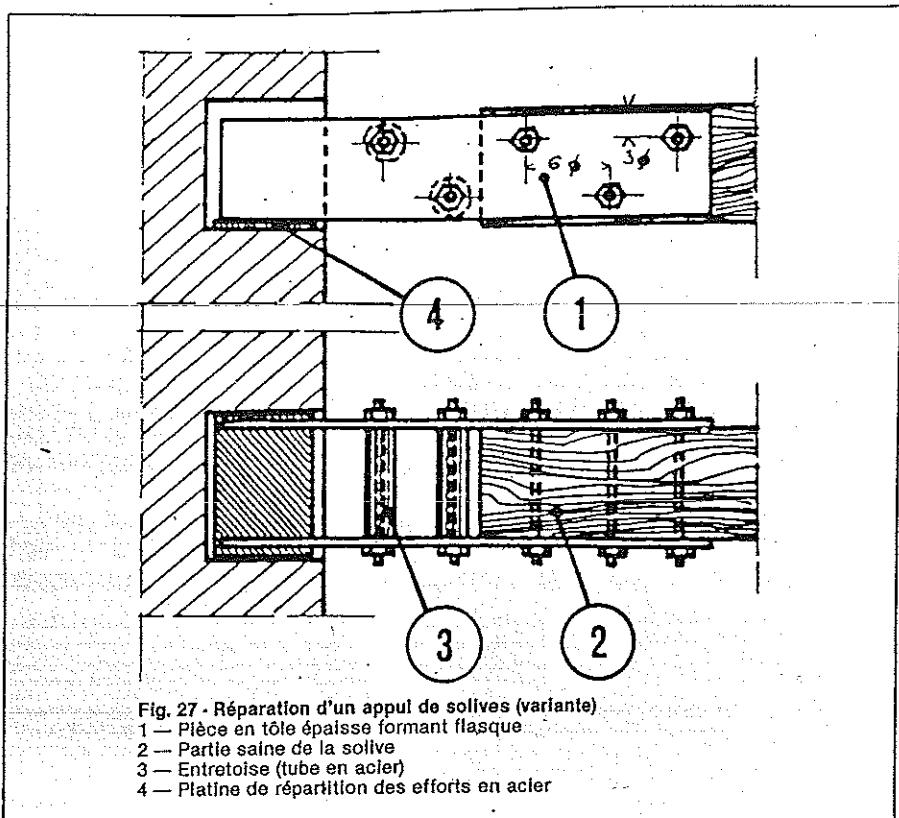


Fig. 27 - Réparation d'un appui de solives (variante)

1 — Pièce en tôle épaisse formant flasque
2 — Partie saine de la solive
3 — Entretoise (tube en acier)
4 — Platine de répartition des efforts en acier

reprendre les solives ; ce procédé entraîne une modification du niveau du local et un important remplissage.

• **Par exécution sur toute la face supérieure de la poutre d'un renfort en mortier de résine époxydique.** Ce renfort coulé en mortier de résine époxydique constitue une poutre auxiliaire intimement liée à la poutre bois grâce à des tenons en mortier coulés dans des encoches et par des armatures en polyester et fibres de verre. Cette poutre composite (mortier de résine et bois) grâce à son augmentation de section, présente une résistance accrue.

• **Par mise en place de poutrelles sous celle à renforcer.** Il en découle des difficultés de mise en œuvre au niveau des appuis. Pour éviter une retombée trop importante, on peut parfois placer 2 poutrelles côté à côté.

• Suite à une insuffisance des solivages

Face à un sous dimensionnement d'ensemble il peut être envisagé de :

- réduire les surcharges ;

- créer un appui intermédiaire ;
- consolider le solivage existant ;
- refaire un nouveau solivage.

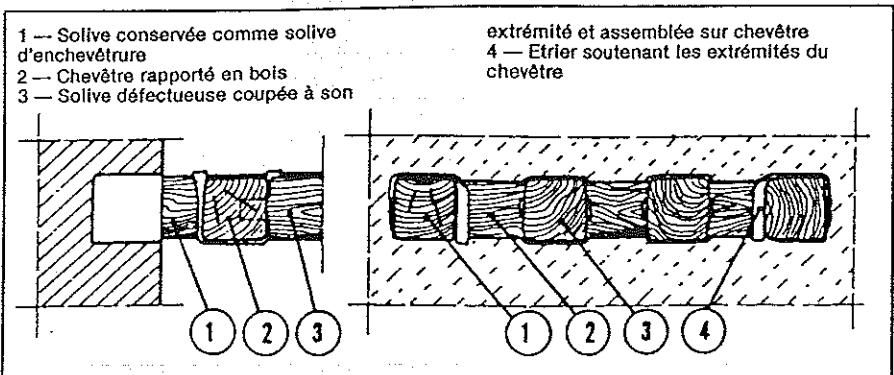
• **Insuffisance localisée.** Si l'appui est en bon état et largement dimensionné, il est possible d'accroître la résistance à la flexion, en moisant les solives concernées par deux pièces de bois de dimensions appropriées.

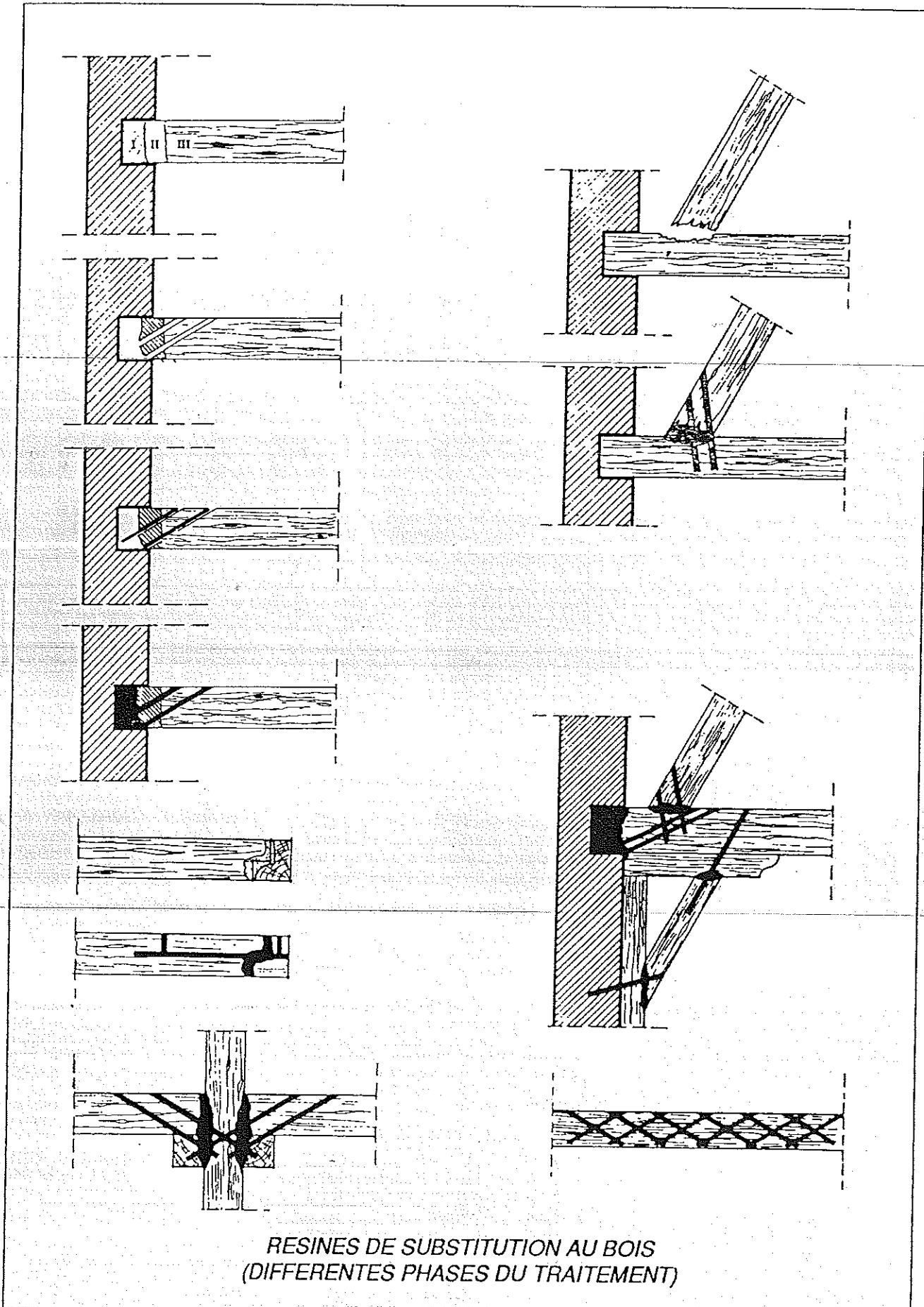
• **Solives en mauvais état.** On procède à leur échange à l'identique.

Suite à la détérioration des abords de solives

Cas général. Après avoir étayé soigneusement la partie saine de la solive, et éliminé la partie détériorée, on met en place une pièce de bois traitée de mêmes dimensions que la précédente et on l'assemble à l'aide de deux flasques. Ce renfort doit pénétrer suffisamment dans le mur et reposer par l'intermédiaire de la pièce de bois.

Il est possible de réaliser ce renfort avec deux flasques métalliques entretoisées qui reposeront alors dans le mur par une platine de répartition (fig. 27).





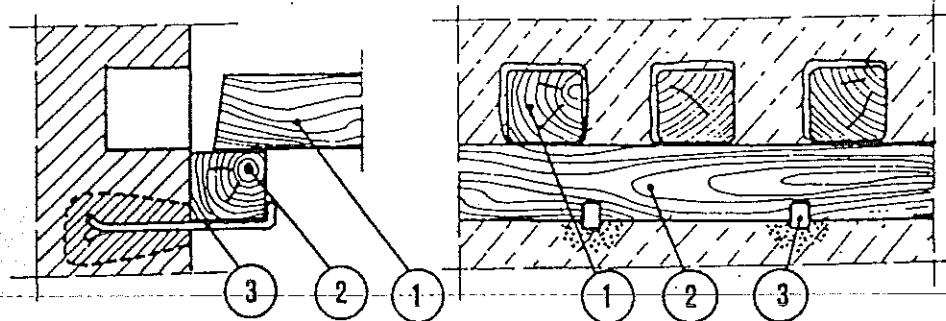


Fig. 29 - Reprise des appuis de solives par une poutre muraillère en bois

- 1 — Solive
2 — Poutre muraillère en bois fixée sur mur sain
3 — Corbeaux métalliques

Solive isolée. On peut transférer les charges de la solive sur les voisines si elles sont en bon état, à l'aide d'un étrier en fer carré qui soutient la partie saine.

Groupe de solives. On peut réaliser un chevêtre bois ou métallique reprenant les efforts reçus par les solives dont les abords sont détériorés et les transmettant sur des solives saines (fig. 28).

Il est possible de créer un nouvel appui constitué par une poutrelle muraillère qui supporte les parties saines des solives et qui reposera sur des corbeaux métalliques scellés dans le mur (fig. 29).

Suite à la détérioration de chevêtre

On peut renforcer l'assemblage avec les solives d'enchevêtre à l'aide de sabot métallique ou d'étrier. On peut également cercler le chevêtre s'il se fend suivant le fil du bois (fig. 30).

Il est possible de remplacer des parties détériorées, par des résines armées. Après élimination des parties attaquées, on fore dans le bois sain des trous dans lesquels on met en place des armatures en polyester et fibres de verre déterminées en fonction des efforts à reprendre. On coffre la partie à reconstituer ; on coule un mortier de résines époxydique. Les armatures sont scellées aux résines pures. Ce procédé évite le remplacement d'assemblage de pièces importantes.

Renforcement des planchers à ossature métallique

Il concerne principalement l'habitat de la période intermédiaire ou récent.

Ossature métallique attaquée par la rouille

Le traitement antirouille a posteriori est difficile d'application, onéreux, incertain quant à la durabilité des résultats obtenus.

La seule solution consiste donc à déposer le solivage détérioré et à le remplacer en assurant une bonne protection antirouille si un procédé à base de poutrelles métalliques est retenu.

au poinçonnage, offrir des facilités d'entretien, contribuer à l'esthétique des locaux, et, avec son support, apporter le

• Renforcement des poutrelles existantes sous dimensionnées

La meilleure solution conduit à la réalisation d'un dallage béton avec ossature métallique collaborante. Il faut rendre l'ossature existante solidaire du dallage à couler. On fixe sur les ailes supérieures par soudage ou boulonnage des connecteurs dont le nombre, la forme et l'emplacement sont déterminés par un bureau d'études. Ils agissent comme butée pour éviter le glissement relatif de la dalle et des profilés, et comme ancrage pour interdire le décollement du dallage et des profilés (fig. 31).

Le dallage béton d'une épaisseur de 8 à 10 cm est armé d'un treillis soudé. S'il y a lieu, un remplissage du volume compris entre les augets ou hourdis et le niveau supérieur des profilés est effectué à l'aide d'un béton léger ou d'un produit à base de vermiculite et de bitume. Il convient de s'assurer que la structure verticale peut admettre cette surcharge.

Création d'un plancher nouveau

La solution la plus lourde consiste à réaliser une dalle porteuse en béton armé au-dessus du solivage bois conservé pour des motifs esthétiques. Le dallage a une épaisseur d'environ 16 à 18 cm et s'engrave d'une quinzaine de centimètres dans les murs en maçonnerie saine ou confortée (fig. 32). Après dégarnissage complet du plancher, on étaie le solivage qui servira de support à un coffrage perdu constitué par un lattis bois ou métallique. On interpose une feuille de matière plastique en fond de coffrage, et on solidarise les solives avec la dalle à couler à l'aide de tirefonds dont les têtes seront noyées dans le béton. Après exécution, la dalle sera recouverte d'un revêtement de sol (carrelage, plastique, parquet).

On peut être amené à enlever également le solivage du fait de son état. Dans cette

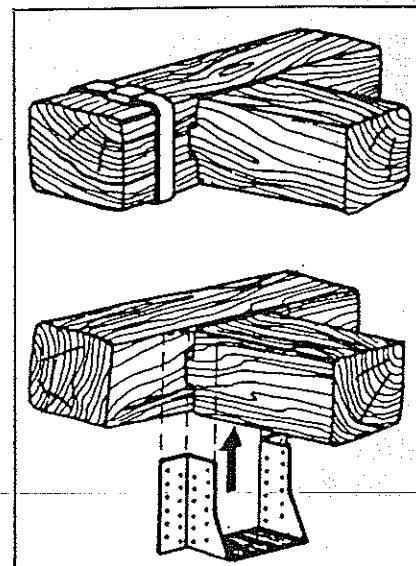


Fig. 30 - Mise en place de sabots et cerclage d'un chevêtre

éventualité, on peut réaliser un plancher à ossature métallique, à poutrelles et hourdis béton, à dalle pleine. Il est nécessaire, avant d'entreprendre ces travaux, de s'assurer qu'il n'y a pas d'incompatibilité avec la structure porteuse existante tant au niveau de sa constitution qu'au niveau de sa capacité à admettre les surcharges. Pendant l'exécution des travaux, il convient de prendre toutes les mesures nécessaires au contreventement du bâtiment et à l'étalement du plancher.

REVÊTEMENTS DE SOL

Toute décision d'intervention sur un revêtement de sol à rénover, quelles que soient ses caractéristiques, ne peut se concevoir sans un examen préalable de l'ossature porteuse. Dans les logements anciens, le revêtement de sol le plus souvent rencontré est le parquet.

Posé sur ossature bois ou métallique, avec ou sans remplissage intermédiaire, le parquet doit seul, résister à l'usure et

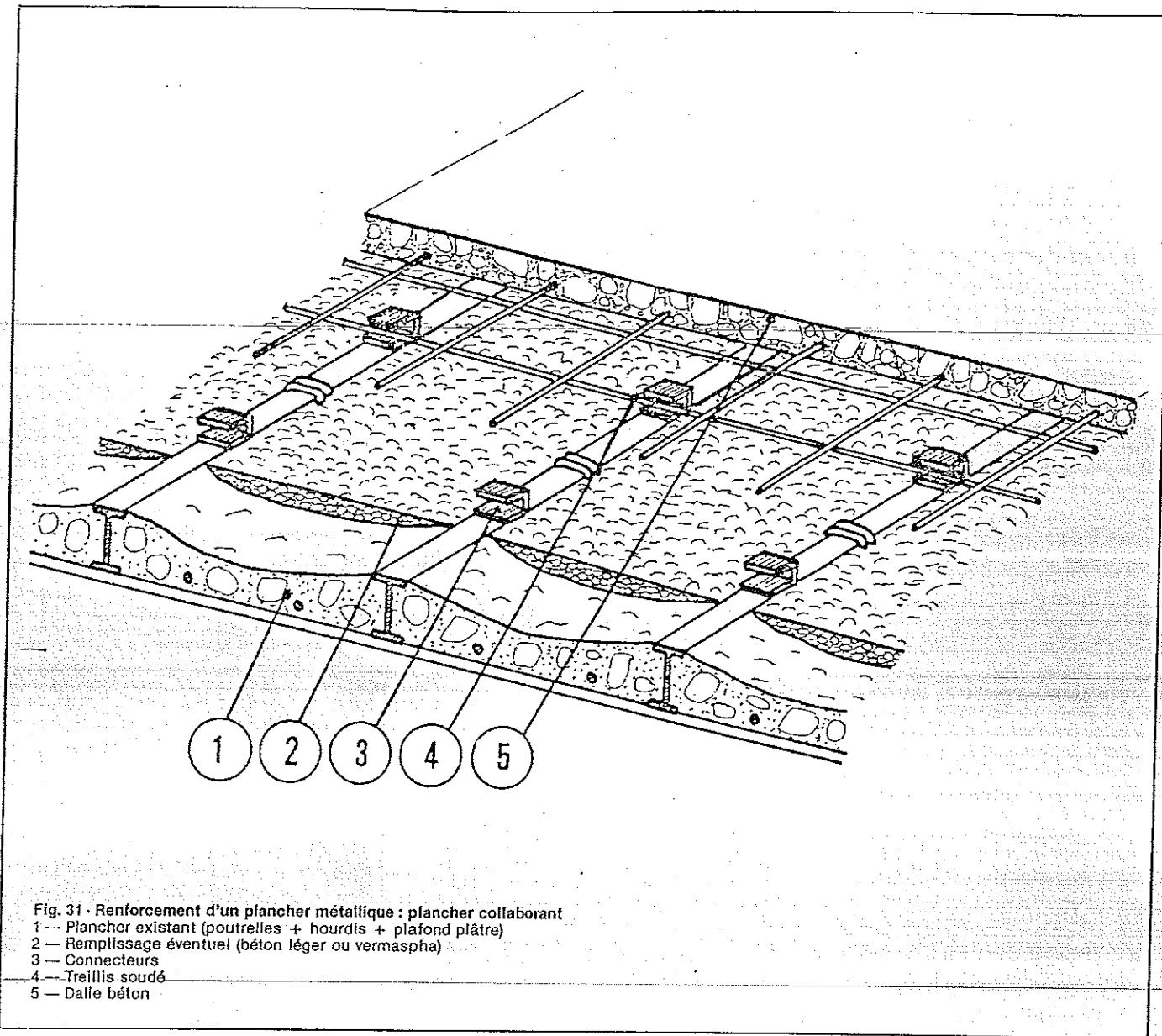


Fig. 31 - Renforcement d'un plancher métallique : plancher collaborant

- 1 — Plancher existant (poutrelles + hourdis + plafond plâtre)
- 2 — Remplissage éventuel (béton léger ou vermasphère)
- 3 — Connecteurs
- 4 — Treillis soudé
- 5 — Dalle béton

confort acoustique et thermique.

Plusieurs techniques de rénovation de revêtements de sol peuvent être envisagées, le choix se faisant en fonction de l'état du support et du parquet, de la destination de la pièce (et à cet égard il est bon de se souvenir que le parquet supporte mal l'humidité), des moyens financiers et des goûts de l'occupant.

Rénovation - Réparation

Cette technique peut être utilisée lorsque, le support étant sain, le parquet est stable et permet la marche en toute sécurité. Il faut cependant que les dégradations visibles des lames (taches, usure...) n'affectent pas des surfaces trop importantes.

Si tel est le cas, après remplacement des lames abîmées, on procède à un ponçage, suivi d'un dépoussiérage, puis à une mise en teinte dans le ton général de l'ancien parquet. On applique ensuite, pour la finition et la protection, une cire, un vernis, une encaustique ou des fonds durs (sealers).

Recouvrement

Le recouvrement d'un parquet ancien est une solution à retenir, à la condition, là aussi, que le support soit sain et le parquet stable, lorsque :

- le parquet est très usé, fortement taché, d'aspect peu décoratif ou a reçu un revêtement collé ;
- le choix se porte sur un autre type de revêtement de sol, moquette par exemple ;
- le local est affecté à un autre usage, transformation d'une pièce sèche en pièce humide.

Les techniques de préparation du support sont très variées selon le revêtement de sol choisi, la planéité de l'ancien parquet, la destination du local, la hauteur disponible pour le revêtement, et la surcharge admissible.

Il n'est pas possible d'envisager, ici, tous les cas, seuls les plus courants sont traités.

• Pose directe sur vieux parquet

Dans la mesure où le vieux parquet pré-

sente une bonne planéité, c'est-à-dire telle qu'une règle de 2 m. placée en un endroit quelconque ne révèle pas de flèche supérieure à 5 mm, ou que l'épaisseur de la couche d'usure restante permet d'obtenir par ponçage cette planéité, le vieux parquet peut servir de support à de nouveaux revêtements de sol, tels que :

- nouveau parquet en lames ;
- parquet contrecollé posé en flottant avec ou sans interposition d'un isolant ;
- moquettes en dalles à sous couche lourde et épaisse conçues pour une pose libre ;
- moquette tendue sur thibaude avec ou sans interposition d'un carton ;
- revêtements de sol plastiques sur panneaux de particules cloués sur l'ancien parquet ;
- carrelage.

Dans le cas des revêtements de sol qui font appel au bois, il est signalé que les différences de niveau avec les pièces voisines non rénovées seront de l'ordre de 1 à 2 cm et peuvent être rattrapées aux seuils par une légère pente.

Lorsque le recouvrement est envisagé

avec un revêtement textile (tapis aiguilleté ou moquette) à sous-couche mousse, même si les lames du parquet ne sont pas trop écartées, il est à craindre qu'avec le temps se dessine le fantôme des lames de parquet.

La pose de carrelage sur vieux parquet est un problème très délicat et ne peut être envisagée qu'avec prudence. L'humidité est particulièrement à craindre car ce revêtement est généralement choisi pour les pièces humides et son entretien s'effectue à l'eau. Cette humidité ne doit pas s'infiltrer dans le parquet sinon elle risque de le pourrir.

D'autre part, le carrelage est un matériau dur qui nécessite un support rigide sauf procédés particuliers.

Actuellement, il existe plusieurs produits ou procédés spéciaux qui peuvent être envisagés sur un vieux parquet bien rigide (résines polyuréthanes avec granulats caoutchouc, plaques bitume armé avec sous-couche... chacun avec des produits de pose et de jointolement adaptés, ou plaques préfabriquées comprenant la sous-couche, le carrelage et les joints). Leur mise en œuvre doit

être effectuée avec beaucoup de soins, en respectant toutes les prescriptions du fabricant.

Ces produits ou procédés ne sont pas traditionnels et ne font pas l'objet d'Avis technique sur un support parquet.

La pose de revêtements de sol plastiques directement sur un vieux parquet est déconseillée.

• Planchers de doublage du parquet ancien

Si l'état du plancher ancien ou le revêtement de sol retenu ne permettent pas d'utiliser la technique précédente il est possible d'envisager la pose d'un plancher de doublage, qui recevra ensuite un revêtement de sol formant couche d'usure et décorative.

Les planchers de doublage constituent un ouvrage plan et continu, fixé sur le vieux parquet qui aura éventuellement été traité contre les insectes ou les champignons.

L'horizontalité de la structure porteuse en bois détermine celle de l'ouvrage fini.

Si elle n'est pas satisfaisante la solution plancher de doublage ne peut être envisagée. Il faut choisir une autre solution technique, par exemple plancher porteur sur lambourdes ou plancher flottant.

Le choix et l'épaisseur du matériau de doublage sont conditionnés par la planéité du parquet. Les différentes possibilités sont les panneaux de contreplaqué, de particules, ou de fibres dures. Dans le cas de support suffisamment plan on peut doubler par des panneaux minces d'épaisseur < 10 mm; ils pourront être à bord franc.

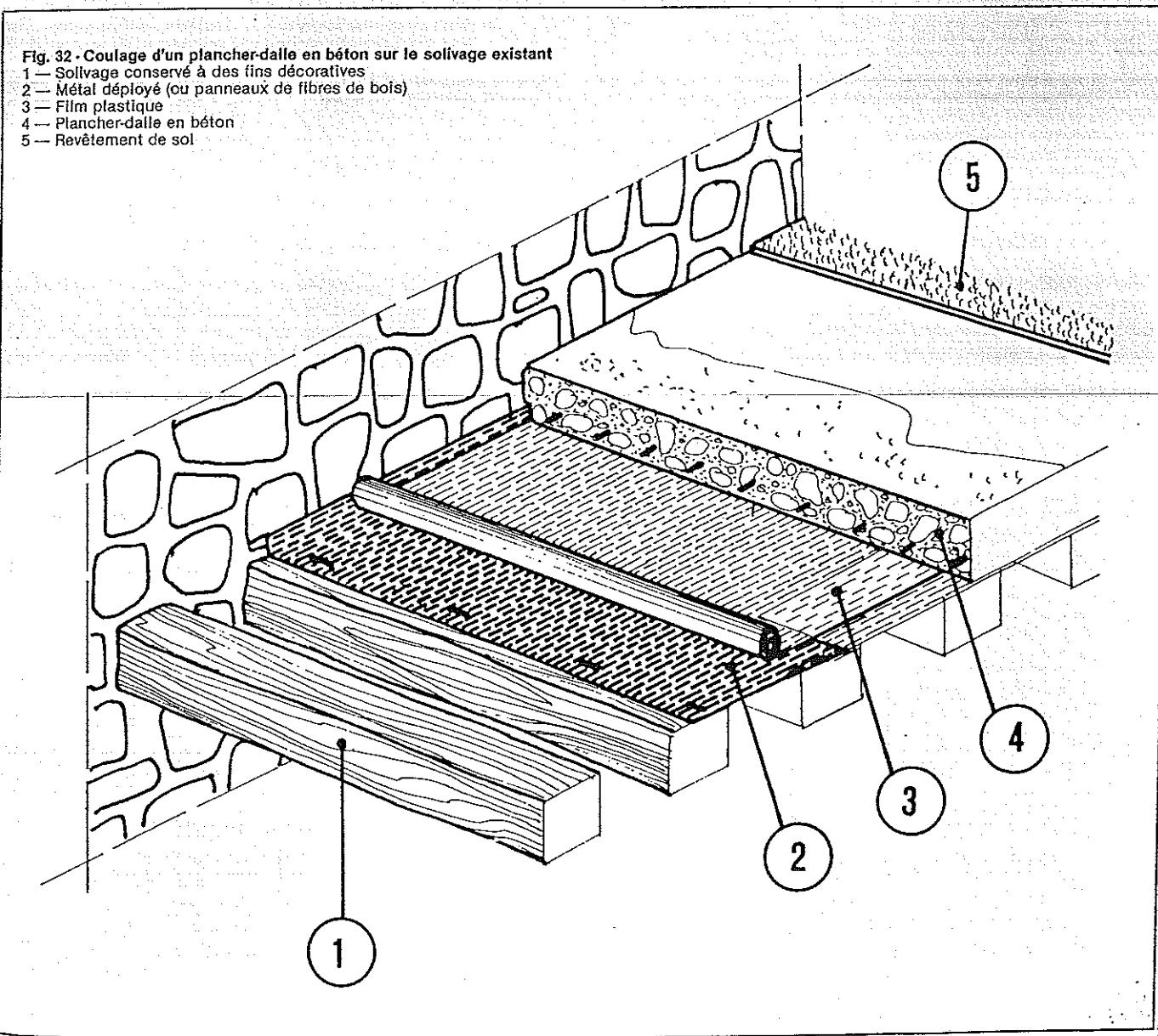
Les panneaux d'épaisseur ≥ 10 mm seront usinés sur les quatre rives pour permettre un assemblage à rainures et languettes.

La mise en œuvre des planchers de doublage doit toujours se faire à l'abri de l'eau et ils ne peuvent recevoir ultérieurement des ouvrages verticaux en maçonnerie, les prescriptions du DTU 51-3 seront respectées.

Préablement à l'exécution de l'ouvrage, la solidité et la fixation des lames de planchers seront vérifiées, les lames défectueuses (cassées, fendues ou trop

Fig. 32 - Coulage d'un plancher-dalle en béton sur le solvage existant

- 1 — Solvage conservé à des fins décoratives
- 2 — Métal déployé (ou panneaux de fibres de bois)
- 3 — Film plastique
- 4 — Plancher-dalle en béton
- 5 — Revêtement de sol



déformées) ou manquantes étant remplacées.

La technique de plancher de doublage est généralement utilisée dans le cas de revêtements de sol plastique collés.

Un parquet mosaïque ou un parquet massif en lames courtes à l'anglaise de 10 mm, un tapis aiguilleté ou une moquette peuvent aussi être collés.

Planchers flottants en panneaux dérivés du bois

Le plancher flottant en panneaux dérivés du bois sera réalisé, de préférence au plancher de doublage, sur un vieux plancher stable que l'on souhaite conserver lorsque se posent des problèmes importants de niveau ou de planéité, ou des problèmes d'isolation thermique ou phonique.

Il constitue un ouvrage plan et continu, librement posé sur le plancher porteur avec interposition d'une couche de désolidarisation. Le choix du ou des matériaux de désolidarisation dépend de l'horizontalité et de la planéité de la structure.

La forme d'égalisation et/ou de désolidarisation réalisée en vermiculite exfoliée bitumée compactée est particulièrement adaptée dans le cas de rénovation car il n'y a pas apport d'humidité.

On utilisera exclusivement des panneaux de contreplaqués NF Extérieurs CTB-X de 12 mm minimum d'épaisseur ou des panneaux de particules CTB-H de 16 mm minimum.

Toutefois dans le cas de mise en œuvre d'un parquet collé ou non on pourra utiliser des panneaux de particules CTB-S.

La mise en œuvre des planchers flottants doit être exécutée conformément au DTU 51-3. La pose du revêtement de sol doit être effectuée immédiatement après la mise en œuvre des panneaux.

Le choix du revêtement (plastique, textile ou parquet) sur les planchers flottants comme sur les planchers de doublage doit être fait en respectant les « Recommandations pour l'emploi des revêtements de sol sur les planchers en bois ou en panneaux dérivés du bois » Annexe II du DTU 51-3.

Pour le carrelage, la pose collée à l'aide de mortier-colle sur un support en panneaux dérivés du bois n'est pas possible. Un procédé a été mis au point avec des colles époxydiques sur un panneau spécial offrant des performances supérieures vis-à-vis du comportement à l'humidité à celles des panneaux CTB-X ou CTB-H.

Dans le cas où l'on réalise une forme en vermiculite exfoliée bitumée compactée on peut poser un carrelage en traditionnel avec un minimum de 3 cm de mortier de pose (DTU 52-1).

Remplacement

Si le parquet est en très mauvais état et surtout s'il est instable, il doit être remplacé. Tout d'abord on dépose les vieux bois : lames ou planches, puis l'on vérifie l'état des solives ou des lambourdes :

— lambourdes en bon état : nettoyage et mise à niveau si nécessaire par des fourrures clouées sur les lambourdes ; si faux niveaux importants les lambourdes peuvent être rechargées par des lambourdes d'épaisseur variable ;

— lambourdes descellées : procéder à un nouveau scellement ;

— lambourdes vermoulues : les remplacer par des pièces neuves et procéder à leur scellement.

On peut interposer entre les lambourdes des matériaux isolants (en vrac, en rouleaux ou en panneaux) qui ne nécessitent pas d'apport d'humidité lors de leur mise en œuvre. Ceci pour assurer une isolation thermique et/ou phonique.

Ensuite deux cas sont possibles :

— pose d'un parquet à clouer de 23 mm d'épaisseur en lames massives, ou en lames contre collées vernies en usine conformément au DTU 51-1 ;

— pose d'un panneau de particules ou d'un contreplaqué conformément au DTU 51-3.

Pour le choix et la pose de revêtements de sol on procède comme dans le cas précédent.

LES COMPOSANTS PPB DANS LA RÉNOVATION

LE MARCHÉ DE LA RÉNOVATION

Le terme de rénovation concerne les travaux allant de la plus simple modernisation jusqu'à la restructuration la plus complète d'un bâtiment existant incluant les planchers et, plus généralement, la structure. Ces marchés sont réalisés en très grande partie par les artisans.

L'utilisation des composants PPB offre des solutions économiques et techniques performantes, tout en apportant une facilité de mise en œuvre.

Bien que chaque chantier soit un cas particulier, on retrouve des impératifs communs à toute opération de rénovation, c'est-à-dire :

- Des conditions de levage et d'accessibilité nécessitant des méthodes de travail particulièrement adaptées à ces types de chantier, ainsi que l'utilisation de composants de faible poids et d'encombrement réduit.
- Des solutions techniques et économiques adaptées aux bâtiments, qui imposent souvent de faire appel aux éléments industrialisés.
- Délais réduits à respecter, pour permettre la nouvelle utilisation des locaux.

Sans coffrage, sans moyen de levage important : LA POUTRE PPB 715 MANUPORTABLE et LE POTEAU PPB MANUPORTABLE

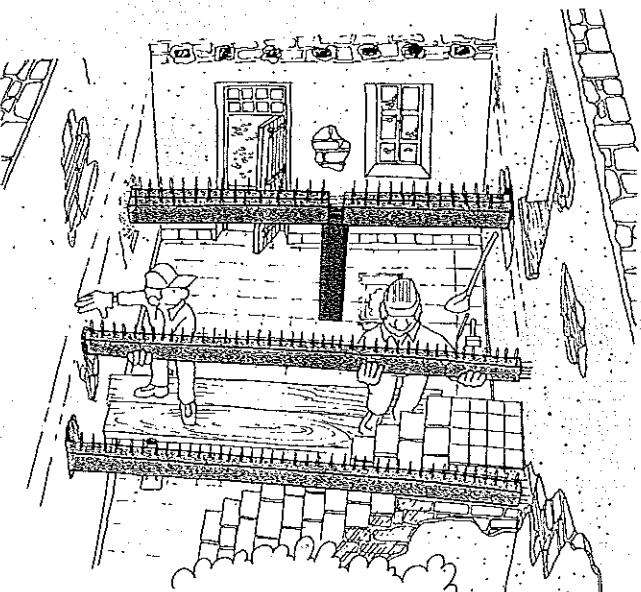
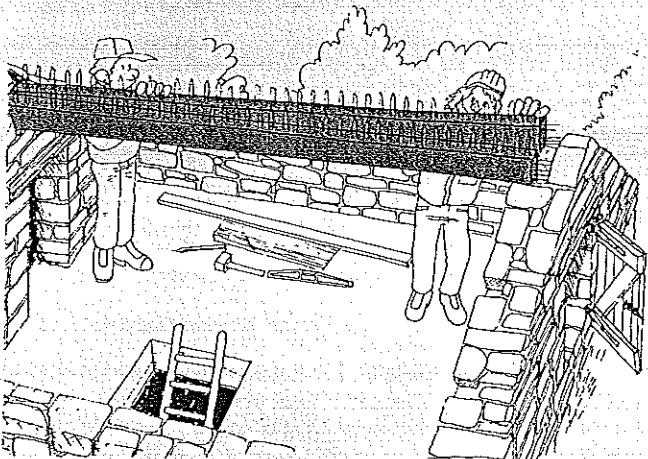
La POUTRE PPB 715 MANUPORTABLE et LE POTEAU PPB se prêtent particulièrement bien à la rénovation de bâtiments anciens. Leur toute première qualité est d'éviter le coffrage, long et coûteux en béton armé. Leur poids (100 à 130 kg pièce) les destine à tous les chantiers dépourvus de moyen de levage : selon leur longueur, ils sont mis en œuvre aisément par deux ou trois personnes.

Les dimensions standardisées, la couverture de l'assurance décennale, leur ouvrent une large gamme d'emplois.

La PPB 715 MANUPORTABLE est disponible sur stock chez votre Partenaire de Franchise PPB, en longueurs de 2,40 à 4 mètres et le POTEAU PPB, de 2 à 2,40 m.

Ils vous seront livrés en même temps que vos poutrelles et entrez-vous lors de l'approvisionnement de votre chantier.

- Poutre de sous-sol employée jumelée, supprimant ainsi le mur de refend (large surface disponible).
- Poutre de sous-sol employée seule, dans le cas où celle-ci ne supporte qu'un seul plancher.
- Poutre faîtière employée jumelée dans le cas d'un toit à double pente.
- Poteaux dont les usages sont illustrés page 44.

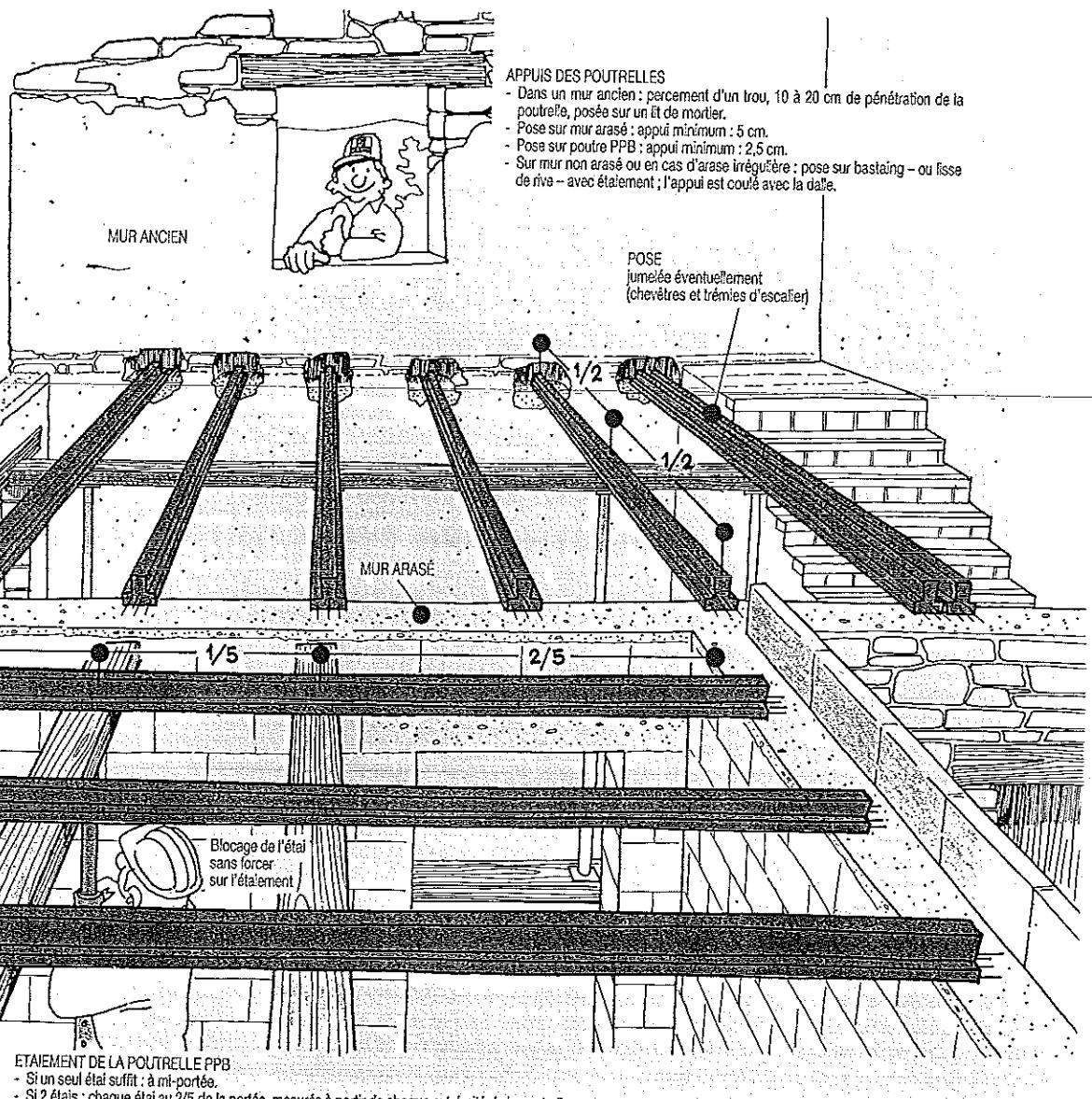


**POUTRE PPB 715
MANUPORTABLE :**
voir également en pages 11 et 12.

POTEAU PPB MANUPORTABLE :
voir pages 10 et 44.

MANUTENTION

Les poutrelles PPB sont déchargées aisément grâce au bras de levage du camion de votre Partenaire de Franchise.

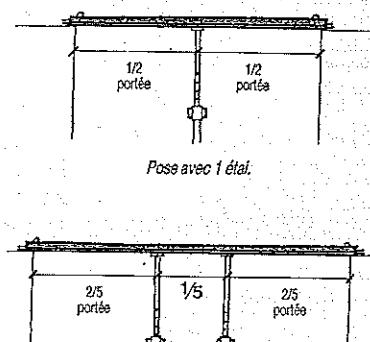
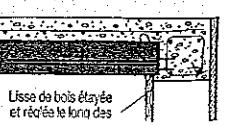


Pose recommandée

Planeche béton ou brique creuse sur agglos béton ou sur briques en terre cuite conformément au DTU n° 20.1.



Pose admise



Charges au mètre d'étais		
Épaisseur du plancher en cm	Nombre de nœuds d'étai	Charge Kg au m d'étais L'étai la portée en m
16	1	115L
18	1	135L
20	1	150L
24 et 25	1	170L
24 et 25	2	100L

Création d'ouvertures ? Aidez-vous grâce au PRÉLINTEAU PPB ou la POUTRE DE GARAGE 20 X 20



Lorsqu'une ouverture est à créer, simplifiez-vous le travail en employant le PRÉLINTEAU PPB PRÉCONTRAINTE ou une POUTRE DE GARAGE 20 x 20.

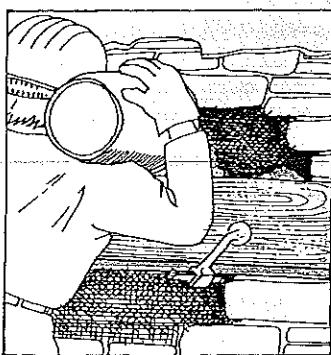
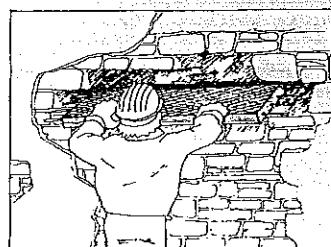
Sur la moitié de l'épaisseur du mur, effectuez une saignée de la dimension de votre ouverture à créer, plus 20 cm de part et d'autre. Ces 40 cm serviront d'appui à votre prélinteau ou à votre poutre.

Engagez votre prélinteau ou votre poutre en plaçant leur surface rugueuse vers le haut. Bétonnez le vide restant afin de stabiliser la construction située au-dessus du composant PPB.

Renouvez la même opération en vis-à-vis sur l'autre moitié de l'épaisseur du mur.

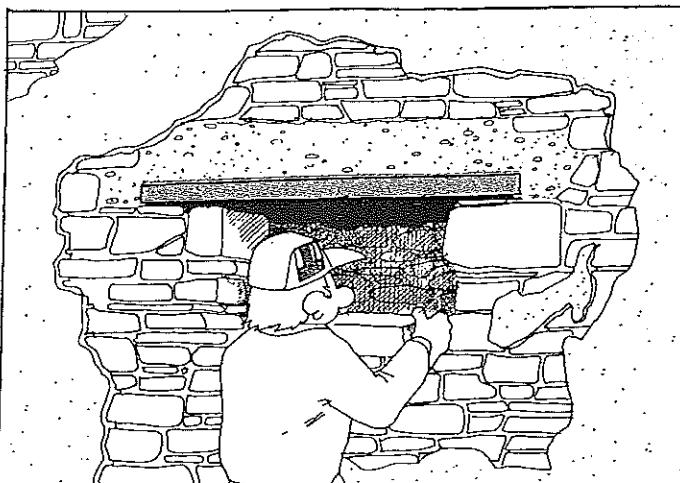
Une fois vos 2 prélinteaux ou vos 2 poutres ainsi posés, vous pouvez en toute sécurité percer votre ouverture. Cette technique vous est familière.

