

Maçonnerie

Matériaux

par **Jean-Daniel MERLET**

Ingénieur de l'École centrale de Paris

Directeur technique du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

1. Matériaux pour murs, cloisons et planchers.....	C 2 101 - 2
1.1 Ouvrages en béton	— 2
1.2 Ouvrages en maçonnerie de petits éléments.....	— 2
1.2.1 Éléments de maçonnerie	— 2
1.2.2 Joints	— 8
1.2.3 Éléments de plâtrerie	— 8
2. Matériaux de revêtements.....	— 10
2.1 Revêtements muraux extérieurs	— 10
2.1.1 Enduits.....	— 10
2.1.2 Autres revêtements adhérents	— 11
2.1.3 Revêtements fixés	— 13
2.2 Revêtements muraux intérieurs.....	— 14
2.2.1 Revêtements à base de plâtre	— 14
2.2.2 Enduits à base de liants hydrauliques	— 14
2.2.3 Carreaux céramiques collés.....	— 14
2.2.4 Revêtements attachés	— 15
3. Autres ouvrages	— 15
3.1 Cheminées en maçonnerie	— 15
3.1.1 Conduits de fumées extérieurs.....	— 15
3.1.2 Conduits intérieurs	— 15
3.1.3 Carneaux	— 15
3.1.4 Souches	— 15
3.2 Éléments préfabriqués	— 15
3.2.1 Escaliers. Marches	— 15
3.2.2 Linteaux	— 15
3.2.3 Appuis de baies préfabriqués	— 15
3.2.4 Éléments manportables pour murs de soutènement.....	— 15
Pour en savoir plus.....	Doc. C 2 106

Contrairement à d'autres techniques de construction, la maçonnerie se singularise par une grande diversité de constituants : c'est en effet un assemblage au mortier de petits éléments de nature, forme, dimensions ou structure interne très diversifiés sur lesquels sont appliqués selon les cas, côté extérieur ou côté intérieur, divers produits ou systèmes de revêtements aptes à répondre, entre autres, à la variété d'aspect souhaitée par les utilisateurs. Ce sont ces nombreux matériaux élémentaires, classés par destination, qui sont définis dans cet article.

1. Matériaux pour murs, cloisons et planchers

1.1 Ouvrages en béton

Nota : on se reportera aux chapitres *Variétés de bétons et constituants* [C 2 210] et *Granulats* [C 902] [C 903] de ce traité.

■ Liants

Les ouvrages en béton associés aux maçonneries ne nécessitent pas de performance exceptionnelle et, par suite, les ciments courants CP J 35 ou 45 par exemple conviennent. En fait il s'agit bien au contraire d'éviter les manifestations telles que les variations dimensionnelles différentielles qui pourraient trouver une de leur cause dans le surdosage ou l'utilisation de ciment de classe trop élevée. Pour rappel, l'emploi en fondation de ciments spéciaux (CLK par exemple) peut se révéler nécessaire pour des raisons de durabilité en cas de fondations dans un environnement agressif par exemple.

■ Granulats

De même que pour les liants, il n'y a pas d'exigence particulière relative aux granulats qui seront donc, dans la plupart des cas, les granulats locaux d'utilisation courante pour les bétons de bâtiment, graviers et sables siliceux ou silico-calcaires.

■ Eau de gâchage

■ Adjuvants

Compte tenu de ce qui précède, les adjuvants peuvent être utilisés pour leur commodité dans un certain nombre de cas : par exemple, un plastifiant peut se révéler utile pour le remplissage d'espaces réduits afin d'éviter un gâchage avec excès d'eau et ainsi réduire la propension au retrait.

1.2 Ouvrages en maçonnerie de petits éléments

1.2.1 Éléments de maçonnerie

1.2.1.1 Pierre

La pierre massive n'est encore utilisée de nos jours que pour une faible partie des maçonneries sous forme de moellons ou de pierres de taille, en tout cas dans la construction neuve ; elle est par contre utilisée pour enrichir l'aspect des façades ; réalisation d'encadrement de baies, de chaîne d'angle en association avec d'autres maçonneries enduites, mais la majeure partie de l'utilisation actuelle concerne les pierres minces en revêtements attachés surtout, mais aussi collés (cf. article *Maçonnerie. Revêtements muraux* [C 2 104] de ce traité).

1.2.1.2 Produits en béton de granulats courants ou légers

■ Blocs pleins ou creux pour murs et cloisons

Ces petits éléments constituent la plupart des maçonneries utilisées en France ; les blocs creux peuvent être utilisés pour la réalisation de l'ensemble des parois sans distinction ; les blocs pleins (ou « pleins perforés » lorsqu'ils comportent des alvéoles verticales de faible section, destinées à en abaisser le poids sans altérer les performances acoustiques du mur) sont plutôt réservés aux parois à vocation d'isolement acoustique ou de compartimentage vis-à-vis des risques d'incendie (refends séparatifs par exemple).

Depuis août 1990, il existe également une norme pour les blocs destinés à rester apparents (NF P 14-102, elle aussi associée à une marque NF de conformité) dont la production s'est développée ces dernières années, pour l'essentiel sous forme de blocs creux à

grandes alvéoles et parois épaisses dont les parements présentent divers aspects dus aux traitements réalisés en usine (lisses ou striés, teintés dans la masse, splittés (fendus parallèlement au parement)...)...

■ Entrevous de plancher

Ces petits éléments, qui ne constituent généralement que la partie coffrage du plancher en association avec les poutrelles, peuvent constituer également une partie résistante du plancher (dans ce cas ils sont visés dans le système de plancher correspondant examiné au coup par coup dans le cadre d'un avis technique particulier).

Pour la réalisation des planchers associés aux maçonneries, on peut également utiliser le système des prédalles et, bien entendu, les dalles pleines traditionnelles en béton armé coulées sur coffrages classiques.

1.2.1.3 Produits de terre cuite

Nota : on se reportera au chapitre *Matériaux de terre cuite* [C 905] de ce traité.

■ Briques et blocs pour murs et cloisons

Ces produits, qui constituent la seconde grande famille d'éléments de maçonnerie, sont, au contraire de la précédente dont les éléments sont pratiquement distribués indifféremment sur tout le territoire, de forme, de dimension et surtout de structure interne relativement diverses de façon relativement spécifique selon les régions : blocs à perforations verticales dans l'Est, briques à alvéoles horizontales dans l'Ouest et le Sud... Par ailleurs, afin de répondre aux exigences accrues de la réglementation en matière de déperditions thermiques, dans chaque famille sont apparus les blocs et briques G mettant en application dans les deux cas les recherches engagées par la profession dans ce sens (figure 1).

Pour la terre cuite aussi, les produits destinés à rester apparents se sont développés : briques pleines ou perforées de petit format ou blocs de plus grandes dimensions.

Enfin, l'élaboration de tessons allégés par adjonction à la terre, avant cuisson, de produits combustibles (billes de polystyrène expansé...) a permis des caractéristiques améliorées qui sont l'objet d'une certification associée à la marque NF de conformité à la norme (NF.CSTB.Th) ou à l'avis technique pour les produits non traditionnels (§ 1.2.1.5).

■ Entrevous de plancher

De même que pour les entrevous en béton, les entrevous de terre cuite peuvent être des entrevous de coffrage ou des entrevous porteurs.

Dans certaines régions (sud de la France), on utilise cette technique pour la réalisation de sous-toitures support de tuiles.

■ Éléments pour plafonds suspendus

Ces éléments, généralement hourdés au plâtre et suspendus par crochets au support résistant, sont destinés à être revêtus d'un enduit au plâtre pour constituer des plafonds horizontaux ou inclinés (rampant de toiture).

1.2.1.4 Produits en béton cellulaire autoclavé

Ces produits appartiennent à la famille des silico-calcaires (cf. article spécialisé [C 945] dans ce traité) : les silico-calcaires denses sont développés en Europe (Benelux ou Allemagne pour l'Europe de l'Ouest, mais aussi largement en Europe de l'Est) et objet d'un projet de norme spécifique dans la normalisation européenne en cours, mais ils ne sont pas fabriqués en France et de ce fait faiblement utilisés. Au contraire, les bétons cellulaires autoclavés ou silico-calcaires légers sont bien connus dans notre pays depuis les années 50 : ils sont actuellement produits dans cinq usines (quatre pour le groupe Siporex Hebel et une pour le groupe Ytong) : c'est d'ailleurs en France, également sous l'influence des exigences accrues en matière d'isolation thermique lors du premier choc pétrolier (années 70), que s'est développée la tendance à l'utilisation du béton

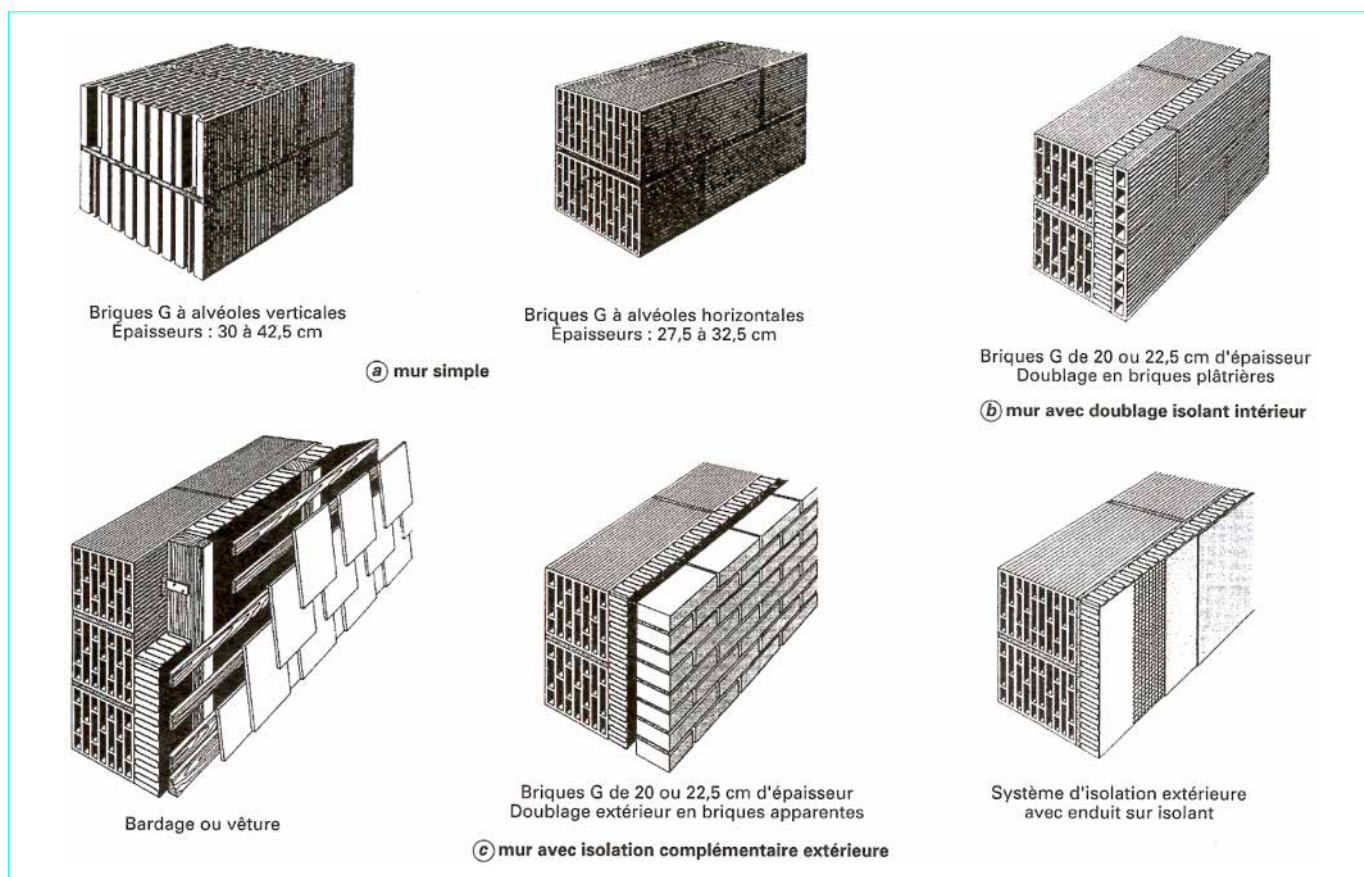


Figure 1 – Maçonnerie de brique G. Divers types de mur

cellulaire de basse masse volumique 450 puis 400 kg/m³ : les applications sont, outre les maçonneries de blocs en quasi-totalité posés à joints minces de mortier-colle, les dalles armées utilisées en murs, planchers, toitures ou bardage industriels.

1.2.1.4.1 Caractéristiques du matériau

■ Inventaire des caractéristiques physiques et mécaniques

Les principales caractéristiques du matériau sont rassemblées dans le tableau 1 ; elles sont indiquées pour les qualités couramment fabriquées et utilisées à l'heure actuelle, de masse volumique nominale 400, 450 et 500 kg/m³, par référence à la norme NF P 14-306 : les cinq usines françaises bénéficient de la licence d'apposition de la marque NF de conformité à cette norme.

■ Incidence de l'humidité

Certaines de ces caractéristiques sont déterminées conventionnellement pour un état sec pris comme référence ; il convient donc, pour le matériau en œuvre, de tenir compte de l'influence de l'humidité qu'il contient. Lors de leur mise en œuvre, compte tenu du mode de fabrication (notamment l'autoclavage), les produits ont une teneur en humidité élevée de l'ordre de 10 à 15 % en volume ; cette humidité diminue progressivement, pour atteindre après une année ou deux, selon les conditions, pour une paroi extérieure, un taux à l'équilibre de 2 à 3 %. C'est ce taux à l'équilibre (3 % en volume), qui est pris en compte pour l'évaluation des caractéristiques thermiques utiles (Règles Th-K 77).

Moyennant un suivi spécifique exercé en parallèle de la marque NF, des valeurs plus favorables sont attribuées au coup par coup aux usines concernées.

De même, le coefficient de réduction indiqué dans les Règles de calcul et dispositions constructives minimales du DTU 20.1 pour l'évaluation de la capacité portante des maçonneries de blocs intègre l'incidence de l'humidité, de façon à pouvoir être appliqué aux valeurs de référence à l'état sec spécifiées par la norme NF P 14-306.

■ Comportement en cas d'incendie

Compte tenu de la nature de ses constituants, la résistance au feu des ouvrages en béton cellulaire autoclavé est élevée :

- en mur, que ce soit pour les maçonneries ou les dalles armées, une épaisseur de 15 cm conduit à un classement coupe-feu de 6 h ;
- en dalles armées de plancher ou de toiture, le classement est bien sûr étroitement lié à l'épaisseur de béton cellulaire formant enrobage en sous-face des aciers inférieurs.

■ Isolation acoustique des parois

Du point de vue acoustique, et bien que les résultats obtenus pour des parois simples homogènes soient meilleurs que ne le laisserait attendre un calcul suivant la loi de masse expérimentale, la faible masse du matériau, contrepartie des avantages d'isolation thermique, ne permet pas des isolations satisfaisant les exigences requises en parois séparatives de logement dans des épaisseurs raisonnables : indice d'affaiblissement acoustique déterminé pour un spectre de bruit rose : $R_{\text{rose}} = 46 \text{ dB (A)}$ pour un mur en blocs de 25 cm revêtu d'enduits non traditionnels (masse surfacique globale 150 kg/m²).

Une solution, dans ce cas, peut être la construction de deux murs séparés par un vide continu, y compris en soubassement et combles.

Tableau 1 – Principales caractéristiques du béton cellulaire autoclavé

Masse volumique nominale (à l'état sec)..... (kg/m³)	400	450	500
Résistance à la compression (à l'état sec)..... (MPa)	> 3	> 3	> 3,5
Variations dimensionnelles (entre stabilisation à 20 °C , 50 % HR et saturation par immersion dans l'eau)(mm/m)	< 0,45		
Module d'élasticité (à l'état sec)..... (MPa)	1 000 à 2 000		
Résistance à la traction par flexion (à l'état sec) (MPa)	5 à 9		
Perméabilité à la vapeur(g/m · h · mm Hg)	≈0,02		
Coefficient de capillarité (mesuré conformément à NF B 10-502)	≈ 5		
[$C = 100m/S\sqrt{t}$ avec m (g) masse d'eau absorbée , S (cm²) section de la face de contact, t (min) temps]			
Coefficient de conductivité thermique utile (1) (2) (W/m · °C)	0,16	0,17	0,18
Coefficient de dilatation thermique (10 ⁻⁶ /°C)	≈ 8		
(1) Taux d'humidité de 3 % en volume.			
(2) Des valeurs plus favorables peuvent, dans le cadre d'un suivi exercé en parallèle de la marque NF, être attribuées aux usines concernées par le Comité technique de l'avis technique.			

1.2.1.4.2 Applications

En maison individuelle, deux techniques coexistent :

- la maçonnerie de blocs, pour laquelle le montage à joints minces de mortiers-colles spécialement adaptés (objets d'avis techniques séparés), s'est généralisé, exploitant au mieux la précision dimensionnelle des blocs et conduisant ainsi à une meilleure homogénéité thermique ; dans le même esprit, des linteaux armés, également en béton cellulaire, remplacent avantageusement les éléments en béton armé coulés *in situ* ;
- les dalles de hauteur d'étage en béton cellulaire armé associées à des planchers et toitures en dalles de même nature, par ailleurs objet d'avis techniques particuliers, voire aux maçonneries précédentes (pointes de pignon) ; les dalles toitures sont, selon la pente, support d'étanchéité ou support de couverture par petits éléments (tuiles, ardoises, bardeaux bitumés...).

Le débouché principal des éléments armés est cependant le bâtiment industriel :

- en dalles de toiture ; dans ce cas généralement support d'étanchéité (le plus souvent, revêtements de type bitume élastomère qui ont en France largement supplanté les multicouches traditionnels posés en indépendance) ;
- en dalles de bardage, disposées soit horizontalement, soit verticalement, posées « à sec », liées à l'ossature par des fixations mécaniques ; les joints apparents sont alors soulignés par des arêtes chanfreinées.

1.2.1.5 Autres éléments de maçonnerie

La plupart des systèmes utilisant des maçonneries spéciales sont considérés non traditionnels et font l'objet d'**avis techniques** assortis de **certificats** qui attestent de la conformité des fabrications auxquelles ils sont nominativement attachés (un certificat pour chaque centre de fabrication des produits correspondants) aux spécifications particulières dans l'avis technique de référence. L'ensemble de ces certificats reflète bien entendu la diversité des produits de maçonnerie ; ils sont de ce fait difficiles à classer en familles distinctes : on peut cependant adopter deux types de critères distinctifs : le matériau et le principe constructif.

Le matériau de base constituant le produit de maçonnerie peut être du béton (de granulats courants ou spéciaux, légers notamment), de la terre cuite ou du silico-calcaire.

Le principe constructif original, qui justifie généralement l'appartenance du procédé au domaine de l'avis technique, intègre par exemple un isolant thermique aux blocs, décalé côté extérieur de la paroi de façon à pouvoir éliminer la plupart des ponts thermiques des murs extérieurs ; d'autres blocs possèdent une précision dimensionnelle permettant l'empilage à sec des produits ou assurent une fonction particulière dans l'ouvrage (maçonnerie laissée apparente par exemple).

Les performances annoncées dans l'avis technique de référence ne peuvent généralement être obtenues que si les produits constitutifs, et notamment les blocs, présentent eux-mêmes des caractéristiques suffisantes : chaque fois que ces dernières ne sont pas aisément mesurables par l'utilisateur, en particulier pour celles qui sont liées à la sécurité (calcul, stabilité des parois...), l'avis technique prescrit une certification des unités de production correspondantes et indique sur quelle(s) caractéristique(s) doit porter la certification ; c'est par exemple le cas, pour des blocs porteurs, de la classe de résistance de la partie porteuse du produit (vérification de la capacité portante de la paroi) ou de la résistance à la désolidarisation entre les deux parties du produit, reliées par la plaque isolante (stabilité de la paroi mince extérieure, ainsi liée à la paroi porteuse intérieure). Pour les procédés prévoyant un empilage à sec ou un mode de montage particulier, la caractéristique contrôlée sera la précision dimensionnelle sur la hauteur cumulée de plusieurs blocs empilés. Dans d'autres cas, on s'attachera à vérifier la limitation de la masse volumique (caractéristiques thermiques pour un béton léger) ou l'absorption capillaire (perméabilité à l'eau pour les produits apparents).

Chaque certificat, propre à un produit et à une usine donnée, comporte, outre l'indication de l'usine et du numéro de certificat correspondant, le rappel de la désignation commerciale des produits et de leur définition, par référence à l'avis technique. Le certificat indique les caractéristiques certifiées et le niveau de performance requis correspondant. La certification s'appuie sur les documents de référence que constituent l'avis technique, bien sûr, et le règlement technique du certificat qui précise les modalités pratiques de fonctionnement, notamment la teneur minimale du contrôle interne auquel est astreint chaque fabricant ainsi que celle du contrôle externe autorisant la certification.

Comme tous les certificats CSTBat, il est assorti d'une obligation de marquage : attestant de la certification du produit livré, celui-ci doit être apposé conformément au règlement précédent qui en précise l'emplacement, la fréquence et la teneur : marque CSTBat suivi du numéro caractéristique de l'usine et des trois derniers chiffres du numéro d'avis technique du procédé.

1.2.1.5.1 Maçonneries spéciales isolantes

Dans la plupart des maçonneries spéciales la fonction isolation thermique est déjà intégrée à l'élément de base, mais pour certaines c'est le gain de temps de pose qui est visé et la seule fonction portance qui est prise en compte.

■ Maçonneries posées à joints de mortier

Dans cette catégorie, on peut distinguer les éléments à isolation répartie et ceux à isolation intégrée.

● Éléments à isolation répartie

Ils ne sont guère représentés de façon significative que par les bétons cellulaires autoclavés (§ 1.2.1.4) et par les briques (ou blocs)

G en terre cuite déjà cités. Ces deux types d'éléments sont toutefois maintenant utilisés dans les zones climatiques les plus exigeantes, en association avec une isolation par l'intérieur classique. Le béton cellulaire est également très largement représenté en Allemagne où il a pris le relais des blocs en béton de ponce originels mais aussi en Grande-Bretagne, au Benelux et dans les pays scandinaves dont il est originaire : il est, dans ces pays, souvent utilisé en paroi intérieure, porteuse et isolante, de mur à double paroi.

En France, les éléments en béton de granulats légers ne sont plus guère utilisés, faute de disponibilité en granulats. Seuls subsistent en effet l'argile expansée ARG1 16 et le laitier bouleté Galex, auxquels il faut ajouter quelques importations ponctuelles (argiles expansées belges ou italiennes). Encore faut-il signaler que, sauf en zone climatique favorable, ils sont utilisés en association avec un doublage isolant spécifique. À ces fabrications françaises, on peut ajouter quelques importations de blocs en béton de ponce (Allemagne) de plus en plus marginales.