L'avantage de cette façon de procéder est l'interruption du travail (économie du coffrage d'une poutre en béton armé).

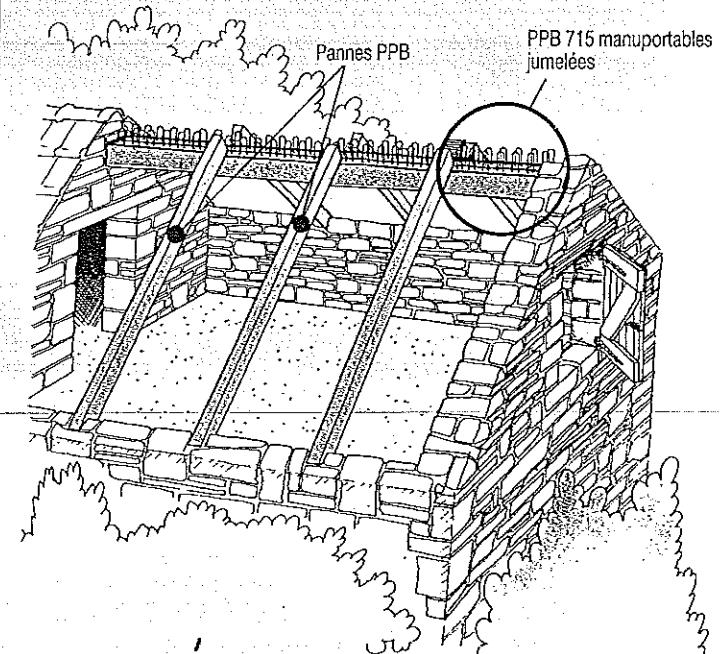
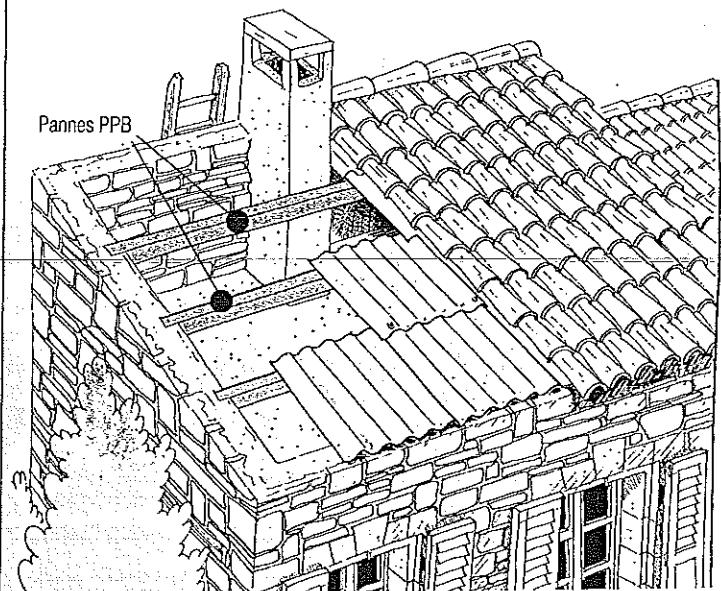


Les PRÉLINTEAUX et les POUTRES PPB sont disponibles et vous seront livrés en même temps que vos planchers PPB.

PRÉLINTEAUX PPB et POUTRES DE GARAGE PPB : voir page 12.



Une charpente modèle, sous le charme d'une toiture classique : POUTRES PPB 715 MANUPORTABLES et PANNES DE TOITURE PPB



Lors de la rénovation de toiture, l'association POUTRES PPB 715 MANUPORTABLES et PANNES DE TOITURE PPB répondra à toutes les difficultés rencontrées sur vos chantiers quelle que soit votre région. Les pannes précontraintes PPB ne nécessitent aucun entretien, n'étant pas attaquées par les insectes.

Leur stabilité au feu pendant une durée d'une demi-heure (sans aucune protection supplémentaire) est la réponse aux normes de sécurité en vigueur.

Les PANNES DE TOITURE PPB précontraintes peuvent être posées soit :

- perpendiculairement au faîtage lors d'un toit à pente double avec la poutre PPB 715 Manuportable en faîtage,
- parallélement au faîtage. Ici les murs porteurs servent aussi de support aux matériaux de recouvrement.

POUTRES PPB 715 MANUPORTABLES : voir aussi en pages 11 et 12.
PANNES DE TOITURE PPB : voir aussi en page 14.

La rénovation des toitures peut également se réaliser avec des poutrelles et entrevois PPB. Voir page 14.

ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

2.1 - CHARPENTES /

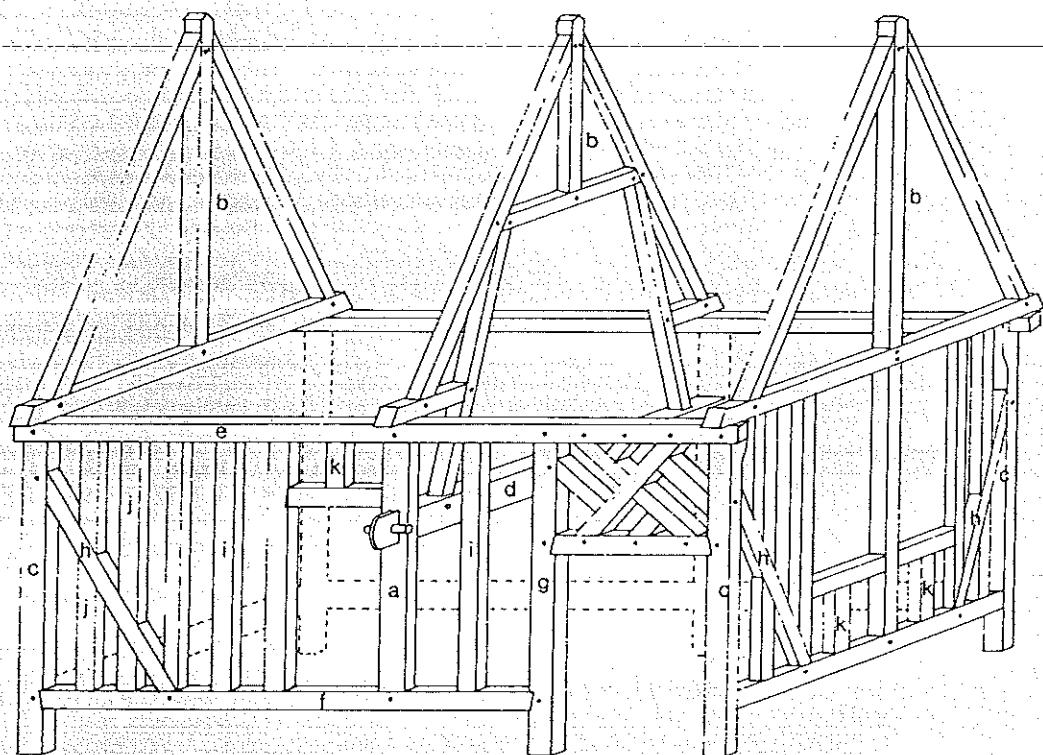
CONSTRUCTIONS EN BOIS

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient

rénovation des constructions en bois



1 Interventions permanentes d'entretien assurant l'hygiène du comble

Les interventions sont à prévoir à trois niveaux : couverture, ventilation, environnement.

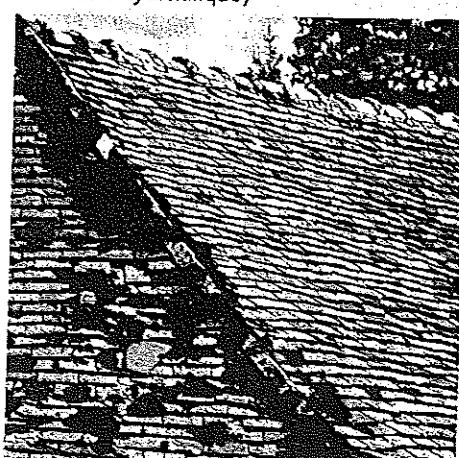
la couverture :

- visite annuelle comprenant :
- la recherche de matériaux de couverture poreux, cassés ou déplacés
 - l'entretien des conduits de fumée et des souches
 - le nettoyage des gouttières chêneaux et descentes d'eaux pluviales avec la vérification, à la naissance de celles-ci, de la présence de crapaudine.



la ventilation :

- assurer en sous-face de la couverture par des châtières ou prises d'air hautes et basses, la ventilation des bois (éviter le confinement qui favorise le développement de la pourriture)
- ne pas sceller les bois ou les enfermer dans des mortiers ou enduits rétenteurs d'eau (plâtre) ou peu respirants (ciment chaux hydraulique)



l'environnement :

- combattre la prolifération des mousses sur les tuiles, contrôler le développement des plantes grimpantes qui risquent de soulever les matériaux de couverture.

2 Interventions légères

Elles commencent par la suppression des causes d'humidification des bois et la préservation de l'hygiène du comble.

Elles peuvent être pratiquées par le non spécialiste uniquement sur des attaques superficielles des bois. Précisons qu'un très grand nombre de charpentes anciennes correctement couvertes et ventilées ne souffrent d'aucun désordre grave mais seulement d'attaques sur les aubiers. Dans ce cas prévoir un nettoyage par action mécanique énergique suivie d'un badigeon des pièces avec des produits dérivés du phénol, des créosotes, des hydrocarbures, etc. Des imprégnations successives et répétitives garantiront la durabilité des bois.

Suivant les recommandations du CTB deux risques essentiels sont à prendre en compte au moment du traitement :

- la toxicité des produits
- l'inflammabilité des produits

Toxicité

Il faut prévoir des précautions lors de la manipulation du produit : le port de gants, masque, tablier ; il faut se laver les mains après les applications, ne pas mettre d'aliments au voisinage des produits, bien entendu éviter d'en ingérer.

En cas de contamination accidentelle ; pour l'épiderme, il faut procéder essentiellement à un lavage aussi soigneux que possible ; pour les yeux, à des rinçages abondants.

En cas d'ingestion, contacter le centre anti-poison de la région.

Inflammabilité

C'est une notion a priori plus claire que celle de toxicité.

Toutefois, le risque réel encouru au cours d'un traitement curatif de charpentes est moins facile à définir qu'il n'y paraît.

Les solvants s'enflamment « facilement ». En fait, pour qu'un solvant pétrolier s'enflamme, il est nécessaire que les trois conditions suivantes soient réunies :

- un mélange air/solvant (si l'on plonge un papier enflammé dans du white spirit il s'éteint),
- une température suffisante,
- une flamme ou une étincelle.

Ce fait limite en pratique le risque d'incendie.

3 Interventions lourdes

Elles commencent également par la suppression des causes d'humidification des bois et la préservation de l'hygiène du comble.

Elles doivent être pratiquées par des professionnels car elles nécessitent un ensemble complexe de mesures adaptées à chaque cas particulier. Indépendamment du recours au **charpentier spécialisé** (et non à celui du maçon) on s'adressera à un applicateur disposant de l'agrément CTB (*) qui assure une garantie de résultat des traitements.

Ces traitements comprennent par exemple :

1 contre la MERULE (champignons)

- la dépose et le brûlage de tous les bois mérulés
- le grattage profond des joints et des enduits douteux situés à proximité
- le brûlage à la lampe à souder de toutes les surfaces présentant des organes de champignons (filaments, coussinets, fructifications)
- l'imprégnation des maçonneries avec un produit fongicide puissant
- le traitement en profondeur des bois par injection d'un fongicide puissant.

2 contre les TERMITES (insectes)

Dans le cas des termites comme dans celui de la mérule, des mesures générales concernant l'ensemble de l'édifice concerné sont indispensables. Le traitement appliqué dès la détection des agressions se déroulera en trois phases :

- assèchement du bâtiment
- suppression des voies d'accès des insectes et création de barrières chimiques
- traitement simultané de l'ensemble d'un bloc d'imméubles (si ceux-ci sont mitoyens) ou d'un seul bâtiment s'il est isolé
- à la suite des travaux, contrôle permanent du bâtiment et si nécessaire utilisation de traitements de rappel dans le cas d'un retour offensif des termites.

traitements des bois

prévention

Certaines précautions simples sont à prendre pour prévenir au mieux l'apparition des champignons et l'attaque des insectes xylophages :

- ne pas laisser les billes de bois à terre après l'abattage, mais les poser sur rondins,
- ne pas les stocker en forêt à la période de ponte des insectes xylophages (fin du printemps et début de l'été),
- éviter toutes les causes d'humidité,
- stocker les billes dans un endroit sain et bien drainé,
- pour se protéger des termites, on ménagera un soubassement de béton dans la fabrication duquel on aura incorporé un produit anti-termites.

traitements

Outre ces précautions, on utilisera des produits spéciaux, tels que fongicides et insecticides. Les bois peuvent être protégés des échauffements et moisissures par badigeonnage avec des liquides antiseptiques. Il existe dans le commerce des produits prêts à l'emploi qui permettent en une seule opération de teinter le bois et de le protéger contre les insectes, l'humidité et les intempéries.

Ces produits sont passés par badigeon au pinceau sur les bois de faible épaisseur et de petite surface. Ils sont passés à la brosse ou par pulvérisation sur les plus grandes surfaces, par injection ou imprégnation sur les bois de grosses sections. Les parties non visibles (assemblage, encastrement) doivent être particulièrement bien traitées.

Les produits antiseptiques sont à base de sulfate de cuivre, chlorure de zinc, fluorure de sodium et de potassium, carbonil, ou de produits nouveaux, tels que les dinitrophénols, et les pentachlorophénols. L'imprégnation pro-

fonde faite par le passage des pièces en autoclave est naturellement beaucoup plus efficace qu'un simple traitement de surface. Les feuillus s'injectent plus facilement que les résineux. Certaines essences (chêne et sapin) sont réfractaires à l'imprégnation profonde ignifugation ou protection contre le feu.

Les bois de fortes sections sont moins vulnérables à l'action du feu que l'acier. Protégé par sa couche de carbone, il résiste plus longtemps aux effets du feu. Par contre, les bois de petites sections n'ont aucune tenue au feu et s'enflamment facilement. Un revêtement de plâtre est efficace pour empêcher la combustion des bois.

Une épaisseur de 16 mm offre une résistance de 20 minutes, tandis qu'une épaisseur de 50 mm offre une résistance de 3 heures.

Pour protéger les bois du feu, on peut également les ignifuger. Cette ignifugation peut être faite dans les autoclaves par trempage dans des sels ammoniacs, des phosphates, des chlorhydrates, des bicarbonates. Cette ignifugation peut se faire également par recouvrement d'enduit à base de borates, de peinture au caoutchouc chloré. Ce dernier procédé est moins coûteux et résiste mal aux intempéries en extérieur.

durée de vie des bois

La durée de vie moyenne des bois de charpente est la suivante :

- bois au contact du sol : moins de quatre ans pour le sapin, l'épicéa et le peuplier, plus de dix ans pour le mélèze, le pin, le chêne et le châtaignier.
- bois extérieur sans contact avec le sol : de trente à cinquante ans pour le sapin, l'épicéa et le peuplier, de soixante à cent vingt ans pour le mélèze, l'orme et le châtaignier.
- bois intérieur abrité de l'humidité : la durée de vie de ces bois est illimitée.

amélioration des bois

Les qualités des bois peuvent être améliorées par différents traitements. Mis à part le séchage, le désèvage, l'imprégnation par des produits antiseptiques, certains produits peuvent transformer le bois en un matériau

dimensions normalisées des débits de bois

Nature des débits	Essences	Dimensions		
		Epaisseurs	Largeurs	Longueurs
Feuillets et planches alignés parallèles	Sapin, épicéa, pin sylvestre.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45,	115 et +	200 et + par tiers de mètre
	Pin maritime.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45,	75 et +	
	Chêne.....	8, 10, 12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45, 55.	105 et +	50 à 95 par multiples de 5.
	Peuplier.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35.	115 et +	100 et + par multiples de 10.
Plateaux	Chêne.....	65, 75, 90, 105, 120,	75 et +	idem
Frises, planchettes	Sapin, épicéa, pin sylvestre.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40,	75, 85, 95,	200 et + par tiers de m.
	Chêne, châtaignier.....	26, 30, 35.	105	50 à 95 par multiples de 5.
Madriers	Sapin, épicéa, pin sylvestre.....	75 x 205, 75 x 225, 105 x 225.	65, 75, 85,	200 et + par tiers de m.
Bastaings	Pin maritime.....	75 x 205, 75 x 225.	95, 105, 115	
	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze, pin maritime.....	55 x 155, 65 x 165, 65 x 185		idem
Chevrons	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze, pin maritime.....	55 x 65, 55 x 75, 65 x 75, 75 x 75, 75 x 105	105	idem
	Chêne.....	40 x 40, 55 x 55, 65 x 65, 65 x 75, 75 x 75, 75 x 105, 90 x 90, 105 x 105, 120 x 120.	120	75 à 95 par multiples de 5. 100 et + par multiples de 10.
Lambourdes	Chêne.....	26 x 75, 35 x 75.		idem
Voliges	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze.....	12 x 105		200 et + par tiers de m.
Planches d'échafaudages	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze.....	40 x 205		idem
Planches lorraines	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze.....	26 x 305, 35 x 305.		300 et + par tiers de m.

Les dimensions sont indiquées en millimètres pour les épaisseurs et les largeurs, et en centimètres pour les longueurs.

traitements des bois

prévention

Certaines précautions simples sont à prendre pour prévenir au mieux l'apparition des champignons et l'attaque des insectes xylophages :

- ne pas laisser les billes de bois à terre après l'abattage, mais les poser sur rondins,
- ne pas les stocker en forêt à la période de ponte des insectes xylophages (fin du printemps et début de l'été),
- éviter toutes les causes d'humidité,
- stocker les billes dans un endroit sain et bien drainé,
- pour se protéger des termites, on ménagera un soubassement de béton dans la fabrication duquel on aura incorporé un produit anti-termites.

traitements

Outre ces précautions, on utilisera des produits spéciaux, tels que fongicides et insecticides. Les bois peuvent être protégés des échauffements et moisissures par badigeonnage avec des liquides antiseptiques. Il existe dans le commerce des produits prêts à l'emploi qui permettent en une seule opération de teinter le bois et de le protéger contre les insectes, l'humidité et les intempéries.

Ces produits sont passés par badigeon au pinceau sur les bois de faible épaisseur et de petite surface. Ils sont passés à la brosse ou par pulvérisation sur les plus grandes surfaces, par injection ou imprégnation sur les bois de grosses sections. Les parties non visibles (assemblage, encastrement) doivent être particulièrement bien traitées.

Les produits antiseptiques sont à base de sulfate de cuivre, chlorure de zinc, fluorure de sodium et de potassium, carbonil, ou de produits nouveaux, tels que les dinitrophénols, et les pentachlorophénols. L'imprégnation pro-

fonde faite par le passage des pièces en autoclave est naturellement beaucoup plus efficace qu'un simple traitement de surface. Les feuillus s'injectent plus facilement que les résineux. Certaines essences (chêne et sapin) sont réfractaires à l'imprégnation profonde ignifugation ou protection contre le feu.

Les bois de fortes sections sont moins vulnérables à l'action du feu que l'acier. Protégé par sa couche de carbone, il résiste plus longtemps aux effets du feu. Par contre, les bois de petites sections n'ont aucune tenue au feu et s'enflamment facilement. Un revêtement de plâtre est efficace pour empêcher la combustion des bois.

Une épaisseur de 16 mm offre une résistance de 20 minutes, tandis qu'une épaisseur de 50 mm offre une résistance de 3 heures.

Pour protéger les bois du feu, on peut également les ignifuger. Cette ignifugation peut être faite dans les autoclaves par trempage dans des sels ammoniacs, des phosphates, des chlorhydrates, des bicarbonates. Cette ignifugation peut se faire également par recouvrement d'enduit à base de borates, de peinture au caoutchouc chloré. Ce dernier procédé est moins coûteux et résiste mal aux intempéries en extérieur.

durée de vie des bois

La durée de vie moyenne des bois de charpente est la suivante :

- bois au contact du sol : moins de quatre ans pour le sapin, l'épicéa et le peuplier, plus de dix ans pour le mélèze, le pin, le chêne et le châtaignier.
- bois extérieur sans contact avec le sol : de trente à cinquante ans pour le sapin, l'épicéa et le peuplier, de soixante à cent vingt ans pour le mélèze, l'orme et le châtaignier.
- bois intérieur abrité de l'humidité : la durée de vie de ces bois est illimitée.

amélioration des bois

Les qualités des bois peuvent être améliorées par différents traitements. Mis à part le séchage, le désèvage, l'imprégnation par des produits antiseptiques, certains produits peuvent transformer le bois en un matériau

dimensions normalisées des débits de bois

Nature des débits	Essences	Dimensions		
		Epaisseurs	Largeurs	Longueurs
Feuillets et planches-alignés parallèles	Sapin, épicéa, pin sylvestre.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45,	115 et +	200 et + par tiers de mètre
	Pin maritime.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45,	75 et +	
	Chêne.....	8, 10, 12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45, 55,	105 et +	
	Peuplier.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35,	115 et +	50 à 95 par multiples de 5.
Plateaux	Chêne.....	75 et +	100 et + par multiples de 10.	
		155 et +		idem
Frises, planchettes	Sapin, épicéa, pin sylvestre.....	12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40,	75, 85, 95,	200 et + par tiers de m.
	Chêne, châtaignier.....	26, 30, 35,	105	50 à 95 par multiples de 5.
Madriers	Sapin, épicéa, pin sylvestre.....	75 x 205, 75 x 225, 105 x 225.		200 et + par tiers de m.
	Pin maritime.....	75 x 205, 75 x 225.		
Bastaings	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze, pin maritime.....	55 x 155, 65 x 165, 65 x 185		idem
Chevrons	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze, pin maritime.....	55 x 65, 55 x 75, 65 x 75, 75 x 75, 75 x 105		idem
	Chêne.....	40 x 40, 55 x 55, 65 x 65, 65 x 75, 75 x 75, 75 x 105, 90 x 90, 105 x 105, 120 x 120.		75 à 95 par multiples de 5. 100 et + par multiples de 10.
Lambourdes	Chêne.....	26 x 75, 35 x 75.		idem
Voliges	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze.....	12 x 105		200 et + par tiers de m.
Planches d'échafaudages	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze.....	40 x 205		idem
Planches lorraines	Sapin, épicéa, pin sylvestre, mélèze.....	26 x 305, 35 x 305.		300 et + par tiers de m.

Les dimensions sont indiquées en millimètres pour les épaisseurs et les largeurs, et en centimètres pour les longueurs.

nouveau. En effet, les bois peuvent être imprégnés dans la masse par des résines synthétiques (bakélite, mélamine). Cette opération se fait en autoclave à une température de 150 degrés. Les bois peuvent être également compressés, en vue d'augmenter leur densité (densification).

séchage des bois

Un bois, pour être utilisé, doit être sec, c'est-à-dire ne pas comporter plus de 22 % d'humidité. A ce stade il continue de sécher, jusqu'au moment où il atteint un degré d'équilibre entre son taux d'humidité propre et celui contenu dans l'atmosphère. Ce taux d'équilibre se situe entre 13 et 17 % d'humidité.

séchage naturel

Le bois peut sécher naturellement en restant exposé à l'air. Une fois sciées, les pièces de bois sont empilées sur le chantier, séparées les unes des autres par des liteaux. Ces piles sont protégées des intempéries et du soleil par des bâches pour éviter que le bois ne se fende en séchant trop rapidement. Le séchage naturel demande un an par centimètre d'épaisseur pour les bois durs, et six mois par centimètre

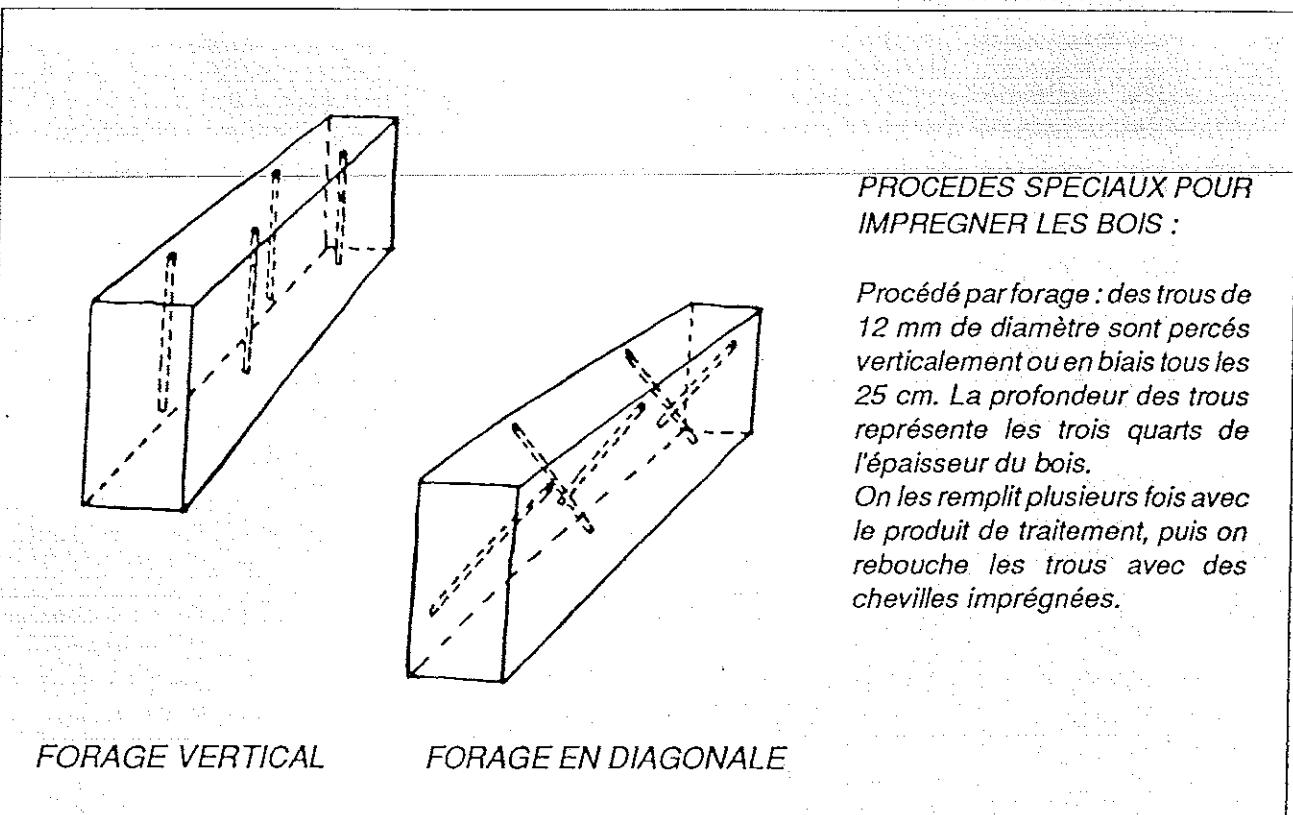
d'épaisseur pour les bois tendres. Ces temps approximatifs varient en fonction de la température ambiante. Le séchage naturel est lent, ce qui pose des problèmes de stockage (frais de manutention et surveillance).

séchage artificiel

Les bois sont introduits dans des sèchoirs où circule un air chaud ventilé mécaniquement ou naturellement. Ces traitements ne peuvent pas s'appliquer sur tous les bois. Le principe du séchoir tunnel convient particulièrement aux résineux. Le temps de séchage varie de 15 à 20 jours suivant les épaisseurs et les essences des bois.

désèvage

Ce procédé précède en général le séchage. L'étuvage est pratiqué dans des températures voisines de 100 degrés. Il permet de détruire les insectes et les champignons. Il a pour inconvénient de donner, parfois, après séchage, des bois dont le taux d'humidité est inférieur au taux normal. Le lessivage, qui consiste à immerger le bois pendant plusieurs mois dans l'eau courante, est un moyen naturel de désèvage.



ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

3 - REFECTION DES FACADES ENDUITES

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient

RÉFECTION DES FAÇADES ENDUITES

Quand nous abordons une réfection de façade enduite il est primordial de reconnaître si nous sommes dans le cas d'une façade « ancienne » ou « moderne ».

Les enduits anciens réalisés approximativement avant 1850 étaient en général constitués soit :

- de plâtre grossier pour extérieur sans sable (avec beaucoup d'impuretés) ;
- de mortier de chaux aérienne ou de chaux naturelle très faiblement hydraulique.

Les enduits contemporains qui s'affirment à partir de 1920 (point de départ de leur essor) sont constitués principalement de mortiers de ciment ou de chaux hydraulique artificielle.

La période intermédiaire 1850 à 1920 constitue une période de transition où l'on voit progressivement apparaître les ciments et les chaux hydrauliques au détriment de la chaux aérienne.

Enfin dans tous les cas, l'enduit dont le rôle principal est de protéger le mur sur lequel il est appliqué, doit avoir des caractéristiques physiques aussi proches que possible de celles de son support, et en particulier de celles du mortier de hourdage : par exemple, une maçonnerie hourdée au plâtre ou à la chaux doit logiquement recevoir un enduit au plâtre ou à la chaux.

ENDUITS AU MORTIER DE CHAUX

La chaux aérienne

Les chaux aériennes ont sans doute été les premiers liants (avec le plâtre) utilisés en Europe et dans d'autres parties du monde.

Elles résultent : de la cuisson à une température de l'ordre de 950 à 1 000°C d'un calcaire ou d'un calcaire magnésien ou d'une dolomie, pratiquement purs, extraits de la carrière, puis de l'extinction à l'eau de la chaux vive (oxyde de calcium) ainsi obtenue.

Elles contiennent essentiellement de l'hydroxyde de calcium et éventuellement de l'hydroxyde de magnésium. Elles sont qualifiées d'« aériennes » parce qu'elles ne durcissent qu'au contact du gaz carbonique de l'air et non de l'eau.

Certaines roches calcaires comportent un pourcentage plus ou moins important d'impuretés argileuses ou siliceuses.

Ces dernières n'ont aucun pouvoir de liaison si la température de cuisson demeure inférieure à 1 000°C. Par contre, sous l'effet d'une cuisson à une température plus élevée (supérieure à 1 150°) ces impuretés commencent à se combiner chimiquement avec la chaux pour donner un mélange final doté de propriété de durcissement à la fois par l'air et par l'eau dans des proportions variables suivant la composition originelle de la roche utilisée. Ces proportions sont définies par l'indice d'hydraulicité.

La norme NF P 15-510 de juin 1981 donne une définition des chaux aériennes pour le bâtiment et distingue provisoirement (1) différents types de chaux suivant sa teneur en oxyde de magnésium.

- chaux calcaire si cette teneur $\leq 5\%$;
- chaux magnésienne pour $5\% < \text{teneur} \leq 34\%$;
- chaux dolomitique pour $34\% < \text{teneur} < 41,6\%$.

La résistance à la rupture par compression des mortiers de chaux aérienne est fonction du type et de la quantité de chaux utilisée et de l'âge du mortier (la carbonatation étant un phénomène relativement lent). Nous donnons ici, à titre

liquides naturelles suivant les résistances minimales garanties en compression à 7 et à 28 jours.

Désignation abrégée (cliquer)	Résistance minimale à la compression (daN/cm ²)	
	à 7 jours	à 28 jours
XHN 30	10	30
XHN 60	30	60
XHN 100	50	100

(1 daN/cm² ≈ 1 bar)

La chaux hydraulique artificielle

Les chaux hydrauliques artificielles ne sont pas des chaux au sens propre du terme, mais en fait des ciments de faible résistance.

La chaux hydraulique artificielle est obtenue par mélange de clinker, de ciment portland et de poudres inertes. La norme NF P 15-312 (d'octobre 1969) distingue deux classes suivant la résistance minimale garantie en compression à 7 et à 28 jours.

Désignation abrégée (cliquer)	Résistance minimale à la compression (daN/cm ²)	
	à 7 jours	à 28 jours
XHA 60	30	60
XHA 100	50	100

(1 daN/cm² ≈ 1 bar)

Le sable

Autrefois, les matériaux de construction : pierre, brique, tuiles,... étaient extraits ou réalisés localement. Ainsi les enduits étaient naturellement réalisés avec les sables les plus proches, qu'ils soient de rivière ou de carrière. Il en résultait une grande harmonie dans les teintes avec des nuances dans les enduits dues à de légères différences de provenances, de dosage, d'exécution et de patine liée à l'âge.

Aujourd'hui, lorsqu'on restaure un ensemble de bâtiments, il est d'usage de mélanger plusieurs provenances de sables judicieusement choisis, afin de respecter la gamme des tons du site considéré.

L'utilisation de sables non lavés doit être faite avec prudence. En effet, certaines impuretés peuvent être nuisibles à la bonne tenue de l'enduit (exemple : terre, acide humique, divers produits de décomposition de matières organiques, etc., peuvent provoquer des efflorescences ou des effritements d'enduits).

indicatif, des ordres de grandeur moyens pour un mortier composé d'un volume de chaux et de trois volumes de sable par exemple.

La chaux hydraulique naturelle

Dès 1820 en France, VICAT remarqua que les chaux aériennes qui contenait une certaine proportion d'argile durcissaient sous l'eau (contrairement à une chaux aérienne pure), en conséquence cette chaux fut appelée « hydraulique ». Ainsi, ce nouveau liant connut un essor très important en France à partir de 1850.

La chaux hydraulique naturelle est obtenue par cuisson de calcaires naturels plus ou moins argileux (ou de calcaire marneux). L'extinction de la chaux vive laisse des éléments durs de silicates et d'aluminates de chaux qui doivent être broyés. Ce sont ces éléments qui permettent le durcissement sous l'eau de ce liant.

La norme NF P 15-310 (d'octobre 1969) distingue trois classes de chaux hydrau-

(1) En attendant la parution d'une normalisation de la classification de l'ensemble des chaux.

Composition et principales caractéristiques des enduits à la chaux

• Enduits à la chaux aérienne sur façades anciennes

Le guide technique « Les enduits de façades » établi par l'UNM (Union nationale de la maçonnerie) en 1973, donne des dosages de mortier pour enduits couramment appliqués :

— mortier normal : 900 litres de sable pour 450 litres de pâte de chaux ;

Leur porosité est assez élevée : de l'ordre de 35 %. Ainsi, de tels mortiers sont très perméables à la vapeur d'eau et laissent facilement « respirer » les *maçonneries* (leur perméabilité est au moins trois fois supérieure à celle d'un enduit cimenté).

Par contre, ils peuvent être facilement délavés et désagrégés par les eaux de ruissellement tant que la couche superficielle n'est pas suffisamment carbonatée pour assurer une protection efficace. Ainsi, des précautions particulières s'imposent pendant quelques temps après une exécution en climat pluvieux. Une protection contre la pluie peut être réalisée par une bâche (et non pas par un

caractérisent par des murs peu épais en maçonnerie, montés au mortier de chaux hydraulique ou de ciment.

Dans ce cas, il est légitime de rechercher à améliorer la résistance de l'enduit à la pénétration de la pluie.

Pour ce faire, à condition que le support le permette, nous pouvons réaliser :

— *en première couche* : un gobetis de ciment ;

— *en deuxième couche* : un corps d'enduit en mortier bâtarde, ou en mortier de chaux hydraulique ;

— *en troisième couche* : chaux aérienne, ou chaux hydraulique colorée suivant la qualité esthétique de la finition recherchée.



1 — mortier maigre : 900 litres de sable pour 250 à 300 litres de pâte de chaux ; sans préciser le domaine d'application de chacun.

De tels mortiers présentent une bonne déformabilité. Contrairement aux enduits à base de ciment ou de chaux hydraulique artificielle, ils peuvent subir certains mouvements du support sans se fissurer, et conviennent donc bien par exemple à des maçonneries de pierres tendres (fig. 1 à 6).

Les résistances mécaniques de ces mortiers à 28 jours demeurent très faibles mais augmentent progressivement dans le temps au fur et à mesure que la carbonatation se fait en profondeur.

2



Fig. 1.2.3.4 - Exemples de façades enduites à la chaux aérienne

film polyane qui empêche le passage de l'air nécessaire à la carbonatation).

Enfin, rappelons que ces enduits craignent le gel, aussi est-il nécessaire d'éviter leur mise en œuvre en période hivernale.

• Enduits à la chaux hydraulique sur façades modernes

Contrairement au bâti ancien qui comporte en général des murs très épais, les constructions récentes se

ENDUITS AU MORTIER DE PLATRE ET CHAUX

Ce sont des enduits au plâtre dans lesquels on ajoute une certaine quantité de chaux aérienne pour leur donner la qualité des enduits plâtre anciens pour l'extérieur.

Il est fréquent d'observer, quelques années seulement après des réparations

RÉFÉCTION DES FAÇADES ENDUITES

superficielles d'enduits au plâtre peint, la fissuration de la peinture nouvellement appliquée. Un enroulement des bords forme des bourrelets inesthétiques qui préparent à un décollement généralisé.

La mise en peinture du plâtre conduit souvent à un appauvrissement du « pouvoir respirant » du plâtre qui risque de compromettre dans une certaine mesure sa durabilité.

Le plâtre mis à nu apparaît souvent mois, il se désagrège, s'effrite, et de nombreuses et grosses fissures atteignent parfois le support de maçonnerie. La dégradation est particulièrement accentuée dans les zones de stagnation ou de rejaillissement d'eau, par exemple au-dessus des bandeaux ou des corniches à pente trop faible, au niveau d'un parcours horizontal de descente d'eau entourée de plâtre.

Des tensions excessives se produisent entre le plâtre et son support, et par suite de la fragilité de cette liaison des décollements et des fissures en résultent.

La tentation est alors grande devant la dépense élevée d'une remise en peinture périodique, de remplacer les enduits au plâtre par des mortiers de ciment ou mortiers bâtards.

De tels mortiers, riches en ciments, appauvrissement également de façon très sensible le « pouvoir respirant » des murs et compromettent dangereusement leur durabilité.

De nombreuses façades anciennes avaient ainsi reçu un mortier grillagé, après un coûteux décapage du plâtre et un piochage des joints entre moellons. L'enduit s'est assez fréquemment mal comporté en raison :

- des condensations internes derrière l'enduit ;
- de sa raideur ;
- de son retrait hydraulique ;
- de sa dilatation thermique assez différente de celle du support (par exemple, en moellons de pierre ou en briques pleines) ;

et également si le décapage précédent n'a pas été correctement effectué.

Les façades mouillées par la pluie subissent des infiltrations. Il semble alors raisonnable de revenir à des liants anciens (ou similaires) qui allient les qualités techniques et esthétiques.

Dans un passé récent, on constatait souvent sur chantiers que les maîtres d'ouvrage et entrepreneurs ne connaissaient plus que le plâtre fin de construction recouvert de peinture.

Ce plâtre est le même que pour les enduits intérieurs des bâtiments. Sa nature, sa finesse, exigent beaucoup d'eau et procurent des enduits poreux et sensibles à la pluie. Un tel enduit, s'il n'est pas peint, perd rapidement sa duré et sa structure cristalline se désorganise. Les coulures d'eau dissolvent le plâtre fin ordinaire et le creusent d'autant plus rapidement que l'atmosphère est plus acide. L'eau imbibé le plâtre et le fait gonfler, contribuant ainsi à sa désagrégation. Par ailleurs, le coefficient de dilatation thermique élevé (4 à 5 fois celui de la pierre ou de la brique) du plâtre pur contribue à la naissance de profondes fissures.

L'eau de pluie peut avoir pénétré dans

des zones mal protégées ou dépourvues totalement de protection. En pied de bâtiment, l'humidité des sols peut se propager dans les murs par ascension capillaire. Les locaux humides sont, en plus, souvent le siège de condensations. Ainsi le plâtre s'humidifie, ses caractéristiques mécaniques baissent, il gonfle et la tenue du revêtement devient précaire, par suite de la dégradation des qualités du support. Finalement, dans bien des cas, l'enduit mal conçu ne remplit pas son rôle. De plus, si le « pouvoir respirant » de cet enduit est affaibli, voire même presque inexistant, les éventuelles remontées capillaires cheminent derrière cet enduit pour atteindre une altitude anormalement importante où elles trouvent une surface d'évaporation suffisante.

Redécouverte des vieux enduits au plâtre

Un enduit homogène avec son support accroche bien sur celui-ci et lui assure une protection durable.

On a constaté que de vieux enduits au plâtre non peints conservaient une bonne tenue. A la demande des professionnels le CEBTP (2) les a analysés et a identifié les principaux composants. L'analyse a permis de mettre en évidence la présence de :

- 92,9 % de sulfate de calcium hydraté ;
- 1,7 % de sables siliceux ;
- 4,1 % de sables calcaires ;
- 1,3 % d'impuretés.

D'autres analyses montrent la présence importante de carbonate de calcium (= 17 %). De plus le plâtre à l'ancienne comportait une quantité d'eau de l'ordre de 60 % du poids des éléments solides (liants + chaux) alors que le plâtre actuel est gâché avec une quantité d'environ 90 % du poids du plâtre.

D'une façon générale, les enduits au plâtre anciens ne comportaient à Paris, que peu ou pas de chaux. C'était des plâtres gros comprenant beaucoup d'impuretés. Par contre, souvent en province ces enduits étaient soit des enduits à la chaux soit des enduits au plâtre contenant une proportion non négligeable de carbonate de calcium due à l'utilisation de chaux éteinte incorporée au plâtre. L'ensemble constituait en fait un véritable mortier composé de trois éléments : plâtre, chaux éteinte et sable. Il en résultait un enduit compact, avec peu de vides puisqu'il y avait peu d'eau à évacuer, de bonne résistance mécanique. La résistance aux intempéries étaient assez forte même si l'enduit n'était pas recouvert de peinture.

Mise en œuvre des enduits au plâtre et à la chaux

La technique actuelle est une technique héritière de la tradition, qui utilise des matériaux spécifiques de la fabrication d'aujourd'hui.

Aussi est-il nécessaire de respecter un certains nombre de règles (3) que nous rappelons.

• Le support

La maçonnerie à enduire doit être saine au moment des travaux. La partie supérieure de l'enduit doit être protégée des infiltrations d'eau consécutives aux pluies battantes. Le ruissellement de l'eau sur toute la hauteur de la façade doit être éliminé grâce à la conservation ou la création de bandeaux horizontaux à chaque niveau de plancher.

Enfin, en partie basse de l'enduit un dispositif particulier doit permettre d'éviter le rejaillissement des eaux, sans nuire à la « respiration » du soubassement qui est une zone d'échanges privilégiée.

• Les matériaux

Le plâtre : il convient d'utiliser le plâtre gros de construction conforme à la norme NF B 12-301 fabriqué sans aucun ajout.

La chaux : on emploie exclusivement de la chaux aérienne (hydroxyde de calcium pur) - (la chaux hydraulique est absolument proscrite).

Le sable : on peut employer un sable siliceux ou silico-calcaire lavé, exempt de sels solubles et d'alcalis. Les sables argileux contenant des salissures organiques ou humiques sont à rejeter, (en région parisienne par exemple, le sable de Seine propre convient bien).

• La composition des mortiers

Le dosage couramment utilisé comprend :

- un volume de chaux (soit 6 kg)
- deux volumes de sable sec (soit 30 kg)
- trois volumes de plâtre . . (soit 40 kg)

Le mortier doit être gâché à sec.

La quantité d'eau utilisée est de l'ordre de 25 litres.

• Finition

La finition est prévue coupée et non lissee.

RÉFÉCTION DES ENDUITS SUR MURS A PANS DE BOIS

La réfection des enduits anciens sur mur à pans de bois a posé lors des dernières décennies des difficultés aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entrepreneurs (fig. 11).