Il en est pratiquement de même pour les éléments suivants :

- bétons de granulats très légers : le verre expansé (Expanver Poraver puis Verexpan) a pratiquement disparu, pénalisé au plan économique par un processus de production « énergivore » ; les bétons de PSE (polystyrène expansé) n'ont fait jusqu'ici que des apparitions marginales sans suite ; on en verra une application sous une autre forme ci-après (pose par empilage à sec) ;

- bétons mousses qui ont, pendant un temps, trouvé application plus en formes de pentes ou ravaillages coulés *in situ* qu'en éléments de maçonnerie mais qui, du fait des exigences thermiques accrues, se sont trouvés dépassés sans que soient résolus les problèmes inhérents à la technique : stabilité de la mousse et donc difficultés d'obtention du résultat visé, retrait de fabrication et par suite incompatibilité avec les revêtements associés.

● Éléments à isolation intégrée

Après quelques premières tentatives vite dépassées car ne permettant pas de traiter efficacement les points faibles thermiques, jonction avec les planchers et avec les refends notamment, et qui ont maintenant quasiment disparu, sont apparues les solutions actuellement exploitées de façon significative depuis une demi-douzaine d'années (Rth 85, PROBA ISO 80, BRIQUE PLUS 2...) : à base de béton ou de terre cuite, ils se présentent avec un isolant spécifique décalé vers l'extérieur, ou encore carrément côté extérieur et alors support direct d'enduit (figure 2), chaque système possède une gamme d'éléments spéciaux permettant de traiter l'ensemble des points singuliers en assurant à ces endroits une continuité de l'isolation, évitant ainsi la quasi-totalité des ponts thermiques. L'isolant est le plus souvent du polystyrène expansé soit moulé à part puis inséré en usine pendant ou après la fabrication de l'élément de maçonnerie proprement dit, soit encore expansé directement en usine entre les deux parties de l'élément, mince côté extérieur, épaisse et porteuse côté intérieur.

Des éléments de conception similaire sont apparus concurrentement en Europe continentale (Allemagne, Autriche, Suisse...).

■ Maçonneries posées par empilage à sec

Le principe de l'empilage à sec, séduisant par la productivité qu'il laisse escompter, n'apparaît pas totalement abandonné (blocs ALPHA, ECOPOC).

Une tentative plus récente (HOUSEMAKER) utilise la rectification des produits pour permettre l'empilage à sec dans de bonnes conditions mécaniques de report des charges.

Toutefois, force est de constater que les applications significatives n'ont vu le jour qu'en combinant empilage à sec et solidarisation de l'ensemble par coulage de béton *in situ* dans le volume ainsi délimité : il s'agit de la famille des blocs coffrages.

Ce principe fort ancien avait disparu au début des années 60 à la suite des difficultés rencontrées pour réaliser sur ce support, de façon économique et fiable, des enduits en mortiers de liants hydrauliques. Des blocs, quasiment identiques mais dont l'isolation thermique est renforcée par insertion d'un isolant spécifique, réap-

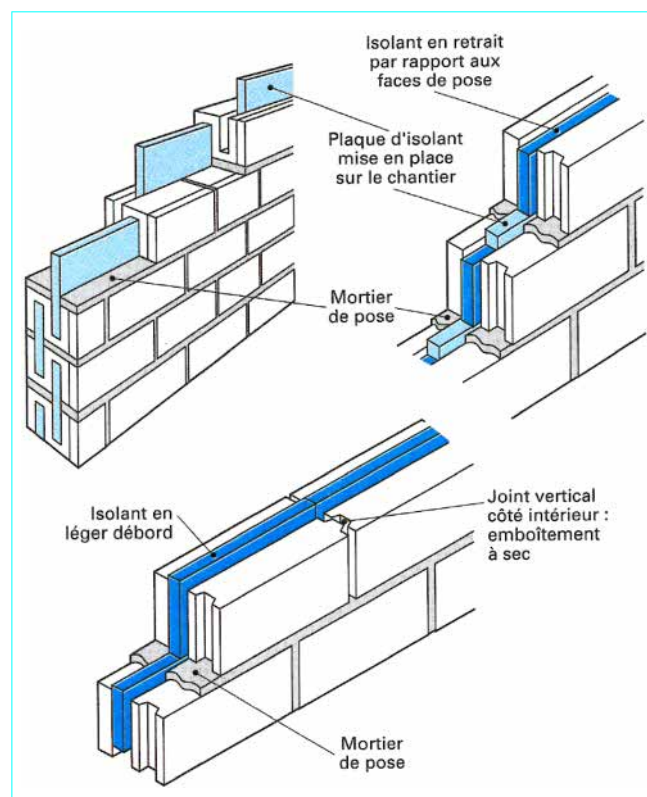


Figure 2 – Éléments à isolation intégrée. Murs en partie courante

paraissent (BLOC FIXOLITE et BLOC DURISOL), mais les variations dimensionnelles potentielles du matériau demeurant identiques, la question est de savoir si les progrès faits en matière de mortier d'enduit d'imperméabilisation et d'armature rendent possible la résolution de ce problème.

Ce même principe s'est trouvé relancé dès le début des années 80, grâce à la précision de moulage du matériau constitutif des éléments de la famille des procédés de blocs coffrages isolants en PSE. À cette famille, dont l'essentiel est constitué par des blocs de PSE d'un seul tenant, allant d'une surface de parement de l'ordre de 0,15 m² à des éléments de hauteur d'étage, sont venues s'ajouter des variantes fondées sur un principe analogue mais présentant des entretoises en matières plastiques ou métalliques, en bloc d'un seul tenant, ou encore plaques de coffrage et entretoises séparées et assemblées sur le chantier (figure 3). Enfin, aux revêtements minces déjà cités, sont venus s'ajouter les enduits hydrauliques armés mis au point dans le cadre des systèmes d'isolation par l'extérieur correspondant, moyennant le rainurage du support en PSE, permettant un accrochage mécanique complémentaire du mortier d'enduit.

Dérivés des systèmes précédents, sont alors apparus les blocs coffrages mixtes (PAF, THERMOZELL, BABI, POLYBRIC) (figure 4), encore en cours d'évolution : meilleure précision d'assemblage et de solidarisation entre partie béton du « coffrage » et béton coulé en œuvre, mais aussi souci d'ajuster la quantité de béton coulé en œuvre au strict minimum nécessaire avec la fonction portance exigée dans le domaine d'emploi visé.

C'est ce même souci qui préside à la conception des blocs coffrage, également empilés à sec dont seulement certaines alvéoles sont remplies afin de réaliser l'ajustement recherché : ces systèmes se présentent soit sous forme de blocs en béton de granulats courants (ESSBLOC, ECOPOC, ECLAIR...), soit en grands éléments en béton de

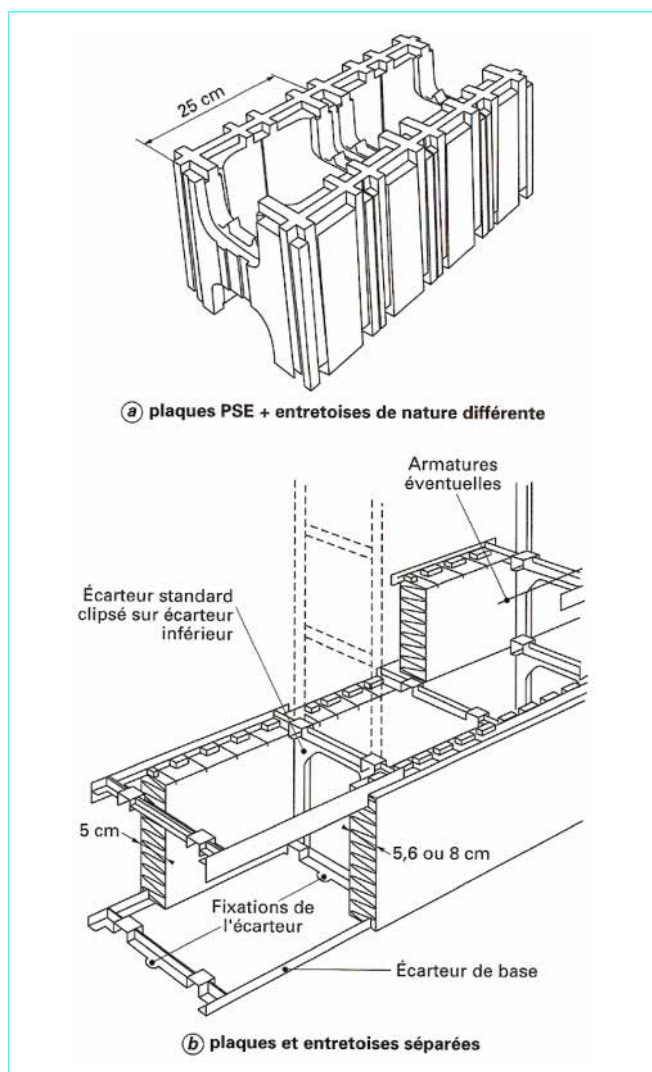


Figure 3 – Blocs coffrages pour empilage à sec

PSE qui offrent l'avantage de la légèreté et apportent la facilité de découpe indispensable dans les dimensions envisagées, et qui, par la forte épaisseur de leurs parois filantes, contribuent aussi pour une part à l'isolation de la paroi.

■ Performances thermiques

Sauf dans les zones climatiques favorables et afin de rester dans des épaisseurs de parois habituelles, les concepteurs associent les maçonneries à isolation répartie (béton cellulaire autoclavé, briques G...) à un doublage isolant spécifique. Néanmoins, pour rester dans la logique d'un système (portance + isolation), la plupart des producteurs ont développé des gammes associant isolation répartie et isolant intégré.

Par contre, le trait commun des deux autres familles de procédés récemment apparus sur le marché, éléments à isolant intégré côté extérieur et blocs coffrages isolants, est qu'ils se situent du point de vue de leur performance thermique sensiblement au-delà de ce qui serait strictement nécessaire pour satisfaire les exigences réglementaires en la matière.

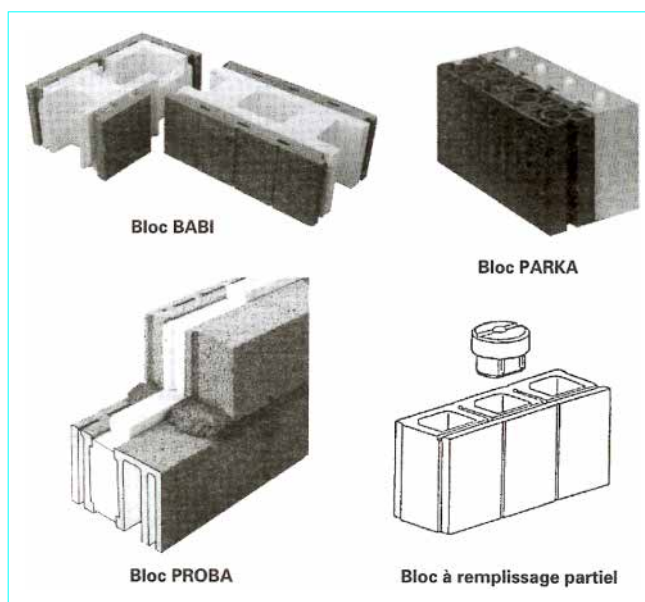


Figure 4 – Blocs coffrages mixtes

Enfin, la plupart de ces systèmes prennent en compte la réalisation des points singuliers en sorte d'assurer la continuité de l'isolation et d'éviter ainsi la quasi-totalité des ponts thermiques (procédés à ΔK très faible, inférieur à $0,10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, figure 5a).