D'une part, ces derniers ne connaissaient pas bien la composition précise de ces enduits anciens, d'autre part, les matériaux traditionnels, disponibles sur le marché pour constituer les enduits de façades étaient et sont encore principalement des liants hydrauliques : ciment, chaux hydraulique et plâtre fin.

(2) CEBTP (Centre expérimental du Bâtiment et des Travaux publics) 12, rue Brancion - 75015 Paris - Tél. : 539.22.33.

(3) Voir articles sur « les enduits pour l'extérieur en mortier de plâtre et chaux » : de M. Verzat, publié dans le n° 48 de la Revue de l'Union Nationale de la Maçonnerie, de MM. Bancel, Terracina et Rigolet, publié dans le Bâtiment-Bâtir de novembre 1983.

Les caractéristiques physiques et mécaniques de ces enduits constitués uniquement de liants hydrauliques se sont révélées incompatibles avec les caractéristiques d'un support tel que les murs à pans de bois et autres supports anciens (ils favorisent notamment le pourrissement du bois).

De plus, de tels murs ne sont pas rigoureusement rigides, ils sont l'objet de petits mouvements, dus entre autre, aux variations climatiques : température et humidité et aux vibrations, etc.

La nature de l'enduit doit donc être choisie de façon : à être homogène avec la nature des matériaux constitutifs du remplissage du pan de bois et à garantir

système de pontage au droit des bois ou une armature générale constituée si possible en matériau inerte non sensible à la corrosion.



Fig. 11 - Maison alsacienne à pans de bois

un bon accrochage sur le support. C'est pourquoi nous sommes conduits le plus souvent à utiliser des produits à base de liants aériens.

Lors de la réfection des enduits sur murs à pans de bois, il est nécessaire de distinguer deux cas :

• 1^{er} cas : Le pan de bois reste apparent

L'épaisseur réservée à cet enduit est en général assez faible, de l'ordre de 8 à 15 mm suivant la nécessité de mettre en œuvre une ou deux couches. Enfin, il doit être exécuté en respectant le nu extérieur des bois.

• 2^o cas : Le pan de bois est caché par l'enduit

Avant de cacher le pan de bois il est absolument indispensable de vérifier le bon état de conservation des bois et d'exécuter les réparations ou les divers traitements nécessaires. En particulier, notons que l'application d'un badigeon de chaux sur le bois assainit celui-ci et favorise l'accrochage de l'enduit.

Les enduits utilisés sont relativement épais (environ 30 mm ou plus) et sont principalement les enduits à base de mortier de chaux aérienne allégé ou de plâtre et chaux.

Pour assurer la bonne tenue de cet enduit, il est nécessaire de prévoir un

RESTAURATION

Faut-il faire "sauter" un enduit ciment ?

Hervé Even.

L'association Tiez Breiz a mené un long combat pour éviter que des enduits de ciment ne soient réalisés sur le bâti ancien. Si toutefois vous êtes confrontés à de tels enduits que pouvez-vous faire ?

■ Déterminer la composition de l'enduit d'après sa date de mise en œuvre.

Les réponses ne sont pas toujours évidentes. Avant de prendre une quelconque décision, il est bon de récolter un maximum d'informations qui vous aideront dans votre choix.

Il est judicieux de déterminer l'époque où ces enduits ont été réalisés. Jusqu'en 1960, beaucoup de chaux hydrauliques artificielles appelées aussi XHA sont utilisées. Ces chaux n'ont certes pas les qualités des chaux aériennes CAEB ni même des chaux hydrauliques naturelles XHN. Toutefois si leur dosage a été modéré, le résultat peut être acceptable.

■ Qu'allez-vous trouver sous cet enduit ?

Si toute la maison a été enduite, c'est hélas souvent le cas, il vous sera difficile de vous faire une idée. Vérifiez toutefois dans les pièces annexes. En effet un bâtiment adossé a pu permettre qu'un mur du bâtiment qui vous intéresse soit resté à nu ou tout au moins avec un enduit plus ancien à la CAEB. Ainsi dans un garage, dans une cave, derrière un réservoir, un WC adossé, vous aurez peut-être la chance de deviner la qualité de la maçonnerie de votre maison. Mais attention les quatre murs ne sont pas toujours de même facture. La façade a pu être soignée ou au contraire faite avec de la plus petite pierre destinée à être enduite dès

l'origine. Un pignon a pu faire l'objet d'un soin particulier car exposé aux intempéries. Une façade arrière construite avec les rebuts des autres murs.

■ Observer les ouvertures

Pouvez-vous vous faire une idée des ouvertures ? Sont-elles entourées de pierres de taille cachées sous cet enduit ?

Regardez leurs proportions, leurs dimensions, leur implantation, si elles ne correspondent pas à l'époque de construction elles ont dû être rajoutées. Dans ce cas comment le travail a-t-il été exécuté ? Lorsque la largeur est égale ou supérieure à la hauteur il s'agit à coup sûr de travaux de modernisation d'après-guerre. Ça sent le béton ! Les linteaux mais peut-être aussi les jambages ont pu être faits avec du béton voire des parpaings ou de la brique. Les linteaux en fer "I.P.N." sont aussi utilisés pour ces agrandissements d'ouverture.

■ Déterminer la qualité de l'enduit

Nous devons également nous interroger sur la qualité de l'enduit. Avec de la chance, peut-être est-il de mauvaise qualité ! S'il sonne le creux vous pouvez espérer qu'il se décollera facilement. Testez en de nombreux endroits, jusque sous les toits. Si seuls les entourages d'ouverture sonnent creux, cela laisse présager que l'enduit recouvre des pierres de taille.

En piquant un coin, vous déterminerez la dureté. Attention, un enduit tendre peut être plus dur à enlever car il ne partira que cm^2 par cm^2 . Un enduit dur a plus de chance de se décoller par plaque, mais il arrachera le support.

RESTAURATION

• Quelles raisons nous poussent à refaire l'enduit ?

Si ce n'est qu'une raison d'esthétique, dans ce cas-là méfions nous du résultat. Si le ciment détermine la couleur, c'est du maçon que vient la "façon". Ce n'est pas la nature du mortier qui implique de suivre les formes du mur, d'adoucir les arêtes etc... Un enduit bien exécuté au ciment, hormis sa couleur et son contact, peut être aussi esthétique qu'un mauvais travail à la CAEB.

Mais si vous êtes davantage guidé par un souci de confort et/ou de conservation du bâti lié peut-être à des problèmes d'humidité, il faut alors savoir qu'un enduit à la CAEB favorise l'évaporation et l'assèchement du mur, mais il ne saurait à lui seul en assurer la parfaite qualité. S'il y a humidité, il faut d'abord en déterminer les causes. Il peut s'agir d'un mur adossé à un talus, l'humidité remontant par capillarité, de présence de source, de fuite dans les canalisations existantes, de l'eau de pluie s'infiltrant par une toiture en mauvais état dans le mur. Dans tous les cas on devra tenter de supprimer la cause avant toute autre intervention. Ces travaux réalisés suffiront peut-être à rendre la maison salubre.

• Quel choix faire en présence de mur de terre ?

L'enduit hydraulique est très néfaste sur un mur de terre. Il a pour plus gros inconvénient de ne pas permettre les échanges hygrométriques entre la terre et l'extérieur. La bonne tenue de la terre étant directement liée à son degré d'humidité. Par ailleurs, il n'y a pas d'adhésion entre mur de terre et enduit hydraulique, ce qui entraîne la nécessité d'inclure un grillage. Cette carapace d'enduit hydraulique n'est jamais étanche, à plus forte raison s'il présente des fissurations. Elle va donc laisser pénétrer l'eau qui restera piégée dans l'épaisseur du mur. Son accumulation accélérera le décollement de l'enduit maintenu en place malgré

tout grâce au grillage. Il se fissurera de plus en plus. Les dégâts ne seront apparents que lorsque l'eau aura traversé l'épaisseur du mur, donc souvent trop tard.

Dans le cas présent il est donc toujours intéressant d'avoir un enduit à la CAEB peu dosé qui aura une meilleure adhérence sur ce support et permettra un meilleur échange d'hygrométrie.

Puisque maintenant vous êtes convaincus de la nécessité de piquer votre enduit ciment, il vous faut encore savoir que le choix du mur laissé en pierres apparentes et rejointoyé ne sera pas toujours possible, ni d'ailleurs toujours souhaitable.

Il reste en effet des cas où des traces de ciment persisteront, rendant inesthétique des joints. Dans d'autres cas la pierre peut s'arracher avec le mortier de ciment rendant inacceptable le rejointoiement.

Enfin et surtout un enduit de ciment a été fait ou refait à la place d'un enduit chaux car la maçonnerie est prévue pour être enduite. C'est souvent le cas de façade un peu "bourgeoise" où les encadrements de fenêtre, les chaînes d'angle, les bandeaux, ceinture intermédiaire, sont en net relief sur la maçonnerie courante (2 à 3 cm) construction de la fin du XIXe début du XXe siècle.

Dans ces cas-là un enduit à la CAEB devra être refait.

En conclusion, nous retiendrons que la réfection d'un enduit à la CAEB, ou à la XHN dans un milieu très humide, reste toujours possible, ce n'est qu'une question de moyen.

La question à se poser est davantage celle de savoir si le jeu en vaut la chandelle. Mais si l'opération est un plein succès vous aurez une maison

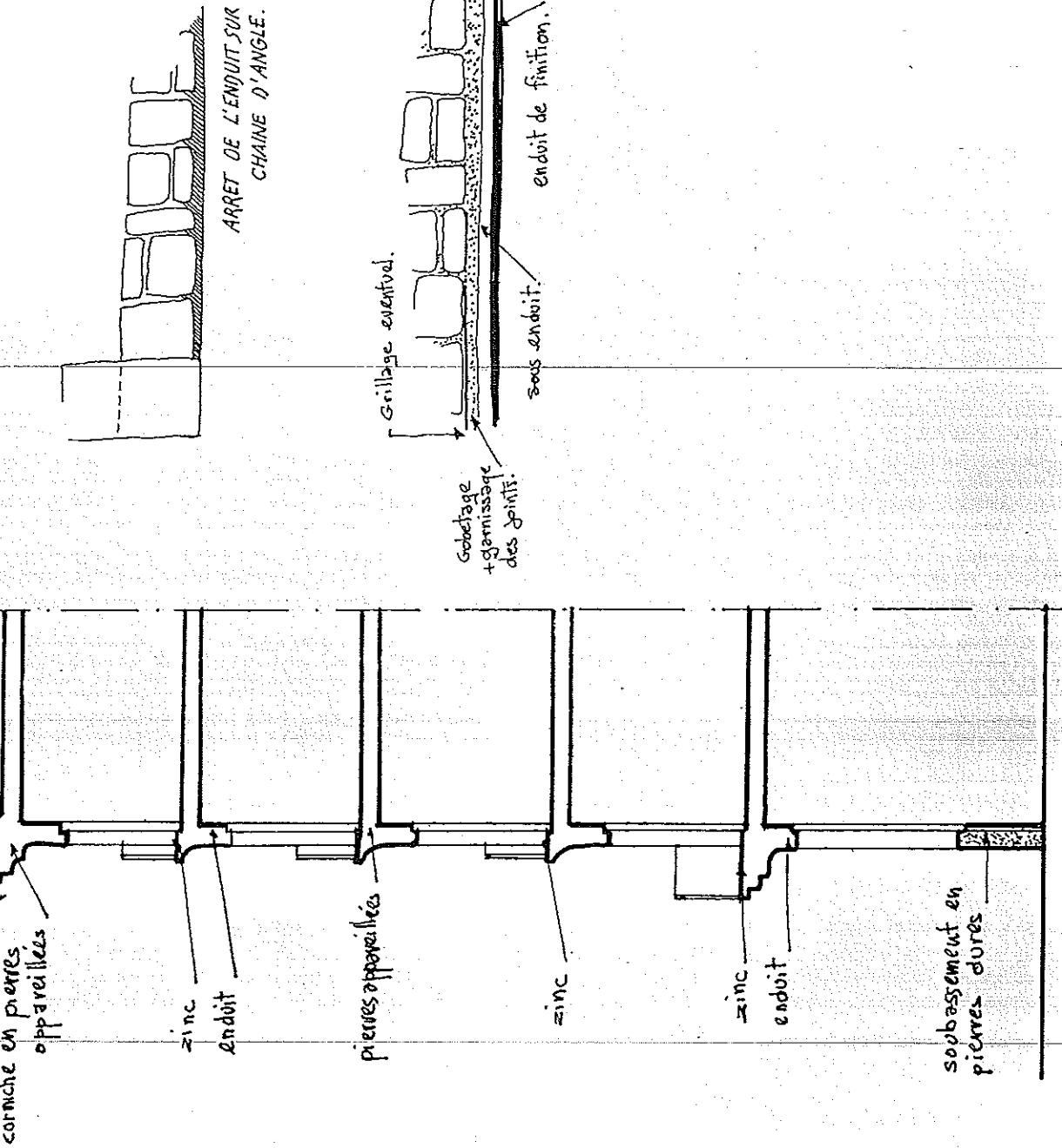
plus saine,
d'une plus grande longévité,
plus confortable,
plus harmonieuse,
et plus facile à revendre. ■



enduits

la réfection d'une façade enduite

La réfection d'un enduit nécessite :



ADAPTATION DU JOINT.

ARRET DE L'ENDUIT SUR CHAINE D'ANGLE.

enduit de finition. (1/2 cm)

corniche en pierres appareillées

zinc
enduit

pierres appareillées

zinc
enduit

soubassement en pierres dures

La réfection d'une façade enduite nécessite :

- un piquetage;
- un gobetage;
- un enduit de finition;
- le remplacement des protections défec-
tueuses (zinc).

les enduits

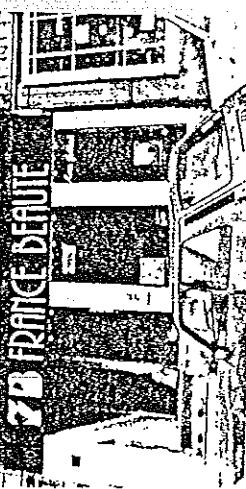
Dès l'apparition des ciments, de nombreuses erreurs ont été commises, et le sont encore, dans la réalisation des enduits: sur le plan technique, d'une part, et sur le plan esthétique d'autre part.

En effet, les enduits à base de ciment sont très étanches et empêchent l'humidité dans le mur en accélérant la dégradation de celui-ci, qu'il s'agisse de pans de bois ou de pierres.

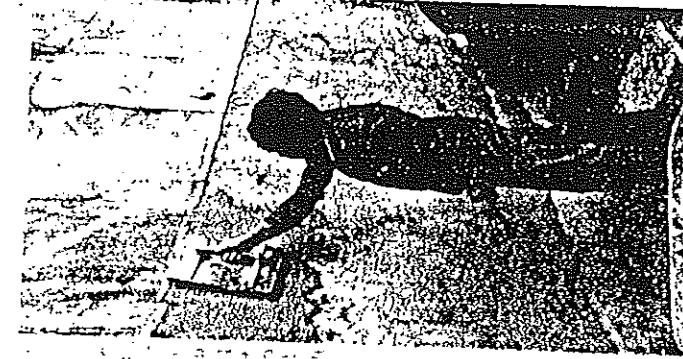
De plus, la teinte grise des ciments ordinaires s'harmonise assez mal avec l'ensemble des matériaux anciens (mis à part certains graniats).

Par ailleurs, il faut aussi tenir compte des qualités élastiques que doivent présenter les enduits, en particulier dans les remplissages de pans de bois, pour éviter l'apparition de fissures.

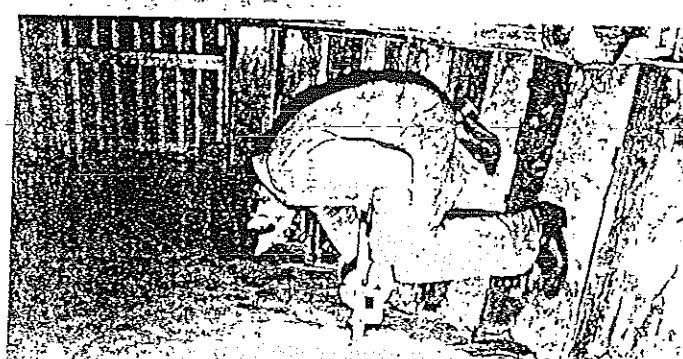
Bien qu'il soit encore difficile dans certaines régions de Bretagne de trouver de la chaux grasse sous une forme aisément utilisable (poudre en sac), un renouveau se dessine avec l'augmentation de la demande. Selon les supports et les saisons, on utilisera les dosages suivants :



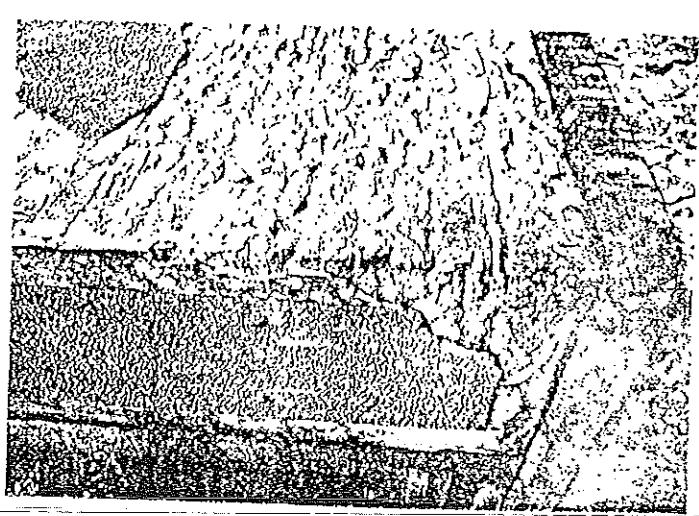
VANNES



Taillage du mortier de chaux



Enduisage du mortier monocouche



Taillage du mortier de chaux

Emplacement	Composants	Monuments historiques	Mortiers bâtarde		Mortier de chaux
			été	moyen	
Marquetterie en pierres	Sacs de chaux	2	2	2	2
	Litres de ciment	1/4	1/3	1/2	1
	% chaux	80 %	240 l.	260 l.	330 l.
Marquetterie en blocs	Dosage liant	270 kg	280 kg	290 kg	300 kg
	Sacs de chaux	-	2	2	1
	Litres de ciment	-	1/2	1	1
Dégrassi	% chaux	-	240 l.	300 l.	220 l.
	Dosage liant	-	66 %	50 %	33 %
	Sacs de chaux	-	310 kg	330 kg	340 kg
Enduits Extérieurs	Sacs de ciment	2	2	2	2
	Litres de sable	1/4	1/2	1	0
	% chaux	80 %	180 l.	225 l.	160 l.
Enduits Intérieurs	Dosage liant	390 kg	415 kg	445 kg	470 kg
	Sacs de chaux	2	2	2	2
	Litres de sable	1/10	1/3	1/2	1
	% de chaux	90 %	150 l.	160 l.	200 l.
	Dosage liant	390 kg	445 kg	470 kg	500 kg
Chaux Plâtre	Sacs de chaux	2	2	2	2
	Litres de sable	1/10	1/4	1/3	1/2
	% de chaux	90 %	140 l.	140 l.	145 l.
	Dosage liant	390 kg	445 kg	475 kg	515 kg
	Chaux				2 sacs
	Plâtre				1/2 sac

La couleur de finition est donnée par un sable contenant une faible proportion d'argile ajouté au sable lavé constituant la majorité du sable de l'enduit.

Le mélange à sec donne une idée approchante de la teinte définitive après séchage.

Précautions à prendre:

- observer un temps de séchage long entre les couches (au minimum 8 jours); une teinte homogène en finition sera donnée si le support (corps d'enduit) a lui-même séché de manière homogène.

- utiliser un sable lavé de granulométrie régulière et pesé dans le corps d'enduit et de la finition devront être d'au moins une fois et demi la taille du plus gros grain.

- prévoir un appositionnement suffisant pour garantir une régularité dans la couleur. Cependant, les échecs prenant très lentement, le travail peut se faire sans précipitation sur plusieurs jours.

Les anciens enduits traditionnels à la chaux grasse qui subsistent encore sont, en général, en mauvais état et ont besoin d'être refaits. Dans les dernières décennies, les enduits au ciment ont été employés systématiquement. On sait maintenant que c'est une erreur d'appliquer de tels enduits sur les murs de pierres houardés à la terre auxquels ils adhèrent mal, créant des zones de décollement dans lesquelles l'humidité remonte par capillarité. Comme ces enduits sont pratiquement étanches, l'eau ainsi emprisonnée, n'est plus au contact de l'air et s'infiltre préférentiellement dans la maçonnerie et y créant de graves désordres.

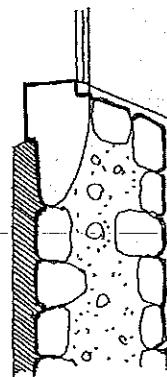
Pour réaliser un enduit traditionnel, on procédera de la manière suivante :

- 1) Faire tomber l'enduit existant et dégarnir profondément les joints entre les pierres, brosser les pierres.
- 2) Regarnir les joints à la truelle (jetée) en recouvrant légèrement les pierres (gobetage).
- 3) Passer une couche de dégrossis de la même façon que précédemment.
- 4) Appliquer la couche de finition exécutée au brouillard ou grattée à la truelle (photo 1). Cette dernière couche ne doit jamais être lissée si l'on ne veut pas voir apparaître des lâties à la surface de l'enduit.

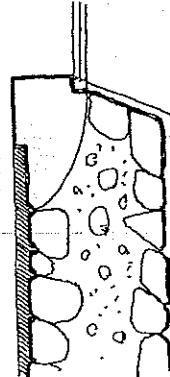
Cet enduit, dont la teinte est donnée par la couleur du sable qu'il contient, pourra être laissé apparent. Toutefois, dans un souci de réhabilitation des couleurs, il pourra être peint après observation d'un temps de séchage assez long.

Il existe actuellement sur le marché, des enduits monocouche chaux/ciment qui sont teintés dans la masse et qui peuvent très bien s'appliquer sur les murs de pierres.

mauvais



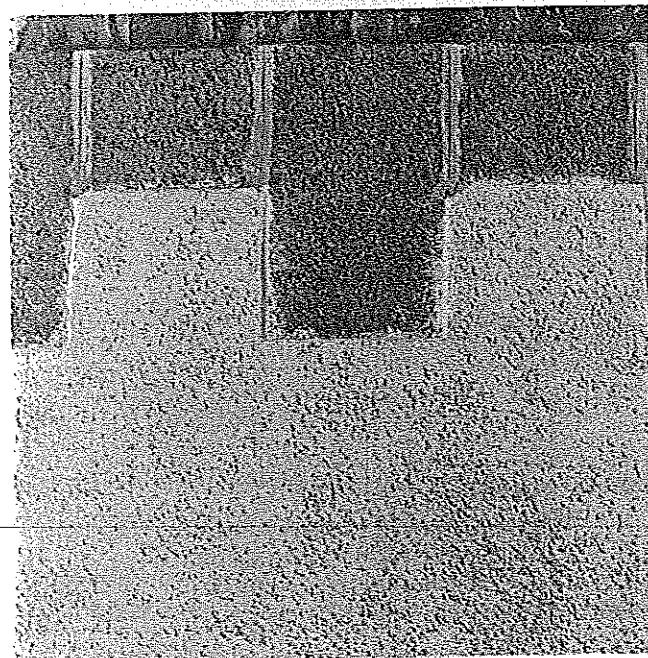
L'ENDUIT BOUDINE



L'ENDUIT AFFEURE

2

1



Usage de la chaux aérienne

La chaux aérienne est obtenue à partir de la combustion de calcaires purs, les "pierres à chaux". Le premier chapitre de cet ouvrage nous apprend que ces pierres sont rares dans le pays de Vitré. Ceci explique probablement un large emploi de mortier de terre jusqu'au 19^e siècle. Pendant ce siècle, l'amélioration des moyens de transports et l'élévation du niveau de vie vont faciliter l'importation de ce matériau à partir de la Mayenne voisine. A cette époque, la chaux est utilisée tant pour l'agriculture (amendement des terres) que pour le bâtiment, où elle est encore couramment utilisée jusque dans les années 1950.

Dans la dernière génération, ce matériau a été complètement abandonné au profit des liants hydrauliques plus faciles d'emploi, mais de caractéristiques très différentes. Il ne s'agit pas de faire le procès du ciment et du béton, bien adaptés aux constructions neuves, mais de mettre en garde contre leur emploi pour la restauration des anciens bâtiments tant en termes techniques qu'esthétiques.

Déférence entre chaux aérienne et chaux hydraulique

Ce sont des matériaux très différents, la chaux aérienne, comme son nom l'indique, fait sa prise avec l'air, alors que la chaux hydraulique fait sa prise avec l'eau et s'apparente beaucoup aux ciments.

Domaine d'utilisation de la chaux aérienne

Le mortier de chaux aérienne est irremplaçable pour réaliser les enduits ou les rejointolements des murs de maçonnerie anciens.

- étanches à l'eau, mais il laisse respirer l'intérieur du mur qui pompe l'humidité du sol.
- souple et adhèrent, il peut être utilisé en faible épaisseur et ainsi laisser apparaître les belles pierres d'encadrement sans créer de surépaisseur.

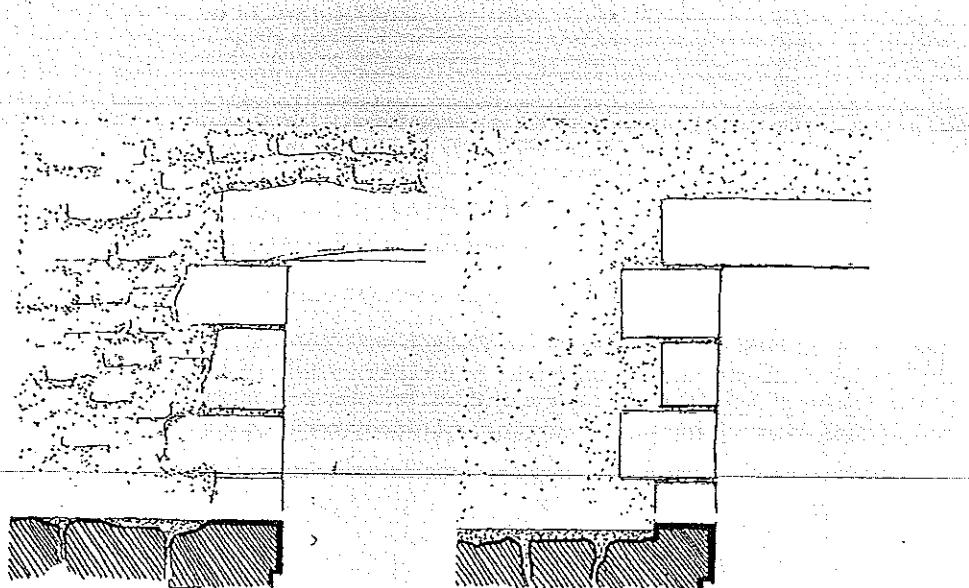
La chaux peut également être utilisée en badigeon (lait de chaux) pour marquer l'encadrement des baies, protéger les enduits de terre et les bois des colombages.

Mise en œuvre de la chaux aérienne

Autrefois, on "éteignait" les blocs de chaux vive avec de l'eau dans de grands bacs en bois, pour obtenir une sorte de pâte nommée

"chaux éteinte" qui ensuite était mélangée à du sable de carrière pour former le mortier. Aujourd'hui la chaux peut être achetée sous forme de poudre en sac appelé CAEB (Chaux aérienne éteinte pour le bâtiment). Elle est prête à l'emploi comme le ciment. Pour réaliser un bon mortier d'enduit, il est important d'utiliser du sable de carrière qui contient à la fois des "fines" (sorte de poussières) et de gros grains. Le sable lui donne sa couleur. Bien choisi, il permettra de retrouver exactement les couleurs des maçonneries anciennes.

Pour en savoir plus s'adresser, par exemple à TIEZ BREIZ, 10, rue du Général Nicolet, 35200 Rennes.



Lorsque les pierres d'encadrement sont au même niveau que le reste du mur, l'enduit doit venir mourir sur elles sans surépaisseur.

Lorsque les pierres d'encadrement sont en saillie (milieu 19^e - début 20^e), l'enduit couvre entièrement les parties courantes du mur et butte sur la saillie.

ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

4 - TRAITEMENT DES FACADES / NETTOYAGE

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient

HYDROFUGATION, IMPERMÉABILISATION, ÉTANCHÉITÉ DES FAÇADES

Le traitement de murs de façade insuffisamment étanches, de construction contemporaine, est souvent nécessaire, leur épaisseur étant en général relativement faible. En revanche de nombreux murs anciens, dont le parement n'est pas étanche, ont une propriété respiratoire suffisante pour rétrocéder vers l'extérieur toute l'eau qu'ils absorbent par temps de pluie. Leur épaisseur assez forte empêche l'apparition d'humidité sur la face interne. Dans ce cas il est déconseillé de rompre l'équilibre par l'application d'un traitement quel qu'il soit.

Dans le cas où un traitement semble nécessaire, on doit d'abord s'assurer que les fonctions du parement concernant le ruissellement de l'eau et la respiration du mur sont remplies. Selon les matériaux constitutifs, leurs exigences propres concernant les échanges gazeux doivent être respectées : si elles ne le sont plus, il convient de rétablir ces fonctions. Dans tous les cas, le traitement de la paroi extérieure du mur doit être prévu de façon à ne jamais compromettre la salubrité et, à terme, la durabilité de la construction.

Le choix du traitement est déterminé par le coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau du support que son application ne doit pas modifier trop sensiblement.

Les traitements curatifs contre la pluie, des façades en maçonnerie (enduites ou non) ou en béton peuvent être effectués à l'aide de traitements utilisant deux catégories de produits.

— des produits qui modifient le comportement à l'eau de la façade sans en modifier l'aspect ; ils ne forment pas de film continu à la surface du matériau ; — des produits qui forment un film continu, coloré ou incolore, à la surface du mur.

La première de ces deux catégories de produits comprend les hydrofuges de surface et les durcisseurs de surface ; la deuxième comprend les revêtements d'imperméabilisation et les revêtements d'étanchéité. Nous les verrons successivement ci-après.

AGGRESSION DE L'EAU SUR LES FAÇADES

La chute de l'eau de pluie sur les façades est une agression normale qui est habituellement compensée sur les parements de l'habitat ancien par la restitution de l'eau par évaporation. Il convient, cependant de vérifier que les dispositifs d'évacuation sont en bon état de fonctionnement. Pour cela il faut : déboucher les descentes d'eau dès qu'elles s'engor-

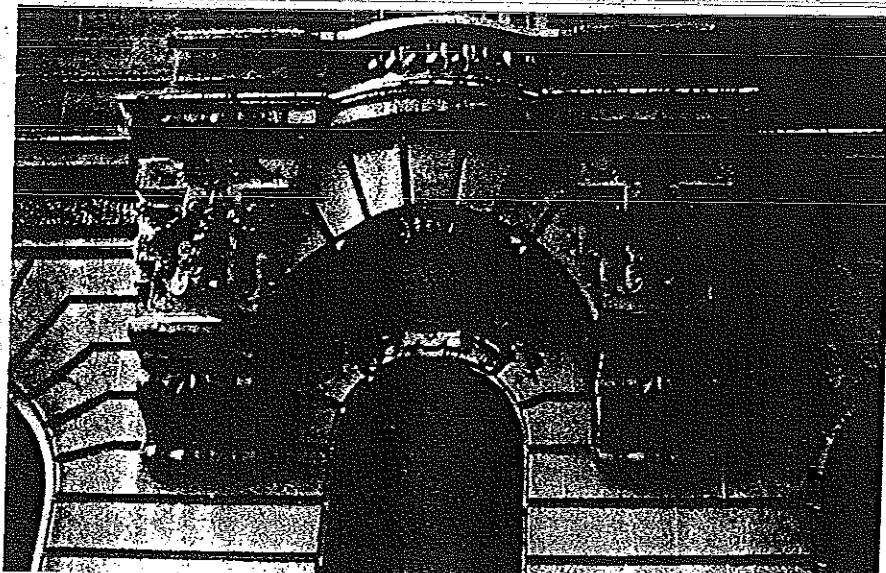


Fig. 1 - Immeuble en pierre de taille : corbeaux ouvrages traités à l'aide d'un hydrofuge.

gent, remplacer les éléments de tuyauterie cassés, si nécessaire remplacer les joints ; entretenir pour conserver, ou bien reconstituer les corniches et les bandes des façades qui coupent les ruissements, sans oublier de garder à leur sous-face une perméabilité suffisante pour permettre un ressauage rapide de l'eau (fig. 1).

Dégradations dues à l'eau de pluie

La pluie peut être à l'origine des éclatements dus au gel si l'eau est captive. Elle peut entraîner l'apparition de mousse ou de champignons se développant sur le parement aux endroits où les teneurs en eau sont importantes, particulièrement dans les cas où l'eau qui a pénétré n'est pas restituée assez rapidement. Elle peut être la cause de phénomènes d'érosion mécanique sur des façades en pierre tendre par exemple (fig. 2).

En atmosphère polluée, l'eau de pluie est plus agressive : elle dissout des gaz présents dans l'atmosphère : anhydride sulfureux, anhydride sulfurique, gaz carbonique, qui se combinent à l'eau pour former des acides sulfureux, sulfuriques ou carboniques. Ces acides, même à faible dilution, lui permettent de dissoudre certains composants des enduits des façades sur lesquelles elle tombe. Ces eaux agressives arrivent à migrer dans les pierres et à provoquer ces desquamations du calcaire appelées souvent « cancer de la pierre » qui laissent en évidence une pierre pulvérulente et excessivement poreuse.

Action de l'eau sur les façades

Le rôle de l'eau est double :

- Elle joue un rôle important dans l'encrassement du support...

Par temps de brume et de brouillard, le parement est humide et retient les poussières.

Lorsqu'elle atteint un support sec et poreux, l'eau de pluie chargée de poussières pénètre le réseau capillaire du matériau. Elle y dépose les particules dont elle est chargée et y fait pénétrer une partie des salissures présentes en surface.

- ... mais elle contribue également au nettoyage du support.

Dès que l'eau de pluie arrive en excès sur la façade, il se produit un ruissellement qui entraîne la crasse préalablement détrempée et réalise ainsi un lavage superficiel de la façade.

Toutefois, l'eau ne lave pas uniformément les façades. Chaque saillie crée une perturbation dans l'écoulement du film d'eau. Ces perturbations provoquent alors une hétérogénéité dans les débits d'écoulement superficiels d'où souvent des différences d'aspect entre zones lavées et non lavées. Ces contrastes sont généralement plus inesthétiques qu'un encrassement uniforme de la façade. En revanche, ces différences d'aspect ne sont pas une manifestation de dégradation du support. En milieu urbain, l'eau de pluie étant toujours agressive, elle attaque les pierres calcaires, spécialement sur les parties soumises au ruissellement. Elle est moins dan-

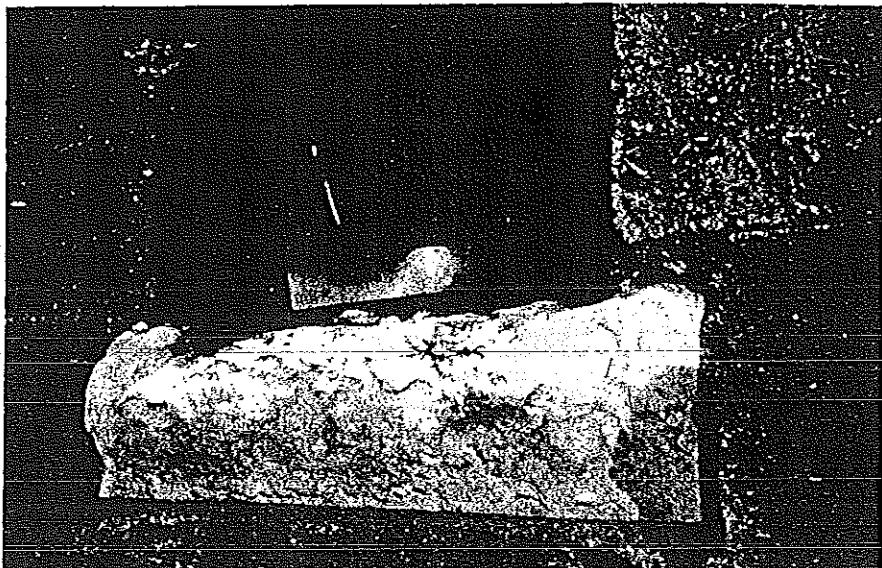


Fig. 2 - Appui d'ouverture en pierre de taille fortement dégradé à la suite d'un usage anormal.

généreuse pour des supports plus récents tels que le béton ou les enduits de liants hydrauliques.

L'HYDROFUGATION DES FAÇADES

Les hydrofuges ne doivent être appliqués que sur des supports sains et non friables. Ils conviennent particulièrement aux parements qui ont été dégradés, soit par les effets de la pollution, soit par des interventions excessives (sablage...).

Ils sont destinés à être appliqués sur des matériaux poreux dont ils imprègnent le parement sans former de film continu.

Ils ont pour effet de modifier la tension superficielle des matériaux. Lorsqu'on a affaire à un matériau poreux et que l'hydrofuge pénètre les pores du matériau, le traitement empêche la pénétration de l'eau dans les pores.

Nous distinguerons ci-après le cas des murs anciens de celui des murs de construction plus récente.

Cas des murs anciens

Il s'agit de murs en pierres régionales ou en moellons ou encore de briques anciennes souvent peu cuites, hourdées au mortier de chaux ou au mortier de plâtre à l'ancienne (difficultés surtout pour les parements nus en brique ou en pierre). Dans les deux cas, il convient d'abord de vérifier l'état des joints. Généralement, il conviendra de les refaire.

On rencontre quelquefois des murs dont les pierres ou les briques sont si attaquées qu'il ne reste pas d'autre solution que de leur appliquer un enduit à l'ancienne, similaire au mortier de hourdage.

En revanche, si le support est sain et non friable, on pourra réaliser avec profit un traitement par l'un des types de produits suivants :

- Les siliconates en solution aqueuse. L'utilisation de ces produits doit être réservée aux supports très absorbants ;

en cas d'application sur support non absorbant, il existe en effet un risque d'efflorescences blanchâtres.

- Les stéarates et autres sels d'acides organiques et de métaux mais seulement suffisamment dilués dans des solvants adaptés, de façon à éviter de fermer la surface de la pierre ou de la brique.

- Les silicones en solution suffisamment diluée dans un solvant.

Présentés en solution dans du White-spirit ou d'autres solvants organiques, ces produits conviennent à certaines pierres calcaires. Ils permettent, de plus, de procéder sans problème à des réimpressions ultérieures à l'aide du même produit.

Le support doit être bien sec au moment de l'application pour que l'imprégnation se fasse correctement. Cela peut conduire à retarder l'application lorsque le support est humide, notamment en période de pluie ou après un ravalement par voie humide. Cet inconvénient est important, car il peut amener à immobiliser pendant une période plus ou moins longue un échafaudage sur une façade. D'une façon générale, plus les pores de la pierre sont fins, plus s'accroît le risque que le traitement obstrue les capillaires.

Les pierres à capillaires grossiers peuvent donc être traitées facilement avec les meilleures chances de succès.

Cas des murs de construction récente

Il s'agit de :

- murs nus en briques industrielles en général hourdées au mortier de liants hydrauliques ;
- murs enduits en mortiers de liants hydrauliques.

Les principes d'application qui viennent d'être exposés dans le cas des murs anciens leur sont aussi applicables.

On pourra choisir entre :

- les silicones en solvants qui ont l'avantage de bien résister au contact des liants hydrauliques récemment mis en œuvre ;
- les silanes, ce sont des silicones

monomères ou oligomères dont la molécule est beaucoup plus petite que celle des silicones polymérisés ; la pénétration dans les pores du matériau en serait facilitées : la polymérisation de ces produits se fait sur le support ;

- les stéarates, à utiliser assez dilués dans des solvants.

En revanche, il est déconseillé d'utiliser des silicones sur des supports alcalins tels que les enduits frais.

REVÊTEMENTS ET ENDUITS MINCES D'ÉTANCHÉITÉ ET D'IMPERMÉABILISATION

Ces revêtements, qui forment généralement un film continu à la surface du support sont de préférence réservés aux murs de construction contemporaine. Ces procédés, dont l'épaisseur dépasse rarement 1 mm, sont destinés à arrêter la pénétration de l'eau dans les façades. Ils sont plus particulièrement destinés aux supports nus. Ils ne peuvent améliorer le comportement des enduits de liants hydrauliques que s'ils sont en bonne compatibilité avec le support et non décollés.

La distinction entre revêtements d'imperméabilisation et revêtements d'étanchéité s'établit en fonction de leurs capacités respectives à absorber et résister à la fissuration de leurs supports.

Les revêtements d'imperméabilisation de façade à base de polymères sont des épidermes suffisamment élastoplastiques pour assurer l'imperméabilisation de supports poreux, faïencés ou microfissurés. Cette fonction doit être remplie pendant 10 ans malgré une évolution limitée du faîteage et des microfissures du support traité. A l'heure actuelle, on pense retenir comme revêtements d'imperméabilisation ceux qui peuvent résister à un mouvement de 2/10^e de mm de la fissure existante.

Les revêtements d'étanchéité de façade à base de polymères sont des épidermes suffisamment élastiques pour résister à la formation ultérieure de fissures et au mouvement des fissures existantes actives, jusqu'à une largeur entre lèvres de 1 mm, cette fonction devant être assurée pendant 10 ans.

Le support

Il est essentiel que le revêtement appliqué, une fois sec, possède des caractéristiques de duréité et, surtout, de perméabilité à la vapeur d'eau qui soient en étroite relation avec celles du support. Pour cette raison, les procédés d'imperméabilisation sont en général adaptés sur les supports en enduits de liants hydrauliques et sur les supports en béton. Les procédés d'étanchéité de façade, étant en principe moins perméables à la vapeur d'eau, devront être réservés à des supports très compacts, tels que les bétons de granulats courants.

Dans le cas des supports très poreux (torchis, pisés, certaines pierres), il sera préférable de recourir à d'autres revêtements. Dans le domaine des enduits de liants hydrauliques, on pourra choisir

parmi ceux qui possèdent les meilleures propriétés de plasticité et de porosité. Dans certains cas, de simples peintures microporeuses pour façade permettront de garder une excellente porosité tout en retrouvant un aspect convenable (NF T 30-804 « Peintures microporeuses pour façades-Spécification »). Il faut cependant remarquer que ces peintures n'apportent pas l'imperméabilité par elles-mêmes.

Les traitements seront efficaces :

- si le revêtement a été appliqué sur support sec ;
- si l'il s'agit d'infiltrations et non de condensations ;
- si l'évolution des dommages

durablement empêcher le support de tomber.

D'autre part, on rencontre souvent le cas de bétons ou d'enduits qui comportent des accidents locaux tels qu'éclatements de béton, décollements ponctuels d'enduits, percements accidentels. Tous ces défauts devront être préalablement rebouchés.

Sauf pour les revêtements spécialement destinés à des supports en relief (voir par exemple, ci-dessous, les procédés appliqués par projection), le support doit présenter une planéité équivalente à celle d'un enduit taloché moyen. Dans le cas où cette qualité de surface ne serait pas atteinte, il conviendra d'effectuer un

dessus le mastic en formant soufflet.

— En revanche, les joints de dilatation ne sont pas recouverts.

— Acrotères, bandeaux ou corniches : l'installation de corniches ou de bavettes largement débordantes comportant un larmier constitue le meilleur procédé. Si ces précautions ne sont pas prises, il faut éviter en tous cas à l'eau de pénétrer (en partie haute du revêtement) dans le plan d'adhérence du revêtement, provoquant le décollement. Dans ce but, des dispositions sont stipulées dans les Cahiers des Charges de chaque procédé. On prévoit un renforcement du procédé sur ces parties en faible pente, souvent avec le marquillage d'une armature.

— Arêtes saillantes, parties basses accessibles : pour éviter des éclatements en cas de chocs, on conseille souvent un renforcement des parties basses ou des arêtes, spécialement sur les parties accessibles des immeubles. Cependant, il est en général déconseillé de traiter en revêtement les parties basses si elles sont sujettes à des remontées capillaires.