On peut classer les différents systèmes suivant leurs performances thermiques :

- en fonction de l'épaisseur du mur fini (figure 5b) ;
- selon l'efficacité du traitement des ponts thermiques (figure 5a).

1.2.1.5.2 Éléments pour planchers

■ Éléments résistants de plancher

Hormis les planchers en béton armé considérés comme traditionnels (DTU 21 et Règles BAEL), l'ensemble des planchers réalisés à partir d'éléments préfabriqués résistants en béton armé et *a fortiori* en béton précontraint relève de l'avis technique : pour ces systèmes non traditionnels, les règles de conception, calcul et exécution ont été regroupées dans un Cahier des prescriptions techniques, le CPT Planchers, qui regroupe autant de titres que de famille de planchers correspondants :

- titre I – Plancher à poutrelles et entrevous ;
- titre II – Plancher à prédalles ;
- titre III – Planchers en dalles alvéolées.

Six familles de produits concernent les éléments résistants de planchers :

- les poutrelles préfabriquées en béton armé ou béton précontraint ;
- les prélinteaux ;
- les prédalles en béton armé ou en béton précontraint ;
- les dalles en béton cellulaire autoclavé (§ 1.2.1.4) ;
- les dalles alvéolées ;
- les tôles mécaniques nervurées (bacs acier collaborants), ainsi que les éléments divers qui regroupent ceux qui ne peuvent constituer une famille.

En raison des exigences relatives à la sécurité-stabilité, les avis techniques sont assortis de certificats attachés à chaque centre de fabrication des éléments du système considéré.

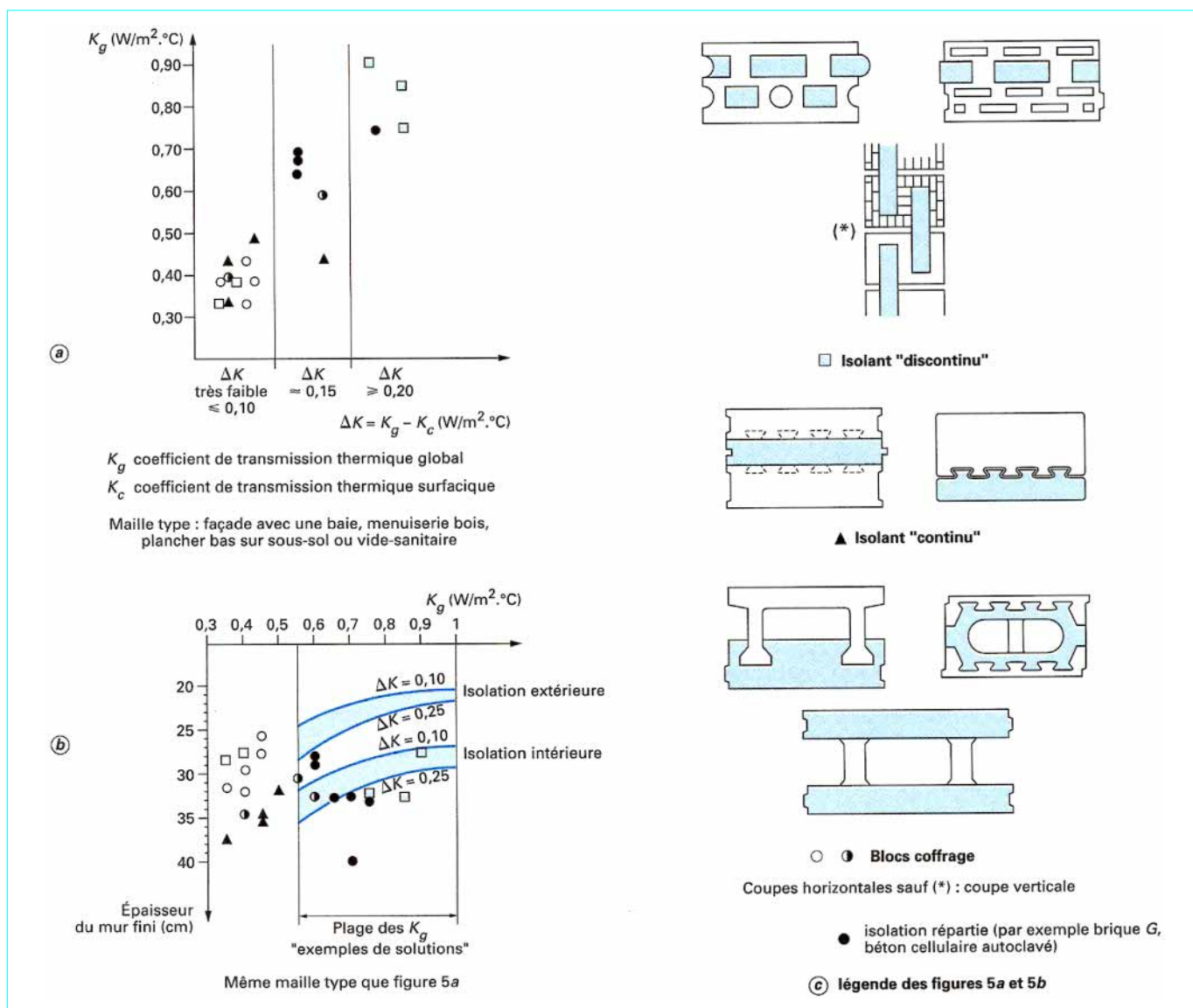


Figure 5 – Performances thermiques de différents systèmes

Les principales caractéristiques certifiées selon les familles de produits sont les suivantes :

- **poutrelles préfabriquées en béton précontraint :**
 - contrainte de cisaillement admissible du béton en l'absence d'armatures transversales,
 - moments résistants à rupture des poutrelles seules à 7 jours (valeurs Mrb7) ;
- **prédalles en béton armé :**
 - résistances caractéristiques du béton à la compression et à la traction à 28 jours ;
- **prédalles en béton précontraint :**
 - rugosité de surface de la prédalle permettant une augmentation de la contrainte de cisaillement admissible à l'interface prédalle-béton coulé en œuvre ;
- **poutrelles réalisées à partir d'armatures en treillis métalliques :**
 - limite élastique des aciers,
 - résistance mécanique des soudures.

Entrevous à base de matières plastiques alvéolaires

À côté des entrevous en béton ou en terre cuite (§ 1.2.1.2 et § 1.2.1.3), les exigences accrues en matière d'isolation thermique depuis une dizaine d'années ont favorisé l'émergence d'une nouvelle famille de composants destinés à être associés aux poutrelles précontraintes ou béton armé : les entrevous et réhausses à base de matière plastique alvéolaire, généralement du polystyrène expansé, auquel peut être éventuellement associé, en partie inférieure, un matériau différent tel que fibragglo, laine minérale, plâtre, etc.

Depuis le premier janvier 1980, les avis techniques des planchers comportant des montages avec entrevous en matière plastique alvéolaire ne sont valables que si ces entrevous font l'objet de certification de conformité au CPT Planchers.

À la mise en œuvre les entrevous doivent pouvoir résister aux surcharges accidentelles localisées et en particulier, assurer la sécurité sur chantier au passage accidentel sur l'entrevous d'un homme portant une charge lourde (par exemple un sac de ciment), charge au moins égale à 150 daN (valeur garantie à 90 %).

Les modalités précises de l'essai vérification de la résistance au poinçonnement-flexion sont définies à l'annexe II du chapitre 5 section C du titre 1 du CPT Planchers.

Durant la vie de l'ouvrage, pour assurer sa pérennité, la compatibilité de forme entre poutrelles et entrevous est un impératif primordial : négliger cette compatibilité en mettant en œuvre des poutrelles et des entrevous d'origine quelconque peut conduire à des montages contre nature risquant d'affecter la tenue du plancher et même de conduire à des effondrements.

La majorité des poutrelles, en béton précontraint ou en béton armé, présentes sur le marché ne comporte pas d'armatures transversales. L'utilisation de ces poutrelles n'est possible que dans les conditions de dérogation à la « règle des coutures » qui sont très strictes (cf. rubrique *Béton armé* dans ce traité).

Ces conditions sont explicitées dans les avis techniques de système et, parmi elles, la condition obligatoire de compatibilité de forme entre poutrelles et entrevous ou réhausses en polystyrène expansé (figure 6).

Dans le cas de planchers à poutrelles légères en treillis métallique, les avis techniques fixent des dimensions minimales pour les nervures en béton coulé en œuvre entre les entrevous.

L'utilisation d'entrevous certifiés, dans les conditions de compatibilité de forme prévues par le certificat, permet de respecter les prescriptions de ces avis et d'éviter les formes « en cheminée » nuisibles au bon remplissage de la nervure.

1.2.2 Joints

1.2.2.1 Maçonneries hourdées au mortier (joints épais)

Dans cette technique, les joints sont réalisés en mortier de liants hydrauliques, le plus souvent en mortier bâtard, mélange de sable, de ciment et de chaux appliqué en épaisseur de l'ordre de 10 à 15 mm dont la composition est définie en proportions adaptées à l'absorption d'eau du matériau de maçonnerie associé, mais aussi à ses caractéristiques mécaniques et aux charges que l'ouvrage aura à supporter.

Depuis quelques années, ces mortiers de recette dont la composition est définie dans le DTU 20.1 sont également prémélangés en usine sous diverses formes de distribution :

- mélangés à sec puis ensachés (sacs papiers avec plis imperméables) ;
- mélangés et livrés en silo ;
- mélangés en silos juxtaposés (sables et liants séparés) munis à leur base de dispositifs de dosage et de mélange à l'eau : ce sont en fait des minicentrales à mortier ;
- mélangés et gâchés pour être livrés en pâte dans des bacs de l'ordre d'1 m³ ; la formulation est alors plus complexe, le mortier contient des adjuvants qui ont un effet retard permettant une durée de vie dans les bacs pouvant dépasser 48 h. Il ne s'agit plus dès lors de mortiers de recette, mais de mortiers formulés à la demande en vue de répondre à des exigences particulières ; leur composition comprend dans ce cas des adjuvants ou additifs spécifiques selon les exigences requises : ces mortiers en pâte, mais aussi prémélangés à sec et livrés prêts à gâcher se présentent sur le marché sous les divers modes indiqués précédemment.

1.2.2.2 Maçonneries montées à joints collés (joints minces)

C'est à cette dernière catégorie qu'appartiennent les produits destinés à réaliser des joints minces que sont les mortiers colles : l'épaisseur des joints est de l'ordre de quelques millimètres seulement et nécessite bien entendu une formulation adaptée, du point de vue de sa rétention d'eau notamment, mais aussi aux éléments de maçonnerie associés dont la précision dimensionnelle doit être compatible avec l'épaisseur de joint précitée.

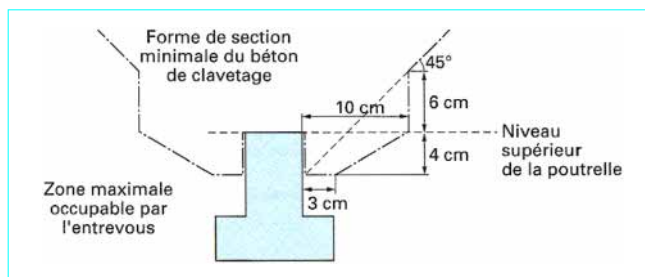


Figure 6 – Section minimale du béton de clavetage

Cette technique n'est actuellement utilisée de façon significative que pour les maçonneries de blocs en béton cellulaire autoclavé pour lesquelles elle représente toutefois la quasi-totalité des applications.