• Application d'un revêtement d'imperméabilisation

Après l'application et le séchage des couches d'apprêt, on applique :

— *Une couche d'imperméabilisation ou couche de base.* Le produit se présente soit sous forme d'une pâte applicable à la lissouse ou par projection, soit sous forme d'un gel applicable au rouleau, à la brosse ou par projection. Ces produits comprennent souvent des fibres (fig. 3).

— *Une couche de finition.* Elle se présente en général sous la forme d'un gel plus ou moins fluide applicable au rouleau ou à la brosse. Elle a pour rôle essentiel d'éviter un encrassement du revêtement. Certains procédés sont présentés avec deux ou trois variantes d'aspect de finition possibles : lisse, mate, granulée.

• Application d'un revêtement d'étanchéité avec armature textile

Ils ne sont adaptés qu'à des supports suffisamment plans. Après l'application et le séchage des couches d'apprêt, on applique :

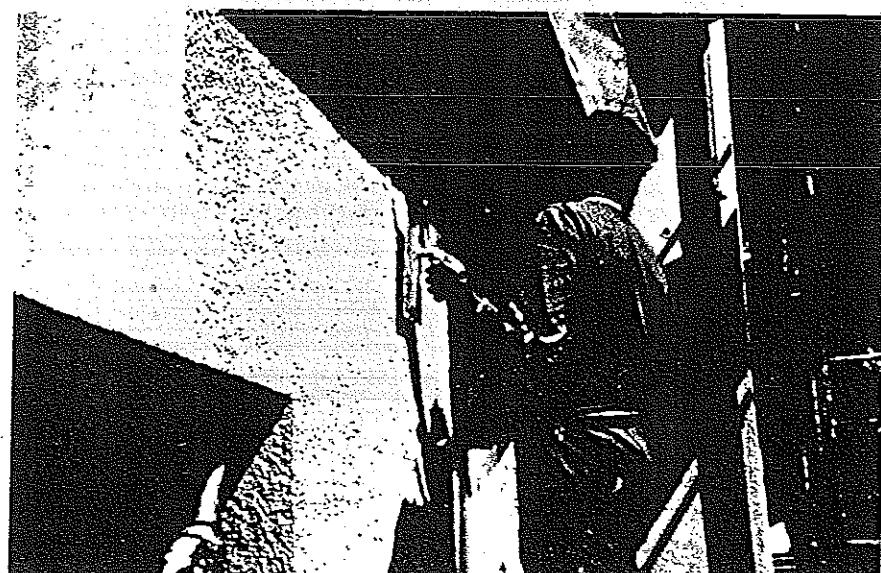


Fig. 3 - Application à la lissouse d'un revêtement d'imperméabilisation sur un enduit extérieur.

n'entraîne pas de défaut de stabilité de la paroi ;

— si la perméabilité du revêtement à la vapeur d'eau est assez élevée pour éviter des condensations dans la maçonnerie ;

— si l'adhérence du revêtement reste satisfaisante ;

— si les mouvements des fissures, ou l'apparition de nouvelles fissures sont compatibles avec les caractéristiques du revêtement.

Parmi les fissures actives, on distingue :

— les fissures évolutives : le facteur qui a créé la fissure continue à la faire évoluer (tassement de fondations, glissements de terrains...) ;

— les fissures stabilisées : la cause originelle n'existe plus ; elles jouent essentiellement sous l'effet de la dilatation et des retraits thermiques.

Mise en œuvre des procédés d'imperméabilisation et d'étanchéité des façades

• Travaux préparatoires

• Maçonnerie

La plupart des revêtements d'imperméabilisation ou d'étanchéité demandent un support suffisamment plan et solide. Il va de soi qu'un enduit bâtarde, par exemple, sonnant partiellement le creux, doit être préalablement pioché et remplacé : ce n'est pas le revêtement qui pourra

ragréage avec un enduit de ragréage à base de ciment.

• Décapage du support

Les revêtements existants à base de résines thermoplastiques, les revêtements plastiques épais (R.P.E.) et les peintures doivent être décapés dans la plupart des cas.

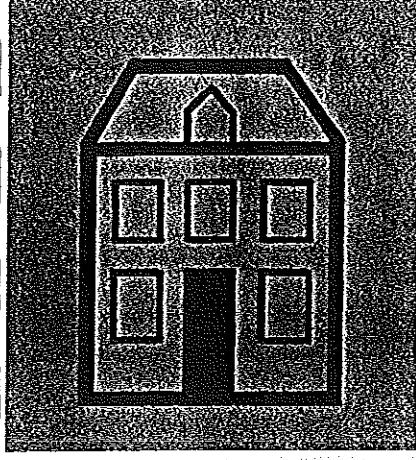
• Traitement de points particuliers

— Traitement des joints entre panneaux préfabriqués ; ils sont recouverts par le revêtement d'étanchéité qui passe par



Fig. 4 - Traitement d'un bandeau béton par un procédé d'étanchéité armé d'un textile.





Nettoyage de façades

Quelle méthode choisir ?

anah

Brochure réalisée par la
DIRECTION TECHNIQUE
Agence Nationale pour
l'Amélioration de l'Habitat,
17 rue de la Paix, 75002 Paris.

— *Une couche d'encollage et d'imprégnation de l'armature.* Le support est encollé au rouleau (éventuellement à la brosse) avec le produit d'étanchéité. Cette couche étant encore fraîche, on applique l'armature textile. Puis on la maroufle avec un rouleau empâté avec le même produit d'étanchéité pour bien l'imprégnier ; on vérifiera la conformité de la quantité appliquée (fig. 4 et 5).

— *Une couche de finition.* Les produits utilisés sont souvent les mêmes que pour les procédés d'imperméabilisation.

• Application d'un revêtement d'étanchéité sans armature textile

Ils ont été conçus pour application sur des enduits hydrauliques à relief : enduits à finition tyrolienne, enduits projetés. Leur forte épaisseur peut faire

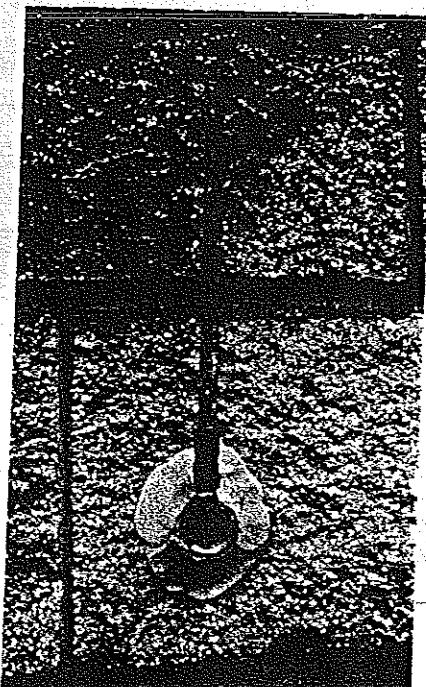


Fig. 6 - Vérification de l'efficacité d'un hydrofuge à l'aide de la pipe.

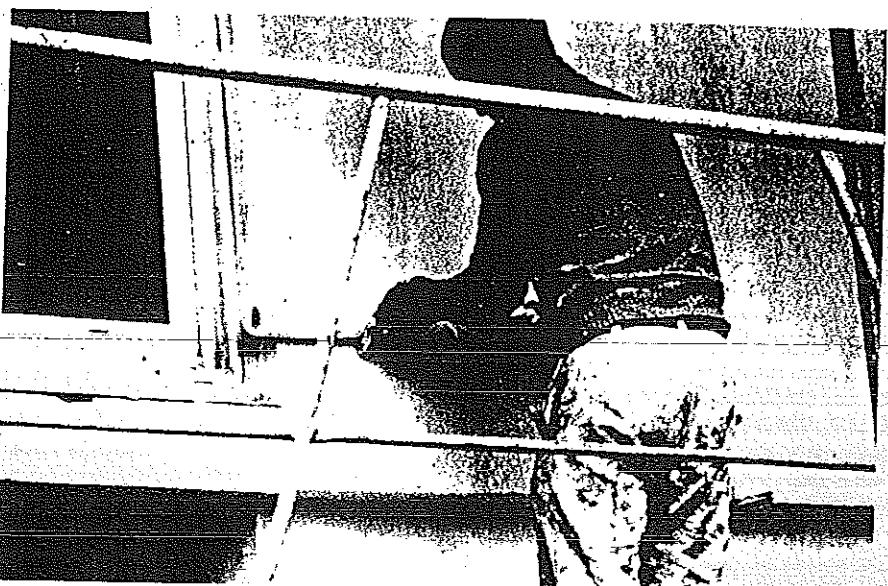


Fig. 5 - Application d'un revêtement d'étanchéité avec armature textile en plein sur une façade microfissurée.

craindre des problèmes de condensation dans le support.

Après application et séchage des couches d'apprêt, on applique :

- une couche du produit d'étanchéité, par projection mécanique, au besoin en deux passes. Le respect de la consommation est primordial pour permettre un pontage efficace des fissures ;
- une couche de finition spéciale.

VÉRIFICATION SUR CHANTIER

Vérification de la largeur d'une fissure

Lorsque les lèvres de la fissure sont suffisamment rectilignes on peut visuellement évaluer sa largeur à l'aide de la petite réglette « Fissuromètre », spécialement graduée. Cette réglette transpa-

rente comporte toutes les largeurs de traits de 0,1 en 0,1 mm, de 0,1 à 1,5 mm, ainsi qu'un trait de 0,05.

Pour chaque mesure, il convient de noter la température à laquelle la mesure est prise.

Vérification de l'efficacité de la protection

Les contrôles d'efficacité sur chantier ne font pas encore l'objet d'essais standard. On peut cependant signaler la possibilité d'utiliser, par exemple, la méthode suivante, illustrée par la figure 6.

Une éprouvette graduée en forme de pipe est appliquée contre le mur à tester. Elle est remplie d'eau, la hauteur initiale moyenne de la colonne d'eau étant de l'ordre de 9 cm. On mesure ensuite le niveau de l'eau à intervalles de temps réguliers. Un revêtement imperméable ou étanche ne laisse pas passer une quantité d'eau appréciable au bout d'une heure.

CHOIX DE MÉTHODES DE NETTOYAGE DE FAÇADES

Obligation de ravalement

Tout propriétaire ou copropriétaire d'un immeuble se trouve un jour ou l'autre dans l'obligation de procéder au ravalement de la façade de son immeuble.

En effet, l'article L 132-1 du code de la construction et de l'habitation stipule : « Les façades des immeubles doivent être constamment tenues en bon état de propreté. Les travaux nécessaires doivent être effectués au moins une fois tous les dix ans, sur l'injonction qui est faite aux propriétaires par l'autorité municipale ».

Cette obligation, si elle peut paraître contraignante, est garantie de la bonne conservation d'un patrimoine immobilier. En effet, procéder à un entretien régulier d'une façade en bon état est globalement moins onéreux que d'exécuter une réfection moins fréquente sur des ouvrages dégradés.

Choix de la méthode de nettoyage

Méthodes de nettoyage utilisées

Dans les pages intérieures de ce dépliant sont décrites neuf méthodes de nettoyage utilisées en France. Pour chacune d'elles sont indiqués les avantages et les inconvénients.

Choix de la méthode

Le choix d'une méthode ne doit pas être arbitraire. Avant ce choix il est nécessaire de procéder à un examen complet et méthodique de la façade.

Une première *sélection* de méthodes de nettoyage de façade utilisables pour un immeuble donné peut être faite en considérant :

- la nature des matériaux constitutifs de la façade.
 - le degré de son encrassement.
- Par un essai manuel de nettoyage à sec ou à l'eau par grattage ou brossage, il est possible d'apprécier l'importance et la profondeur de l'encrassement ainsi que la facilité de nettoyage.

Le tableau ci-contre (p. 7) permet de sélectionner un certain nombre de solutions pour une façade donnée et un encrassement donné.



Façade en pierres de taille calcaires en cours de nettoyage.

Une fois cette première sélection effectuée, l'observation attentive de la façade, et en particulier des points énumérés dans le tableau situé page 8, permet l'élimination éventuelle d'urie ou de plusieurs méthodes de nettoyage pour chaque cas particulier observé.

Le choix final. Les deux tableaux pages 7 et 8 permettent de déterminer pour chaque cas rencontré une ou plusieurs méthodes de nettoyage utilisables. Le coût est fonction de la nature du chantier et des offres des entreprises.

Travaux annexes éventuels à entreprendre

Il est judicieux de profiter de la présence de l'échafaudage pour détecter des anomalies locales qui pourraient dans le temps entraîner des désordres plus importants ou même des accidents.

Pour garantir la sécurité

Vérifier la bonne tenue des fixations, des scellements ou des ancrages (détecter notamment les parties métalliques corrodées) d'ouvrages tels que : balcons, escaliers, garde-corps, barres d'appui, volets, persiennes, grilles de ventilation, descentes d'eau, chéneaux, gouttières, souches de cheminées, antennes de radio ou de télévision.

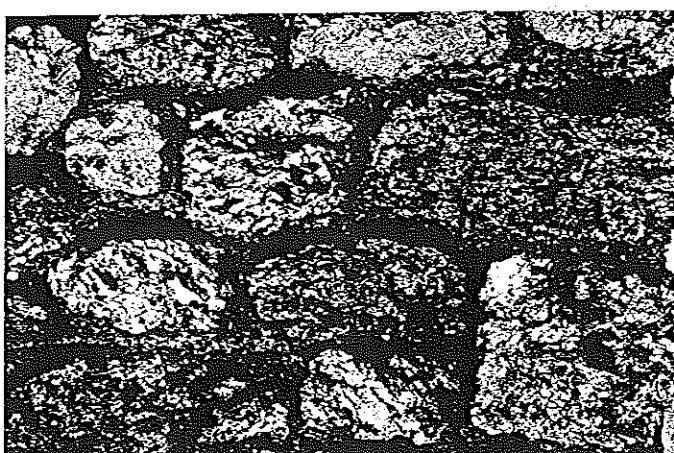
Pour garantir une bonne protection contre l'humidité

Vérifier

- le bon état de la couverture
- l'étanchéité des balcons et des menuiseries extérieures
- le bon état des descentes d'eau
- la qualité des protections de bandeaux de corniches en zinc par exemple.

Détecter d'éventuelles remontées capillaires d'eau depuis le sol de fondation.

Dans tous les cas rencontrés, il convient de faire appel à un maître d'œuvre compétent pour diagnostiquer correctement l'ouvrage à nettoyer, entretenir ou réparer et prévoir ensuite les travaux nécessaires.



Mur constitué de pierres meulières

PREMIERE SELECTION DE LA METHODE

Nature de la façade

Importance de l'encrassement

	faible	moyenne	forte
PIERRE CALCAIRE	Tendre avec parties ouvrageées ou en mauvais état 1 2a 3a 7a 7b 9b	1+8a 3a 7a 7b 9b	1+8a 7a 7b 9b
	Tendre en bon état et non ouvrageée 1 3c 4 7b	1+8a 4 3c 7b	1+8a 4 3b+8b 7b
	Ferme ou dure 2c 3c 4 7c	2c+8b 3c 4 6a 7c	3c+8b 4 6b 7c
PIERRE MEULIERE	4 7c	6b 7c	6b 7c
BRIQUES	De construction (rugueuses) 4 7b	4 6a 7b	1 6a 7b
	De parement (jaunes ou rouges) 2b 3b 4 7a	3b 4 6a 7a	3b+8b 6a 7b
	Silico calcaire 2a 3a 4 7a 7b	2a 3a 4 7a 7b	3a 4 7a 7b
ENDUITS	Ciment ou batard (ciment + chaux hydraulique) 2b 3b 7c	2b 3b 7c	2b+8a 7c 3b+8a
	A la chaux aérienne (ou chaux grasse) 1 7b	1 7b	2a+8a 7b 3a+8a
	Au plâtre ou plâtre et chaux 7a 9a	7a 9a	7a 9a

Utilisation du tableau ci-dessus

A une nature de façade considérée, et pour un certain encrassement, correspondent plusieurs méthodes de nettoyage possibles.

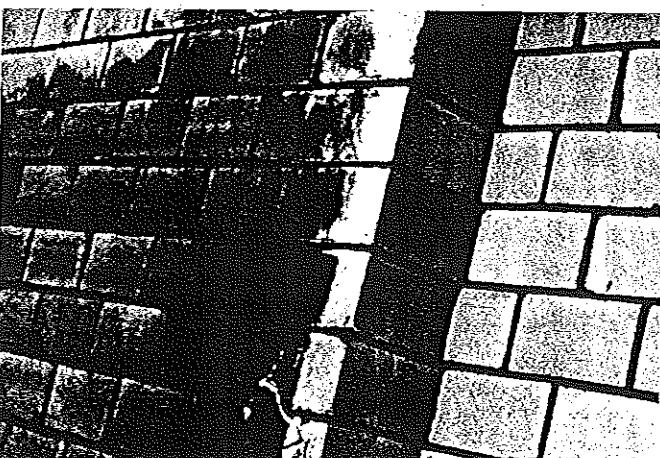
Exemple général : Méthodes de nettoyage possibles pour une pierre calcaire, tendre, en bon état, non ouvrageée et fortement encrassée. (exemple souligné en bleu).

- soit ruissellement d'eau et brossage avec utilisation de détergent (1 + 8 a)
- soit eau chaude sous pression avec un produit chimique (3 b + 8 b)
- soit eau surchauffée sous pression (4)
- soit procédé Thomann-Hanry avec microfine (7 b).

Legende

1 Ruissellement d'eau + brossage

2 Projection d'eau froide :
2a sous faible pression
2b sous pression
2c sous haute pression



Mur de briques en cours de nettoyage

3 Projection d'eau chaude :

3a sous faible pression
3b sous pression
3c sous haute pression

4 Projection d'eau surchauffée sous pression

5 Sablage à sec

6 Sablage humide (hydropneumatique) :
6a léger
6b normal

7 Procédé Thomann-Hanry :
7a avec superfine
7b avec microfine
7c avec fine

8 Application de produits chimiques :
8a détergents
8b autres produits

9 Procédés mécaniques :
9a brossages + lessivage
9b ponçage ou raclage sur parties non ouvrageées



Enduit en cours de nettoyage.

CHOIX FINAL EN FONCTION DE L'EXAMEN DE LA FAÇADE

Examen de la façade

Incidence sur le choix de la méthode de nettoyage ou autres travaux nécessaires.

Présence d'un revêtement ou d'un traitement

La façade a-t-elle fait l'objet dans le passé d'une application d'un revêtement ou d'un traitement particuliers ?

- Revêtement d'étanchéité, peinture, hydrofuge de surface.
- Durcisseur de surface (silicatation).

► Le préciser au maître d'œuvre.

► Soit nettoyage prévu par le tableau (7) et ensuite resilicatation éventuelle ; soit raclage au chemin de fer sur façade plane uniquement (procédé onéreux).

Aspect général de la façade

Noter la présence de: corniches, bandeaux, balcons, moulures, sculptures.

► Eviter sablage à sec ou humide. Limiter la pression dans les méthodes par projection d'eau.

Présence de dégradation

- Fissures, faïengage ou lézardes.
- Bris par le gel.
- Erosion.
- Désagrégation sableuse superficielle du matériau.
- Décollement de la peau du matériau par plaques.
- Présence de mousse, d'efflorescences (sels), de taches.
- Examiner la distribution de ces dégradations en notant leurs importances.
- Procéder au sondage des enduits pour examiner l'adhérence, la cohésion, l'homogénéité.

► Eviter les méthodes par projection d'eau sous pression (Risques d'infiltrations).

► Eviter pression et température importantes.

► Murs humides. Rechercher les causes et proposer un remède.

► Ceci afin de déterminer l'aptitude à recevoir divers revêtements de finition.

Etat de conservation des joints

• Distinguer les différents types: joints de maçonnerie, de calfeutrement, des menuiseries extérieures, de dilatation.

► Attention aux risques de pénétration d'eau dans les joints dégradés.

• Pour chaque type, examiner:

- La nature du mortier constitutif.
- Son état de conservation, son adhérence,...
- La présence éventuelle de pénétration d'eau.
- L'état des précédentes réparations éventuelles.

► Prévoir éventuellement des travaux complémentaires de réfection de joints.

Exigence de l'environnement et possibilités d'échafaudages

Examiner:

- L'accessibilité des différentes parties d'ouvrage à traiter.
- La possibilité d'installation d'un échafaudage volant ou de pied* (selon le besoin) en recherchant en façade ou en couverture les points d'amarrage satisfaisants.
- La possibilité de stockage des matériels et des matériaux.
- La nécessité de protection:
 - pour garantir la sécurité des personnes,
 - pour assurer la bonne conservation des parties d'ouvrages fragiles.

► Certaines parties d'ouvrage peuvent éventuellement ne pas être accessibles par le matériel lourd et encombrant du procédé Thomann Harry (possibilités de stationnement à examiner).

► L'échafaudage de pied permet le stockage provisoire en altitude de matériels ou matériaux.

* Echafaudages — volant: fixé au toit par des cordages
— de pied: reposant sur le sol.

L'ANAH a réalisé d'autres dépliants :

- L'aménagement d'une salle d'eau
- Le cloisonnement dans l'habitat ancien
- L'isolation des fenêtres anciennes
- Les charpentes bois des combles anciens
- La rénovation des revêtements de sols anciens
- La rénovation des parquets anciens
- L'entretien des couvertures d'immeubles anciens

Si vous désirez vous procurer un de ces dépliants, écrivez à :

anah

Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat
17 rue de la Paix 75002 Paris
Tél. : (1) 42-61-57-23

1 Ruisseaulement d'eau

Principe

Elle consiste à faire ruisseler au moyen de rampes d'arrosage un film d'eau sur la surface de la façade pour ramollir et entraîner les salissures. Un brossage complémentaire à l'aide de brosses douces améliore son efficacité.

Avantages

Cette méthode :

- Elimine les sels nocifs contenus dans la pierre.
- Conserve le calcin* de la pierre.
- Est bien adaptée aux pierres de taille fragiles.

Inconvénients

Action lente et d'un coût relativement élevé

- Risque de gel en hiver
- Risque d'infiltration d'eau à l'intérieur du bâtiment
- Consommation d'eau importante.



document Cidap-Frank

2 Projection d'eau froide sous pression

Principe

Consiste à ramollir les salissures par mouillage et à les éliminer à l'aide d'un jet d'eau sous pression.

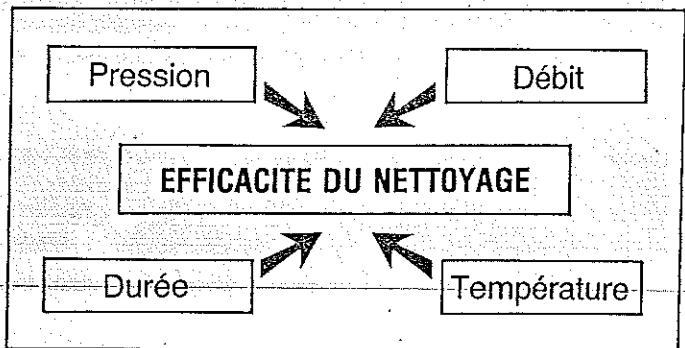
Avantages

Cette méthode :

- N'a pas d'action abrasive
- Conserve le calcin*
- Ne casse pas les arêtes des parties ouvrageées.
- Permet une grande souplesse d'utilisation (choix de la pression du débit et de la distance au parement).

Inconvénients

- Risques d'infiltration d'eau au niveau des fissures et des joints (maçonnerie et menuiseries extérieures).
- Risque de gel en hiver
- Pression élevée sur parement fragile.



Nettoyage à l'eau chaude sous pression.

3 Projection d'eau chaude sous pression

Principe

Identique à la méthode n° 2, le nettoyeur comporte en plus un brûleur qui permet de chauffer l'eau à une température de l'ordre de 95°C.

Avantages

Identique à la méthode n° 2. En outre la chaleur apportée permet:

- De réduire la durée nécessaire au nettoyage
- L'élimination de pellicules grasses adhérentes.

Inconvénients

- Identiques à l'eau froide sous pression.
- En outre, sur un parement fragile, risque de provoquer un choc thermique qui entraînerait des désordres supplémentaires.

4 Projection d'eau surchauffée sous pression

Principe

Identique aux méthodes 2 et 3.

Le nettoyeur produit au niveau de la lance une eau liquide portée à une température, d'environ 140°C sous pression qui, à la sortie de la buse se transforme en vapeur.

Avantages

Identique à la méthode n° 3 en outre:

- Cette méthode convient bien aux matériaux peu poreux.
- Faible consommation d'eau.

Inconvénients

Identiques à ceux de la méthode n° 3. En outre:

- Elle ne permet pas d'éliminer les salissures très incrustées.
- La consommation en énergie est plus importante.

5 Sablage à sec

Principe

Consiste à projeter sous faible pression un jet de sable sec sur le parement. Aujourd'hui, méthode très peu utilisée pour éviter les risques de silicose pour l'opérateur (sable contenant moins de 5 % de silice libre).

Avantages

Méthode rapide et efficace qui permet d'éviter tous les problèmes dus à la présence d'eau.

Inconvénients

- Protection complète de l'opérateur obligatoire.
- Pollution de l'environnement.
- Usure des arêtes et angles des pierres tendres.
- Elimination du calcin* en partie ou en totalité.
- Difficulté d'obtenir une usure régulière du parement.

adresses utiles :

U.N.M. (Union Nationale de la Maçonnerie) Groupement Technique des Entreprises de Taille et de Pose de Pierre
9, rue La Pérouse 75784 PARIS Cedex 16
Tél. : (1) 720-10-20

Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Ravalement et Loueurs d'Echafaudages.
10, rue du Débarcadère 75852 PARIS Cedex 17
Tél. : (1) 574-99-42

Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Peinture, Vitrerie, Revêtement
10, rue du Débarcadère 75852 PARIS Cedex 17
Tél. : (1) 574-99-42

C.E.B.T.P. (Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics)
Domaine de Saint-Paul BP1
78470 SAINT REMY LES CHEVREUSES
Tél. : (3) 052-92-00

C.A.T.E.D. (Centre d'Assistance Technique et de Documentation)
9, rue La Pérouse 75784 PARIS Cedex 16
Tél. : (1) 720-88-00

6 Sablage hydropneumatique

(humide)

Principe

Consiste à projeter sur le parement de la façade un mélange à basse pression de sable et d'eau. Le sable use la surface des matériaux à nettoyer. L'eau détrempe et entraîne les salissures.

Avantages

- Méthode rapide et efficace.
- Possibilité d'utiliser un sable siliceux.
- Absence de poussières polluantes.
- Permet de nettoyer des façades très encrassées.

Inconvénients

- Risque de gel en hiver.
- Son action abrasive dégrade : arêtes, moulures et sculptures.
- Ne permet pas de conserver le calcin* de la pierre.
- Est d'une utilisation délicate sur des matériaux de dureté différentes.
- A proscrire sur les pierres tendres et les parements lisses.

7 Procédé Thomann-Hanry

(procédé breveté)

Principe

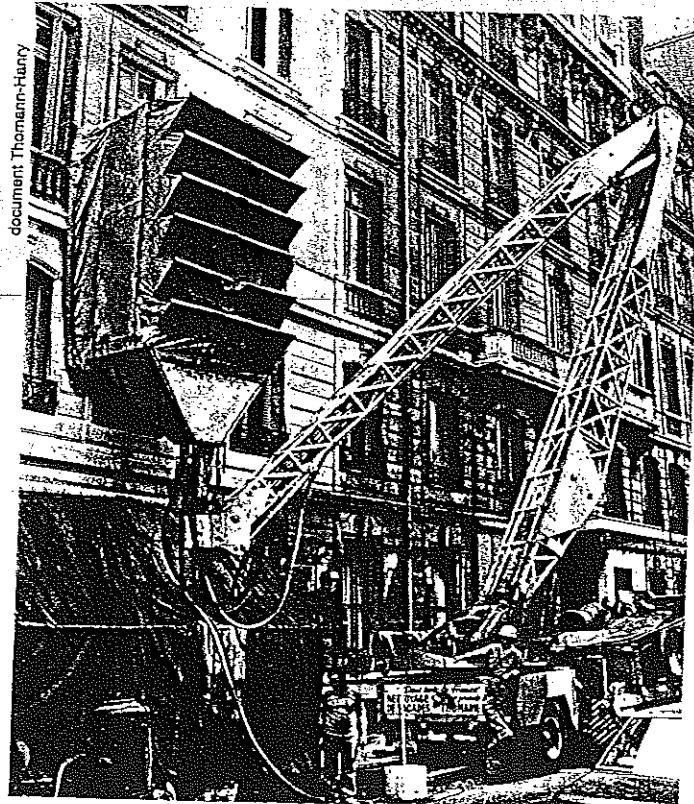
Consiste à projeter à sec une poudre très fine (grains de verrière) depuis une nacelle montée sur un camion grue permettant de travailler jusqu'à 32 m de haut. Cette poudre réalise un gommage de la façade. Le choix de la finesse du grain est fonction de la qualité du parement. La nacelle est équipée d'aspirateurs de poussière.

Avantages

- Mobilité de la nacelle.
- Evite les problèmes dus à l'eau.
- Echafaudage fixe non nécessaire.
- Nettoyage de presque tous les supports en choisissant la finesse de grains : Superfine, microfine ou fine.

Inconvénients

- Le matériel utilisé suppose un investissement important.
- Nécessite une main-d'œuvre qualifiée et expérimentée.
- Le stationnement du camion grue devant la façade n'est pas toujours possible (poids ou problèmes de circulation).
- Ne permet pas de « purger » la pierre (éliminer les sels nocifs existant parfois en profondeur dans la pierre).



Procédé Thomann-Hanry

8 Application de produits chimiques

Principe

Après mouillage du parement à nettoyer, on applique le produit à la brosse ou au rouleau. Après réaction chimique, on rince abondamment la façade. Leur emploi ne peut être que complémentaire au nettoyage à l'eau froide ou chaude sous pression. Les principaux types de produits chimiques utilisés sont :

- les acides et sels acides
- les produits alcalins
- les tensio-actifs (détérgents)
- les solvants

Un produit bien choisi permet :

- d'améliorer la qualité du nettoyage
- d'améliorer la rapidité et l'efficacité du nettoyage

Inconvénients

La nature des produits est rarement bien connue.

- Certains produits attaquent la pierre
- Certains produits risquent de provoquer des taches ou des efflorescences (sels)
- Le personnel et certaines parties d'ouvrages doivent être parfaitement bien protégés contre les projections de ces produits.

Les deux tableaux pages 7 et 8 permettent le choix judicieux d'une méthode de nettoyage dans la plupart des cas rencontrés. Cependant, s'il y a un doute dans le diagnostic de la façade à nettoyer, et pour certains cas particuliers non décrits dans ce dépliant, il est nécessaire avant d'arrêter un choix, de consulter un professionnel compétent spécialisé dans ce type d'intervention.

9 Procédés mécaniques

Principe

Il s'agit de procédé de râgrage ** à vif par brossage, ponçage ou raclage au chemin de fer***. Par ces procédés la couche superficielle du parement est éliminée sur une profondeur plus ou moins importante.

- La brossage est en général complémentaire à :
 - un lessivage sur un enduit
 - un ruissellement d'eau sur une façade en pierre
- Le ponçage ou le raclage sont réservés à des façades en pierre dont le parement est très abîmé.

Avantages

C'est pratiquement aujourd'hui la seule méthode qui permette à un parement pierre silicaté de retrouver son aspect naturel d'origine (sur une façade plane).

Inconvénients :

- L'enlèvement superficiel de matériaux par ces méthodes ne peut pas être souvent répété.
- Méthodes lentes et onéreuses
- Méthode très délicate ou inutilisables sur une façade très ouvragée (avec moulures et sculptures).

* *Calcin*: couche de surface dure constituée naturellement protégeant la matériau.

** *Râgrage*: reprise de surface.

*** *Chemin de fer*: brosse métallique.

Brossage



document Cated

ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

5 - TRAITEMENT DES REMONTEES CAPILLAIRES

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient

TRAITEMENT DES REMONTÉES CAPILLAIRES

PRÉSENCE D'EAU DANS LE SOL

Un mur en maçonnerie fondé sur un sol humide (1) fait l'objet de remontées capillaires si aucune barrière étanche n'a été prévue à la construction (fig. 1). Suivant leurs compositions, les terrains retiennent plus ou moins l'eau.

Ainsi, on peut distinguer les terrains perméables et peu perméables.

Les terrains perméables (sable, gravier)

Dans ce type de sol les eaux de ruissellement ne sont pas retenues mais s'infiltrent rapidement. Elles ne présentent en général aucun risque particulier pour les murs de sous-sol, en dehors bien sûr des

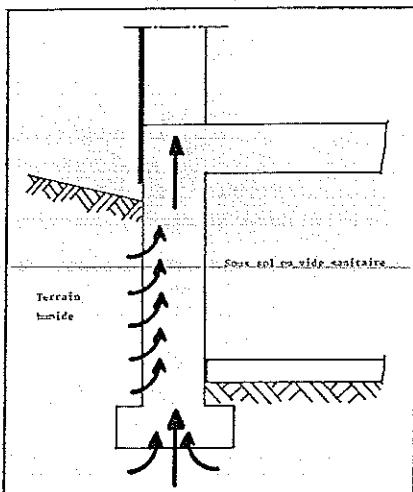


Fig. 1 - Principe des remontées capillaires

risques d'inondations des sous-sols par remontée de la nappe phréatique.

Les terrains composés de sables et de graviers étant des terrains à gros grains, ils ne donnent pas lieu à des remontées capillaires importantes.

Les terrains peu perméables (argile, marne, limon)

Ceux-ci sont constitués de grains très fins (de l'ordre du micromètre). Ils retiennent beaucoup les eaux de ruissellement et d'infiltration, et favorisent leur stagnation à proximité des fondations des bâtiments.

Cette présence d'eau peut entraîner :

- le ramollissement du terrain de fondation

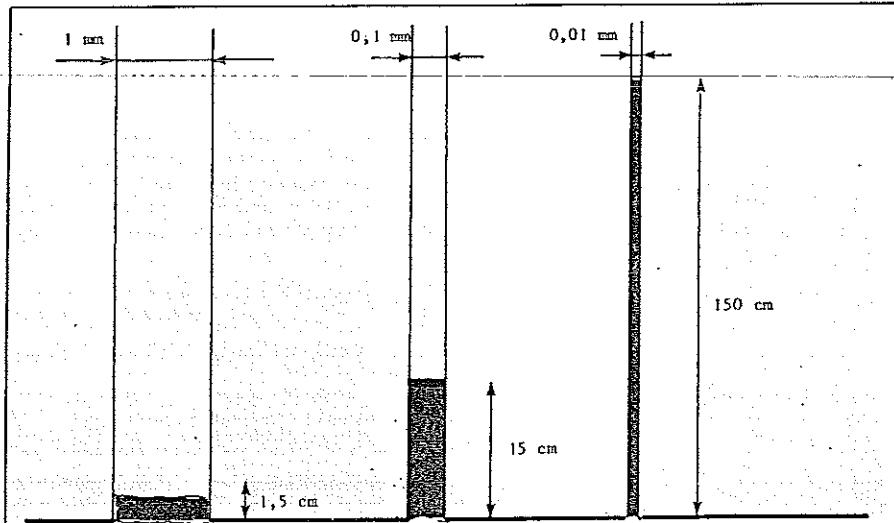


Fig. 2 - Exemple de remontée d'eau dans des tubes plongés dans un récipient contenant de l'eau

tion et la diminution de sa capacité portante ;

- l'inondation périodique des locaux en sous-sol ;
- des remontées capillaires importantes dans les murs.

REMONTÉES CAPILLAIRES DANS LES MATERIAUX POREUX

Données théoriques

Considérons un tube fin de verre plongé dans un récipient contenant de l'eau. L'eau monte dans le tube jusqu'à une certaine hauteur définie par la loi de Jurin connue depuis le 18^e siècle. Cette hauteur de remontée est inversement proportionnelle au diamètre du tube (fig. 2).

Application aux matériaux poreux

Un matériau poreux donne lieu à des remontées capillaires s'il possède une porosité ouverte, c'est-à-dire si les pores sont reliés entre eux par des canaux plus au moins fins qui sont autant de tubes capillaires. Le diamètre de ces pores a une grande influence sur la hauteur des remontées. C'est pour cela que l'on définit pour chaque matériau, sa porométrie (dimensions des pores) caractéristique physique essentielle pour juger de son pouvoir de succion et d'absorption d'eau.

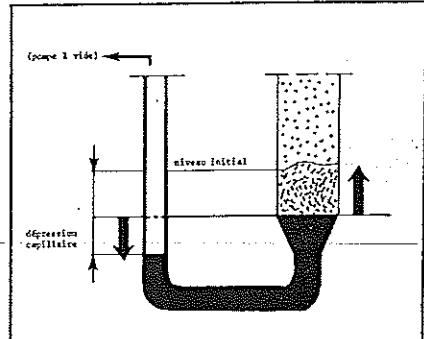


Fig. 3 - Ascension capillaire dans un matériau poreux essai de succion

Associé à une pompe à vide, ce montage permet de mesurer une hauteur théorique d'ascension capillaire

Des diamètres moyens de 1 à 5 microns sont fréquents dans les pierres calcaires et donnent lieu à de fortes remontées capillaires.

Le phénomène peut être mis en évidence par l'essai de succion (fig. 3).

L'ascension capillaire dans le matériau poreux crée une dépression. En plaçant une pompe à vide et un manomètre sur la partie gauche du montage on peut mesurer cette dépression.

Il existe d'autres moyens de caractériser la capillarité d'un matériau (exemple : mesure d'absorption d'eau par capillarité des pierres calcaires, définie par le nombre NF B 10-502).

La vitesse d'ascension de l'eau dans un matériau poreux est très lente. Aussi,

(1) Dans ce chapitre ne sera pas abordé le cas des sous-sols enterrés qui peuvent être momentanément inondés par remontées de la nappe phréatique.

faut-il un certain temps pour que le niveau se stabilise.

À titre d'exemple : dans une pierre calcaire de porosité égale à 35 % la hauteur d'ascension atteinte en une heure est d'environ :

- 35 mm si les pores sont gros ;
- 80 mm si les pores sont fins.

Cette capillarité peut être modifiée dans le temps. En effet, des migrations de sels hygroscopiques peuvent accentuer ces remontées, par contre des colmatages de pores peuvent se produire lors de la migration de certains sels ou d'éléments fins et ainsi stopper les remontées capillaires.

MANIFESTATION D'HUMIDITÉ ET DIAGNOSTIC

Constat

L'humidité des murs est la principale cause de dégradation de leurs matériaux constitutifs : pierre, briques, mortiers, plâtre, bois...

Les premières manifestations apparaissent sur les revêtements : cloques, boursouflures, décollements, moisissures... Mais l'action de l'humidité ne s'arrête pas à ces manifestations superficielles, l'eau altère progressivement tous les matériaux suivant des processus mécaniques, chimiques ou biologiques tels que : gel, corrosion ou pourriture. De nombreux phénomènes pathologiques sont liés à la présence de l'humidité. Le salpêtre se développe lorsque des remontées d'humidité entraînent des produits de décomposition de matières organiques présentes dans le sol. Les efflorescences se produisent chaque fois que des migrations d'eau entraînent des sels dissous.

Lorsque l'hygrométrie excessive de l'air et l'humidité des parois sont permanentes, les bâtiments deviennent insalubres. Les dégradations sont parfois telles que des locaux deviennent franchement inhabitables.

Les origines de cette humidité peuvent être nombreuses et c'est ce qui rend son diagnostic difficile. On peut distinguer trois causes principales de venues d'eau :

- L'eau venant du sol ;
- les infiltrations directes d'eau de pluie ;
- les condensations.

Pour répondre à la question « *D'où vient l'humidité ?* » On commence toujours par un examen visuel complet du bâtiment. Ensuite il est nécessaire de procéder à des investigations de toute sorte.

Identification des causes d'humidité

- L'eau venant du sol peut avoir pour origine :
- la nappe phréatique dont le niveau est relativement proche des fondations ;
- le ruissellement de surface qui s'infiltra dans le sol à proximité des fondations ;
- des venues d'eau accidentelles prove-

nant de fuites de canalisations enterrées d'aménées ou d'évacuations d'eaux ;

- une source.

• Les infiltrations directes d'eau de pluie peuvent se produire à divers endroits de l'enveloppe extérieure du bâtiment : couverture inclinée, toiture terrasse, murs et menuiseries extérieures.

• La vapeur d'eau émise par les occupants ou les équipements du logement peuvent produire des condensations sur les parois ou dans l'épaisseur de celles-ci.

Mais il en existe bien d'autres, permanentes ou non, certaines courantes, d'autres insolites. Citons notamment :

• Les dégâts dus aux installations sanitaires dans les logements : fuites de plomberie, tant au niveau des alimentations que des évacuations ; infiltrations en paroi de douche ; joints défectueux autour des appareils sanitaires ; eau laissée stagnante sur le sol des salles d'eau,...

• Les dégâts apparaissant après travaux, du fait des grandes quantités d'eau incluses dans certains matériaux et qui ne peuvent trouver à s'évacuer : peinture sur enduits plâtre insuffisamment secs, sols posés sur chape en mortier trop fraîche, ... Rappelons qu'il existe des teneurs en eau maximales acceptables avant pose des revêtements : 5 % pour les plâtres, 2,5 % pour les mortiers de ciment.

• Les infiltrations de neige dans les combles.

• Les dégâts provenant du lavage des sols à grande eau,...

Souvent, les causes d'humidité s'additionnent. Par exemple, des murs extérieurs humides, du fait de remontées, constituent des zones privilégiées où se produisent les condensations en période froide. (Il n'est traité que de l'humidité ascensionnelle).

Mécanismes des remontées

Pour pouvoir choisir judicieusement un traitement contre ces remontées capillaires il est indispensable de comprendre le mécanisme de ces remontées. L'attention devra d'abord se porter sur l'origine de l'eau présente dans le sol, à savoir :

— dans le cas de nappe phréatique proche, le phénomène de remontée est général ;

— dans le cas d'eaux d'infiltrations superficielles, le phénomène est surtout limité aux murs en contact avec les terres ;

— dans le cas de fuites de canalisations, de regards, de fosses, etc, le phénomène est localisé.

L'observation des bâtiments voisins permettra de mieux discerner ces différents cas.

La teneur en eau peut être variable dans le temps, aussi est-il nécessaire de noter la corrélation éventuelle avec les périodes de fortes pluies.

Investigations nécessaires

Diverses investigations sont nécessaires pour mener à bien la recherche des causes.

• Sur la construction elle-même

En examinant les plans d'exécution de l'ouvrage ou en réalisant des sondages on cherchera la nature des murs, des enduits ou des doublages éventuels. On notera la présence d'un sous-sol, d'un vide sanitaire et d'un réseau de drainage.

• Sur les dégâts constatés

On notera la date d'apparition des dégâts et on cherchera la corrélation avec des événements ayant un rapport avec ces phénomènes.

On localisera sur plans avec précision, les zones dégradées en notant leur hauteur, leur étendue, leur limite.

• Sur le sol de fondation

On notera en particulier :

- sa nature, sa perméabilité à l'eau ;
- les dénivellées éventuelles du terrain avoisinant ;
- le niveau de la nappe phréatique ;
- la présence éventuelle de sources ou de points d'eau.

• Sur les venues d'eaux parasites

On notera le mode d'acheminement des eaux pluviales, des eaux usées. On cherchera les corrélations possibles entre les dégâts et la présence des réseaux d'amenée ou d'évacuation des eaux.

• Sur les anciens traitements effectués

On notera : leur objet, la nature, la date et leur résultat.

Ces premières investigations peuvent conduire :

- à la définition de sondages plus précis (mise à nu de parties de réseau suspectes par exemple) ;
- à la mesure d'humidité dans les différentes parties d'ouvrage contaminées.

Ces mesures peuvent se faire *in situ* grâce à différents types d'humidimètres, soit en laboratoire sur prélèvement réalisé sur place.

Après avoir ainsi identifié la (ou les) cause(s), compris le mécanisme de ces remontées capillaires, il nous reste à choisir la technique d'assèchement des murs la mieux adaptée, parmi toutes celles décrites dans le paragraphe suivant.

TECHNIQUES ACTUELLES D'ASSÈCHEMENT DES MURS

Pour supprimer les remontées capillaires dans les murs on peut :

- soit empêcher l'eau d'atteindre les fondations et le mur de soubassement enterré ;
- soit empêcher l'eau de remonter dans la maçonnerie au-delà d'une certaine limite (constituée par une coupure étanche) afin qu'elle n'atteigne pas les locaux habités.

Procédés destinés à éloigner l'eau du mur

Le procédé le plus couramment utilisé est le drainage périphérique des bâtiments.

Le drainage du sol n'est un procédé efficace que dans la mesure où le niveau de la nappe phréatique demeure nettement en dessous de l'arase inférieure des fondations. Il permet alors de protéger les parties enterrées des murs contre les venues d'eaux de ruissellement ou d'infiltration.

• Solutions traditionnelles

Protection des murs par tranchées drainantes

Pour que de tels systèmes de drainage fonctionnent correctement, il faut que ces eaux collectées puissent s'écouler

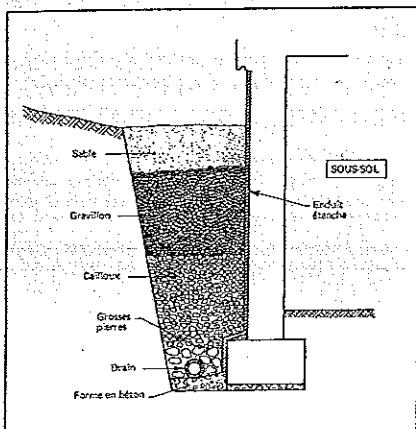


Fig. 4 - Tranchée drainante pour collecter les eaux de ruissellement de surface
(Extrait du DTU 20-11)

immédiatement dans un réseau d'évacuation (fig. 4, 5, 6, 7).

• Solutions non traditionnelles

Protection des murs enterrés par empilage d'éléments en béton poreux

Ces éléments de béton poreux à granulométrie spécialement étudiée, sont empilés à sec les uns sur les autres. Ils comportent des saillies à l'arrière destinées à ménager une lame d'air le long du mur. A la base de cet empilage, le long du mur un caniveau évacue en permanence les eaux collectées. (fig. 8).

Protection des murs enterrés par interposition

entre le mur et les terres d'une nappe drainante composée principalement de deux matériaux collés

Il s'agit :

— d'un géotextile, non tissé, thermosoudé appliqué du côté des terres qui joue le rôle de filtre ;

— d'une nappe drainante, en contact avec le mur, constituée d'un enchevêtrement de fibres synthétiques.

La forte perméabilité de cette nappe permet l'écoulement des eaux vers le collecteur situé à la base du mur (fig. 9).

Pour éviter des pénétrations d'eau à travers le mur on protège celui-ci par une application de « produit noir » (bri de houille ou bri de bitume).

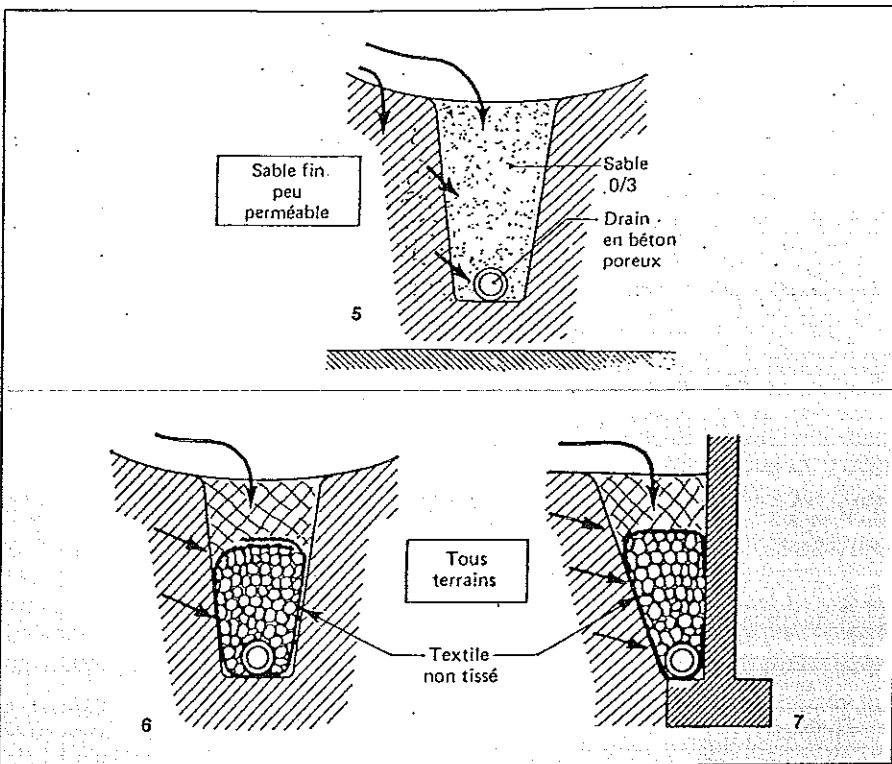


Fig. 5-6-7 - Tranchée drainante pour collecter les eaux de ruissellement et d'infiltration dans le sol
(Extrait du DTU 20-11)

• Autres solutions possibles

Lorsque l'humidité des murs ne provient que du ruissellement d'eaux superficielles peu important, un drainage périphérique complet, toujours coûteux, ne s'impose pas.

Dans ce cas particulier, des ouvrages relativement étanches, tels que dallages, trottoirs..., réalisés à la périphérie du bâtiment avec une légère pente vers l'extérieur, peuvent éloigner l'eau du bâtiment et donner entière satisfaction.

Une variante à cette technique est utilisée actuellement en Italie et connue sous le nom de « Procédé Massari ». Elle consiste à percer le mur par trous sécants réalisés en deux phases, et ensuite à boucher ces trous avec un mortier étanche (à base de résines) que l'on mate soigneusement, ou que l'on injecte sous pression après cachetage extérieur de la saignée.

Cette coupure étanche peut encore être réalisée par l'introduction à force dans le joint horizontal de maçonnerie de plaques ondulées en acier inoxydable. Ces plaques présentent les principales caractéristiques suivantes :

- épaisseur de la tôle 1,5 mm
- hauteur des ondes 6,5 mm
- largeur 40 cm
- longueur épaisseur du mur.

La continuité de la coupure étanche est assurée par le recouvrement des plaques successives sur une largeur correspondante à deux ondes. Dans le cas où le joint de maçonnerie ne serait pas rectiligne l'opérateur réalise d'abord au disque diamanté une saignée de 4 mm d'épaisseur avant introduction des plaques.

Un bâti métallique fixé au mur ou buté au sol permet le positionnement des plaques et leur enfoncement par percussion grâce à un marteau pneumatique (fréquence = 1 100 à 1 450 coups/mn).

• Imperméabilisation des murs par injection

Cette méthode consiste à percer des trous à des intervalles, des diamètres et des profondeurs qui varient selon le procédé. Les forages sont effectués à la base de la maçonnerie, le plus près possible du sol, en suivant une ligne horizontale.

Les injections des divers produits imperméabilisants se font à haute ou basse pression, ou par gravité suivant le pro-

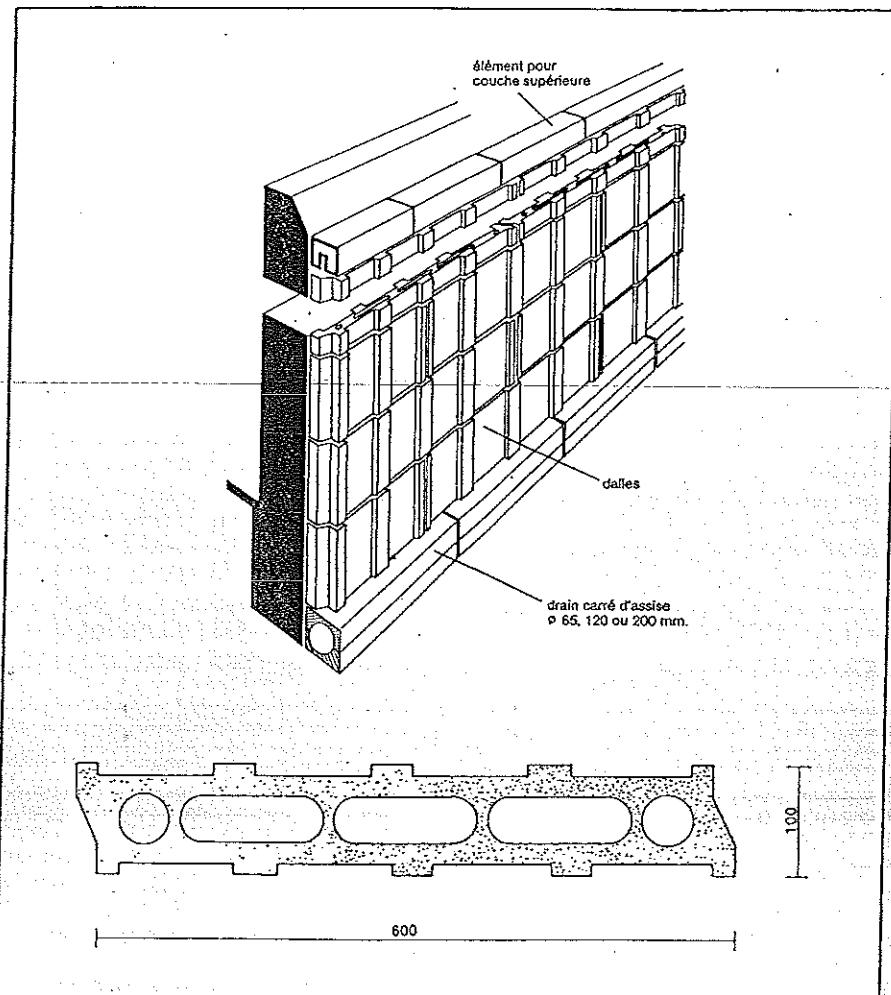


Fig. 8 - Protection des murs enterrés par empilage d'éléments en béton poreux. Perspective et coupé d'un élément.

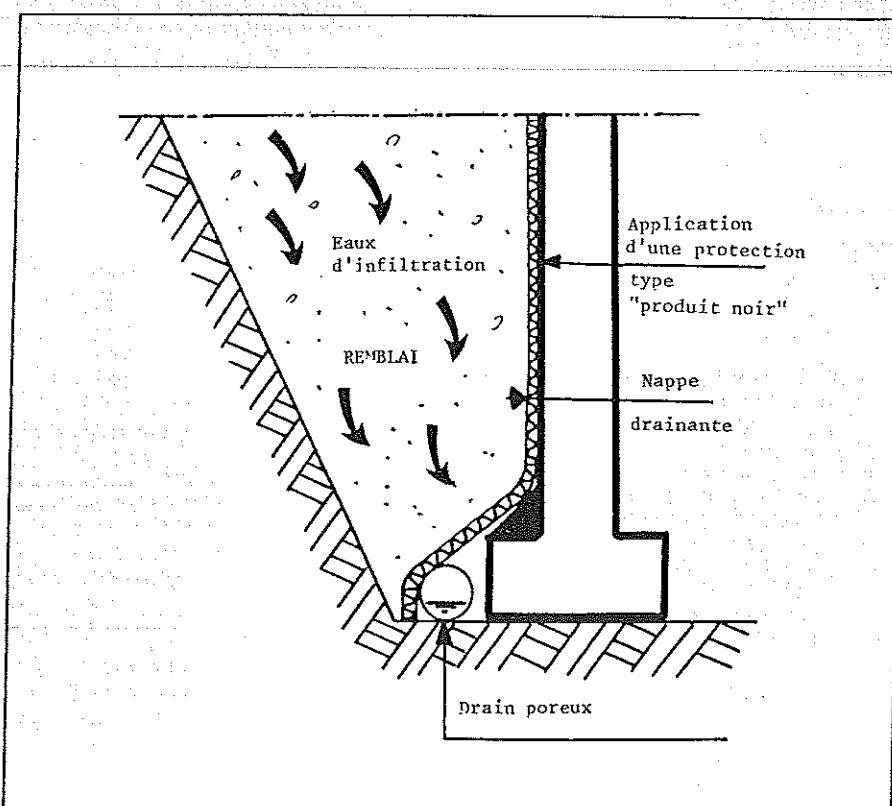


Fig. 9 - Protection des murs de soubassement contre les infiltrations d'eaux par l'interposition d'une nappe drainante

cédé choisi. Ces produits injectés ont pour rôle :

- soit de boucher les pores du matériau ;
- soit d'hydrofuger les capillaires du matériau.

Les principaux produits utilisés actuellement sont :

- Pour boucher les pores :
- les résines époxy ;
- les silicates de sodium ou de potassium qui conduisent à la formation d'un gel de silice ;
- les résines acryliques dont le mélange crée également un gel.

• Pour hydrofuger les capillaires :

- les méthylsiliconates de sodium ou de potassium qui polymérisent au contact du gaz carbonique de l'air ;
- les stéarates d'alumine en solution dans un solvant qui polymérisent ensuite en présence d'eau ;
- les silicones dont l'imprégnation est assez difficile.

La principale difficulté dans cette technique est le choix du produit imperméabilisant en fonction de la nature des différents matériaux composant le mur. En effet, chaque matériau nécessite théoriquement un produit d'injection spécifique caractérisé par sa viscosité et sa vitesse de polymérisation.

D'autre part, les murs présentant des fissures ou des cavités importantes se prêtent difficilement à cette technique d'imperméabilisation.

Enfin, dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de porter un jugement définitif sur l'efficacité et la durabilité de tous ces produits imperméabilisants injectés dans les murs anciens.

• Assèchement des murs par siphons atmosphériques

Ce procédé, inventé par l'ingénieur belge Knapen consiste à permettre l'évaporation de l'eau du mur en y plaçant des « drains » appelés siphons atmosphériques.

Dans des trous percés côté extérieur, à la base des murs, on scelle des drains en terre cuite (ou en matière plastique perforé) grâce à un mortier poreux.

L'air sec entre dans le drain, se charge en humidité, puis s'évacue vers l'extérieur.

Les quantités d'eaux évacuées par de tels drains peuvent être très variables et risquent de diminuer dans le temps du fait de cristallisation autour du drain de sels migrants qui affaiblissent progressivement la porosité du drain et de son mortier de scellement.

• Assèchement des murs par électro-osmose et électrophorèse

Sur un mur qui fait l'objet de remontées d'eaux par capillarité on peut mesurer une légère différence de potentiel de l'ordre de quelques dizièmes de volts entre le mur et le sol de fondation (fig. 11). Constatant ainsi que les deux phénomènes : remontée capillaire et différence de potentiel étaient liés, en 1935 le suisse Paul Ernst fit breveter un système dans lequel il reliait le mur au sol de fondation par un fil conducteur électrique, ce qui a pour effet d'annuler cette différence de

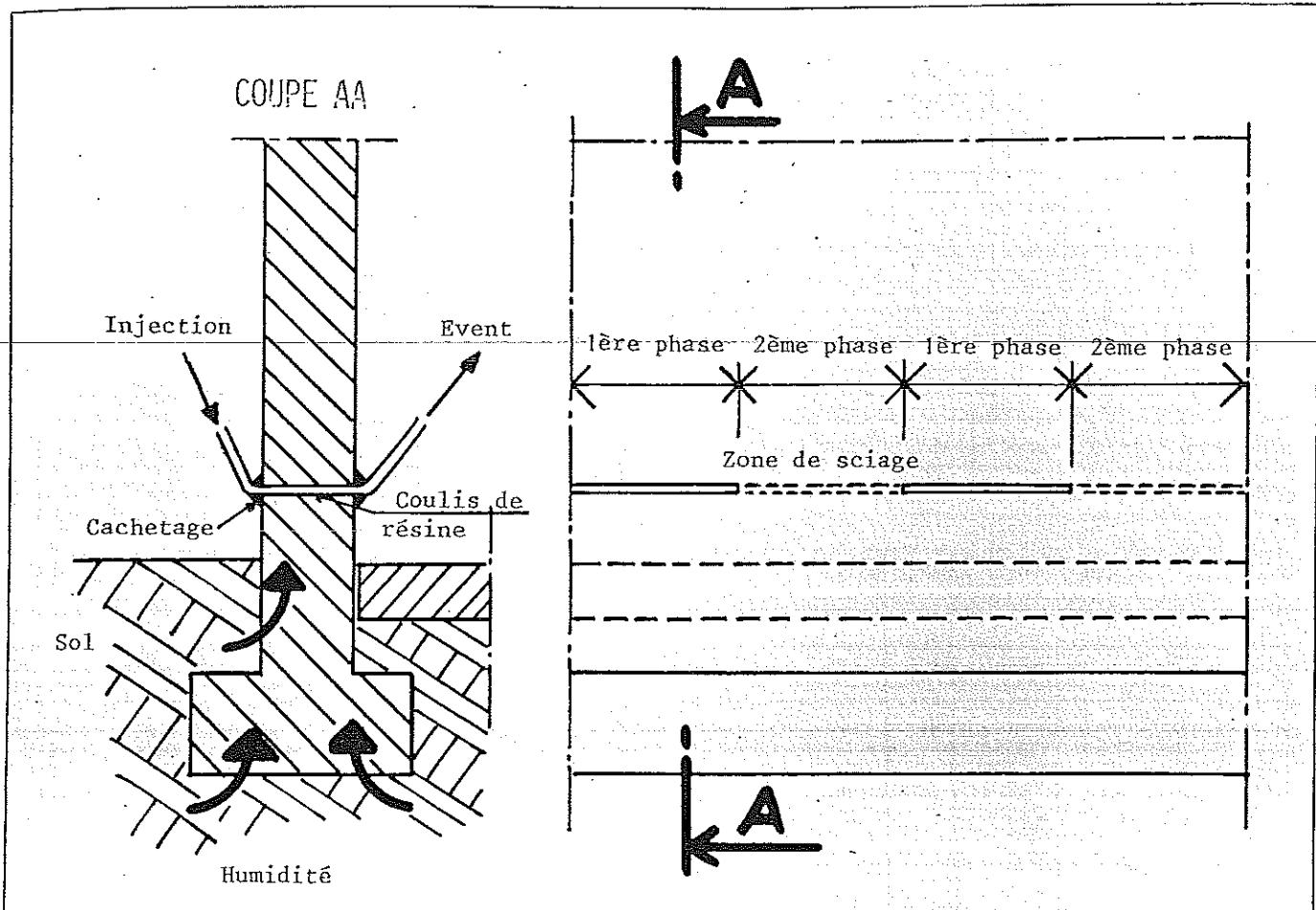
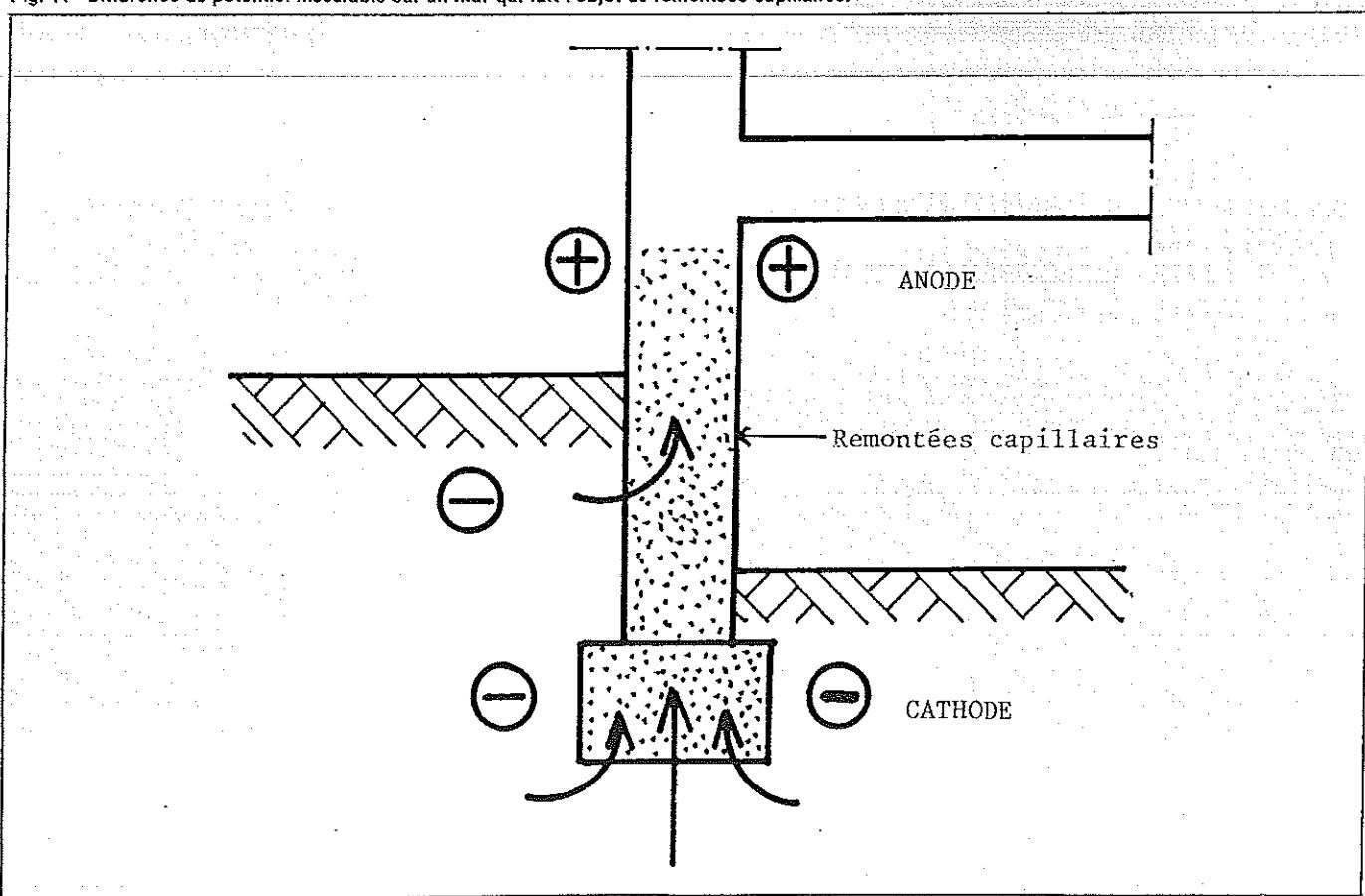


Fig. 10 - Procédé de sciage et injection de saignées

Fig. 11 - Différence de potentiel mesurable sur un mur qui fait l'objet de remontées capillaires.



TRAITEMENT DES REMONTÉES CAPILLAIRES

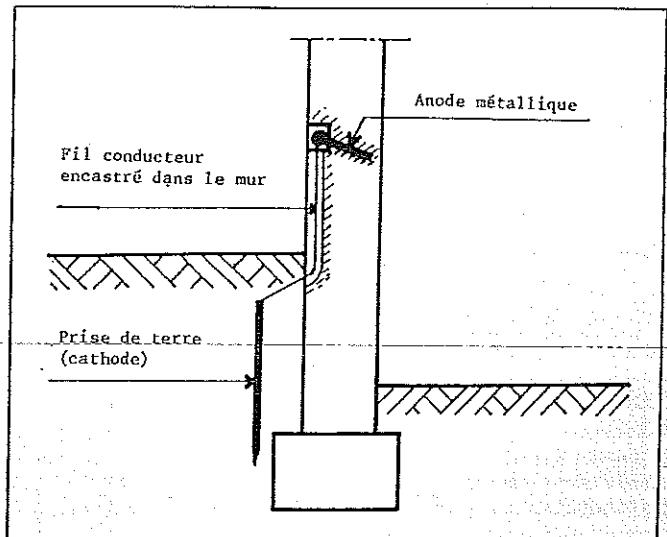


Fig. 12 - Principe de l'électro-osmose passive

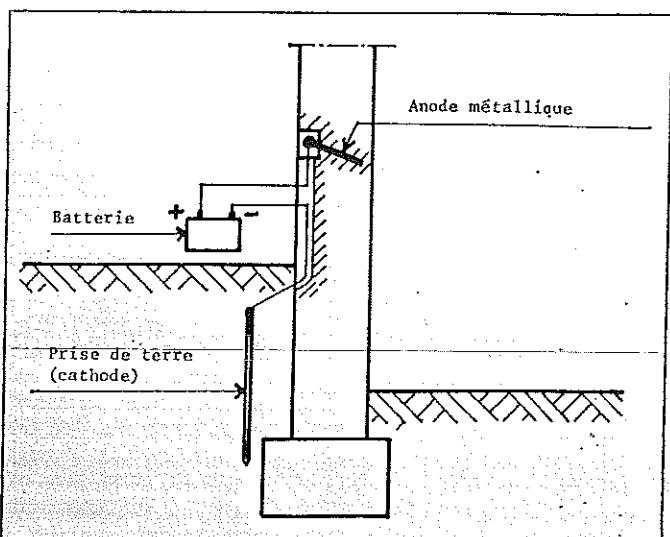


Fig. 13 - Principe de l'électro-osmose active

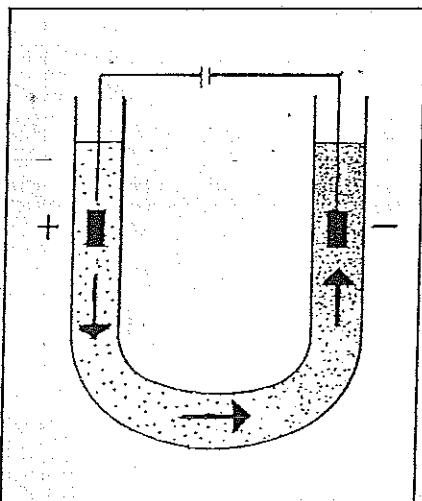


Fig. 14 - Déplacement des particules électrisées dans l'eau

potentiel. C'est le principe de l'électro-osmose passive (fig. 12). Il est possible d'améliorer l'efficacité de cette technique en appliquant entre le mur et le sol une différence de potentiel (opposée à la précédente) qui a pour but d'annuler ou d'inverser le courant lié aux remontées capillaires. Ce procédé est appelé « électro-osmose active », et suppose l'utilisation d'un générateur de courant continu (fig. 13).

Enfin, certains proposent de créer ce phénomène de pile en utilisant des électrodes constituées de métaux de potentiels différents.

Un procédé plus récent associe l'électro-osmose et l'électro-phorèse. Le phéno-

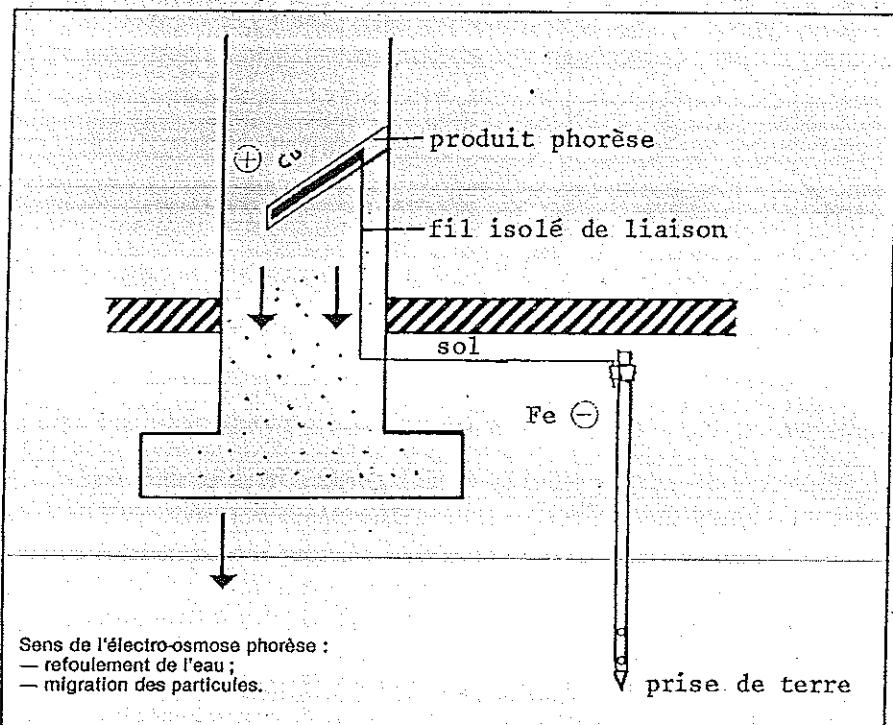


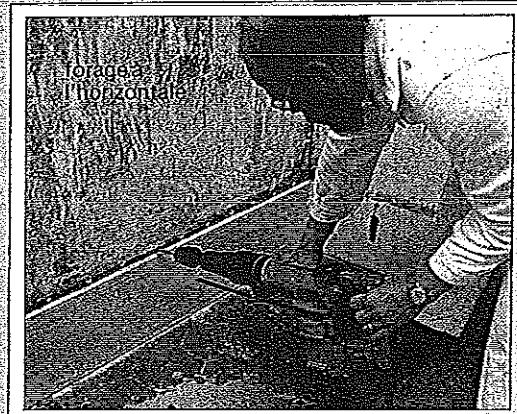
Fig. 15 - Schéma de principe d'une installation d'électro-osmose-phorèse

mène de l'électro-phorèse est caractérisé par le déplacement de particules ionisées dans un électrolyte entre deux électrodes. On peut l'illustrer par l'expérience suivante (fig. 14).

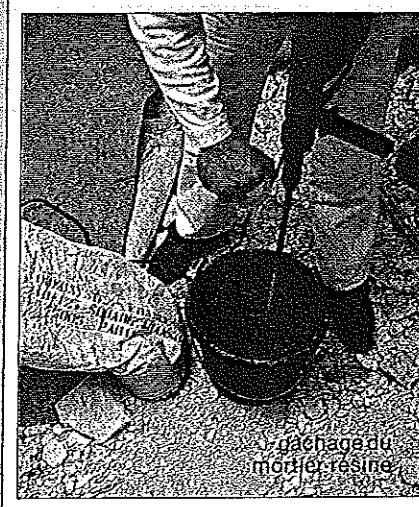
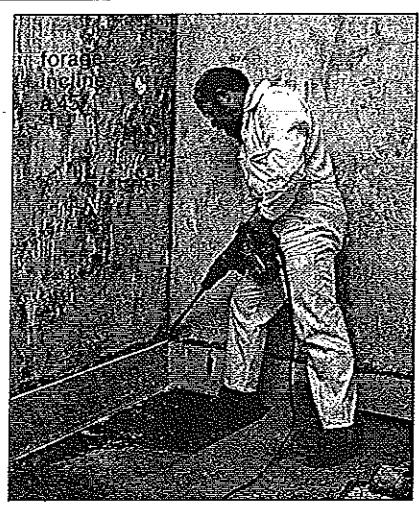
Dans ce procédé l'auteur préconise la

mise en place d'un produit de phorèse autour de l'anode disposée dans le mur. Ce produit est entraîné par le courant qui circule entre l'anode et la cathode et vient ainsi colmater les capillaires du mur (fig. 15).

Confection d'une arase étanche horizontale à la base des murs



Injection de résines liquides en phase solvant ou en phase aqueuse.



Rémplissage par gravité de mortier-résine à diffusion lente.

ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

6.0 - LES CONDENSATIONS

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient

LES CONDENSATIONS

Dans un logement, la condensation se manifeste d'abord par la buée qui se dépose sur les vitres : c'est la condensation superficielle.

Ce phénomène très courant n'est généralement pas nuisible s'il n'est qu'épisodique et de faible ampleur ; par contre, il n'en va pas de même si le phénomène se produit de façon quasi permanente et entraîne la formation de coulures. Il est alors le signe d'une trop forte humidité de l'air ambiant qui, elle, peut entraîner de graves désordres ; dans les menuiseries, sans doute, mais également dans les murs, plafonds et planchers.

En effet, la condensation n'est pas limitée aux seules parois vitrées, mais elle peut aussi se produire sur toutes les autres parois froides, c'est-à-dire les parois donnant, directement ou pas, sur l'extérieur. Ces parois sont, en général, suffisamment poreuses pour absorber l'eau qui s'y dépose et rien ne se voit si les locaux ne sont pas trop humides. Si, par contre, on laisse subsister trop fréquemment dans le logement une forte humidité, l'eau de condensation n'a plus le temps de se réévaporer pendant les trop rares périodes favorables, et la paroi reste mouillée en permanence.

Apparaissent alors des traces noirâtres, généralement localisées, dans un premier temps, dans les recoins froids ou derrière les meubles adossés aux murs extérieurs puis gagnant progressivement le reste de la paroi. Ce sont des moisissures qui se développent : elles sont la conséquence visible du désordre qui s'est installé et peut conduire à dégrader gravement l'intégrité de la paroi support.

Cependant, l'absence de moisissures n'est pas nécessairement le signe d'un bon comportement de la paroi devant une forte humidité des locaux, se manifestant par des vitrages ruisselants ; le mal peut être plus insidieux, et donc plus dangereux car il ne se manifestera que plus tard.

Les condensations peuvent, en effet, se réaliser également dans l'épaisseur de la paroi ; ce phénomène, tout à fait naturel, est inévitable dans la plupart des cas. Il ne conduit à aucun désordre, à condition, comme pour les phénomènes superficiels, qu'il soit limité en durée et en importance, la situation pouvant alors se rétablir. Si ce n'est pas le cas, la paroi finit par se gorgier d'eau, ce qui n'est bon ni pour ses qualités d'isolation thermique, ni, dans bien des cas, pour sa bonne conservation.

• Lutte contre les condensations superficielles

Les condensations superficielles se produisent d'abord sur les parois à faible isolation thermique ; cependant, si

l'humidité de l'air augmente, ces condensations gagnent les autres parois extérieures, dès lors que la température de leur face intérieure atteint la température de rosée de l'air des locaux (voir encadré). Contre cela, on peut donc réagir de deux façons, qu'il faut d'ailleurs harmoniser :

- diminuer l'humidité dans les locaux pour diminuer la température de rosée (voir encadré) ;
- augmenter le pouvoir isolant de la paroi pour augmenter sa température superficielle.

• Lutte contre les condensations dans la masse

Les condensations dans la masse des parois deviennent dangereuses lorsqu'elles sont à la fois trop fréquentes et trop importantes. Il existe donc trois moyens de les limiter :

- diminuer l'humidité dans les locaux, ce qui permet d'agir à la base ;
- limiter la quantité de vapeur d'eau susceptible de se condenser au sein du matériau, ce qui passe par deux mesures :
 - poser une barrière efficace à la pénétration de vapeur d'eau dans la paroi (c'est par exemple, le rôle d'un pare-vapeur) ;
 - assurer par le choix des matériaux une migration aisée vers l'extérieur à la vapeur d'eau qui a réussi à passer, afin qu'elle ne se condense pas (voir encadré).
- évacuer sans dommage l'eau de condensation (c'est ce qu'on réalise dans les techniques d'isolation thermique par l'extérieur par vêture).

On voit que, dans tous les cas de figure, deux actions sont à envisager qui, loin d'être incompatibles, sont au contraire à harmoniser :

- l'action sur l'air des locaux, pour le maintenir à un degré hygrométrique acceptable : c'est le rôle dévolu à l'aération ;
- l'action sur les parois : dans les bâtiments existants, celle-ci consiste généralement à rapporter par l'extérieur ou par l'intérieur, voire par remplissage, un complexe d'isolation thermique qui devra respecter les principes exposés plus bas.

Il est capital en tout cas d'observer ceci : l'isolation thermique des parois, quelque soin qu'on y apporte, laisse toujours subsister des éléments de parois moins bien traités que les autres, voire non traités. Ils deviendront donc des points particulièrement sensibles au risque. Pour y pallier, il est donc indispensable d'assurer une aération efficace des locaux. L'isolation thermique n'est donc pas l'outil pri-

vilégié de la solution, mais doit être considéré comme un auxiliaire efficace. Puisqu'elle permet d'augmenter le confort en « réchauffant » la température de la paroi et en diminuant la consommation d'énergie, elle doit aussi permettre d'accepter la dépense d'énergie supplémentaire d'une aération convenable.

L'ACTION SUR L'AIR DES LOCAUX

Beaucoup d'immeubles collectifs, et encore plus de maisons individuelles du parc existant, sont pourvus d'une aération déficiente, voire inexistante.

En effet, les différents procédés de ventilation qu'on peut rencontrer sont liés aux textes réglementaires en vigueur au moment de la construction, ou à une époque antérieure, et les dispositions prises n'étaient pas toujours efficaces, même si elles n'ont pas été supprimées.

Les modes d'aération que l'on rencontre

Dans bien des cas, on trouve les solutions suivantes, toutes insuffisantes.

• L'ouverture des fenêtres

Le mode le plus simple d'aération est l'ouverture des fenêtres. C'était en général le seul utilisé dans les bâtiments construits avant 1955. On admet communément que l'ouverture d'une fenêtre pendant 5 minutes permet le renouvellement d'air complet de la pièce qu'elle éclaire.

Pour obtenir une aération d'une fois par heure le volume des pièces principales qui, dans le cas d'une occupation normale, permet d'éviter les désordres dus aux condensations, il faudrait donc s'astreindre, toutes les heures, à aérer pendant cinq minutes (dix minutes toutes les deux heures n'apportent évidemment pas le même résultat). La contrainte peut, à la rigueur, être supportée pendant la journée ; il n'en va pas de même la nuit où un sommeil de six à huit heures engendre une augmentation de l'hygrométrie d'autant plus rapide que les fermetures sont bien jointoyées et donc les infiltrations d'air réduites.

L'aération matinale d'une heure, pendant la durée du ménage, intervient trop tard pour éviter les désordres, et la trop longue durée d'aération a pour seul résultat d'augmenter la consommation

d'énergie. Reste, quand c'est possible, la solution de laisser la fenêtre entr'ouverte pendant la nuit, ce qui constitue une aération permanente, mais parfaitement incontrôlée (photo 1).

En fait, les fenêtres restent le plus souvent fermées tout au moins en période d'hiver.

La ventilation se réalise alors par les infiltrations, quand les défauts d'étanchéité des huisseries existent, c'est-à-dire lorsque des joints n'ont pas été posés.

Suivant le comportement de l'occupant, deux situations extrêmes peuvent se rencontrer :

- des charges de chauffage élevées en raison d'un taux de renouvellement d'air extérieur excessif, non contrôlé (le degré hygrométrique du local reste faible sans manifestation de condensations) ;
- l'apparition de condensations et de moisissures dues au maintien des fenêtres fermées dans le but d'économiser l'énergie.

Il résulte de tout cela que l'aération par ouverture des fenêtres est une solution de pis-aller, dont le principal défaut est d'être laissée à l'initiative des occupants et à leur mode de vie. Les désordres constatés de plus en plus fréquemment dans les logements qu'on a calfeutrés pour « faire des économies », sur le chauffage montrent à l'évidence les insuffisances du système.

• L'aération des pièces de service par des orifices fixes d'entrée et de sortie d'air en façade

Le système a été très couramment utilisé dans les constructions réalisées entre 1955 et 1969. Les orifices qui sont installés sur les parois extérieures des pièces de service sont placées en partie basse pour les entrées d'air et en partie haute pour les sorties d'air.

En hiver, dans les logements chauffés, on compte sur la différence entre la masse spécifique de l'air extérieur froid et celle de l'air intérieur chaud pour provoquer le renouvellement de l'air qui devrait entrer par l'orifice bas et ressortir par l'orifice haut.

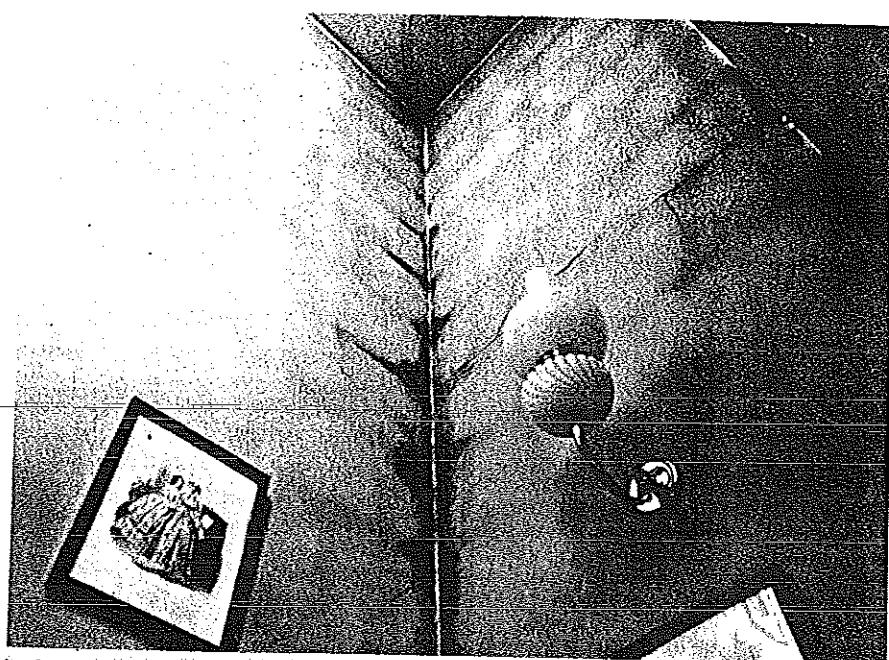
Malheureusement, le vent vient la plupart du temps perturber tout cela : les ventilations hautes et les ventilations basses « au vent » se comportent alors comme des orifices d'introduction d'air, tandis que les orifices situés sur la façade opposée, dite « sous le vent », se comportent en orifices de sortie d'air.

Entre les deux, l'air sert de support pour véhiculer les odeurs ou la vapeur d'eau, le plus souvent là où ce n'est pas désirable.

Ce type de ventilation est donc très aléatoire puisque son fonctionnement dépend des conditions climatiques extérieures ; elle entraîne le plus souvent :

- des débits excessifs d'introduction d'air lorsque les orifices sont situés en façade exposée ;
- des transmissions d'odeurs dans le logement ;
- des débits d'air insuffisants en l'absence du vent, du fait du très faible tirage thermique.

En outre, dans ce système, seules les pièces de service sont pourvues d'orifices.



La Condensation répétée provoque des fantômes et des moisissures.

ces ; les pièces principales restent tributaires de l'ouverture des fenêtres.

• L'aération des pièces de service par des conduits verticaux

Ce procédé est contemporain du précédent et en constitue une variante, indispensable pour les pièces en position centrale.

L'entrée d'air se fait par des orifices fixes en façade ou par des conduits verticaux ; la sortie d'air se fait par des conduits verticaux à tirage thermique (ils sont, selon les cas, individuels ou collectifs de type « shunt »).

L'effet de cheminée permet d'obtenir un mouvement d'air dans le bon sens, tout au moins si le débouché extérieur du conduit de sortie est suffisamment dégagé pour profiter de l'effet perturbateur du vent et non le contraire.

Reste évidemment que le tirage est soumis aux aléas de la température extérieure et qu'il est donc difficilement maîtrisable.

Ce système d'aération, malgré ses limites, est toutefois préférable au précédent. Malheureusement, il n'agit que sur l'atmosphère des pièces de service et ignore totalement le reste de l'appartement, où l'occupation provoque pourtant des apports de vapeur d'eau importants, uniquement évacués par les défauts d'étanchéité des ouvrants et l'ouverture des fenêtres.

Que faire pour améliorer l'aération des logements ?

Dans un logement et particulièrement dans un logement ancien, le principal problème est celui du contrôle du débit moyen d'air renouvelé. Toute recherche d'amélioration d'aération aura un double objectif :

- limiter le taux d'air neuf à une valeur raisonnable ;
- assurer cependant une ventilation convenable.

C'est la technique de l'aération générale

et permanente qui passe par les mesures suivantes :

- mise en place d'orifices d'entrée d'air dans les pièces principales ;
- transit de l'air neuf vers les pièces de service ;
- suppression des arrivées d'air directes ou indirectes installées dans les pièces de service ;
- création de conduits de ventilation haute, soit individuels, soit collectifs du type shunt, lorsque ces conduits n'existent pas ou, de préférence d'un réseau d'extraction mécanique de l'air (VMC).

• Création d'entrées d'air dans les pièces principales

Une première amélioration consiste à mettre en place, soit dans les châssis, soit dans la maçonnerie des pièces principales, un orifice d'introduction d'air autoréglable ou non.