Ces produits sont l'objet d'avis techniques qui seront, dès 1996, assortis de certificats CSTB permettant, lorsqu'associés à des blocs eux-mêmes certifiés (marque NF de conformité à la norme NF P 14-306), de bénéficier pour le calcul des maçonneries ainsi réalisées de conditions plus favorables (coefficients de réduction plus faibles, objet principal de l'amendement au DTU 20.1 publié en 1996).

1.2.3 Éléments de plâtrerie

Nota : on se reportera au chapitre *Plâtre* [C 910] de ce traité.

1.2.3.1 Généralités

Outre les petits éléments appartenant aux familles décrites au paragraphe 1.2.1 (planelles en béton, briques plâtrières ou plafonnets en terre cuite, carreaux en béton cellulaire autoclavé) destinés à être revêtus *in situ* par un enduit en plâtre ou à base de plâtre, il existe des éléments en plâtre ou à base de plâtre spécialement destinés aux ouvrages intérieurs de plâtrerie et qui peuvent recevoir les travaux de finitions sans exécution des enduits précédents.

Les ouvrages de plâtrerie peuvent de ce fait être rassemblés en trois familles, selon les techniques et produits qu'elles recouvrent (cf. en [Doc. C 2 106] la liste des normes et DTU correspondants).

■ Ouvrages enduits au plâtre

Ce sont principalement les cloisons de distribution et de doublage ou les plafonds suspendus dont le support d'enduit est constitué d'éléments de terre cuite (§ 1.2.1.3) (briques plâtrières, plafonnets...) hourdés au plâtre.

■ Ouvrages en éléments préfabriqués par moulage et à face de parements lisses

Dans ce cas également, il s'agit de cloisons de distribution et de doublage, mais constituées de carreaux de plâtre, auxquelles on peut associer les plafonds suspendus ou habillages (gainés de ventilation, désenfumage...) en éléments de staff.

■ Ouvrages en plaques de parement en plâtre

Ce sont les cloisons de distribution, de doublage, d'habillage et les plafonds en plaques de parement en plâtre (plaques à faces cartonnées) fixés sur une ossature le plus souvent métallique (profilés en acier galvanisé), mais aussi en bois, les doublages d'isolation thermique ou acoustique (complexes et sandwichs plaques de plâtre isolant), les cloisons en panneaux à âme en réseau alvéolaire.

Cette famille comprend également des ouvrages de constitution plus élaborée destinés à servir de parois légères séparatives de logements. On peut également y associer les ouvrages en plaques sans carton dont la fabrication est voisine des plaques précédentes.

Dans chacune de ces familles, on trouve des ouvrages qui sont considérés traditionnels et d'autres de conception plus innovante qui relèvent du domaine de l'avis technique.

1.2.3.2 Éléments en plâtre moulé ou en staff

Ce sont principalement les carreaux de plâtre à parement lisse fabriqués par « extrusion » dans des moules à flancs fixes dont les fonds mobiles remontent pour éjecter les carreaux dès la fin de prise du plâtre.

Ils sont, pour la majorité d'entre eux, de format 3 au m² (66 × 50 cm), sauf ceux d'épaisseur 10 cm pour des raisons évidentes de poids unitaire et donc de manutention à la pose : dans ce cas, le format est réduit (4 au m²).

Ces carreaux, dont les tranches sont profilées pour former rainure et languette d'emboîtement nécessaires au guidage de façon à faciliter le montage, sont assemblés à l'aide de liant colle à base de plâtre (§ 1.2.3.5) pour la réalisation de joints minces collés : ces carreaux en plâtre pur sont considérés traditionnels et relèvent de la norme NF P 72-301. Aux carreaux précédents, on peut associer (bien que par leur matériau constitutif, ils relèveraient de la famille décrite au § 1.2.1.3) les carreaux de terre cuite (CARROBRIC, PLANICERAME) de grand format analogue aux carreaux de plâtre et dont le montage est effectué également à joints minces de liant colle à base de plâtre dans les pièces sèches, ou de ciment dans les salles d'eau.

Depuis une dizaine d'années sont apparus sur le marché français, alors que curieusement ils étaient déjà fabriqués antérieurement pour l'exportation dans le Benelux, des carreaux de plâtre hydrofugés dans la masse : ces carreaux sont destinés, dans les conditions définies dans le DTU 25.31, à constituer le premier rang des cloisons érigées en salle d'eau de logement ; ils évitent ainsi la mise en place de dispositifs de protection en pied toujours délicats à mettre en œuvre et donc rarement exécutés de façon parfaite. Afin de les distinguer, ces carreaux sont, à la fabrication, teintés dans la masse (de couleur bleu pastel, de façon à ne pas compromettre l'application de peinture ultérieure).

Encore plus récemment, afin de permettre l'utilisation de ce type de produits dans des locaux où les sollicitations dues à l'humidité sont plus sévères que les salles d'eau à usage privatif visées dans le DTU 25.31, ont été mis au point, mais seulement dans le cadre de systèmes fermés, des cloisons en carreaux spéciaux (teintés en vert pastel) mettant en application les principes ci-après :

- obtenir une résistance initiale à sec très élevée par un faible taux de gâchage à la fabrication : la résistance à l'état humide est ainsi sensiblement améliorée et portée au niveau de la résistance à sec d'un carreau normal ;
- adjoindre à la fabrication un hydrofuge de masse susceptible de diminuer notablement l'absorption d'eau ;
- associer au carreau, dans le cadre d'un système fermé, objet actuellement d'un avis technique particulier, une ou plusieurs colles à carrelage adaptées elles aussi à un usage en milieu humide plus sévère (moindre sensibilité à l'eau) ;
- définir les précautions à prendre pour exécuter les points singuliers (croquis et détails types, indications précises de produits spécifiques associés : colles à carrelage, mais aussi bandes d'étanchéité, primaires d'imprégnation préalable...).

Les applications des carreaux de plâtre sont essentiellement les cloisons de distribution et, dans une moindre proportion, de doublage. Des éléments à parements lisses ont, cependant, déjà été utilisés pour la réalisation, par assemblage à joints minces de colle, de plafonds suspendus sans joints apparents. Mais les éléments de plafond en plâtre moulé sont surtout utilisés pour les plafonds suspendus à fonction décorative ou acoustique (absorption) ; ces éléments sont montés à sec, à joints apparents ; à noter que leur fabrication en France a pratiquement disparu.

À cette famille on peut associer les produits en staff, définis par la norme NF P 73-301, se répartissant entre les différents habillages intérieurs rapportés que sont les plafonds bien sûr, objet du DTU 25.51, mais aussi les gaines (ventilation, évacuation de fumées) ou coques de protection contre le feu (structures métalliques notamment).

1.2.3.3 Plaques de parement en plâtre

Ces produits occupent désormais une part prépondérante sur le marché français. Le marché européen est tenu par trois grands groupes : BPP (British Plaster Products), KNAUF, LAFARGE.

Ces plaques sont définies par la norme NF P 72-302 assortie d'une marque NF de conformité ; cette norme ne concerne que les plaques « minces » de 10, 12,5 et 15 mm d'épaisseur alors qu'existent également des plaques dites « épaisses » de 18 et 23 mm d'épaisseur.

La norme vise différents types de bords longitudinaux, c'est-à-dire ceux qui sont enrobés par le carton de parement : bords droits, ronds et surtout amincis qui constituent le gros de la production ; ils sont en effet associés à la solution désormais classique de traitement des joints longitudinaux entre plaques adjacentes par système bande et enduit spécialement adapté (§ 1.2.3.5).

Ces dernières années sont apparus d'autres types de plaques à base de plâtre :

- les plaques sans carton pour lesquelles le carton des faces, qui joue un rôle mécanique, est remplacé par des armatures (fibres de cellulose incorporées au plâtre, voiles de verre ou nappes de non-tissés disposés au voisinage des parements) ;
- des plaques en carton spécial permettant, comme les précédentes, de satisfaire le critère d'incombustibilité (réaction au feu) indispensable pour des raisons de sécurité en cas d'incendie (risque de propagation des flammes pour certains bâtiments, établissement recevant du public notamment) ;
- des plaques dont les bords arrondis sont associés à des produits de joints spéciaux permettant de se dispenser de la bande de renfort classique ; des bords dits mixtes, c'est-à-dire à la fois arrondis et amincis, sont également fabriqués, permettant les deux techniques de réalisation des joints ;
- des plaques, dont le cœur et/ou le carton de parement ont subi un traitement hydrofugeant, destinées à un emploi dans des constructions où le risque d'humidification ne peut être négligé : ouvrages réalisés à un moment où le chantier n'est pas à un stade suffisant pour mettre à l'abri des intempéries (panneaux de sous-toiture par exemple), mais pour une durée limitée, ou bien locaux intérieurs où le risque d'humidification est plus élevé que dans les pièces humides à usages privatifs comme cela est le cas pour les carreaux de plâtre spéciaux (§ 1.2.3.2).

Au contraire des plaques classiques visées par la norme NF P 72-302 et dont la majorité des applications sont couvertes par le DTU 25.41, ces plaques spéciales ne sont pas considérées traditionnelles et les emplois correspondants sont définis au coup par coup dans le cadre de systèmes fermés dans des avis techniques. C'est également le cas pour l'emploi des plaques classiques à la réalisation d'ouvrages relativement complexes et de performances élevées (parois légères séparatives entre logements ou entre logements et circulations communes), ou encore lorsque ces plaques sont incorporées à des panneaux de doublage ou de cloisons (§ 1.2.3.4).

1.2.3.4 Éléments à base de plaques de plâtre

■ Complexes et sandwichs de doublage plaques de plâtre-isolant.

Selon la nature de l'isolant associé (isolant alvéolaire ou isolant fibreux), la fonction visée est un complément à l'isolation thermique ou bien à l'isolation thermique et acoustique de la paroi doublée.

Ces éléments sont destinés à la réalisation, par pose collée ou par vissage sur tasseaux, de doublage complétant ou renforçant l'isolation thermique de parois verticales en maçonnerie ou en béton, neuves ou anciennes, et à la réalisation par fixation mécanique sur charpente ou ossature en bois verticale ou non :

- de plafonds horizontaux sous comble perdu, accessible ou non ;
- d'habillage de combles aménagés : plafonds, rampants sous couverture et pieds-droits ;
- d'habillage de maisons à ossatures bois.

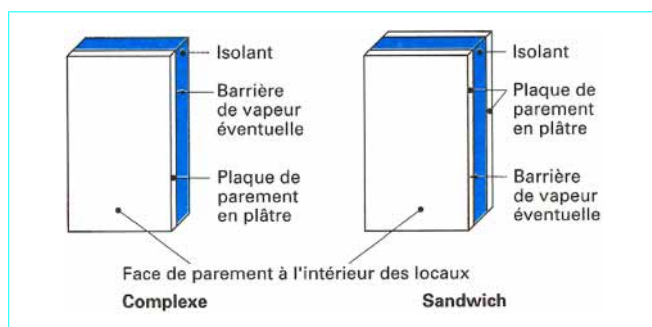


Figure 7 – Complexe et sandwich d'isolation thermique

Il s'agit d'éléments manufacturés en usine (figure 7). L'épaisseur de la plaque de parement en plâtre est dans la plupart des cas, égale à 9,5 mm (BA 10 : bord aminci, épaisseur 10 mm). Les dimensions sont généralement 1,20 m de large, 2,50 m ou 2,60 m de long hauteur du doublage).

L'épaisseur de l'isolant varie de 20 à 120 mm suivant les fabrications et le type d'isolant : on peut distinguer deux grandes familles d'importances inégales :

- les isolants alvéolaires, les plus largement représentés (polystyrènes expansés et extrudés, mousses de polyuréthane) ;
- les isolants fibreux (laine de verre et laine de roche).

Les complexes et sandwichs d'isolation thermique par l'intérieur font l'objet d'avis technique auxquels sont attachés des certificats de qualification dénommés certificats de suivi et marquage.

■ **Panneaux de cloison de type sandwich en plaques de plâtre** collées de part et d'autre d'une âme en réseau alvéolaire à base de carton.

Ces éléments sont destinés à la réalisation de cloisons principalement à usage de distribution, mais aussi de doublage ou encore de parois légères séparatives entre logement (doubles parois indépendantes).

Les dimensions sont égales à 1,20 m pour la largeur et de hauteur généralement égale à celle de l'ouvrage à réaliser dans les limites liées à la composition des panneaux.

1.2.3.5 Produits accessoires associés à la mise en œuvre des produits de plâtrerie

■ Liants colle à base de plâtre pour la pose des carreaux de plâtre

Ces produits, objet de la norme NF P 72-321, sont destinés à la réalisation de joints minces (2 à 3 mm) pour le collage de produits en plâtre, donc en matériau très absorbant : le plâtre de base, plâtre à mouler fin pour permettre le lissage du joint nécessaire à l'aspect final, est par suite additionné de rétenteur d'eau nécessaire à l'hydratation du plâtre et de modificateur du temps d'emploi pour la commodité du poseur : la consommation est en effet relativement faible et le temps d'emploi d'une gâchée doit être de plusieurs heures.

■ Mortiers adhésifs de pose des complexes de doublage

Ces produits, objet d'avis techniques jusqu'en 1993, sont désormais objet de la norme NF P 72-322.

Également à base de plâtre, ils sont de formulation voisine des précédents mais, du fait qu'ils sont employés en épaisseur plus forte de l'ordre du centimètre, le plâtre de base est généralement mélangé à des charges minérales.

■ Produits de traitement des joints entre plaques de parements en plâtre

Dans cette famille se trouvent regroupés :

- les systèmes de traitement des plaques à bords amincis comportant une bande spéciale associée, nommément désignée dans l'avis technique du système, et un produit de joint proprement dit qui peut se présenter sous forme de poudre à gâcher avec de l'eau (enduit à prise ou à séchage selon qu'il comporte du plâtre ou pas) ou d'une pâte prête à l'emploi ;
- les systèmes dits « sans bande » destinés au traitement des joints de plaques spéciales dont la conformation des bords est définie dans l'avis technique de référence ; ces produits peuvent être associés à une bande pour l'exécution de points singuliers (cueillies).

Les avis techniques correspondant sont assortis de certificats (un par usine productrice). Un marquage figure sur tous les emballages (sacheries, seaux...) ; il comporte, outre le nom commercial :

- le logo du CSTB, la date de fabrication en clair ;
- le délai de conservation ;
- le numéro de marquage.

2. Matériaux de revêtements

2.1 Revêtements muraux extérieurs

2.1.1 Enduits

On trouve, dans cette catégorie de revêtement (DTU 26.1, [5] [6]), les produits qui sont appliqués sur le chantier après gâchage manuel ou mécanique d'un mélange généralement constitué d'un liant, de sable et éventuellement d'adjuvants ou ajouts divers, constituants qui peuvent, comme cela a été dit pour les mortiers de joints (§ 1.2.2.1), être mélangés sur le site ou en usine.

Les enduits extérieurs sont destinés principalement à assurer l'imperméabilisation des parois verticales sur lesquelles ils sont appliqués.

La fonction imperméabilisation implique que l'enduit permette au mur ainsi revêtu, en participant pour sa part à la conception de ce dernier point de vue, de s'opposer à la pénétration de l'eau jusqu'au parement intérieur. La conservation de cette fonction dépend entre autres du comportement du support ; en particulier, elle n'est généralement pas conservée dans le cas d'une fissuration ultérieure de ce dernier.

On distingue dans cette famille trois catégories.

■ Enduits traditionnels à base de liants hydrauliques et de chaux aérienne

Ils sont constitués, confectionnés et appliqués comme indiqué dans le DTU 26.1 ; cette application est en particulier effectuée en plusieurs couches avec respect d'un délai entre leur réalisation ; elle comporte en outre des conditions particulières spécifiques de chaque support.

■ Enduits plâtre-chaux

Ils sont également visés par le DTU 26.1 (voir chapitre 11 du DTU) : les enduits de ce type et les travaux qui s'y rapportent sont exclusivement réservés aux réfections sur maçonneries anciennes de moellons ou de briques : ces supports nécessitent un examen préalable en vue de définir le type d'enduit à appliquer et les traitements qui seraient éventuellement à effectuer avant application de l'enduit.

Le DTU ne s'applique pas aux maçonneries en terre (pisé, adobe ou torchis), qui constituent des supports trop peu définis et trop variables selon les régions pour établir à leur sujet des règles d'application générale : il convient dans chaque cas d'en examiner les particularités afin de respecter les usages locaux en matière de compatibilité entre maçonnerie-support et enduit.

■ Enduits non traditionnels

Ils sont également à base de ciment et/ou de chaux aérienne prémélangés en usine et livrés prêts à être gâchés, et se distinguent des enduits traditionnels cités précédemment :

- par leur mode d'application ; il s'agit généralement d'enduits monocouches appliqués en une ou plusieurs passes ;
- par leur épaisseur généralement inférieure à celle des enduits traditionnels ;
- par leur composition, du fait de l'incorporation à la fabrication d'adjuvants spéciaux (rétenueurs d'eau, entraîneurs d'air, hydrofuges...) et, éventuellement, de charges légères (vermiculite, perlite, ponce, granulats silico-calcaires, polystyrène ou verre expansé...) ou de fibres (verre, fibres synthétiques).

Ces enduits font l'objet, pour la plupart, de la certification CSTBat qui certifie leur aptitude à l'emploi sur des supports nommément désignés répartis en deux familles :

- tous supports verticaux en maçonnerie et en béton à l'exclusion des supports peu résistants (supports neufs tels que béton cellulaire... ou certains supports anciens) ;
- tous supports verticaux en maçonnerie et en béton, y compris les supports peu résistants,

en définissant les caractéristiques de l'enduit, supposé mis en œuvre conformément au Cahier des prescriptions techniques des enduits monocouches d'imperméabilisation ; ces caractéristiques sont définies par la **classification MERUC** ; cette classification porte sur les caractéristiques suivantes :

- M masse volumique apparente de l'enduit durci ;
- E module d'élasticité ;
- R résistance à la traction ;
- U rétention d'eau (humidification) ;
- C capillarité.

Elle indique des plages de variation dans lesquelles se situent les caractéristiques de l'enduit mis en œuvre dans des conditions normales de chantier (tableaux 2 et 3).

■ Enduits à base de liants hydrauliques utilisés dans les systèmes d'isolation par l'extérieur

Ces enduits sur isolant ou mortiers isolants projetés font l'objet d'avis techniques spécifiques (§ 2.1.2.3).

2.1.2 Autres revêtements adhérents

2.1.2.1 Revêtements organiques

Ce type de revêtement comporte en fait deux familles, les revêtements plastiques épais utilisés en travaux neufs et les systèmes adhérents minces réservés au traitement curatif de façades défectueuses.

2.1.2.1.1 Revêtements plastiques épais (RPE)

Ces produits, objets encore il y a 10 ans d'avis techniques sous le nom d'enduits de parements plastiques extérieurs, ont fait l'objet dans un premier temps du DTU 59.2 puis des normes NF T 30-700, 701, 702, 704 à 706 et 708.

Ces produits qui se présentent en pâte prête à l'emploi contiennent :

- un liant synthétique (résine, utilisée la plupart du temps en dispersion aqueuse, et plus rarement en solution par exemple dans du white spirit ou du toluène) : il s'agit de résines vinyliques, ou acryliques, ou styrène-butadiène, ou une combinaison de ces divers constituants (par exemple copolymère acétate de vinyle, ester acrylique ou copolymère styrène-butadiène acrylique) ;
- des agrégats de granulométrie de l'ordre du millimètre (jusqu'à 3 mm environ) : marbre concassé, verre, silice, quartz, carbonate de calcium cristallisé (calcite) ;
- des charges inertes (craie, mica, silice, talc, fibres) de granulométrie variable, mais pouvant comporter des grains très fins ;
- des pigments (éventuellement) destinés à colorer le produit de même nature que ceux qui sont utilisés en peinture : par exemple dioxyde de titane, oxyde de fer ; ils sont réputés stables dans le temps ;
- des adjuvants ayant diverses fonctions : par exemple produits destinés à faciliter l'application ou à empêcher la formation de bactéries ou de champignons, antigels.

2.1.2.1.2 Systèmes adhérents minces

Ces produits à base de polymère sont eux-mêmes classés en deux familles.

■ Revêtements d'imperméabilisation

Ces revêtements à base de résines sont, dans la quasi-totalité des cas, des dispersions aqueuses de polymères vinyliques, acryliques ou acrylo-vinyliques : ils s'apparentent à des peintures épaisses.

Tableau 2 – Enduits d'imperméabilisation muraux extérieurs. Classification MERUC

Masse volumique apparente <i>M</i>		Module d'élasticité <i>E</i>		Résistance à la traction <i>R</i>		Rétention d'eau (humidification) <i>U</i>		Capillarité <i>C</i>	
Classification	Valeur (kg/m ³)	Classification	Valeur (MPa)	Classification	Valeur (MPa)	Classification	Valeur (%)	Classification	Valeur (g/dm ² · min ^{1/2})
M1	$M < 1\,200$	E1	$E < 5\,000$	R1	$R < 1,5$	U1	$U < 78$	C1	$C < 1,5$
M2	$1\,000 < M < 1\,400$	E2	$3\,500 < E < 7\,000$	R2	$1 < R < 2$	U2	$72 < U < 85$	C2	$1 < C < 2,5$
M3	$1\,200 < M < 1\,600$	E3	$5\,000 < E < 10\,000$	R3	$1,5 < R < 2,7$	U3	$80 < U < 90$	C3	$2 < C < 4$
M4	$1\,400 < M < 1\,800$	E4	$7\,500 < E < 14\,000$	R4	$2 < R < 3,5$	U4	$86 < U < 94$	C4	$3 < C < 7$
M5	$1\,600 < M < 2\,000$	E5	$12\,000 < E < 20\,000$	R5	$2,7 < R < 4,5$	U5	$91 < U < 97$	C5	$5 < C < 12$
M6	$M > 1\,800$	E6	$E > 16\,000$	R6	$R > 3,5$	U6	$95 < U < 100$	C6	$C > 10$

Pour des produits qui présentent peu de variations, il se peut que certaines caractéristiques soient comprises dans la zone de recouvrement de deux plages et puissent être classées dans l'une ou l'autre classe. On adoptera alors la classe dont la valeur minimale se rapproche le plus des caractéristiques du produit, c'est-à-dire la classe de caractéristiques la plus élevée.

Tableau 3 – Enduits d'imperméabilisation muraux extérieurs. Spécifications minimales

● **Essais sur pâte**

— **Sensibilité au mode de malaxage** (1) : la différence entre les masses volumiques mesurées après 30 s de malaxage en vitesse lente et 3 min en vitesse rapide doit être inférieure à 400 kg/m³.

— **Stabilité de l'air entraîné** (1) : la différence entre les masses volumiques mesurées à t_0 et $t_{30\text{ s}}$ doit être inférieure à 100 kg/m³.