L'emplacement des orifices d'introduction d'air est fondamental pour éviter d'entraîner une gêne pour les occupants conduisant inévitablement à leur obstruction. Dans les pièces principales, les orifices seront situés :

- dans la partie haute du local, avec pose d'un déflecteur devant l'entrée dans la pièce ;
- dans la partie inférieure, derrière le radiateur à circulation d'eau, le sommet de la bouche arasant celui du corps de chauffe.

Il ne faut pas oublier l'incidence sur l'acoustique que peut entraîner la mise en place de ces dispositifs.

Les orifices d'introduction d'air neuf prévus en façade des pièces principales peuvent être en principe de deux natures différentes : du type autoréglable ou du type fixe :

- dans les zones où les vents restent modérés, on peut admettre à la rigueur des orifices fixes en façades ;
- dans les zones fortement ventées, il serait souhaitable de prévoir des bouches autoréglables.

Malheureusement, les orifices actuellement sur le marché ne semblent pas convenir à la ventilation naturelle, compte tenu de leur perte de charge et de l'effet

moteur très faible du tirage.

Il ne faut pas oublier que les orifices d'introduction d'air extérieur ne peuvent remplir leur office que si, d'autre part, le logement est aussi étanche que possible. Il est indispensable de veiller à la bonne étanchéité des ouvrants et des portes palières.

• Réalisation du transit de l'air

Le transit de l'air peut se faire :

- en détalonnant les portes de séparation entre pièces de service et pièces principales ;
- ou bien en réservant un jour entre bâti et ouvrant avec mise en place de butées en caoutchouc sur le bâti.

• Suppression des entrées d'air dans les pièces de service

Le système aéraulique que l'on est en train de décrire ne peut fonctionner que si les amenées d'air, directes ou par conduits, installées au niveau de chaque pièce de service, sont supprimées (ce qui permet de gagner de la place dans certains cas).

• Réalisation des sorties d'air par tirage thermique ou mécanique prenant l'air des pièces de service

Le choix de la solution pour assurer les sorties d'air dépend essentiellement :

- des conduits existants dans le bâtiment ;
- de leur état (étanchéité notamment) ;
- de la possibilité de les construire (quand ils n'existent pas).

Assez souvent, les logements comportent des conduits de fumées qui ne sont plus utilisés ; il peut alors être envisagé de les réutiliser en conduit de ventilation haute, après en avoir vérifié, au préalable, l'état, la dimension et, si besoin les avoir réparés.

Si les conduits sont inutilisables, il est parfois possible de récupérer les volumes qu'ils occupent pour y mettre en place de nouveaux conduits de ventilation (individuels ou collectifs fonctionnant en tirage naturel) ou des conduits métalliques raccordés sur un extracteur mécanique. La solution dépendra de la disposition des lieux et de l'importance des travaux envisagés.

Cas particulier de la cuisine

Elle est située en règle générale en zone périphérique ; à partir de 1955, la ventilation haute se faisait déjà par conduit vertical, avec ventilation basse en paroi extérieure. Il serait indispensable dans ce cas :

- de supprimer la prise d'air directe, à condition toutefois de rétablir une perméabilité du bâtiment en prévoyant des entrées d'air par les pièces principales ;
- de vérifier le bon état et la section du conduit de ventilation haute ;
- en général, de remplacer les orifices de sortie d'air fixes et le plus souvent de section insuffisante.

Si la cuisine comporte une chaudière murale à gaz dont l'anti-refouleur est situé à au moins 1,80 m de hauteur, raccordée sur un conduit d'évacuation de fumées, il est conseillé d'utiliser ce conduit pour réaliser la ventilation de la cuisine en extrayant par l'anti-refouleur. Dans ce cas, il n'est pas utile de maintenir en fonctionnement un deuxième ori-

Tableau 1 - Débits types de sorties d'air
Arrêté du 24 mars 1982

Nombre de pièces principales du logement	Cuisine	Salle de bains ou de douches commune ou non avec un cabinet d'aisances	DÉBITS EXTRAITS EXPRIMÉS EN m ³ /h		
			Autre salle d'eau	Cabinet d'aisances	
			Unique	Multiple	
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 et plus	135	30	15	30	15

fice. Il est indispensable, alors, d'apposer une plaque précisant que le conduit ne peut être utilisé que pour évacuer des produits de combustion provenant du gaz.

Le tirage thermique

En raison du très faible tirage thermique, il est vivement déconseillé de relier toute pièce de service à une gaine d'extraction par une trémie horizontale de plus de 2 m de longueur environ (cette disposition ne peut être envisagée dans de bonnes conditions qu'en ventilation mécanique).

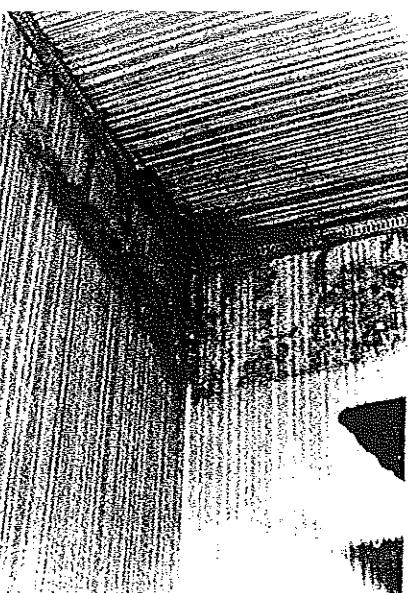
Lorsqu'il s'agit de conduits de ventilation par tirage thermique, la réglementation dit que « l'emplacement du débouché du conduit et son couronnement éventuel sont tels que l'évacuation de l'air pollué s'effectue correctement à l'extérieur et sans refoulement vers les logements ce qui suppose en particulier que la dépression créée par le vent au sommet du conduit s'oppose utilement aux dépressions créées en façade ».

En pratique, et pour les conduits de ventilation naturelle, il suffit d'assurer un débouché :

- à 0,40 m au-dessus d'un faîteage ou de tout obstacle dans un rayon de 8 m ;
- à 1,20 m au-dessus d'une terrasse ou 1 m au-dessus d'un acrotère.

Lorsque la dimension des conduits individuels ou collectifs du type « shunt » est insuffisante pour admettre les débits

Le chainage d'un mur non isolé constitue une partie froide sur laquelle apparaissent très vite les moisissures.



types (voir exemples de solutions pour faciliter l'application du règlement de construction, Cahier du CSTB n° 1071 de novembre 1971), il est envisageable de transformer la ventilation naturelle à tirage thermique, en ventilation mécanique. Cette transformation implique des modifications au niveau des introductions d'air et offre plus de liberté dans le parcours emprunté par les conduits.

La ventilation mécanique contrôlée

La ventilation mécanique permet de s'affranchir des conditions climatiques extérieures influençant le taux de renouvellement d'air dans le cas de la ventilation naturelle. Cette solution peut être adoptée dans le cas où la ventilation naturelle s'avère inefficace en raison du dimensionnement insuffisant du conduit ou lorsqu'on désire s'affranchir des contraintes du tirage thermique. Elle permet aussi de donner aux conduits un parcours s'adaptant plus facilement aux exigences du bâti.

Ces diverses solutions doivent, bien entendu, être élaborées en harmonie avec les exigences en matière réglementaire. Il convient pour cela de se référer aux règlements sanitaires départementaux et on peut également se reporter à l'arrêté du 24 mars 1982 sur l'aération des logements neufs (tableau 1) et à l'arrêté du 10 septembre 1970 relatif à la sécurité incendie de ces mêmes logements. On pourra également consulter le fascicule « Ventilation » des Cahiers du CSTB (Cahier 1071).

L'ACTION SUR LES PAROIS

La rénovation de l'habitat existant passe souvent par l'adjonction d'une isolation rapportée sur tout ou partie des parois extérieures.

Cette action a souvent pour résultat de modifier le comportement hygrothermique de la paroi support et peut conduire à des désordres si certaines règles sont méconnues.

La plupart d'entre elles ont été établies d'abord pour être appliquées aux constructions neuves, mais il est possible de les étendre à l'existant, pour autant que le contexte s'y prête.

Pour bien comprendre les raisons de ces règles, il faut se souvenir que la condensation n'est dangereuse que dans deux cas :

- lorsqu'elle entraîne une humidité permanente ou trop fréquente favorisant moisissures et corrosion ;

Tableau 2

Qualification de l'ambiance	W/n (en g/m ²)
— très forte hygrométrie	> 7,5
— forte hygrométrie	> 5 et ≤ 7,5
— hygrométrie moyenne	> 2,5 et ≤ 5
— faible hygrométrie	≤ 2,5

— Lorsque le flux d'eau condensée est trop important pour pouvoir être absorbé sans inconvénient par le matériau. Ainsi, donc, deux cas peuvent se produire :

1. La paroi offre, côté froid de l'isolant qu'on vient d'ajouter, une résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (1) plus faible que côté chaud : la condensation ne se produit que très exceptionnellement et elle ne présente aucun risque (voir encadré).

2. La paroi présente côté, froid de l'isolant, une couche de matériau de résistance R_D plus forte que celles des matériaux situés côté chaud : il y a alors un risque important de condensation (voir encadré).

• Si la quantité de vapeur d'eau qui provient en ce point est faible grâce à la résistance R_D des couches situées côté « chaud », la condensation n'humidifiera que très peu le matériau. Il n'en souffrira pas et aucune précaution particulière n'est à prendre.

Tableau 4. Cas des isolants recouverts d'une surface de répartition (parquets...)

Tous types de couvertures W/n (en g/m ²)	Règle
< 2,5	$R_{DP} + R_{DI} > 1 R_{DS}$
< 5	$R_{DP} + R_{DI} > 3 R_{DS}$
< 7,5	$R_{DP} + R_{DI} > 5 R_{DS}$

• Si la quantité de vapeur d'eau est trop forte, il faudra alors que le matériau sur lequel elle se condense n'en souffre pas et que l'eau ainsi formée soit évacuée sans dommage (soit par gravité, soit par

Les coulures sur un vitrage sont un signe évident d'une aération insuffisante.

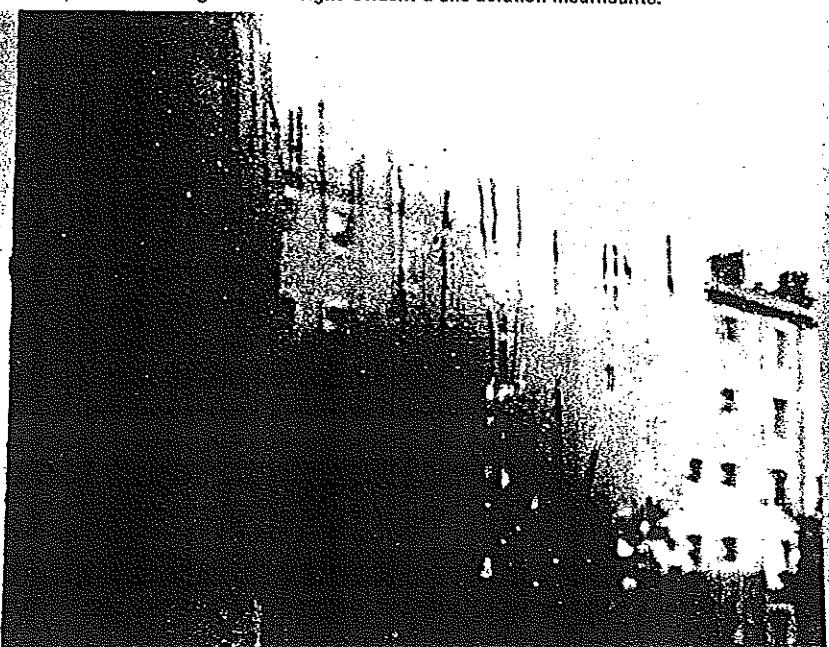


Tableau 3. Cas des isolants sans parement supérieur

Types de couvertures	W/n (en g/m ²)	s/S	ΣR_D (en m ² .h.mm.Hg/g)
Ardoise	quelconque	> 1/3 000	Zone très froide (te > - 15) : $R_{DP} + R_{DI} > 16$ Autres zones : $R_{DP} + R_{DI} > 3$
Tuile canal	quelconque	0	
Autres tuiles	quelconque	> 1/5000	
Complexe de couverture étanche à l'air	< 2,5	> 1/1 000	$R_{DP} + R_{DI} > 20$
		> 1/500	$R_{DP} + R_{DI} > 50$
	< 5	> 1/1 000	$R_{DP} + R_{DI} > 10$
		> 1/500	$R_{DP} + R_{DI} > 20$

ventilation naturelle permettant de la sécher dès que les conditions s'améliorent) ou alors qu'on augmente fortement la résistance R_D côté chaud, par interpolation d'un pare-vapeur permettant de retrouver l'une des deux conditions précédentes.

En pratique, voici comment on procède.

Isolant en sol de combles perdus

La méthode consiste surtout à ventiler suffisamment le comble (2). Cela conduit aux tableaux suivants qui permettent d'harmoniser en fonction du type de couverture :

— l'aération du comble (s = surface en m² des orifices d'aération du comble ; S = surface de plancher du comble) ;

— la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau du plancher (R_{DP}), celle de l'isolant (R_D) et éventuellement celle de la surface de répartition (R_{DS}). Les valeurs de R_{DP} , de R_D et de R_{DS} dépendent des matériaux et de leur épaisseur (3) ;

— l'humidité des locaux sous-jacents, à travers la valeur du rapport (W/n) entre la quantité de vapeur d'eau apportée dans ces locaux (W en grammes d'eau/h) et le débit d'air de renouvellement (n en m³/air/heure) (4).

Le tableau 2 établit la relation entre ce rapport et l'appréciation qualitative de

l'ambiance obtenue (voir DTU 20-11 - chap. IV).

Isolant sous rampant de toiture

En l'absence de document spécifique, hors Avis technique, les solutions précédentes peuvent éventuellement leur être appliquées dès lors qu'on assimile à un comble perdu la lame d'air ventilée d'au moins 2 cm d'épaisseur qui doit être ménagée entre la surface du matelas supérieur d'isolant et la sous-face du support de couverture ou de la sous-toiture. Il faut cependant remarquer que certains DTU de la série 60 exigent la présence d'un pare-vapeur.

Isolant support d'étanchéité

L'isolant est surmonté d'un complexe d'étanchéité qui se comporte comme un pare-vapeur mal placé.

Pour pallier ce défaut inévitable, les DTU 43-1 et 43-3 imposent deux conditions simultanées :

— l'isolant doit être précédé d'un pare-vapeur dont l'efficacité doit être équivalente à celle d'un complexe multicouche (complété par une couche de diffusion si les locaux sous-jacents sont à forte hygrométrie ou que le plancher est chauffant) ;

— l'isolant doit avoir une épaisseur telle que, lorsqu'il se produit, le point de rosée soit situé dans l'isolant.

Cette double exigence permet de rendre inoffensive la condensation qui se produira, car elle sera négligeable.

Pour calculer l'épaisseur à prévoir, il faut connaître :

— la résistance thermique en amont de l'isolant

$$(R_{AM} = 0,09 + \sum \frac{e_{AM}}{\lambda_{AM}} + \sum R_{AM})$$

— la résistance thermique en aval de l'isolant

(1) R_D en m².h.mm Hg/g (R_D est l'inverse de la perméance P en g/h.m².mm Hg) (voir tableaux de valeurs page 52).

(2) Règles générales de mise en œuvre des procédés et produits d'isolation thermique rapportée sur planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique - GS n° 6 et 7. Dans la plupart des cas, ces règles sont extrapolables à tous procédés traditionnels.

(3) En cas de couches multiples, seule la couche inférieure peut comporter un pare-vapeur.

(4) Voir encadré ci-contre.

RÈGLES APPLICABLES AUX MAÇONNERIES AVEC DOUBLAGE ISOLANT INTÉRIEUR

(extrait du DTU 20-11)

RTM : résistance thermique de la paroi extérieure en maçonnerie

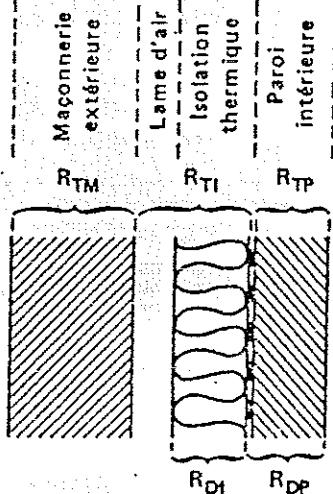
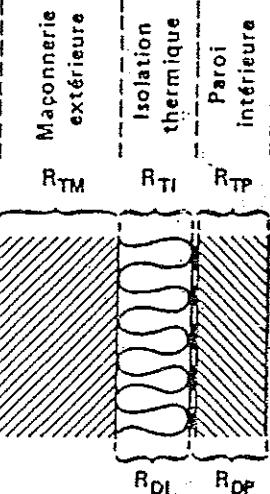
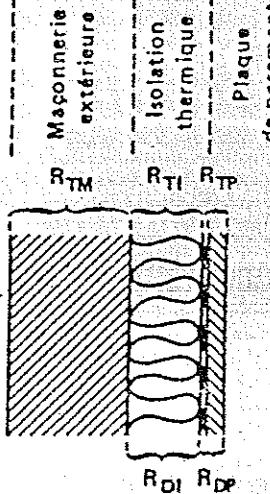
RTI : résistance thermique de l'isofant, lame d'air incluse

RTP : résistance thermique de la paroi interne, pare-vapeur exclu

RDI : résistance à la diffusion de l'isolant, pare-vapeur éventuel exclu

RDP : résistance à la diffusion de la paroi interne, pare-vapeur éventuel inclus

Barrière de vapeur (pare-vapeur) éventuelle

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	Il y a une lame d'air entre l'isolant et la maçonnerie extérieure	Pas de lame d'air entre l'isolant et la paroi extérieure		
		Paroi intérieure autoportante (cloison)	Paroi intérieure non autoportante (plaqué)	
				
REGLES APPLICABLES	1 3.1 ou 3.2	1 2 3.1	1 2 3.1	

Énoncé des règles

1. Règle pour éviter la condensation sur la face intérieure de l'isolant

$$RTI > 3 RTP$$

2. Règle pour éviter la condensation dans l'épaisseur de l'isolant, dans le cas de locaux à forte hygrométrie

$$\frac{1}{RDP} < 0,06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$$

3. Règles pour limiter les effets de la condensation sur la paroi extérieure (cas où $RTI + RTP > 3 RTM$)

3.1 limiter le flux de vapeur

$$\text{SI } RTM \geq 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \quad \frac{1}{RDP + RDI} < 0,3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$$

$$\text{SI } RTM < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \quad \frac{1}{RDP + RDI} < 0,06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$$

zone très froide

$$\frac{1}{RDP + RDI} < 0,015 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$$

3.2 récupérer l'eau en bas du mur et l'évacuer + protection en pied de l'isolant

$$(R_{AV} = 0,05 + \Sigma \frac{\theta_{AV}}{\lambda_{AV}} + \Sigma R_{AV})$$

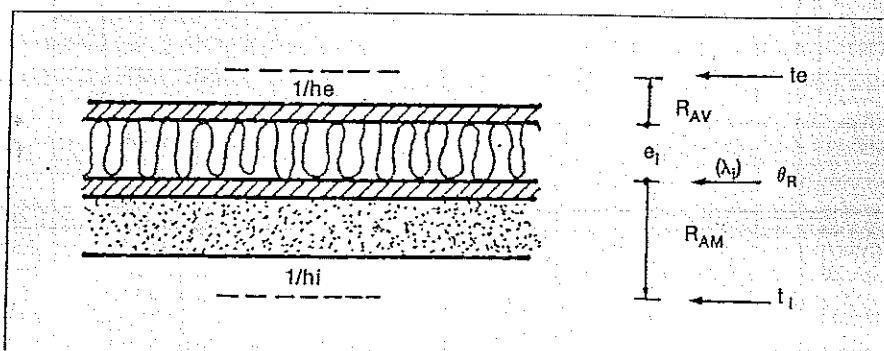
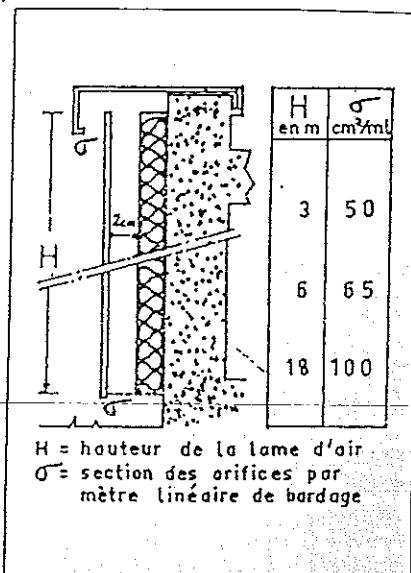
- la conductivité thermique λ de l'isolant;
- la température extérieure de base du lieu t_e ;
- La température intérieure du local sous terrasse t_i ;
- La pression de vapeur qui y règne P_{Vi} ou l'humidité relative.

Si on considère que la résistance à la diffusion du complexe situé en amont (béton par exemple) peut être négligée devant celle du pare-vapeur, on peut déterminer e_i comme suit :

- Déterminer la température de rosée correspondant à P_{Vi} (diagramme de Mollier) : θ_R (voir encadré).

Calculer l'épaisseur e_i minimum de l'isolant :

$$e_i = [R_{AM} \left(\frac{\theta_R - t_e}{t_i - \theta_R} - R_{AV} \right) \times \lambda_i]$$



REMARQUES

1. L'épaisseur d'isolant nécessaire est étroitement dépendante de la valeur de la résistance thermique amont « R_{AM} ». Augmenter celle-ci en disposant un isolant en sous-face de dalle ne fait qu'augmenter la valeur « e_i » nécessaire. S'il s'agit d'un complexe déjà en place et d'efficacité mal connue, tout complément d'isolation thermique en sous-face risque donc d'attirer le point de rosée en dessous du pare-vapeur, avec toutes les conséquences que cela comporte. Cette mesure est donc à proscrire.

2. Dans le cas de bacs métalliques non perforés, ceux-ci peuvent remplir le rôle de pare-vapeur, dans la mesure où les locaux sous jacents ne sont pas à forte hygrométrie. Dans le cas de locaux à forte hygrométrie, leur étanchéité de la vapeur d'eau doit être renforcée : soit par

un pare-vapeur continu, soit par des bandes adhésives d'étanchéité, conformes aux spécifications du DTU 43-3.

L'isolation des murs par l'intérieur

La condensation au sein d'une paroi lourde est pratiquement inévitable, à cause des variations hydrothermiques des conditions ambiantes dont le rythme est beaucoup plus rapide que celui des mêmes conditions au sein de la paroi.

Cette condensation n'est cependant dangereuse que si elle provoque des désordres de nature à compromettre les caractéristiques thermiques ou la bonne conservation de la paroi.

Aussi les règles de l'art consistent-elles à limiter la quantité de vapeur d'eau migrant vers les zones froides de la

paroi ; la limite est d'autant plus basse que les locaux sont humides, que la paroi lourde est « froide » et que le climat est rigoureux.

Les règles pratiques, résumées dans le tableau ci-contre, illustrent l'application de ce principe (extrait du DTU 20-11) et confirmant l'importance d'une aération suffisante des locaux.

Dans le cas particulier des complexes plaque de plâtre-isolant, le cahier du CSTB n° 1637 classe ceux-ci en 3 catégories de perméance et en donne les règles d'emploi en fonction des conditions d'environnement, en application des DTU 20-11 et 23-1.

L'isolation des murs par l'extérieur

• Isolation sous peau perméable à la vapeur d'eau

Il faut que la perméance de la peau soit nettement plus forte que celle de l'isolant, afin qu'il n'y ait pas à leur jonction accumulation de vapeur d'eau conduisant à condensation préjudiciable. Pour n'avoir pas à tenir compte de l'épaisseur d'isolant cette règle s'exprime ainsi :

$$\begin{array}{l} \text{perméance de la peau} \\ (\text{en g/h.m. 2 mm Hg}) \geq 50 \text{ m}^{-1} \\ \text{perméabilité de l'isolant} \\ (\text{en g/h.m. mm Hg}) \end{array}$$

Le respect de cette règle est systématiquement examiné dans les Avis Techniques. Si la perméabilité de l'isolant est trop forte, on y remédie par l'interposition d'un pare-vapeur entre mur et isolant.

• Isolation sous peau non perméable à la vapeur d'eau

Deux attitudes possibles :

— on assure l'évacuation de la vapeur d'eau par une forte ventilation de la lame d'air ;

— on assure les possibilités de ruissellement, puis d'évacuation sans dommage des condensations qui se produisent sur la peau externe du complexe. C'est la solution retenue par certaines vêtements isolants qui comportent des plots d'écartement entre isolant et parement et des événements en rive basse de chaque élément. Ceux-ci rejettent les condensats sur la face externe de l'élément inférieur.

Transmission de vapeur d'eau et condensations

LE PRINCIPE GÉNÉRAL

L'air est un gaz composite qui contient toujours une certaine quantité d'eau (dite humidité absolue) ; celle-ci ne peut, pour une température et une pression données, dépasser un niveau qui ne dépend, à pression atmosphérique donnée, que de la température (voir diagramme). Lorsqu'il est atteint, on dit que l'air est à saturation.

Le rapport entre la quantité effective de vapeur d'eau et celle correspondant à la saturation s'exprime en pourcentage d'humidité-relative (% H.R.).

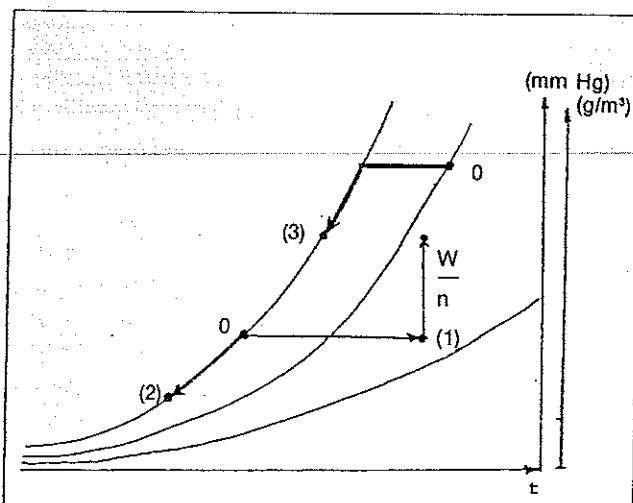
Il existe deux possibilités de rendre compte de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air :

- en rapport de masses (grammes de vapeur par kilogramme d'air sec) ;
- en pression partielle de vapeur d'eau (mm Hg). A pression atmosphérique donnée, cette pression est directement proportionnelle à la masse de vapeur d'eau.

Lorsque la saturation est atteinte, la pression de vapeur atteint une valeur maximum qui s'appelle « pression de saturation ».

CONSÉQUENCES PRATIQUES, SOUS-PRESSION ATMOSPHERIQUE (diagramme de l'air humide)

- Lorsqu'un air est à saturation et qu'on le chauffe, sa « pression de saturation » augmente. La masse de vapeur d'eau ne changeant pas, il en résulte que l'écart entre pression de saturation et pression partielle de la vapeur augmente. Le pourcentage d'humidité relative baisse donc (0 → 1).



Il en résulte également que sa capacité d'absorption de la vapeur d'eau augmente et qu'on peut se servir, en hiver, de l'air extérieur pour absorber la vapeur d'eau produite dans les locaux. Le rapport du débit de production de vapeur à celui du renouvellement d'air (W en g/m^3) sert à apprécier le degré d'humidité des locaux, et, par suite, les risques de condensation qu'il engendre.

- Lorsqu'un air est à saturation et qu'on le refroidit, sa pression de saturation diminue. Il en va obligatoirement de même pour la pression partielle de la vapeur d'eau ; en l'absence d'autres possibilités de diminution de la masse de vapeur d'eau, il y a donc condensation (0 → 2).

- Lorsque l'air n'est pas à saturation et qu'on le refroidit suffisamment, la pression de saturation descend vers la pression réelle de la vapeur d'eau, l'atteint (il y a alors saturation) puis continue de descendre en entraînant la chute de la pression réelle par condensation de la vapeur d'eau (0 → 3).

APPLICATION À UNE PAROI

Tout matériau présente une certaine perméabilité à la vapeur d'eau, (π , en $\text{g}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$) ; une paroi composée de tranches successives de matériaux, est caractérisée par sa perméance (P (1) en $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$).

$$(1) \frac{1}{P} = \sum \frac{e}{\pi} + \sum R_D$$

où : e = épaisseur de la tranche en m

π = coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau

R_D = résistance à la diffusion de la vapeur d'eau des couches minces, ou valeur préétablie de « e/π » (voir encadré).

Il y a donc, à travers les parois, une migration de vapeur d'eau qui dépend à la fois de la perméance de la paroi et de la différence de pression de vapeur entre les ambiances qu'elle sépare, la chute de pression au fil du matériau étant d'autant plus brutale que la tranche traversée offre une forte résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (R_D).

Or, en hiver, la vapeur migre de l'intérieur (où il fait chaud et où la production de vapeur d'eau fait monter la pression de vapeur) vers l'extérieur (où il fait froid et où la pression de vapeur est donc faible) :

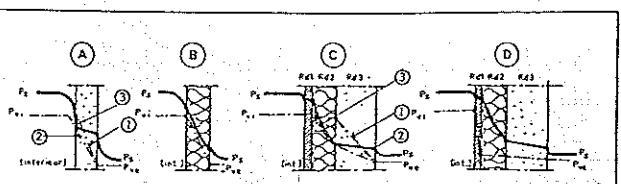
Dans le même temps, la température de la paroi, et donc la pression de saturation, baisse de l'intérieur vers l'extérieur selon un profil indépendant de celui de la pression réelle de la vapeur.

Il peut donc se faire que la chute de température, qui engendre celle de la pression de saturation, soit plus « rapide » que celle de la pression réelle de la vapeur d'eau et que la première rattrape la seconde, puis l'entraîne dans sa chute. Il y aura alors condensation.

Celle-ci se produira sur la face interne de la paroi, si cette dernière est trop peu isolante (cas des ponts thermiques).

Elle se produira en aval ou au sein du matériau le plus isolant (forte chute de la pression de saturation) si celui-ci et le parement qui le précède offrent une quote part insuffisante dans la résistance à la vapeur d'eau de la paroi (chute de pression de vapeur trop « lente »).

Risques de condensation dans une paroi. Profils-types



Risques de condensations dans une paroi. Profils-types

1 - Evolution théorique 2 - Evolution réelle 3 - Condensation

A - La paroi est trop peu isolante ; il y a condensation en surface.
B - Il n'y a pas de condensation.

C - R_D 1 est insuffisant, R_D 2 est faible, il y a condensation.

D - R_D 1 est suffisant, il n'y a pas condensation.

La pression de saturation (P_s), qui dépend directement de la température, baisse au prorata des résistances thermiques, ce qui n'est pas le cas de la pression vapeur (P_v), qui évolue en fonction des résistances à la diffusion de la vapeur (R_D).

EXTRAIT DU CAHIER DU CSTB N° 1844 (avril 1983) ANNEXE 2

Principales caractéristiques relatives à la diffusion de vapeur des matériaux utilisés dans les parois

Pour un matériau homogène, la perméabilité à la vapeur d'eau π s'exprime en général en $\text{g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$ (dans le système SI la perméabilité à la vapeur d'eau peut être exprimée en secondes : $1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} = 2,08 \cdot 10^{-9}$ secondes).

Sa perméance s'obtient par :

$$\pi \text{ en } \text{g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$$

où e est l'épaisseur du matériau.

Sa résistance à la diffusion :

$$Rd = \frac{e}{\pi} \text{ en } \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg/g}$$

Pour les principaux matériaux, les valeurs de calcul sont données ci-après :

Matières de parois	Perméabilité à la vapeur (g/m².h.mmHg)
Béton plein (béton banché ou parois de blocs creux)	$300 \cdot 10^{-5}$
Brique pleine	$900 \cdot 10^{-5}$
Terre cuite de parois de briques creuses	$150 \cdot 10^{-5}$
Plâtre (pièces préfabriquées)	$1000 \cdot 10^{-5}$
Béton cellulaire 600 kg/m³	$2000 \cdot 10^{-5}$

2 Matériaux d'isolation	Perméabilité à la vapeur (g/m².h.mmHg)
Laines minérales	6000 à $8000 \cdot 10^{-5}$
Polystyrène expansé :	
— moulé en bloc par voie humide	$400 \cdot 10^{-5}$
— $9 \text{ à } 12 \text{ kg/m}^3$	$300 \cdot 10^{-5}$
— $13 \text{ à } 16 \text{ kg/m}^3$	
— moulé en continu par voie humide	$240 \cdot 10^{-5}$
— $13 \text{ à } 16 \text{ kg/m}^3$	$150 \cdot 10^{-5}$
— $17 \text{ à } 20 \text{ kg/m}^3$	
— thermocomprimé en continu par voie sèche	$140 \cdot 10^{-5}$
— 18 kg/m^3	$80 \cdot 10^{-5}$
— 23 kg/m^3	

2 Matériaux d'isolation	Perméabilité à la vapeur (g/m².h.mmHg)
polystyrène expansé (suite)	
— extrudé	
— 30 kg/m^3	$90 \cdot 10^{-5}$
— $35 \text{ à } 40 \text{ kg/m}^3$	$45 \cdot 10^{-5}$
Polychlorure de vinyle cellulaire rigide	$35 \cdot 10^{-5}$
— 33 kg/m^3	
Mousse rigide de polyuréthane à cellule fermée (plaques préfabriquées expansées en continu)	
— $30 \text{ à } 35 \text{ kg/m}^3$	$200 \cdot 10^{-5}$
Mousse phénolique	$100 \text{ à } 300 \cdot 10^{-5}$
— $30 \text{ à } 100 \text{ kg/m}^3$	
Liège expansé sur	$500 \cdot 10^{-5}$
— $100 \text{ à } 150 \text{ kg/m}^3$	
Verre cellulaire	0
— 140 kg/m^3	
Matériaux isolants en vrac à base de fibres (minérales ou végétales)	$5000 \cdot 10^{-5}$

3 Matériaux de revêtement	Perméance (g/m².h.mmHg)
Enduit plâtre 15 mm	0,70
Enduit mortier 15 mm	0,033
Plaques de plâtre cartonnées 10 mm	1
Contreplaqué 5 plis	0,1
Amiante-ciment 6-10 mm	0,1-0,2
Amiante-ciment comprimé 3-6 mm	0,06-0,1
Panneaux de particules de bois 15-22 mm	0,08-0,12
Métaux	0
Verre	0
Plaques de PVC rigide	< 0,001
Plaques de PRV avec gel-coat	< 0,001
Fautes bitumées surfacées avec EAC	> 0,001

4 Barrières de vapeur	Perméance (g/m².h.mmHg)
Feuille d'aluminium $e > 400 \mu$	< 0,001
Feuille d'aluminium 15 μ	< 0,015
Feuille bitumée surfacée avec EAC	< 0,001
Feuille polyéthylène 100 μ	0,002
Papier kraft recouvert de bitume	0,03 à 0,10 suivant l'épaisseur du bitume

ETAT PROJETE

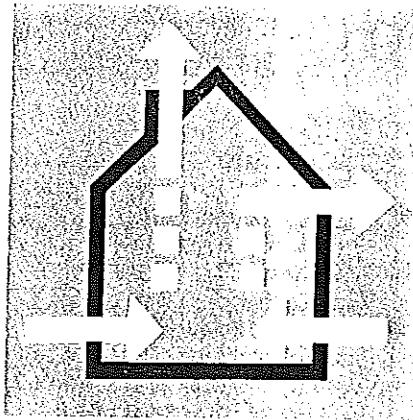
Technologie de la Réhabilitation

6.1 - AERATION DES LOGEMENTS

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient



L'aération des logements dans l'habitat existant

Pourquoi ?
Comment ?

anah

brochure réalisée par la
DIRECTION TECHNIQUE
Agence Nationale pour
l'Amélioration de l'Habitat

EN CAS DE PROBLÈMES...

- **Désordres dans votre logement** notamment moisissure des papiers peints et peintures, dégradation des menuiseries en bois. Les désordres peuvent être limités à une pièce ou concerner l'ensemble du logement.
- **Mauvaise évacuation**, principalement des odeurs, de la vapeur d'eau, de la fumée.
- **Mauvais fonctionnement** des appareils de chauffage ou de production d'eau chaude : arrêts intempestifs, dégagement d'oxyde de carbone (CO, gaz toxique) lié à la raréfaction de l'air.

À LA SUITE DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION

- **Isolation acoustique** : les fenêtres extérieures sont calfeutrées pour assurer une isolation acoustique satisfaisante. Auparavant les défauts d'étanchéité des fenêtres participaient à l'aération des logements mais sans aucune maîtrise par l'occupant.

- **Isolation thermique** : l'isolation thermique peut provoquer des condensations très localisées au droit des « ponts thermiques ».

- **Les équipements nouveaux de chauffage** avec réglage et comptage individuels incitent à réduire la consommation de chauffage. Une température ambiante plus basse dans certaines pièces augmente les risques de condensation, notamment au droit des ponts thermiques*.

EN CAS DE CRÉATION DE NOUVELLES PIÈCES

Telles que cuisine, salle de bains, wc, etc.

Améliorer l'aération ne signifie pas obligatoirement l'augmenter mais plutôt l'adapter aux besoins.

- **L'analyse du bâti et de l'aération** : il faut connaître l'état initial du bâtiment et du système d'aération en place pour évaluer les possibilités d'amélioration. Les caractéristiques techniques du logement, les conditions d'occupation sont déterminantes.
- **L'appréciation de l'efficacité du système** : l'excès de ventilation d'un logement se caractérise par une ambiance sèche, des courants d'air gênants et des charges de chauffage élevées.

Le manque de ventilation se caractérise par une ambiance humide, des moisissures, des dégradations et des défauts de fonctionnement des appareils de chauffage et la persistance d'odeurs.

- **Le recensement** des éléments susceptibles d'orienter le choix vers de nouvelles dispositions pour l'aération : présence de gaines, conduits de fumées, configuration architecturale du logement.

- **De l'occupation du logement** : la production de vapeur d'eau est proportionnelle au nombre d'occupants et à leurs activités. La quantité journalière de vapeur d'eau produite par une famille de 4 personnes est estimée à 8 600 g dont 2 600 g par les occupants et 6 000 g par leurs activités.

- **Du style de vie** : la production de vapeur est fonction du mode de vie des occupants.

Entrent en ligne de compte :

- le taux de présence des occupants
- la fréquence de préparation des repas et le type de cuisine préparée
- la fréquence et le mode de toilette (bains, douche)
- les activités ménagères (lessive, séchage du linge, lavage des sols, etc.).

- **De la température de chauffage du logement** : l'air à 19°C peut contenir plus de vapeur d'eau qu'à 16°C, ce qui réduit le risque de condensation sur les parois froides. : la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air se produit en priorité sur les parois extérieures, peu ou mal isolées (cas des vitrages notamment et des ponts thermiques*).

- **Des caractéristiques de l'air extérieur** (température et humidité) : les risques de condensation à l'intérieur du logement sont plus importants en mi-saison qu'en saison froide.

- **De la présence de certains appareils à combustion**, à gaz notamment dont le besoin en air est fonction de la puissance, mais aussi du type d'appareil (chaudière traditionnelle ou à condensation).

RECOMMANDATIONS

La production de vapeur d'eau qu'entraîne la vie à l'intérieur des logements, les pollutions diverses créées par les équipements (chaudières, cuisinières, etc.) nécessitent un renouvellement de l'air soit discontinu, soit permanent.

Il existe différentes façons d'aérer un logement, de la simple ouverture des fenêtres à l'utilisation de systèmes au fonctionnement plus ou moins autonome (ventilation mécanique contrôlée, aération hygrorégulée, etc.). La diversité des techniques existantes permet en général de satisfaire la plupart des besoins.

Le choix d'une solution doit répondre à la fois aux besoins d'aération, aux contraintes techniques, mais aussi aux habitudes de vie des occupants ; certaines règles de bons sens peuvent permettre de faire ce choix.

C'est ainsi qu'en présence d'une production discontinue de vapeur d'eau (cuisine, douche, lavage de sol, etc.), l'ouverture des fenêtres ou l'utilisation d'un simple extracteur mécanique pourra s'avérer suffisante.

Par contre, une production importante et continue résultant par exemple d'un fort taux d'occupation peut

nécessiter une aération permanente de l'ensemble du logement.

De la même manière, si certains désordres sont localisés dans une pièce précise (moisissure par exemple), on pourra s'orienter vers une solution d'aération spécifique à cette pièce, alors que si ces mêmes désordres se retrouvent dans l'ensemble du logement, c'est un système d'aération général qu'il sera nécessaire de mettre en place.

Le tableau ci-dessous constitue une aide au choix des solutions appropriées.

Pour qu'un système d'aération soit bien perçu par les occupants et soit efficace, il doit être compris donc accompagné d'une réelle information concernant son fonctionnement, sa manière de l'utiliser et son entretien.

Si vous voulez

Aérer individuellement une ou plusieurs pièces

Aérer partiellement ou totalement le logement par balayage

Vous pouvez aérer par

Reportez-vous à la technique

Ouvrants

1

Orifices en façade

2 - 4

Conduits verticaux

3 - 4

Conduits horizontaux

4

Orifices en façade

Ces solutions font appel aux techniques n° 2, 3 et 4 mais l'entrée d'air* sera située dans une pièce différente de celle où a lieu l'évacuation de l'air.

On créera ainsi un balayage* partiel du logement. A noter qu'il est souhaitable de mécaniser l'évacuation de l'air pour la solution 2.

Conduits verticaux

Conduits horizontaux

Aération partielle du logement

Aération générale et permanente par tirage naturel

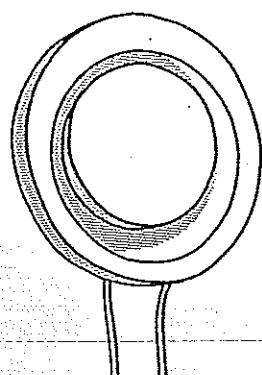
- 5

Aération totale du logement

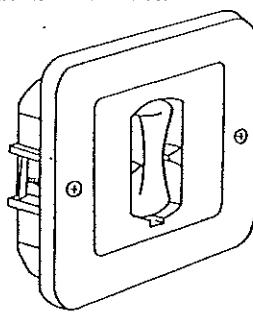
Aération générale et permanente par extraction mécanique

- 6

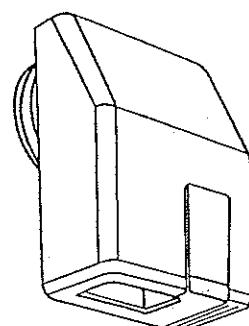
CATALOGUE DE PRODUITS



Bouche non autoréglable à deux débits sélectionnés par tirette manuelle pour VMC



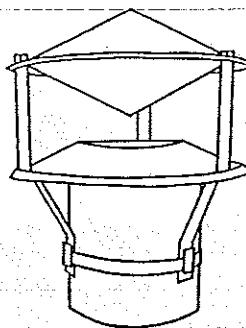
Bouche d'extraction du type autoréglable



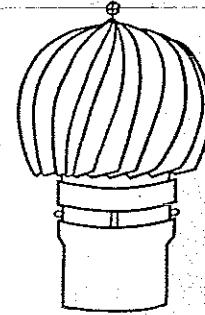
Bouche d'extraction hygroréglable



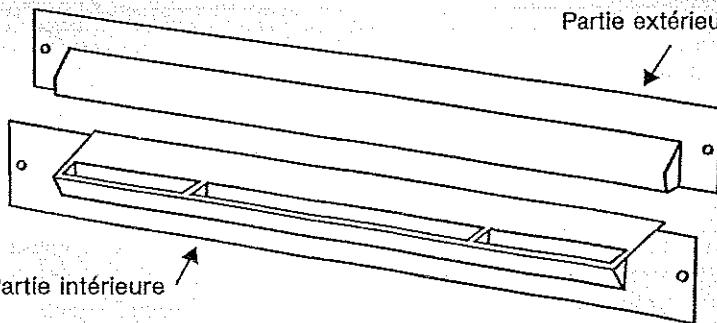
Sorties d'air non autoréglables (à tirage naturel), en bas. Modèle muni d'une tirette de réglage manuelle



Aspirateur statique

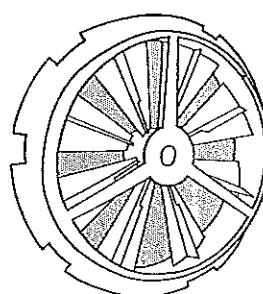
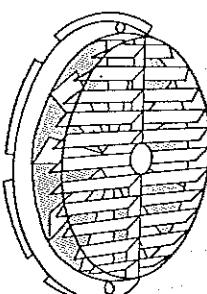


Aspirateur dynamique

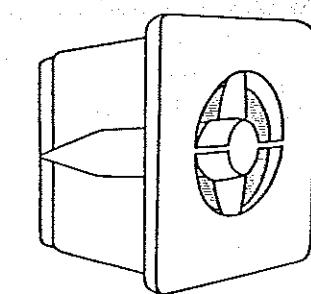


Partie intérieure

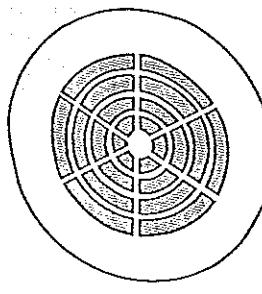
Entrée d'air autoréglable



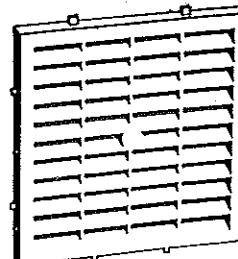
Extracteur de fenêtre électrique



Extracteur mural électrique



Entrées d'air non ajustables, à section constante.