— **Rétention d'eau** : la rétention d'eau de l'enduit doit être supérieure à 80 %, soit :

$$\text{classe} \geq \text{U } 3$$

● **Essais sur produits durcis** (2)

— **Module d'élasticité** : le module d'élasticité de l'enduit doit être inférieur à 14 000 MPa, soit :

$$\text{classe} \leq \text{E } 4$$

— **Capillarité** : la capillarité de l'enduit doit être inférieure à 4 g/dm² · min^{1/2}, soit :

$$\text{classe} \leq \text{C } 3$$

● **Essais sur maquettes**

— **Perméabilité à l'eau** : le débit d'eau au travers de l'enduit doit être, dans tous les cas, inférieur à 1 mL/cm² en 48 h.

— **Adhérence** : lors des essais d'adhérence, la rupture doit se produire à plus de 80 % dans l'enduit ou dans le support (rupture cohésive).

— **Compatibilité avec les supports peu résistants** : sur maquettes en blocs de béton cellulaire, l'enduit appliqué en épaisseur de 10 mm ne doit pas cisailer le support de façon notable lors des cycles de comportement global.

En forte épaisseur, le cisaillement du support doit rester limité (faible ouverture).

- (1) Ces spécifications ne sont pas impératives pour les enduits destinés à être appliqués uniquement à la machine à projeter à gâchage continu.
(2) Ces spécifications ne sont pas impératives pour les enduits n'assurant pas la finition décorative (produits gris).

L'utilisation de résines polymérisables assure à ces revêtements une certaine souplesse, toutefois relative, compte tenu des performances limitées des résines utilisées. C'est pourquoi on admet, en général, que ces revêtements ne sont pas susceptibles de résister à une fissuration de leur support dépassant 0,2 à 0,3 mm, ce qui les fait classer dans la catégorie des revêtements d'imperméabilisation.

Ils feront l'objet de normes de la série P 84-4, en cours d'élaboration. Aucun n'a bénéficié à ce jour d'un avis technique, mais en attendant la normalisation, plusieurs ont fait l'objet d'un cahier des charges qui leur permet de bénéficier, sous certaines conditions, d'une garantie décennale couverte par une police souscrite auprès d'une compagnie d'assurance particulière.

■ **Revêtements d'étanchéité**

Ces revêtements ne diffèrent des précédents que par la présence d'une armature dans la couche intermédiaire. Certains fabricants ont commercialisé, sous le nom de « revêtements d'étanchéité », des systèmes dans lesquels cette armature était constituée par des fibres ; cependant les normes NF P 84-401 et 402 ne concernent que les armatures constituées par une matière textile, tissée ou non (toile ou voile), à base de fibres de verre ou de fibres synthétiques.

Le rôle de cette armature est d'augmenter la résistance à la traction du revêtement pour lui permettre de « ponter » une fissure de 1 à 2 mm d'ouverture. C'est donc la raison pour laquelle de tels revêtements répondent à l'appellation « étanchéité ».

2.1.2.2 Revêtements scellés ou collés

Ces revêtements à vocation décorative étaient, dans le passé, constitués pour l'essentiel de carreaux de petites dimensions. Ils ont fait place, grâce au développement de la pose collée, à des éléments de grandes dimensions 16 × 20, 15 × 30 cm et au-delà, en grès cérame vitrifié, grès étirés, terre cuite, pierre naturelle... (NF P 61-401 à 408, NF B 10-601 pour les pierres calcaires).

Les revêtements ainsi réalisés, bien que constitués de matériaux qui absorbent très peu l'eau, voire pas du tout (pâte de verre) du fait du très grand nombre de joints, ne peuvent être considérés comme étanches, d'autant qu'ils ne résistent pas plus que les enduits en mortier à une fissuration de leur support.

La vogue des revêtements céramiques collés en extérieur a sans aucun doute contribué à faire évoluer cette technique qui est passée par une phase critique au cours des années 80 par suite des modifications intervenues au cours du temps des divers paramètres mis en jeu : qualité des supports, évolution de la qualité de la mise en œuvre, contraintes d'exécution des travaux sur chantier, modification du format des carreaux entraînée par la mode architecturale et enfin évolution des produits de collage eux-mêmes. En face des dimensions de plus en plus importantes des carreaux (carreaux céramiques pressés ou étirés, mais aussi dalles de pierres naturelles ou carreaux de terre cuite) sont apparus d'autres produits que les mortiers colles courants d'origine, mortiers colles dits épais et produits à 2 composants (poudre plus résine plastique en liquide) à mélanger sur chantier sans ajout d'eau. Mais contrainte ou incertitude liées à l'exécution aidant, une élévation de qualité des produits s'est effectuée (7) :

— adjonction à la mise en œuvre d'une résine liquide adaptée aux mortiers colles dits alors modifiés ;

— performances supérieures pour les produits prêts au mouillage (produits à liants mixtes incorporés) ;

— les produits à deux composants déjà cités constituant la troisième famille de produits.

2.1.2.3 Systèmes d'isolation par l'extérieur par enduits appliqués sur isolants

Ces systèmes (8) sont apparus en France dès les années 70 et sont tous justiciables de la procédure d'avis technique : deux familles sont à distinguer, la première utilisant des enduits « épais » à base de liants hydrauliques, la seconde des revêtements « minces » à base de liants organiques qui est d'assez loin la plus développée.

■ **Enduits épais à base de liants hydrauliques**

Le premier procédé utilisant des enduits épais sur isolant est apparu en France aux environs de 1975, après avoir été abandonné progressivement en Allemagne à cause de la fissuration de l'enduit, qui était à l'époque mal maîtrisée. C'est pour la même raison que, après avoir connu un développement sensible, les systèmes avec enduit épais ont sensiblement régressé à partir de 1980. En effet, si les cas d'infiltration d'eau à travers le mur support ont été rarissimes, c'est l'aspect inesthétique des fissures que leur reprochaient les maîtres d'ouvrages. Cependant, la mise au point, par les fabricants, de nouvelles compositions d'enduits moins sensibles à la fissuration, ainsi que la meilleure information du personnel d'exécution, ont modifié les données du problème, et depuis 1984, on a assisté à un redémarrage des procédés à enduits épais. Dans ce domaine, en évitant les teintes foncées sur les façades ensoleillées, les concepteurs ont également contribué à améliorer la situation.

Depuis une dizaine d'années, de nouveaux procédés sont apparus, la diversification se manifestant aussi bien au niveau des isolants que des armatures de l'enduit ou du mode de fixation des panneaux au support (cf. article *Maçonnerie. Revêtements muraux* [C 2 104] dans ce traité).

Il peut y avoir une grande variété de systèmes avec enduit épais : les recherches des fabricants ont porté surtout sur la mise au point d'enduits fissurant moins, et il semble, du moins pour la plupart d'entre eux, que leur objectif ait été atteint : cependant, seule la lecture des avis techniques permet de se faire une opinion sur les performances comparées des divers systèmes.

■ Enduits minces à base de liants organiques

Apparus pour la première fois en Allemagne de l'Ouest en 1959, et en France en 1972, les systèmes avec enduit mince sur isolant sont, de tous les systèmes d'isolation par l'extérieur, ceux qui ont connu la progression la plus spectaculaire. En surfaces cumulées, on est ainsi passé de 700 000 m² fin 1977 à plus de 50 000 000 m² fin 1994.

C'est pour ces procédés d'isolation par l'extérieur qu'il y a le plus d'avis techniques (plus de 100 marques commerciales, alors qu'il y en a moins de 20 pour les enduits épais).

Après un certain nombre de tentatives malheureuses dans le choix des isolants, tous les systèmes (sauf un, employant la mousse de verre) ont, pendant de très nombreuses années, utilisé uniquement le polystyrène expansé de masse volumique 15 à 20 kg/m³. En 1987, un procédé utilisant la laine de roche (procédé expérimenté depuis 1982) a fait l'objet d'un avis technique.

Les spécifications précisent, en particulier :

- les performances minimales des isolants (cf. Cahiers du CSTB n° 2132, [8]).

Il est exigé un classement minimal I₂ S₄ O₃ L₄ E₂ [19].

Les propriétés **ISOLE** sont les suivantes :

- I propriétés mécaniques en compression (5 niveaux I₁ à I₅) ;
- S comportement aux mouvements différentiels (4 niveaux : S₁ à S₄) ;
- O comportement à l'eau (3 niveaux : O₁ à O₃) ;
- L propriétés mécaniques utiles en cohésion et flexion (4 niveaux : L₁ à L₄) ;
- E comportement aux transferts de vapeur d'eau (4 niveaux : E₁ à E₄).

Plus le chiffre indiquant le niveau est élevé, meilleure est la performance du produit ;

- la résistance minimale des armatures en toile de verre, avant et après immersion pendant 90 jours dans un bain alcalin. Les exigences sont plus grandes pour les systèmes fixés mécaniquement que pour les systèmes collés. À titre indicatif, ces exigences (cf. Cahiers du CSTB n° 2131 [8]) sont, pour les armatures normales (par opposition aux armatures renforcées utilisées dans les soubassements), les suivantes :

— après immersion, la résistance minimale en traction dans les deux sens ne sera pas inférieure à :

- 15 daN/cm pour les systèmes collés,
- 25 daN/cm pour les systèmes fixés mécaniquement ;

— en outre, la résistance en traction après immersion ne sera pas inférieure au pourcentage suivant de la valeur initiale :

- 40 % pour les systèmes collés,
- 50 % pour les systèmes fixés mécaniquement.

Toutes ces dispositions ont pour objectif de limiter les risques de fissuration de l'enduit, mais il ne faut pas oublier que d'autres facteurs peuvent aggraver ce risque, et notamment le choix des teintes foncées pour les façades ensoleillées.

2.1.3 Revêtements fixés

2.1.3.1 Bardages

Les bardages [8] constituent le revêtement couramment utilisé dans les régions de France où les conditions d'exposition à la pluie sont très sévères (Bretagne, Normandie, Pays basque, Vosges...) ainsi qu'en montagne pour protéger les murs les plus exposés, généralement à l'ouest, qui sont souvent des pignons aveugles : ces revêtements étaient autrefois appelés essentages et alors constitués de petits éléments.

Il s'agit d'une des rares techniques pour laquelle il n'a pas été établi de DTU ; un DTU Bardages bois est en cours d'établissement ;

seule existe une terminologie classant les bardages en trois familles en fonction des dimensions des éléments constituant la peau extérieure :

— les **bardages rapportés par écailles** : les éléments manufacturés sont de petites dimensions (exemple : ardoise naturelle, bardeaux de fibres-ciment, bois, produits en terre cuite, etc.) ;

— les **bardages rapportés par lames** : l'une des dimensions est petite (par exemple moins de 0,30 m), l'autre est grande (plusieurs mètres). Dans cette famille, les peaux traditionnelles peuvent être constituées par des lames de bois, des clins en métal (aluminium, tôle d'acier...) ;

— les **bardages rapportés par plaques** : ce sont des éléments de grandes dimensions (en général plus d'un mètre dans chaque sens). Dans cette famille, on peut trouver les plaques de fibres-ciment, de métal, etc.

Quelles que soient la nature et les dimensions des éléments constituant la peau, les bardages rapportés permettent incontestablement d'assurer l'étanchéité totale à la pluie dès l'instant que la géométrie des joints, et notamment les recouvrements, sont étudiés en conséquence.

2.1.3.2 Revêtements attachés

Nota : on se reportera au article *Maçonnerie. Revêtements muraux* [C 2 104] de ce traité.

Ces revêtements principalement réalisés en pierres minces (objet du DTU 55.2) étaient auparavant appelés revêtements agrafés.

Les pierres elles-mêmes sont définies par la norme NF B 10-601 qui donne en outre des indications quant au choix des pierres en fonction de leur place dans l'élévation de la façade.