Aérateurs de façade à hélice

ETAT PROJETE

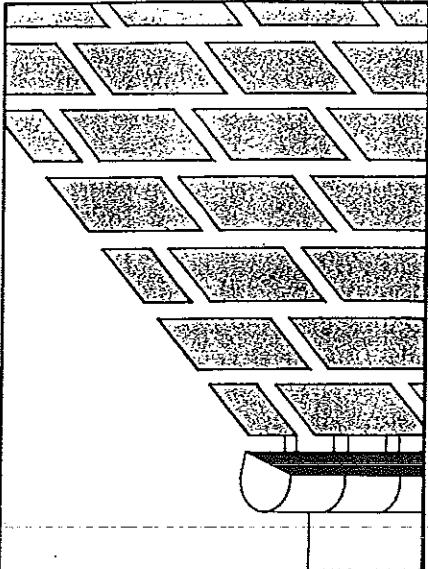
Technologie de la Réhabilitation

7.0 - ENTRETIEN DES COUVERTURES

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient



L'entretien des couvertures d'immeubles anciens

Définitions

Diagnostic

Remèdes

anah

brochure réalisée par la
DIRECTION TECHNIQUE
de l'Agence Nationale pour
l'Amélioration de l'Habitat

LES FONCTIONS DE LA COUVERTURE

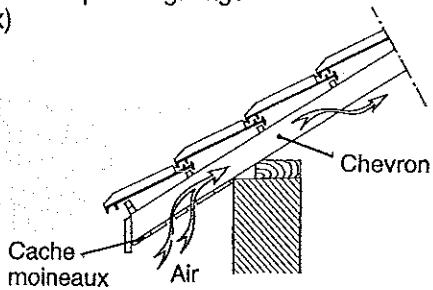
Avant tout, la couverture a pour fonction de protéger l'immeuble des intempéries :

Elle doit être étanche à l'eau afin d'arrêter toute pénétration de pluie, ses matériaux constitutifs doivent être imperméables et non gélifs.

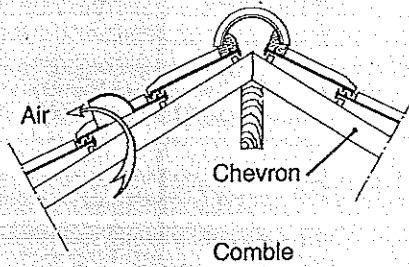
Elle doit être ventilée par en-dessous, afin d'empêcher la condensation et si celle-ci se produit par temps froid, d'éliminer l'humidité.

Des orifices de ventilation doivent être ménagés

En partie basse, accès d'air entre les chevrons*, protégé extérieurement par un grillage (cache moineaux)



En partie haute, des chatières* accélèrent la ventilation du comble.



Souvent la couverture reçoit en sous-face une isolation thermique en vue d'aménager, ou, au moins, d'isoler les combles*.

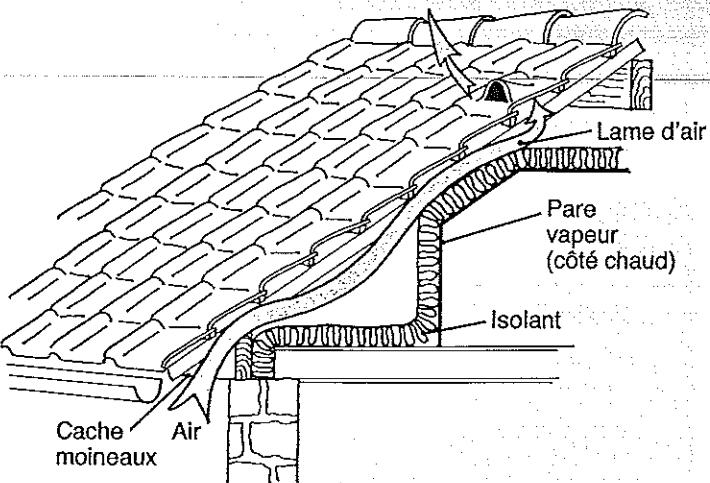
La bonne tenue de l'isolant et la qualité de l'isolation nécessitent le maintien d'une ventilation régulière et suffisante en sous-face de la couverture.

Il en est de même pour la bonne conservation de la charpente et des éléments de fixation.

Pour cela il convient de maintenir l'accès d'air entre chevrons* comme indiqué ci-dessus ainsi qu'une circulation d'air par les chatières* ventilant ainsi l'espace maintenu libre entre l'isolant et le faîtage* (voir croquis ci-dessous).

Dans ce cas le comble* isolé est éventuellement ventilé par d'autres moyens (cheminée).

Cas d'un comble isolé



Maintien d'une ventilation en sous-face de couverture

Conseils pour maintenir une bonne ventilation

- Les orifices hauts et bas ne doivent jamais être bouchés, ni volontairement, ni par des feuilles, des nids, ou des aiguilles de pin.
- Les composants de certains matériaux isolants attirent les insectes ou rongeurs. Il convient de consulter pour leur choix les avis techniques les concernant.

- Le pare-vapeur des isolants thermiques du type laine de verre doit obligatoirement être du côté chaud, c'est-à-dire vers l'intérieur du logement. Ainsi l'isolant peut « respirer ». S'il ne « respire » pas, il devient vite humide et perd son pouvoir d'isolation.

POURQUOI ENTREtenir ?

L'entretien poursuit un double but :

- le maintien de la protection contre les intempéries
- la conservation du patrimoine.

Une couverture est faite pour durer de longues années, mais sa longévité est fonction de l'entretien dont elle a bénéficié.

L'entretien est à la charge du propriétaire. Il est accompli

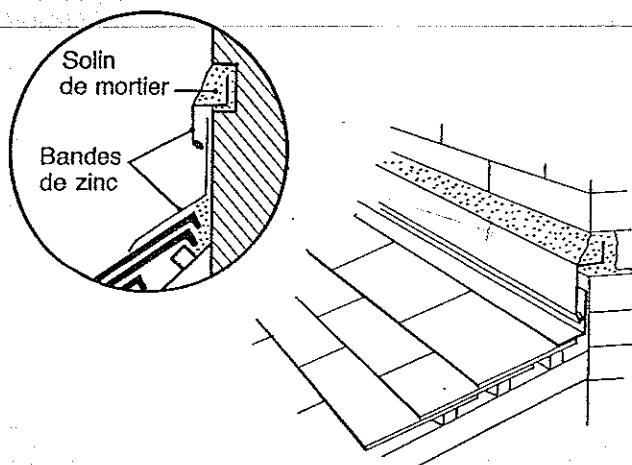
par des professionnels, entrepreneurs ou artisans. Le propriétaire peut toutefois se réservé le nettoyage des gouttières*, crapaudines*, descentes*, dauphins* et regards* d'une maison individuelle, sous la réserve expresse que la hauteur des ouvrages soit très limitée et leur accès compatible avec un souci évident de sécurité.

L'entretien préventif

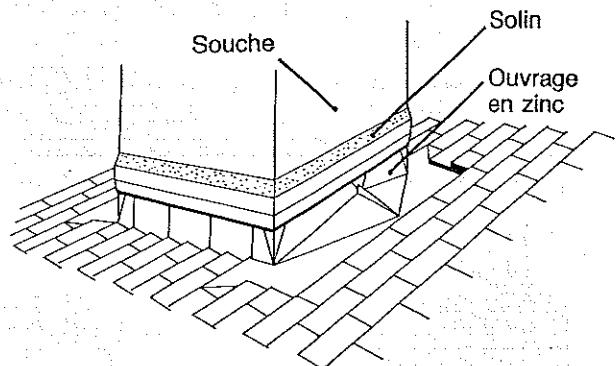
- Une surveillance est recommandée deux fois par an, pour déceler les tuiles ou ardoises cassées, les zincs* défectueux, les solins* de mortier qui se détachent et tout risque pouvant provenir des souches* de cheminées et autres reliefs*. A cette occasion, les gouttières sont nettoyées, les crapaudines* et descentes* également.
- Une inspection est nécessaire après tout passage occasionnel sur le toit de spécialistes tels que les maçons, les ramoneurs, les poseurs d'antennes — dont le cheminement doit par ailleurs être organisé, pour leur sécurité comme pour celle du toit (passerelles, échelles fixes) du moins sur les immeubles importants.
- Une inspection est également nécessaire après chaque période d'intempéries sévères : déluges, orages, et aussi coup de foudre, tempêtes, grêle, et gel. La neige poudreuse ayant pénétré dans les combles accessibles sera enlevée.
- L'entretien préventif inclut aussi le grattage des mousses, la vérification de la ventilation en sous-face et de tous les ouvrages accessoires (souches*, reliefs*, sorties de ventilation, châssis* et lucarnes*).

L'entretien curatif

C'est la réparation des accidents, ou des dégradations dues au vieillissement normal. Le repiquage consiste à insérer sur les versants de la couverture des ardoises ou des tuiles en remplacement de celles qui sont cassées. Le remaniage consiste à déposer toutes les tuiles ou ardoises et leurs accessoires sans les descendre au sol, et à les remettre en place après vérification de leur état et de celui des liteaux* supports, et grattage des mousses. Tous les ouvrages de mortier sont refaits et les zincs* fatigués sont changés. A cette occasion, puisque la charpente est découverte tronche par tronche, un traitement insecticide et fongicide de celle-ci est facilité. Les chevrons* et liteaux* défectueux sont également changés. Les crochets*, passerelles, brise-neige* et autres éléments intervenant dans la sécurité des ouvriers et des passants sont vérifiés, entretenus ou changés. L'entretien des accessoires de toiture (peintures des protections métalliques, enduits de souche, fixation de chapeaux de cheminées de ventilation, d'antenne, etc...) est à assurer régulièrement.



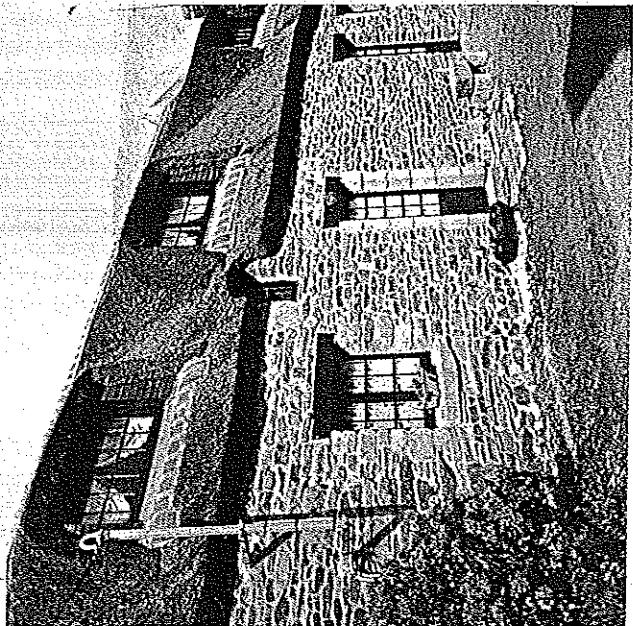
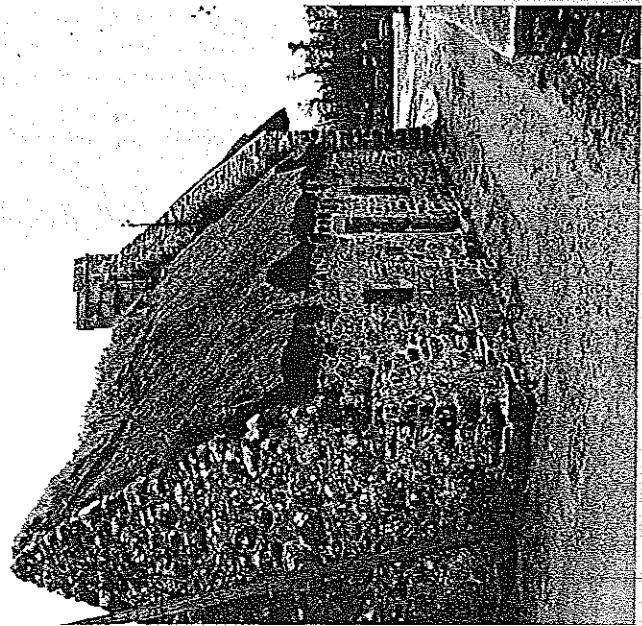
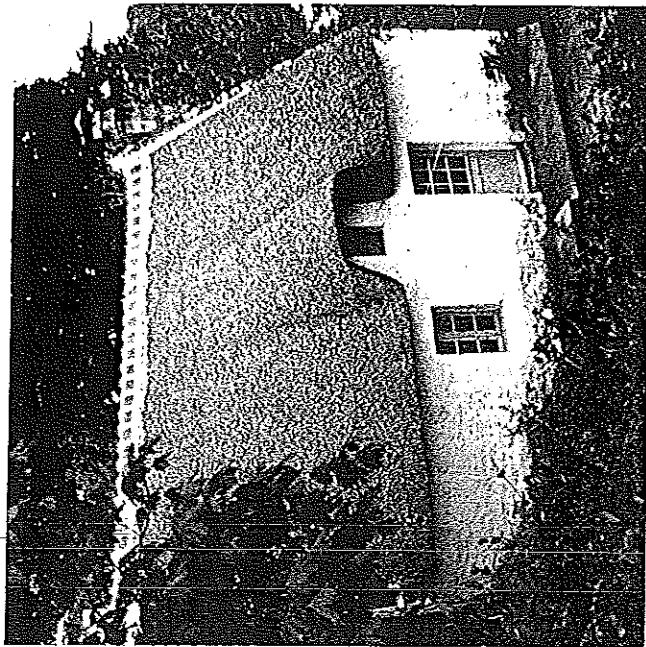
Rive de tête d'une couverture en ardoise



Etanchéité d'une souche

Les désordres de couverture consécutifs au passage de l'eau entraînent des effets directs bien connus : infiltrations, taches aux plafonds, coulures le long des conduits de fumées,... et des effets indirects souvent graves : pourrissement des charpentes, mouillage des isolants du type laine de verre, corrosion des pièces en fer et en acier...

C'est pourquoi une inspection périodique et un entretien sont nécessaires, même si la pluie ne pénètre pas dans l'immeuble.



CHARPENTES.

Les charpentes en chêne ne nécessitent en général, pas de traitement insecticide ou fongicide. Par contre, les chevrons et voliges en châtaignier doivent toujours faire l'objet d'une révision, les parties défectueuses sont remplacées, les autres traitées. Les désordres pouvant apparaître au niveau de la charpente, sont dus à trois causes essentielles :

- l'humidité qui ronge les pieds de fermes et les abouts des pannes dans les murs pignons qu'il faut changer ou consolider;
- le trop grand poids de la couverture qui entraîne un fléchissement des arbalétriers et donc de la toiture, que l'on rattrape en introduisant des cales sous les pannes;
- les modifications qui ont amené à affaiblir, voire supprimer des pièces de la charpente (entrails ou poingons coupés) provoquant une détriangulation des fermes qui glissent, entraînant parfois un écartement des murs gouttereaux. On peut y remédier par l'utilisation de pièces de renfort en bois ou métalliques (tirants, goussets, aisseliers...). En tout état de cause, chaque cas fera l'objet d'un diagnostic établi par un spécialiste aboutissant à la mise en œuvre de solutions rationnelles et si possible élégantes.

Ci-contre, outre la masse écrasante des lucarnes en « chapeau de gendarme », on trouve beaucoup d'éléments du « bétisier » néo régional.

— proportions oblongues des fenêtres;

— linteaux de bois alignés;

— joints de pierres en creux;

— petits carreaux des ouvertures;

— appuis de lucarnes et fastières en terre cuite.

le chaume

Il reste très peu de chaumières ayant gardé leur couverture d'origine (photo 1) et la technique de couverture en paille de seigle n'est plus guère employée.

Toutefois, il existe des professionnels qui se sont spécialisés dans la pose de couverture en roseaux ; la technique employée est à peu de chose près la même, mais le remplacement des charpentes frustes de branchements par des charpentes de bois usinées donne à ces nouvelles toitures un aspect plus régulier (photo 2), amalgame discutable entre « rusticité » et « modernité ».

Le plus important lors de la restauration d'une chaumière sera de lui garder son caractère d'authenticité, en évitant les grossières interprétations du dessaut (photo 3) que l'on trouve traditionnellement en bas de versant (photos 1 et 2).

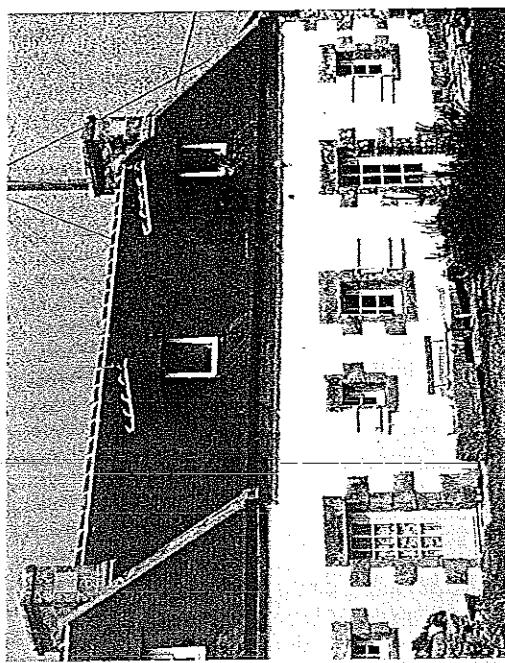
l'ardoise

L'ardoise locale est aujourd'hui remplacée par de l'ardoise en provenance du bassin d'Anjou ou d'Espagne, la pose elle-même en est différente. Traditionnellement posée au clou ou à la cheville de bois survolige, cette technique a été abandonnée au profit de la pose au crochet. Les ardoises ainsi retenues par le bas, offrent évidemment moins de prise aux efforts de soulèvement dus au vent, mais les maisons ainsi couvertes y perdent une grande partie de leur charme dû aux couleurs du mortier de chaux qui les collait au toit et des mousse et lichens qui y croissaient.

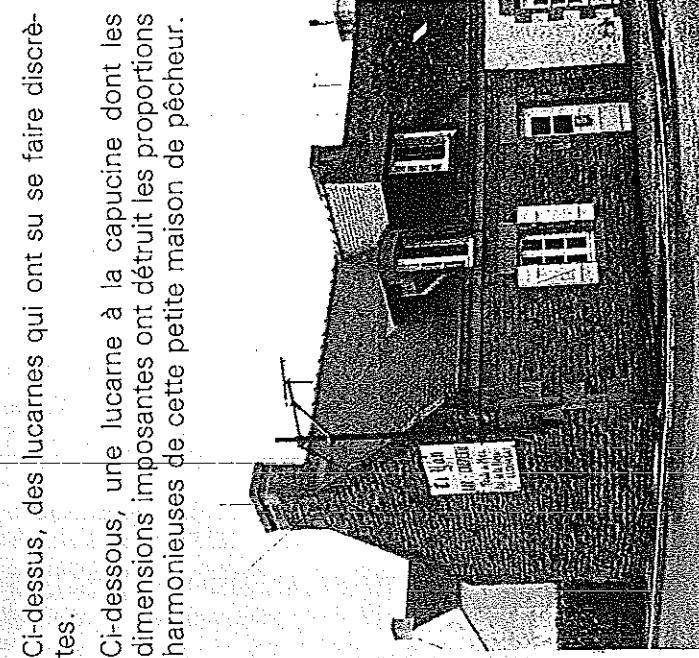
Pour la réalisation des faîtages, il est indispensable d'utiliser des tuiles demi-rondes posées au mortier de chaux et non pas des tuiles à emboutement que l'on voit trop fréquemment.

Les ouvrages de zinguerie devront faire l'objet de soins attentifs, les noquets de cheminées et chevronnières seront couverts de solins au mortier de chaux, les gouttières et cheneaux, noués et arétiers de zinc devront être parfaitement étanches.

Enfin, il sera très important lors de la réalisation de lucarnes de respecter scrupuleusement les tailles, formes et volumétries des lucarnes locales.

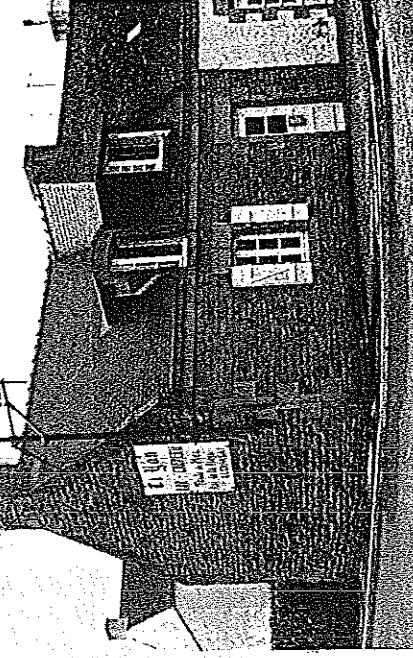


Oui



non !

Ci-dessus, des lucarnes qui ont su se faire discrètes.
Ci-dessous, une lucarne à la capucine dont les dimensions imposantes ont détruit les proportions harmonieuses de cette petite maison de pêcheur.



LE CARNET D'ENTRETIEN

Après chaque intervention, il est utile que vous demandiez à l'entrepreneur un compte-rendu des opérations qu'il a effectuées. Ce compte-rendu pourra être consigné sur un carnet d'entretien qui comportera les points suivants :

Liste des points importants à vérifier, et des Interventions à effectuer

- Ceux figurant page 3 pour l'entretien préventif et curatif.
- Ceux figurant page 6 et 7 pour l'établissement du diagnostic.

Compte-rendu d'intervention

- travaux effectués,
- travaux à effectuer,
- linéaires et surfaces, quantités, délais.

Péodicité des contrôles et des interventions

- au printemps, et à l'automne après la chute des feuilles : nettoyages,
- une fois par an : remplacement des tuiles, ardoises ou autres éléments déplacés ou cassés, recherche des fuites dans les combles, et toutes vérifications,
- après tout incident : contrôle de la non-déterioration.

LES EXIGENCES ARCHITECTURALES

La couverture est un des éléments les plus importants et les plus visibles d'une construction.

La nature des matériaux employés, la pente, et certains détails de réalisation varient parfois d'un canton à l'autre et s'inscrivent dans des habitudes locales ou régionales dans lesquelles interviennent le climat, les matériaux disponibles traditionnellement, le rattachement historique des provinces.

Il est évident que la pente, le type de lucarnes et de reliefs, les matériaux de couverture, sont étroitement surveillés pour les bâtiments et les sites classés et dans les diverses zones de protection du patrimoine.

Tous les propriétaires, en fait, seront bien avisés de maintenir ou de mettre leurs bâtiments en harmonie avec la tradition locale. Ils leur ajouteront de la valeur. Dans le cas d'un changement de matériau ou d'aspect, une demande préalable doit être déposée à la mairie.

LES DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES

D.T.U. (Documents Techniques Unifiés) et avis techniques élaborés par le C.S.T.B.

Bien qu'essentiellement conçus pour les travaux neufs, il convient dans la mesure du possible d'en tenir compte dans les travaux de réhabilitation.

NORMES ET D.T.U. POUR PRODUITS COUVRANTS		
MATERIAUX	NORMES	D.T.U.
ARDOISE Naturelle Amiante-ciment	NF P 32-301 NF P 33-302	D.T.U 40-11 D.T.U 40-12
BARDEAU Bitumé	NF P 39-301, 39-302, 39-303, 39-304, 39-501	D.T.U 40-14
FEUILLES ET BANDES MÉTALLIQUES Zinc	NF A 55-201, 55-211 NF P 34-402	D.T.U 40-41
TUILÉ Béton Terre cuite • emboîtement et glissement • canal • plate	NF P 31-311 NF P 31-301 NF P 31-305 NF P 31-306	D.T.U 40-24 D.T.U 40-25 D.T.U 40-21 D.T.U 40-2 (40-22 en préparation) D.T.U 40-23
ACCESSOIRES Crochets d'échelles	NF P 37-403	

Quelques adresses utiles

- Fédération Nationale du Bâtiment (F.N.B.)
33, avenue Kléber - 75116 PARIS - Tél. : (1) 47-20-10-20
- Union Nationale des Chambres Syndicales de Couverture Plomberie de France
9, rue La Pérouse - 75116 PARIS - Tél. : (1) 47-20-10-20
- Association Française de Normalisation (AFNOR)
Tour Europe, Cedex 7 - 92080 PARIS-LA-DEFENSE
Tél. : (1) 47-78-13-26

Ce document résume les différentes solutions adaptées aux cas les plus couramment rencontrés. Il ne traite pas des autres solutions envisageables pour certains cas particuliers. Il ne peut en aucun cas se substituer à l'avis d'un professionnel qualifié.

- Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB)
2 bis rue Michelet - 92130 ISSY LES MOULINEAUX
Tél. : (1) 45-54-95-60
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.)
4, avenue du Recteur Poincaré - 75016 PARIS
Tél. : (1) 45-24-43-02

Ce document a été réalisé par la Direction Technique de l'ANAH avec la collaboration du CATED Centre d'Assistance Technique et de Documentation 9, rue La Pérouse 75116 PARIS - Tél. : (1) 47-20-88-00

L'ANAH a réalisé d'autres dépliants :

- L'aménagement d'une salle d'eau
- Le cloisonnement dans l'habitat ancien
- L'isolation des fenêtres anciennes
- Nettoyage de façades
- Les charpentes bois des combles anciens
- La rénovation des revêtements de sol ancien
- La rénovation des parquets anciens

Si vous désirez vous procurer un de ces dépliants, écrivez à :

anah
Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat
17 rue de la Paix 75002 Paris
Tél. : (1) 42-61-57-23

ETAT PROJETE

Technologie de la Réhabilitation

7.1 - TOITURES TERRASSES

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient

TRAVAUX D'ETANCHEITE DES TOITURES-TERRASSES EN REHABILITATION

1 Données générales

a. Réglementation

a.1. Documents de référence

Règles professionnelles pour la réfection complète des revêtements d'étanchéité des toitures-terrasses ou inclinées éditées par la Chambre Syndicale Nationale de l'Etanchéité (C.S.N.E.) septembre 1987, document de référence pour l'Association Française des assureurs de la Construction (A.F.A.C.), au titre de la police individuelle de base pour garantir, sans avenant, les travaux d'étanchéité en réhabilitation des toitures-terrasses.

a.2. Documents complémentaires

Il n'existe pas de D.T.U. spécifique concernant la réhabilitation des toitures-terrasses.

Les D.T.U. 20.12, 43.1, 43.2 et 43.4 concernent uniquement les travaux neufs, les solutions préconisées peuvent cependant donner des indications pour adapter à chaque cas les travaux en réhabilitation, mais ils n'ont pas valeur réglementaire.

Recommandations pour la réhabilitation des toitures-terrasses, (EPEBat), éditées par le C.S.T.B., juillet 1982.

Procédés polyuréthane (PUR) projeté en toiture, cahiers 2191 du C.S.T.B., octobre 1987.

b. Bibliographie

- Cahiers techniques du bâtiment, fév. 1985 et fév. 1988.
- Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, janv. et fév. 1989.
- Moniteur des T.P. et du bâtiment, 30 sept. 1986.
- Cegibat relations, n° 156.

c. Evolution des produits d'étanchéité

Les matériaux et les systèmes d'étanchéité ont fait d'énormes progrès techniques ces dernières années, en particulier grâce à l'introduction des bitumes élastomères. Le taux de sinistre concernant l'étanchéité des toitures-terrasses est passé en France de 14,50 % à 6,30 % en vingt ans. Les revêtements d'étanchéité sont maintenant capables de durer 15 à 20 ans et probablement 30 ans dans les prochaines années. Le marché de travaux en réfection de l'étanchéité des toitures-terrasses s'est

TRAVAUX D'ETANCHEITE DES TOITURES-TERRASSES EN REHABILITATION

développé de façon significative car de nombreuses toitures-terrasses exécutées avec des produits ou des techniques non totalement maîtrisés à l'époque de leur réalisation ont une vingtaine d'années d'âge. Leur état de vieillissement important rend leur remplacement nécessaire. Autre facteur de développement du marché de réfection des toitures-terrasses, la nouvelle réglementation concernant l'isolation thermique, qui oblige à un renforcement de l'isolation, entraîne le plus souvent la réfection de l'étanchéité. Certaines techniques, moins employées, permettent de conserver le revêtement d'étanchéité des toitures-terrasses non circulables, lorsqu'il est dans un état satisfaisant, par la réalisation d'une toiture-terrasse dite à isolation inversée, c'est-à-dire que l'isolant se trouve au-dessus de l'étanchéité.

d. Localisation et fréquences des désordres déclarés

Les statistiques des sinistres déclarés aux compagnies d'assurance (tableau I), fournissent un instrument de travail pratique pour mettre en évidence les ouvrages les plus fréquemment responsables des désordres. Cette liste servira de guide de vérification des ouvrages, lors de l'étude préalable.

Tableau I. — Statistique des sinistres déclarés

Ouvrages	Pourcentage de sinistre
– Revêtements en partie courante Déchirures, cloquages, vieillissement :	10 %
Absence ou non conformité du revêtement :	9 %
Poinçonnement :	3 %
– Protection dure soulèvement, gel :	2 %
– Relevés Décollement	12 %
Fissuration, flUAGE :	10 %
Hauteur insuffisante :	6 %
cisaillement dû à la protection :	9 %
Dégradations des solins :	8 %
– Evacuations pénétrations :	17 %
– Joint :	8 %
– Noues et chéneaux :	6 %

2 Contrôle préalable des ouvrages existants

La réfection de l'étanchéité d'une toiture-terrasse nécessite une étude préalable pour déterminer l'origine des désordres, pour en supprimer les causes, pour déterminer l'état des ouvrages existants en vue de leur conservation ou de leur dépose et définir les travaux préparatoires nécessaires à la mise en œuvre du nouveau complexe.

L'étude doit aussi tenir compte des modifications qui seront apportées

- soit à la destination des locaux,
- soit au type de circulation sur la toiture-terrasse,
- soit encore à l'isolation thermique.

Il convient de vérifier soigneusement tous les ouvrages, tant en ce qui concerne leur état de vieillissement, qu'en ce qui concerne la nécessité de leurs modifications par rapport à l'isolation thermique ou au nouveau revêtement d'étanchéité.

a. Élément porteur

L'élément porteur

- ne doit présenter aucun désordre, tel que fissurations, armatures corrodées, infiltrations,
- doit pouvoir supporter une charge supplémentaire de 30 à 70 kg/m², correspondant au poids d'un nouveau revêtement d'étanchéité, de sa protection et éventuellement d'un nouveau panneau isolant,
- doit être plan et présenter un état de surface satisfaisant.

Il faut aussi vérifier si le plancher est ou non chauffant.

b. Supports

Il convient de déterminer le type de support et de vérifier leur conformité au D.T.U. correspondant.

b.1. Supports relevant du D.T.U. 20.12

Ces supports doivent être conformes au D.T.U. 20.12, sinon il faut rapporter un panneau isolant comme support du nouveau revêtement d'étanchéité.

b.1.1. Supports de types A, B, C et D

- dalles pleines coulées *in situ*,
- planchers dont la dalle de répartition est coulée *in situ* de façon continue,
- planchers préfabriqués en béton armé ou précontraint avec armatures de liaison noyées dans un béton coulé *in situ*,
- planchers préfabriqués dont la liaison est assurée par un blocage en béton armé réalisé *in situ*,
- dalles préfabriquées en béton armé ou en béton précontraint sans armatures de liaison.

Pour ce dernier support, une étude spécifique est nécessaire, en cas de non conformité au D.T.U. 20.12, lorsque la toiture-terrasse est circulable aux véhicules ou lorsque c'est une toiture-jardin.

b.1.2. Autres types de supports relevant du D.T.U. 20.12

- Formes de pente adhérentes en béton de gravillon,
- formes de pente en béton léger,
- dalles flottantes,
- formes fractionnées en béton sur panneau isolant.

Pour les dalles flottantes, vérifier que les costières sont :

- soit liées à la dalle et n'ont pas provoqué de rupture au pied du relief,
- soit indépendantes de la structure et que le joint entre les costières et la structure, n'a occasionné ni pénétration d'eau, ni condensation.

Pour les formes fractionnées, il convient de vérifier que :

- le joint périphérique est à 30 cm d'une émergence,
- la largeur du joint n'est pas trop importante, sinon il faut rapporter une bande de pontage,
- l'isolant est sec,
- le pare-vapeur est en bon état.

b.2. Supports relevant des D.T.U. 43.3, 43.4 ou d'avis techniques

Ces supports doivent être conformes à leur D.T.U. ou à leur avis technique, sinon la conception et l'exécution des solutions de réhabilitation doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

b.2.1. Supports relevant du D.T.U. 43.3

- Supports en tôles nervurées

b.2.2. Supports relevant du D.T.U. 43.4

- Supports bois et panneaux dérivés du bois,
- supports en panneaux de lin, de paille comprimée.

b.2.3. Supports relevant de leur avis technique

- Dalles en béton cellulaire autoclavé,
- Caillons chevronnés et panneaux sandwich.

c. Isolants

c.1. Vérifications

Il faut déterminer la nature et l'épaisseur de l'isolant et s'assurer de la présence d'un pare-vapeur. Le degré d'humidité de l'isolant détermine deux cas.

c.1.1. Isolants non conservés

Si les isolants, qu'ils soient putrescibles ou imputrescibles, sont humides, ils seront obligatoirement déposés et remplacés par des isolants de résistance thermique au moins égale à l'ancienne. L'ancien pare-vapeur doit être arraché et remplacé par un nouveau pare-vapeur.

c.1.2. Isolants conservés

Les isolants peuvent être conservés :

- s'ils sont secs,
- s'ils ont gardé leurs caractéristiques conformes à la réglementation en vigueur,
- si leur réparation ou leur remplacement reste ponctuel,
- si l'ancien revêtement d'étanchéité est conservé.

L'isolant peut alors recevoir un nouveau revêtement d'étanchéité. Si une isolation complémentaire est mise en place, celle-ci ne doit pas être fusible aux températures d'application du bitume. Cette addition provoque une surépaisseur qui entraîne le plus souvent des travaux d'adaptation des reliefs, seuils, pénétrations et descente d'eau pluviale.

d. Revêtement d'étanchéité

d.1. Vérifications

Les revêtements d'étanchéité sont conservés si leur état permet de les utiliser comme :

- pare-vapeur support d'un nouvel isolant,
- support direct d'un nouvel isolant dans le cas de la tôle d'acier nervurée,
- support de pare-vapeur,
- support d'un nouveau revêtement d'étanchéité.

Sinon, ils sont déposés.

d.2. Revêtement d'étanchéité existant non conservé

d.2.1. Asphalte et multicouches

Il n'est pas possible de conserver les revêtements d'étanchéité asphalte et multicouches existant lorsqu'ils sont fortement cloqués, généralement à la suite de la pose sur un support humide ou à une irrégularité du collage, ou s'ils sont chimiquement incompatibles avec les nouveaux ouvrages prévus.

d.2.2. Multicouches uniquement

Il n'est pas possible de conserver les revêtements d'étanchéité multicouches existant lorsqu'ils sont :

- fortement fissurés,
- fortement pustulés,
- décomposés,
- plissés.

Les fissures sont dues aux rayons ultra-violets, phénomène appelé alligatorisme. Les pustules sont provoquées par une dégradation de l'armature en carton ou en toile de jute. La décomposition est due au pourrissement des feutres. Les mouvements du support ou du revêtement d'étanchéité produisent un plissement.

d.3. Revêtement d'étanchéité existant conservé

Selon le type de revêtement et sa nouvelle destination, on procède aux opérations définies aux tableaux II et III.

TRAVAUX D'ETANCHEITE DES TOITURES-TERRASSES EN REHABILITATION

Tableau II. -- Types d'opérations préparatoires pour la conservation de l'ancien revêtement d'étanchéité

Types de travaux	Travaux principaux	Travaux complémentaires
- T1:	Faire disparaître les irrégularités susceptibles de déformer le nouvel ouvrage, une couche de bitume chaud peut compléter l'aplanissement.	Aucun.
- T2:	"	Ponter les fissures par une bande de bitume armé type 40 de 20 cm de large.
- T3:	"	Ponter les fissures par une bande de bitume armé type 40 de 20 cm de large pouvant comporter à sa sous-face un kraft ou un alu anti-adhérent.

e. Pare-vapeur

La suppression de la protection lourde modifie la résistance thermique de la terrasse, il est alors nécessaire de vérifier que la température du pare-vapeur est supérieure à la température de rosée lorsque la toiture-terrasse est sur :

- un local à forte hygrométrie et plancher chauffant,
- un local présentant des condensations à la sous-face du plafond,
- un local changeant de destination.

f. Relevés d'étanchéité

Les relevés d'étanchéité sont refaits dans tous les cas, leur examen n'a d'intérêt que pour déterminer les travaux d'adaptation qui seront nécessaires pour maintenir la hauteur réglementaire, telle que la modification des solins.

g. Ouvrages annexes en terrasse

g.1. Acrotères

g.1.1. Acrotères coulés en place

Les acrotères non protégés sont soumis à des chocs thermiques ; aussi la présence de fissures sur les faces verticales et horizontales sera recherchée pour vérifier que l'eau ne pénètre pas en arrière de l'étanchéité.

g.1.2. Acrotères préfabriqués

La stabilité de l'acrotère sera vérifiée, ainsi que l'étanchéité du joint horizontal entre l'acrotère et son support.

Tableau III. -- Travaux à exécuter sur les revêtements d'étanchéité conservés

Nature des revêtements d'étanchéité	sert de	à	Types de travaux cf. tab. II	
- asphalte	support direct	- revêtement d'étanchéité en système indépendant - nouveau pare-vapeur - nouvel isolant	T1	
		- revêtement d'étanchéité en système semi-indépendant ou en système adhérent	T2	
	pare-vapeur		T3	
	support direct	- revêtement d'étanchéité en système indépendant - nouveau pare-vapeur - nouvel isolant	T1	
- multicouche en bitume oxydé		- revêtement d'étanchéité en système semi-indépendant ou en système adhérent	T2	
			T3	
- multicouche en bitume élastomère BBS	support direct	- revêtement d'étanchéité en système indépendant - nouveau pare-vapeur - nouvel isolant	T1	
		- revêtement d'étanchéité en système semi-indépendant ou en système adhérent	T2	
	pare-vapeur		T3	

g.2. Edicules

Les enduits verticaux des édicules sont en général fissurés ; il faut les traiter par des produits de type revêtement d'étanchéité de façades pour éviter des infiltrations en arrière des relevés d'étanchéité.

g.3. Souches

Comme pour les édicules, il faut vérifier la maçonnerie verticale des souches de cheminée ainsi que leur couronnement. L'état des conduits, notamment leur embout ne doit provoquer ni pénétration d'eau ni de condensation à l'intérieur.

g.4. Ventilation isolée

Vérifier que le conduit n'est pas cassé et qu'il n'y a pas de joint dans l'épaisseur du plancher.

g.5. Garde-corps

Lorsque les garde-corps sont fixés au travers de l'étanchéité, il faut réaliser correctement la continuité de l'étanchéité. Si le niveau général du support est relevé, il faut vérifier la hauteur réglementation du garde-corps.

g.6. Équipements techniques

Ce sont en général des ventilateurs, des aéro-réfrigérants, des rails de nacelle de nettoyage ou des massifs sur sous-couche résiliente. Il s'agit là, de cas d'espèce pour lesquels les dispositions à prendre, lors de la réhabilitation, sont très variables et nécessitent une étude adaptée.

3

Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires sont des travaux de dépose des anciens ouvrages ou des travaux d'adaptation pour recevoir les nouveaux revêtements.

a. Réfection sans ajout de panneau isolant complémentaire

La protection de l'étanchéité sera réutilisée ou déposée selon le système existant.

• Protection meuble

Elle peut être généralement réutilisée après avoir été nettoyée. Un apport de complément en granulat est généralement nécessaire pour obtenir l'épaisseur réglementaire.

• Protection légère ou lourde stabilisée

Les protections par gravillons stabilisés par un liant hydraulique ou par un bitume sont retirées et le revêtement d'étanchéité est brossé. Si le décapage est impossible on rapportera un panneau isolant en adhérence comme nouveau support à l'étanchéité.

• Protection lourde en dur

Si la protection est adhérente à l'ancienne étanchéité cette dernière ne pourra pas être utilisée comme pare-vapeur.

• Autoprotection métallique

L'autoprotection est conservée, si la nouvelle étanchéité est posée en système indépendant ou semi-indépendant

ou si l'ancien revêtement est utilisé comme pare-vapeur sous un nouvel isolant sinon la pellicule de métal doit être déposée.

• Autoprotection minérale

La protection est brossée pour enlever les granulés non adhérents.

b. Réfection avec ajout d'un isolant complémentaire

Les travaux préparatoires consistent à adapter la hauteur des relevés, les diverses émergences, les descentes d'eaux de pluie et les pénétrations à la surépaisseur de la nouvelle isolation. Cette adaptation nécessite souvent des travaux complexes.

Ouvrages à modifier

• Reliefs

Lorsque la hauteur des reliefs disponibles après exécution des parties courantes ne sont plus suffisantes, c'est le cas le plus fréquent, il est nécessaire d'étudier une disposition nouvelle qui permette de donner au relevé d'étanchéité sa hauteur exigée. Plusieurs solutions s'offrent :

- on calfeutre l'ancienne gravure jusqu'à son nu extérieur et on remonte le relevé jusqu'au couronnement de l'ouvrage (fig. 1 et 2),
- on calfeutre l'ancienne gravure jusqu'à son nu extérieur et on remonte le relevé jusqu'à une bande solin métallique située à la hauteur exigée (fig. 3),
- on casse le solin maçonné au nu de la paroi, on r agrée la maçonnerie et on remonte le relevé jusqu'à

TRAVAUX D'ETANCHEITE DES TOITURES-TERRASSES EN REHABILITATION

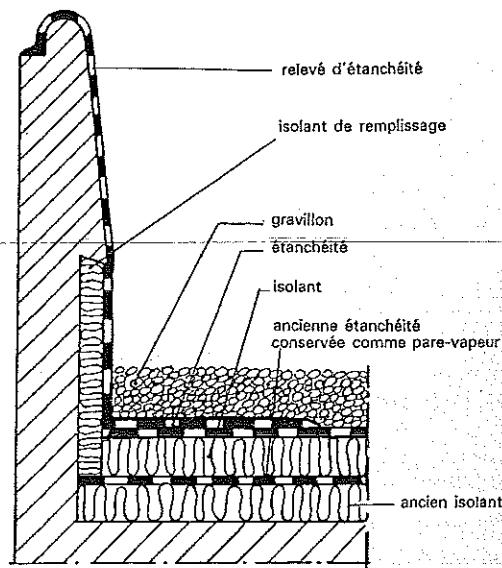


Fig. 1. — Modification d'un relevé sur acrotère haut.

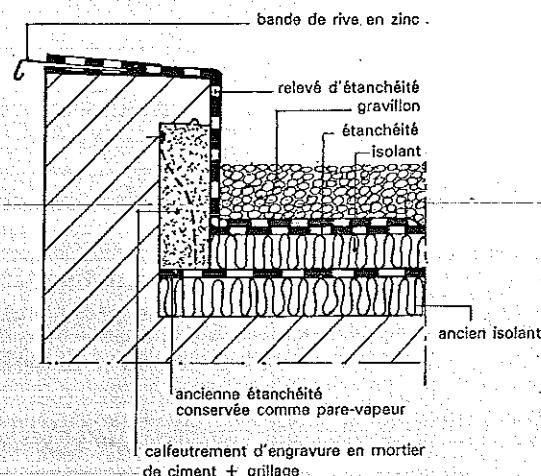


Fig. 2. — Modification d'un acrotère bas.

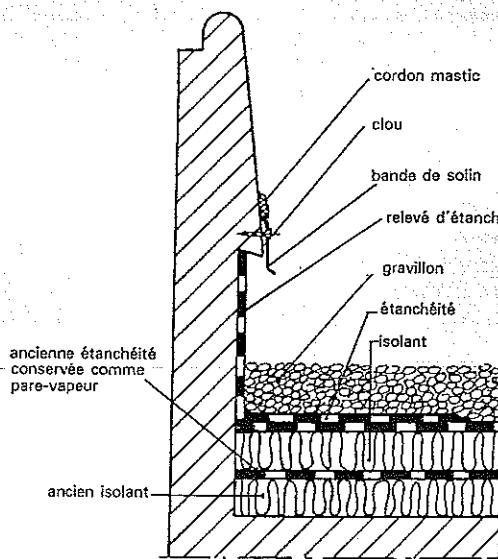


Fig. 3. — Modification d'un solin.

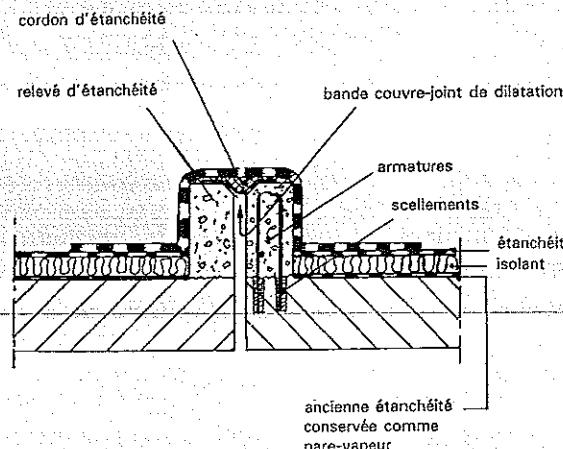


Fig. 4. — Modification d'un joint de dilatation.

une bande solin métallique que l'on place à la hauteur exigée.

• Jointe

Dans le cas de toiture-terrasse non circulables, on transforme les joints plats en joints surélevés en réalisant des costières soit en béton ancré dans l'élément porteur (fig. 4), soit des costières métalliques.

• Descente eau de pluie

L'entrée d'eau doit être refaite. L'ancien moignon est obligatoirement remplacé par un moignon plus long. Le pare-vapeur et l'étanchéité sont refaits autour (fig. 5).

On tronçonne le conduit au ras du plancher et on l'utilise comme fourreau d'un nouveau conduit en plomb.

• Costières

Les costières en maçonnerie sont surélevées par une rehausse soit en maçonnerie soit métallique. Les costières métalliques sont surélevées par une rehausse métallique, l'ancienne costière est alors calfeutrée (fig. 6).

• Bandes de rive

L'ancienne rive est conservée, on ajoute un profil métallique rattrapant la surépaisseur du nouvel isolant et l'étanchéité est retournée sur le profil (fig. 7).

TRAVAUX D'ETANCHEITE DES TOITURES-TERRASSES EN REHABILITATION

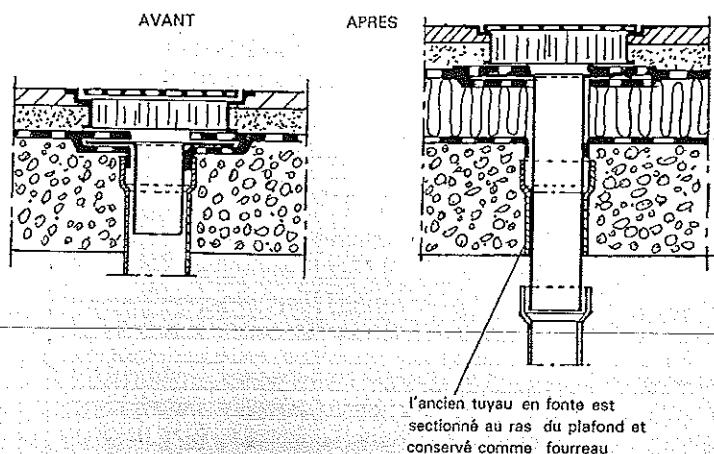


Fig. 5. — Modification d'une évacuation d'eau de pluie

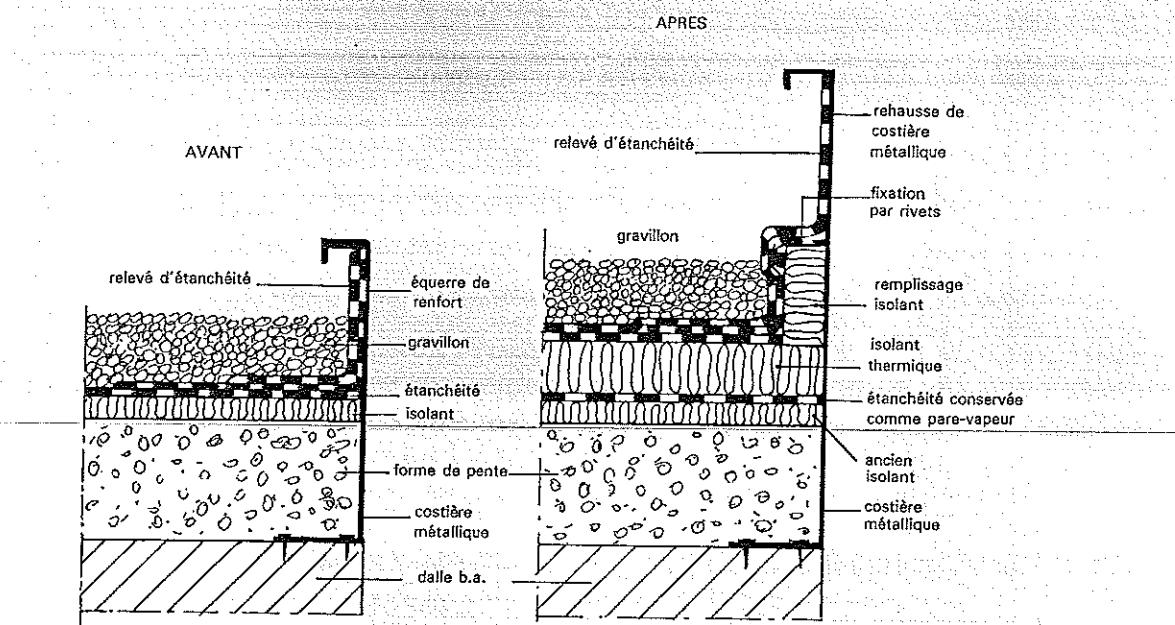


Fig. 6. — Rehausse d'une costière métallique.

• Seuils

Il faut conserver une garde de 10 cm entre le niveau de la terrasse et le haut du seuil. La surélévation du seuil peut être gênante en créant une marche trop haute de l'intérieur et oblige une modification de la menuiserie. La surépaisseur peut interrompre au droit du seuil pour

former un caniveau jusqu'à l'évacuation des eaux de pluie (fig. 8).

• Trop-plein

Le trop-plein est reperçé ou un décaissé est créé face à l'ancien trop-plein.

TRAVAUX D'ETANCHEITE DES TOITURES-TERRASSES EN REHABILITATION

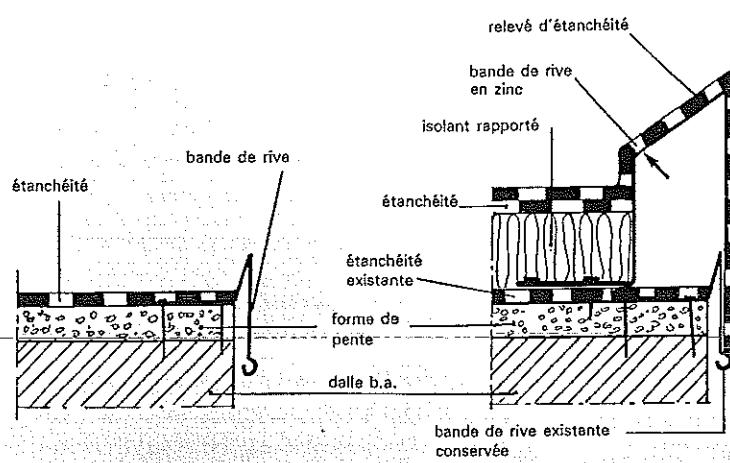


Fig. 7. — Modification d'une bande de rive en zinc.

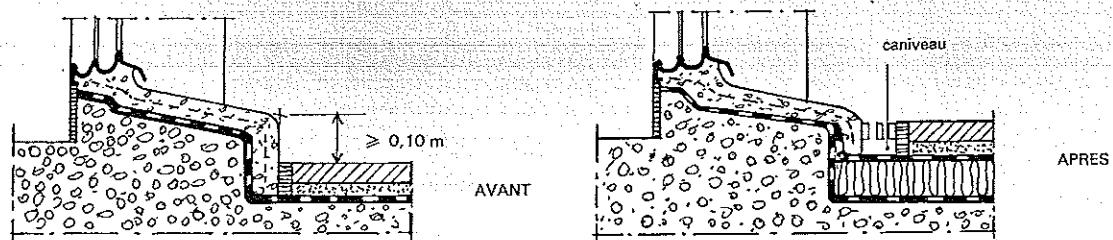


Fig. 8. — Modification d'un seuil.

ETAT PROJETE

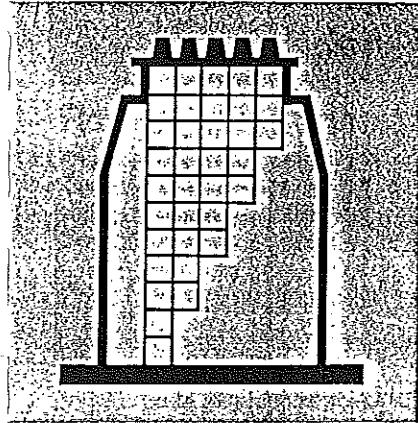
Technologie de la Réhabilitation

7.2 - CONDUITS DE FUMÉE

A.F.P.A.

T.B.E.B.

Lorient



Les conduits de fumée dans l'habitat existant

réutilisation

création

anah

Brochure réalisée par la
DIRECTION TECHNIQUE
Agence Nationale pour
l'Amélioration de l'Habitat

LA RÉFECTON DES CONDUITS

Quand ?

La réfection des conduits peut être rendue nécessaire en raison d'une réutilisation, d'un changement de combustible (notamment utilisation du gaz), ou d'une détérioration significative de l'étanchéité du conduit (zones de bistrage * dues aux taches d'humidité ou fuites de fumée à travers les joints ou les fissurations, lors des essais aux fumigènes). C'est dans un souci de sécurité qu'il convient d'entreprendre ces travaux.

Comment ?

Il existe 2 procédés pour la réfection des conduits existants : le chemisage et le tubage.

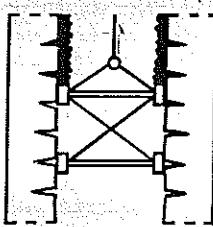
Chemisage

Principe :

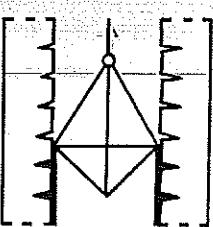
Le chemisage consiste en l'application sur les parois des conduits existants d'un revêtement à base de mortier isolant et de résine. On reconstitue de cette façon un nouveau conduit étanche et résistant. Le chemisage a pour but essentiel d'assurer l'étanchéité aux gaz et aux fumées.

Mise en œuvre :

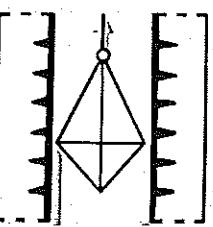
Les travaux s'effectuent depuis les 2 extrémités du conduit. Les occupants des appartements ne sont pas gênés par les travaux, sauf s'il est nécessaire d'accéder au conduit pour réparer des vices de construction importants. Le chemisage comprend trois opérations :



Décrassage mécanique ou chimique pour débarrasser le conduit des résidus de la combustion (suie, goudron) et les débris de l'ancienne gaine (langues, joints, efflorescences, etc.).



Colmatage par application sous pression de plusieurs couches de mortier spécial. Cet enduit bouche intégralement les fissures entre briques ou bolséaux et renforce considérablement la paroi.



Compression lissage. Cette opération a pour but de colmater les pores superficiels de la dernière couche, de supprimer les bulles éventuelles et les surpressions locales.

Particularités :

- le chemisage offre une bonne étanchéité et consolide durablement le conduit d'origine ;
- la section du conduit après chemisage doit être suffisante (supérieure à 250 cm²) ;
- les foyers à feu ouvert ne peuvent pas être raccordés sur des conduits chemisés ;
- une vérification du bon état du chemisage doit être faite tous les 3 ans (essai d'étanchéité) ;
- la qualité du chemisage dépend en grande partie de la qualité de l'exécution.
- le chemisage offre une bonne étanchéité et consolide durablement le conduit d'origine.

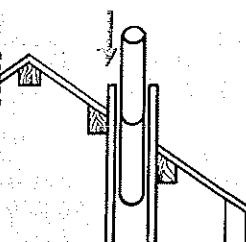
Tubage

Principe :

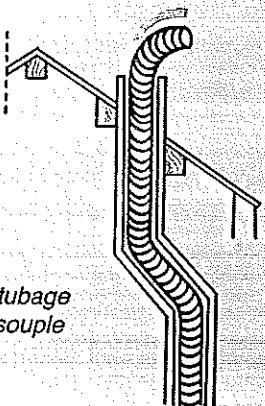
Tuber une cheminée consiste à mettre en place à l'intérieur d'un conduit existant un tube métallique indépendant pour la rendre apte à l'évacuation des produits de combustion d'appareils utilisant principalement le gaz ou le fuel. Ce conduit assure à lui seul l'étanchéité et la sécurité du raccordement de l'appareil de chauffage.

Mise en œuvre :

La mise en œuvre est rapide et n'occasionne a priori ni dégâts ni salissures. Il existe deux types de tubage : le tubage rigide qui ne convient qu'aux conduits parfaitement verticaux et le tubage souple qui est utilisé pour les conduits présentant des dévolements.



tubage rigide



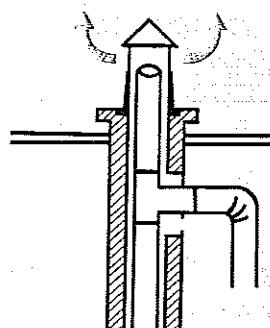
tubage souple

Particularités :

- il convient de réaliser un tubage total du conduit ;
- il ne peut pas reconstituer l'intégrité et la stabilité du conduit ;
- avant travaux de tubage un ramonage est indispensable et éventuellement un séchage ;
- tout conduit tubé doit être repéré au niveau du couronnement extérieur et au niveau du raccordement de l'appareil, afin de signaler son existence lors des visites d'entretien ;
- les conduits tubés devront avoir une section suffisante compatible avec la puissance de l'appareil raccordé et permettant un ramonage efficace.

Tubage rigide métallique

- ventiler l'espace annulaire entre conduit et tube ;
- protéger la ventilation haute contre la pluie ;
- mettre en place en partie inférieure un té servant de réceptacle à la suie ;
- prévoir une purge lorsque des condensations sont à redouter (mauvaise isolation du conduit).



Ventilation de l'espace annulaire

Réutilisation • Transformation

- en cas de réutilisation, il y a lieu de s'assurer que le conduit utilisé comporte bien les orifices nécessaires au ramonage (trappes et tampons). La section de ces orifices doit être dans la mesure du possible équivalente à celle du conduit ;

- les anciens conduits de fumées peuvent être utilisés pour assurer l'aération de certaines pièces du logement. Un essai préalable d'étanchéité doit être effectué. Des grilles d'aération devront être scellées sur le conduit (en partie haute de la pièce) et le conduit nettoyé.

LA CRÉATION DE NOUVEAUX CONDUITS

Quand ?

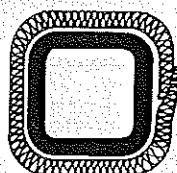
- Lorsque les conduits existants sont inutilisables et leur remise en état trop onéreuse
- il n'existe pas de conduit.

Il est possible de créer de nouveaux conduits à l'extérieur des bâtiments : il convient alors de faire attention à l'esthétique.

Qualité des matériaux

- le conduit doit être réalisé avec le même matériau sur toute sa hauteur avec toutefois une dérogation pour la partie rehaussée d'un conduit existant ;
- en plus des qualités mécaniques et physiques décrites page 2, le conduit doit comporter une isolation thermique.

Dans la traversée des logements ; il s'agit d'assurer le confort des occupants en limitant la température de surface du conduit (en règle générale, les conduits traditionnels maçonnés enduits au plâtre ne posent pas de problème mais attention aux conduits en matériaux minces).



Isolant rapporté

Dans la traversée des combles non aménagés et sur la hauteur de la souche (zones froides). Le DTU N° 24.1 exige une résistance thermique suffisante de la paroi du conduit (cf. p. 8).

Plusieurs solutions sont possibles : on peut utiliser des conduits métalliques isolés, des boisseaux à isolation incorporée ou des matériaux traditionnels avec un doublage.

Section

- les conduits peuvent être carrés, rectangulaires, circulaires ou elliptiques ;
- la section des conduits doit être égale et régulière sur toute la hauteur, exception faite pour les surélévations de conduit hors bâtiment ;
- quelle que soit la section du conduit, le rapport de la plus grande dimension à la plus petite ne doit pas excéder 1,6 (cas où la section est rectangulaire ou elliptique). Une dérogation est accordée aux conduits pour foyers ouverts : on autorise un rapport de 2 ;
- pour le gaz, la section du conduit est fonction de la puissance de l'appareil raccordé, du type de raccordement et de la hauteur du conduit ;
- pour le fuel, la section est fonction du type et de la puissance de la chaudière ainsi que de la hauteur du conduit. En règle générale, les sections sont indiquées par les fabricants de chaudières ;
- pour le bois ou le charbon utilisés en foyers fermés, se reporter aux indications du fuel ci-dessus ;
- pour les foyers ouverts, la section minimale est fixée à 400 cm².

Raccordement des appareils

- Conduit individuel : il est conçu pour desservir UN SEUL FOYER.
- Conduit shunt : le nombre de foyers raccordés ne doit pas excéder cinq.

Un conduit de raccordement individuel dessert chaque foyer. Les cheminées à feu ouvert ne doivent pas être raccordées sur ce type de conduit.

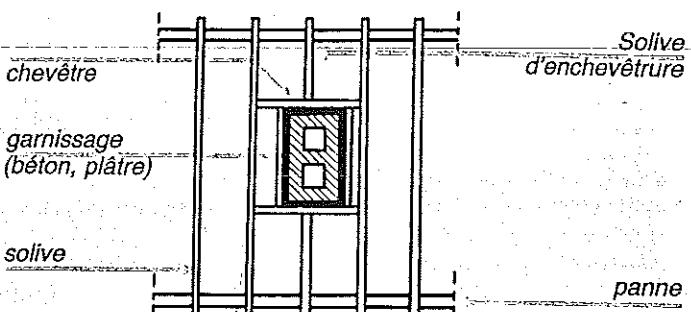
Traversée de plancher

Protection au feu

Pour permettre le passage de conduit de fumée, on aménage une ouverture dans le plancher, appelée trémie. Cette ouverture modifie souvent les caractéristiques des éléments porteurs. On établit alors un chevêtre.

Attention

Bien respecter l'écart de feu (non applicable aux conduits « spécial gaz »).



Bois de charpente et plancher

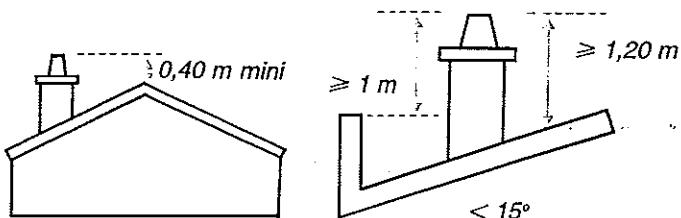
L'écart, dit « écart de feu », est de 16 cm minimum entre la paroi intérieure du conduit et le parement de bois le plus rapproché. L'interposition d'un isolant, même incombustible, n'autorise pas à réduire cet écart.

Bois d'huisserie, de bâti, de dormant ou de décoration. L'écart, mesuré comme précédemment, est de 7 cm minimum.

Hauteur des souches

Le débouché extérieur des souches joue un rôle important dans le tirage thermique.

Les conduits doivent déboucher à l'extérieur, en dehors de toutes zones de suppression ou de tourbillons.

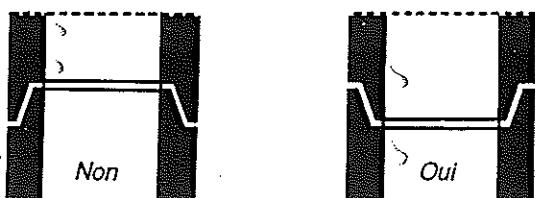


Joints

Le montage des boisseaux doit se faire au mortier de ciment ou au mortier bâtarde.

Le montage au plâtre doit être évité.

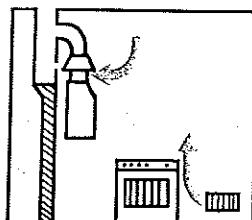
Respecter le sens d'emboîtement, afin que d'éventuelles condensations ne s'écoulent pas à l'extérieur du conduit (provoquant alors des taches de bistro).



LES UTILISATIONS

1

Raccordement d'appareil à gaz



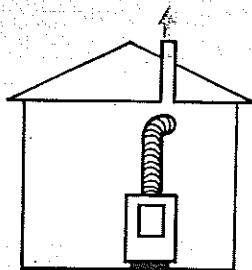
Les appareils à circuit de combustion non étanche (1) doivent être raccordés à un conduit d'évacuation des produits de combustion. On peut donc réutiliser des conduits de fumée pour y raccorder des chaudières gaz individuelles. Sont dispensés de cette obligation de raccordement, les chauffe-eau instantanés de puissance inférieure à 125 mth/mn, si notamment ils comportent un système de coupure automatique de gaz et s'ils sont installés dans un local ayant un volume d'au moins 15 m³.

L'évacuation des produits de combustion des appareils à gaz non raccordés à un conduit d'évacuation (cuisinière) peut être assurée par un conduit d'évacuation d'air vicié (conduit existant réutilisé à cet effet et servant également d'aération de la cuisine).

Attention : les appareils à gaz raccordés à un conduit d'évacuation des produits de combustion à tirage naturel ne doivent pas être installés dans un local où l'évacuation de l'air vicié est assurée par la VMC (ventilation mécanique contrôlée).

2

Foyers fermés (fuel, bois, charbon)

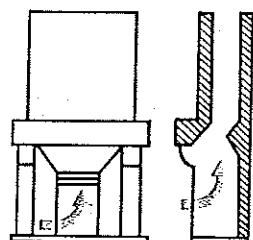


En cas de modification des conditions de chauffage ou de création de nouvelles installations de chauffage, les conduits existants ne pourront être réutilisés que si :

- leur section est adaptée à la puissance des appareils de chauffage installés ;
- la nature des matériaux est compatible avec le combustible utilisé (notamment en présence de fuel) ;
- l'étanchéité est satisfaisante : un essai au fumigène est recommandé ;
- le tirage est suffisant : la position des débouchés extérieurs par rapport aux autres constructions est importante (ils ne doivent pas être situés dans des zones de surpression ou de tourbillons).

3

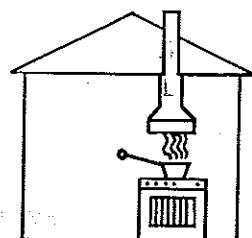
Foyers ouverts (2) (cheminées)



Lorsque ces éléments de construction sont conservés comme mode de chauffage, il est important de pouvoir obturer le conduit de fumée (volet). Les anciennes installations n'étaient pas conçues avec le souci d'économie d'énergie et les conduits peuvent être sources de déperditions calorifiques importantes par tirage thermique excessif lorsque la cheminée n'est pas utilisée.

4

Aération des logements

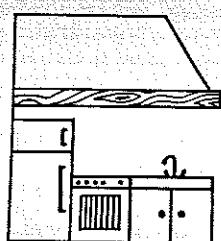


En complément de travaux d'isolation acoustique et/ou thermique, il faut bien souvent revoir le système d'aération des logements. On peut, dans ce cas, utiliser les conduits de fumée pour évacuer l'air vicié des logements. Les conduits pourront être utilisés en l'état, si leur étanchéité est satisfaisante ; sinon, il y aura lieu de procéder à leur chemisage (3), le tubage (3) n'étant pas adapté à ce genre de réutilisation (difficulté de mise en œuvre du branchement, des grilles de ventilation). Cette réutilisation des conduits est souvent judicieuse lors de la création de salles de bains ou de W.C. en position aveugle (ces pièces nécessitent une aération spécifique pour évacuer vapeur d'eau, odeurs et le renouvellement d'air).

Attention : en cas d'évacuation de l'air par tirage thermique (effet de cheminée), les conduits réutilisés doivent être verticaux : la présence de parties horizontales de conduit étant incompatible avec l'efficacité du tirage thermique. Cette prescription n'a plus lieu d'être en cas d'extraction mécanique.

5

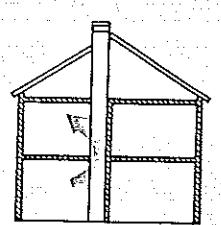
Hotte de cuisine



Bien souvent les cuisines des logements anciens sont équipées d'une grande hotte couvrant tout ou partie d'un pan de mur et associé à un conduit de fumée. On peut la conserver en y adaptant éventuellement un système d'extraction mécanique.

Attention : le raccordement des hottes mécaniques sur des conduits existants n'est possible que si ces conduits sont individuels. Par contre, avec des conduits shunt, cette pratique risque d'entraîner des refoulements d'air vicié dans les autres logements raccordés sur le même conduit.

Précautions à prendre : L'isolation acoustique



En cas de renforcement de l'isolation acoustique des planchers, les conduits existants peuvent constituer des ponts phoniques entre logements ; ils constituent une faiblesse acoustique et de ce fait devront faire l'objet d'un traitement spécifique visant à améliorer leurs performances dans ce domaine.

Si les conduits ne sont pas utilisés, il est prudent de les obturer totalement et ceci sur toute l'épaisseur du plancher. Par contre, s'ils sont utilisés, on peut réaliser un doublage du conduit avec interposition de matériaux absorbants qui atténueront la propagation des sons.

(1) Appareil qui préleve l'air nécessaire à la combustion dans le local où il est installé.

(2) Foyer ouvert : cheminée traditionnelle, âtre, par opposition à foyer fermé (chaudière, cuisinière, poêle, radiateur à gaz).

(3) Voir explications page 6.

ENTRETIEN

Ramonage :

Pour des raisons de sécurité, il est indispensable de ramoner régulièrement les conduits de fumée.

Un ramonage efficace nécessite de passer un hérisson dans l'intégralité du conduit et non toute autre opération superficielle sans efficacité sur les suies et goudrons accrochés aux parois du conduit. L'emploi du feu ou des explosifs est interdit.

Le règlement sanitaire départemental type fixe, pour les locaux d'habitation, les fréquences minimales de ramonage :

- DEUX FOIS PAR AN, dont une fois en période d'utilisation, pour tous les combustibles usuels à l'exception du gaz.
- UNE FOIS PAR AN, pour les installations alimentées en gaz. Ces fréquences sont à respecter, quelle que soit l'importance de l'utilisation du conduit.

Il convient par ailleurs d'être en conformité avec les clauses particulières éventuelles des contrats d'assurance.

Les travaux doivent être effectués par des entreprises spécialisées en ramonage et nettoyage qui doivent remettre un certificat de ramonage après travaux.

Vérification :

- A chaque changement d'occupant d'un logement, le bon état des conduits doit être vérifié par un professionnel qualifié (article 31.1 du règlement sanitaire départemental).
- Après tout accident, sinistre, notamment feu de cheminée, le conduit doit être examiné par une entreprise qualifiée.
- Il convient de faire attention aux nids d'oiseaux qui peuvent obstruer totalement des conduits de fumées lorsque ces derniers sont restés longtemps sans être utilisés. Les nids forment de véritables bouchons étanches à la fumée. Une façon simple de les éviter consiste à entourer la sortie du conduit à l'aide d'un grillage à mailles serrées.

RÉGLEMENTATION

De nombreux textes réglementent les conduits de fumées. La liste ci-dessous non exhaustive, énumère les principaux :

- ARRETE DU 22 OCTOBRE 1969. Il porte uniquement sur les conduits de fumée desservant les logements. Il fixe les dispositions techniques à respecter dans ce domaine. (J.O. du 30 octobre 1969.)
- ARRETE DU 2 AOUT 1977 (également connu sous l'appellation « Arrêté Gaz »). Il traite en particulier des conditions d'évacuation des produits de combustion des installations fonctionnant au gaz.
- REGLEMENT SANITAIRE DEPARTEMENTAL TYPE (9 août 1978). Il a essentiellement pour vocation de s'appliquer aux installations existantes et porte plus particulièrement sur les règles d'entretien des ouvrages, tout en précisant certaines dimensions minimales de section.
- ORDONNANCE DU 5 MAI 1975 DE LA VILLE DE PARIS. Ce texte fait état des distances minimales d'éloignement du conduit par rapport aux bois de charpente et des menuis bois.

QUELQUES ADRESSES UTILES

- Association des ingénieurs de chauffage, conditionnement et ventilation de France (AICVF)
2, rue Bleue - 75009 Paris - Tél. : (1) 47-70-53-82
- Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB)
2 bis rue Michelet - 92130 Issy-les-Moulineaux
Tél. : (1) 45-54-95-60
- Fédération Nationale du Bâtiment (FNB)
33, avenue Kléber - 75116 Paris - Tél. : (1) 47-20-10-20
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)
4, avenue du Recteur Poincaré - 75016 Paris
Tél. : (1) 45-24-43-02

L'ANAH a réalisé d'autres dépliants :

- L'aménagement d'une salle d'eau
- Le cloisonnement dans l'habitat ancien
- L'isolation des fenêtres anciennes
- Nettoyage de façades
- Les charpentes bois des combles anciens
- La rénovation des revêtements de sol ancien
- La rénovation des parquets anciens
- L'aération des logements dans l'habitat existant

Sont en cours d'élaboration :

- La réhabilitation, comment s'y prendre
- Les problèmes d'humidité dans l'habitat ancien

RÈGLES DE L'ART

En ce qui concerne les travaux de réhabilitation, l'application des DTU (Documents Techniques Unifiés) n'est pas systématiquement imposée par les textes. Cependant, ces DTU précisant les règles de l'art dans l'exécution des ouvrages, il est de l'intérêt de tous que les travaux soient exécutés conformément aux règles de l'art qu'ils rassemblent toutes les fois que cela est possible.

MISE EN ŒUVRE

- DTU N° 24.1 - Travaux de fumisterie : il traite de la mise en œuvre des conduits de fumée domestiques. Son application permet de respecter l'arrêté du 22 octobre 1969, ainsi que l'ordonnance du 5 mai 1975 de la Ville de Paris.
- DTU N° 61.1 - Installation de gaz : ce document permet, dans le cadre des « Instructions relatives aux aménagements généraux des locaux », de satisfaire l'arrêté du 2 mai 1977.

DIMENSIONNEMENT :

- Conduit spécial gaz : DTU 61.1.
- Foyer à feu ouvert : aucun texte réglementaire
- ordonnance du 5 mai 1975 de la Ville de Paris.

Syndicat de l'amiante-ciment

32, rue de Ponthieu - 75008 Paris - Tél. : (1) 43-59-40-68

Syndicat national des fabricants de conduits aérauliques et gaines en béton

3, rue Alfred Roll - 75849 Paris Cedex 1 - Tél. : (1) 47-66-03-64

Union nationale des Chambres syndicales d'entreprises en génie climatique (UCH)

9, rue La Pérouse - 75784 Paris Cedex 16

Tél. : (1) 47-40-10-20

Union nationale de la maçonnerie (UNM)

9, rue La Pérouse - 75784 Paris Cedex 16

Tél. : (1) 47-20-10-20

Ce document a été réalisé par la Direction Technique de l'ANAH avec la collaboration du CETE de LYON (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipment)

Chemin St. Hubert. L'Isle d'Abeau.

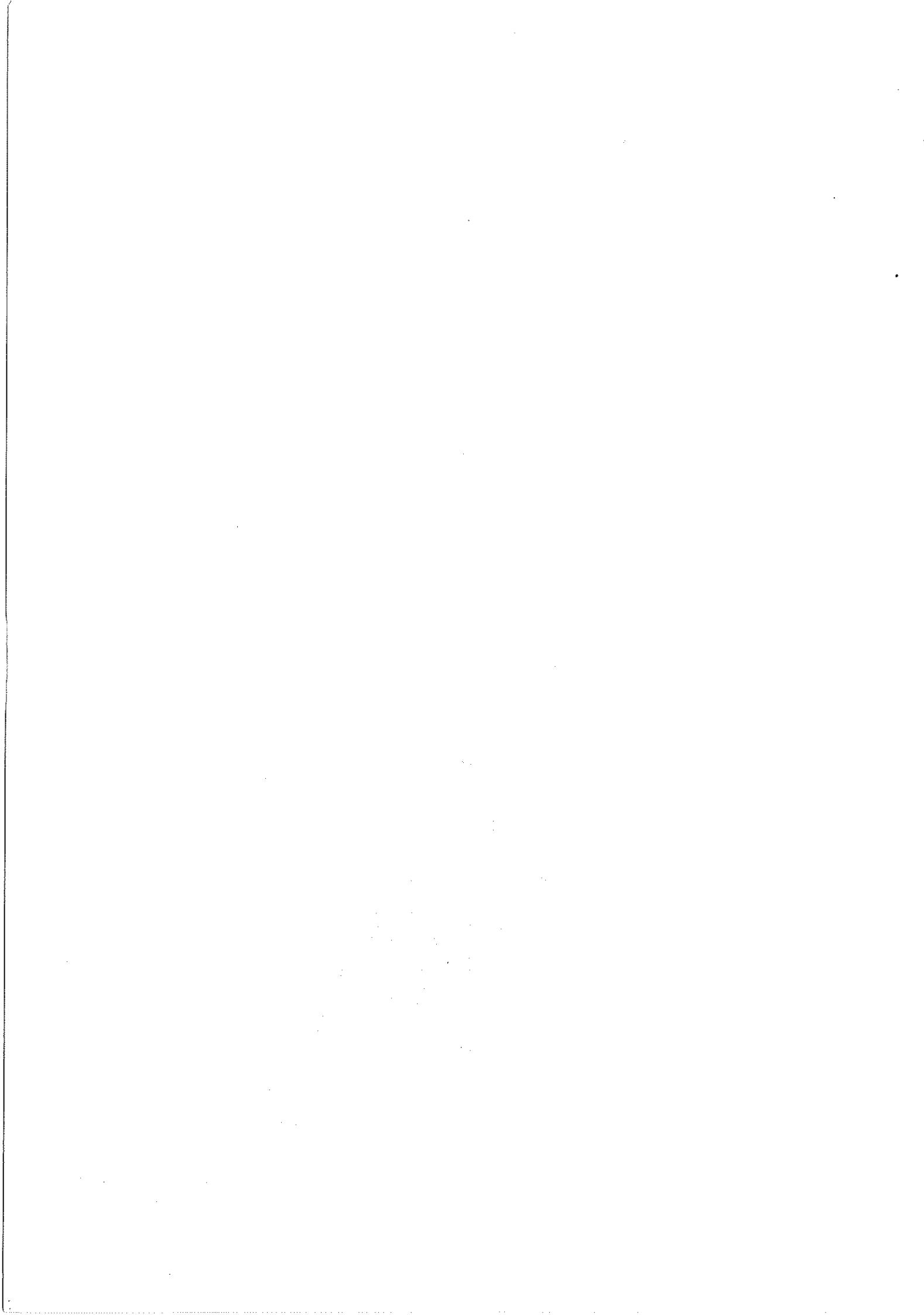
BP 128, 38317 Bourgoin Jallieu Cedex.

Tél. : 74-27-28-50.

Si vous désirez vous procurez un de ces dépliants, écrivez à :

anah

Agence Nationale pour
l'Amélioration de l'Habitat
17, rue de la Paix 75002 Paris
Tél. : (1) 42-61-57-23



LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE VENTILATION

INCONVENIENTS

COMMENTAIRES

1 système intermittent ne permet pas de contrôler ses débits dépend de l'initiative des occupants refroidissement brutal de la pièce en hiver.

- ventilation très aléatoire dépendant exclusivement du tirage thermique et naturel* (exceptée technique 4)

2 nécessité d'avoir une face donnant sur l'extérieur ne fonctionne pas toujours dans le sens prévu dépend des conditions métropoles risque de transmission d'odeurs débits soit insuffisants, soit excessifs.

- ventilation limitée à une seule et unique pièce
- les techniques 2 et 3 peuvent être améliorées en équipant l'orifice haut d'un ventilateur mécanique pour maîtriser la ventilation.

3 mauvaise maîtrise des débits : importants en saison froide et faibles en mi-saison risque de refoulement si le bouché extérieur du conduit se trouve dans une zone de surpression due au vent.

4 accordement électrique entre les emplacements extracteurs système bruyant, donc risque de non utilisation par l'occupant.

- peut être mécanisée (ventilation mixte), l'extracteur assurant les débits lorsque le moteur thermique ne fonctionne pas ou peu (mi-saison).

5 caractère toujours aléatoire dépendant des conditions métropoles réseau vertical de conduits généralement bouchés des conduits à l'extérieur hors zone de pression, sinon risques de dégâts de contrôle des débits natation (système n° 3).

6 emplacement groupe traction* réseau de conduits caux et horizontaux mécanique (VM)

- c'est la seule solution qui permet d'obtenir un taux de renouvellement d'air indépendant des conditions climatiques extérieures
- risque de nuisance sonore selon qualité de mise en œuvre.

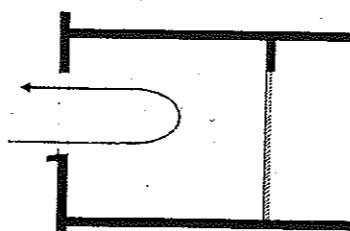


LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE VENTILATION

SCHEMA	PRINCIPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	COMMENTAIRES
--------	----------	-----------	---------------	--------------

1

Ventilation par ouvrants



- Ouverture de la fenêtre de la pièce à aérer. Généralement on admet que l'ouverture d'une fenêtre pendant 5 mn assure un renouvellement d'air complet de cette pièce.

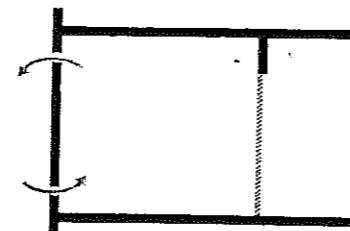
- système le plus simple
- pas de conduit

- système intermittent
- ne permet pas de contrôler les débits
- dépend de l'initiative des occupants
- refroidissement brutal de la pièce en hiver.

- ventilation très aléatoire dépendant exclusivement du tirage thermique et naturel* (exception technique 4)
- ventilation limitée à une seule et unique pièce
- les techniques 2 et 3 peuvent être améliorées en équipant l'orifice haut d'un ventilateur mécanique pour maîtriser la ventilation.

2

Ventilation horizontale



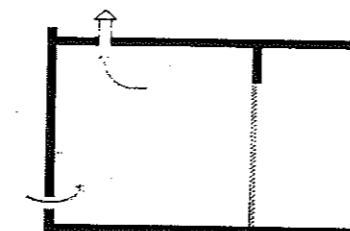
- Orifices en façades (haut et bas) le moteur du tirage thermique étant l'écart de température de l'air intérieur entre le bas et le haut de la pièce.

- pas de conduit.

- nécessité d'avoir une face donnant sur l'extérieur
- ne fonctionne pas toujours dans le sens prévu
- dépend des conditions climatiques
- risque de transmission d'odeurs
- débits soit insuffisants, soit excessifs.

3

Ventilation verticale à tirage naturel

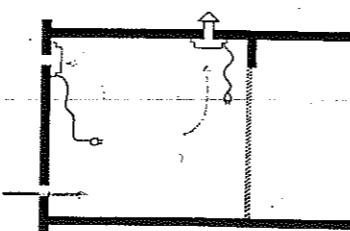


- L'évacuation de l'air se fait par un conduit vertical débouchant à l'extérieur, le moteur étant le tirage naturel.*

- mauvaise maîtrise des débits : importants en saison froide et faibles en mi-saison
- risque de refoulement si le débouché extérieur du conduit se trouve dans une zone de surpression due au vent.

4

Ventilation mécanique, verticale ou horizontale



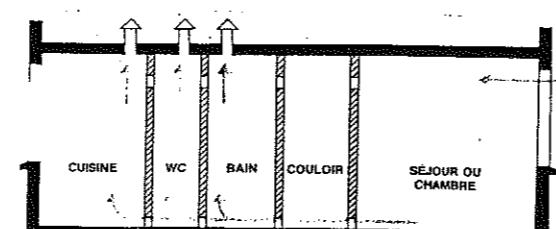
- L'extraction est mécanique et peut se faire soit verticalement par conduit soit horizontalement (conduit ou rejet en façade).

- contrôle des débits
- indépendant des conditions climatiques
- s'adapte facilement aux besoins
- pas de contrainte de tracé de conduits.

- raccordement électrique
- emplacement extracteurs
- système bruyant, donc risque de non utilisation par l'occupant.

5

Ventilation générale et permanente à tirage naturel



- L'air extérieur est introduit dans les pièces principales par des orifices autoréglables* et extrait dans les pièces de service en créant un balayage du logement, des pièces les moins polluées vers les pièces les plus polluées. Le moteur est le tirage naturel.*

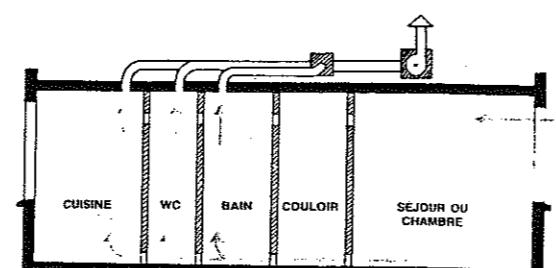
- intéresse l'ensemble du logement en créant un balayage.*

- caractère toujours aléatoire car dépendant des conditions climatiques
- réseau vertical de conduits
- débouchés des conduits à l'extérieur hors zone de surpression, sinon risques de refoulement
- pas de contrôle des débits (cf. système n° 3).

- peut être mécanisée (ventilation mixte), l'extracteur assurant les débits lorsque le moteur thermique ne fonctionne pas ou peu (mi-saison).

6

Ventilation mécanique contrôlée (VMC)



- Idem système n° 5 mais l'extraction se fait mécaniquement par un groupe d'extraction.*

- intéresse l'ensemble du logement
- contrôle de la ventilation et modulation en fonction des besoins
- possibilité de faire de la récupération d'énergie sur air extrait (système double flux)
- le circuit de l'air est maîtrisé.

- emplacement groupe d'extraction*
- réseau de conduits verticaux et horizontaux

- c'est la seule solution qui permet d'obtenir un taux de renouvellement d'air indépendant des conditions climatiques extérieures
- risque de nuisance sonore selon qualité de mise en œuvre.