2.1.3.3 Autres revêtements attachés

À côté des revêtements déjà décrits sont apparus plus récemment, afin d'apporter une réponse aux préoccupations d'économie d'énergie, un certain nombre de systèmes d'éléments manufacturés que l'on a classé en trois familles selon les fonctions qu'on leur assigne dans l'ouvrage (ces systèmes relèvent tous de la procédure d'avis technique).

■ Une **vêture** est un ensemble manufacturé associant un isolant et une peau extérieure, et fixé mécaniquement sur la paroi support (figure 8). Les fixations mécaniques peuvent s'effectuer par vis traversantes, pattes métalliques, profilés de diverses formes, etc.

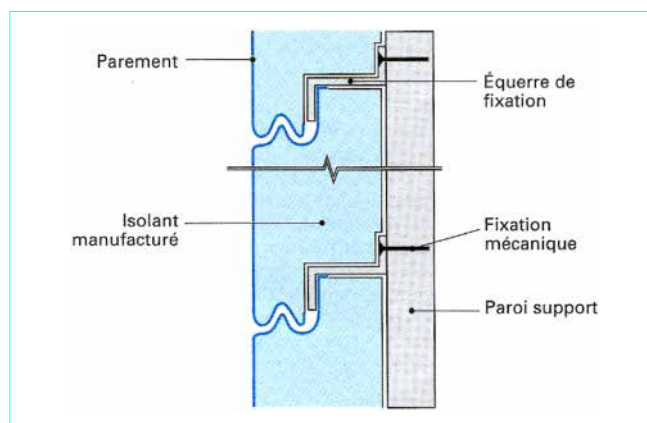


Figure 8 – Vêture

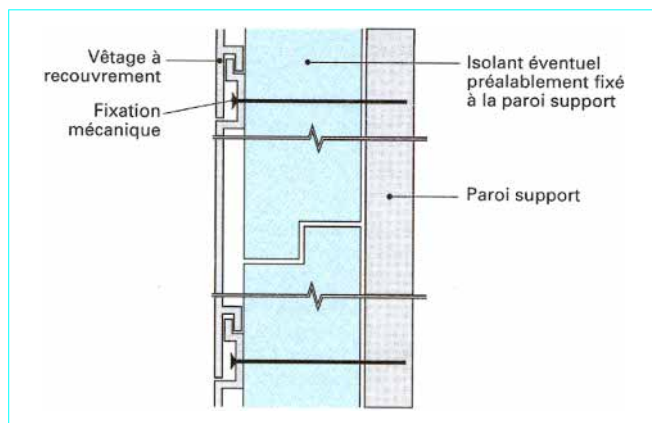


Figure 9 – Vêtage

Il existe actuellement une très grande variété de vêtements, qui diffèrent les uns des autres à la fois par les dimensions des éléments constitutifs (« petits éléments » : 30×60 cm à 60×90 cm, clin dont la largeur varie de 20 à 40 cm et dont la longueur peut atteindre 8 m) et par la nature de la peau (aluminium ou acier prélaqué, PVC, polyester moulé, fibres-ciment, mortier de fibres de verre, etc.).

Parmi ces vêtements, certains comportent des joints ouverts et ne peuvent, de ce fait, constituer des murs à peau extérieure étanche à la pluie. Par contre, il existe une dizaine de fabrications pour lesquelles la géométrie des joints a été étudiée pour ne pas laisser entrer l'eau.

■ Un **vêtage** (figure 9) est une vêture à laquelle on aurait enlevé l'isolant, ou, si l'on préfère, le vêtage n'est autre que la peau d'une vêture. En effet, il existe des cas où la vêture serait surabondante parce que, par exemple, le bâtiment est déjà pourvu d'une isolation thermique suffisante : isolation intérieure, ou encore isolation extérieure déjà en place. Dans ce cas, on demande à la peau d'assurer, outre l'aspect, l'étanchéité à la pluie ; par rapport au bardage rapporté, on fait donc l'économie de l'ossature : la fixation du vêtage s'effectue mécaniquement, par vis chevillées scellées dans la maçonnerie, soit directement s'il n'y a pas d'isolant extérieur, soit à travers l'isolant, dans le cas contraire.

■ Dans le système **bardure** (figure 10), des plaques d'isolant sont fixées mécaniquement au support, puis le parement, également en plaques, est fixé sur l'isolant, soit directement, soit sur des renforts incorporés sur la face externe de l'isolant. Dans ces procédés, la peau n'est donc pas fixée au support en maçonnerie, comme dans le cas d'un vêtage : la solidité de cette fixation dépend donc essentiellement des qualités de l'isolant. Il est possible comme pour les systèmes précédents, grâce à la géométrie des joints, de réaliser des murs à peau extérieure étanche à la pluie.

2.2 Revêtements muraux intérieurs

2.2.1 Revêtements à base de plâtre

■ Enduits

Ces revêtements sont définis par la série de normes NF B 12-300, 301 et 303 en ce qui concerne les produits et le DTU 25.1 pour leur mise en œuvre : ils comportent d'une part les enduits manuels dont l'évolution a principalement porté sur les modifications des temps d'emploi en vue de faciliter l'application (allègement de la plage d'application et retard du délai de durcissement), et d'autre part les enduits en plâtre projeté qui présentent entre autres des perfor-

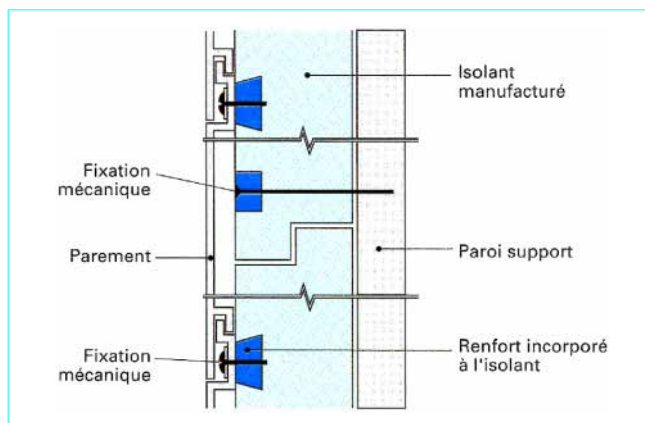


Figure 10 – Bardure

mances mécaniques, notamment leur dureté superficielle, élevées. Mais la maîtrise accrue des formulations des mélanges à base de plâtre et de l'élaboration des plâtres fait que l'on trouve une plage extrêmement variée des produits sur le marché :

- plâtres THD (très haute dureté) aussi bien manuels que projetés ;
- plâtres à gâchage mécanique et d'application manuelle obtenue par adjonction de charges légères au plâtre de base ;
- plâtre à projeter pour la protection incendie des structures (parking, partie accessible au public), comportant également des charges légères mais aussi des fibres pour augmenter la cohésion à haute température et pérenniser le maintien de la protection.

■ Plaques de doublage

Les plaques de parement en plâtre sont utilisées en substitution des enduits par collage direct par plots ou bandes de la même façon et à l'aide des mêmes mortiers adhésifs (§ 1.2.3.5) que ceux utilisés pour le collage des complexes plaques de plâtre-isolants utilisés en doublage qui constituent eux-mêmes une solution de revêtement intérieur.

2.2.2 Enduits à base de liants hydrauliques

Les enduits définis au paragraphe 2.1.1 peuvent être utilisés en revêtements intérieurs en substitution des enduits en plâtre, chaque fois que la sensibilité à l'eau de ce dernier les rend incompatibles avec le niveau de sollicitation dans les locaux considérés, bien que, dans les locaux humides à usage privatif, certains produits en plâtre normalement revêtus et donc protégés d'un ruissellement direct par carrelage (§ 2.2.3) ou autre revêtement de finition adapté conviennent (enduit au plâtre THD, plaques de parement en plâtre).

2.2.3 Carreaux céramiques collés

Il s'agit, dans la majorité des cas, des revêtements des locaux humides (cuisines et salles d'eau) pour lesquels les colles utilisées relèvent également d'avis techniques et sont classées en trois familles :

- mortiers colles, qui ont subi les mêmes évolutions que ceux utilisés pour l'extérieur (§ 2.1.2.2) en raison de l'emploi de carreaux de grandes dimensions ;
- ciment colle en milieu caséine ;
- adhésifs sans ciment, qui sont désormais les plus utilisés.

2.2.4 Revêtements attachés

Il s'agit des revêtements en pierre mince et, en raison de dimensions et de sollicitations, la pose avec agrafes et polochons avec des joints remplis est la plus répandue.

3. Autres ouvrages

3.1 Cheminées en maçonnerie

Nota : on se reportera à l'article *Conduits de fumée. Ventilation des locaux* [C 3 860] de ce traité.

Le choix des matériaux pour la construction des conduits est effectué en fonction de la nature et de la température des produits de combustion pour les combustibles usuels (charbon, fuel, hydrocarbures liquéfiés, gaz et bois).

Les températures sont de 350 °C pour les conduits polycombustibles (température de pointe de 400 °C pendant 1 h) ou de 200 °C pour les conduits spéciaux gaz (250 °C en pointe).

Les cheminées comportent les conduits extérieurs ou intérieurs, les carnaux, les souches.

3.1.1 Conduits de fumées extérieurs

Les matériaux utilisés sont différents selon les cas.

— **Conduits en briques** :

- briques de terre cuite (NF P 51-301),
- briques réfractaires (NF P 51-302).

Les joints sont effectués à l'aide de mortier bâtard ou de mortier de ciment réfractaire (NF B 40-003).

— **Conduits en boisseaux** :

- boisseaux de terre cuite (NF P 51-311),
- boisseaux en béton (NF P 51-321).

Les boisseaux utilisés doivent en outre être titulaires de la marque NF de conformité aux normes ci-dessus.

Les joints sont exécutés au mortier de ciment ou au mortier bâtard.

— **Conduits en éléments préfabriqués de béton de grande hauteur** : ces éléments relèvent d'un avis technique.

— **Autres conduits** :

- conduits en amiante-ciment à emboîtement (NF P 16-302),
- conduits métalliques (en tôle d'acier noire, en tôle d'acier inoxydable, métalliques à double paroi).

Ces conduits relèvent de l'avis technique.

3.1.2 Conduits intérieurs

Les matériaux utilisés sont les mêmes que les précédents ; à noter cependant que les conduits en amiante-ciment intérieurs sont limités à l'évacuation des produits de combustion du gaz.

3.1.3 Carnaux

Les matériaux utilisés sont les briques ou les boisseaux précités.

3.1.4 Souches

Les matériaux de maçonnerie utilisés pour la réalisation des souches qu'ils soient enduits ou laissés apparents sont particulièrement exposés à l'humidification (pluie, condensation) et donc au gel. Les produits sont par suite à choisir parmi ceux utilisables pour l'extérieur ; en outre, les dispositifs de protection en couronnement sont ici particulièrement à soigner.

3.2 Éléments préfabriqués

3.2.1 Escaliers. Marches

Les éléments et travaux correspondants sont décrits dans le DTU 21.3.

3.2.2 Linteaux

Ces éléments fléchis associés aux maçonneries sont exécutés en béton armé (DTU 21) lorsque, comme c'est souvent le cas, les planchers associés sont en béton ; parfois la partie tendue du linteau est préfabriquée, il s'agit de « prélindeux » (§ 1.2.1.5.2).

Enfin, venus de Grande-Bretagne où ils sont systématiquement utilisés pour les murs doubles (*cavity-walls*), sont apparus en France des linteaux métalliques, adaptés pour l'utilisation avec les murs simples enduits, réalisés en tôles galvanisées pliées dont les avantages sont le faible poids et le montage « à sec ».

3.2.3 Appuis de baies préfabriqués

Les appuis en béton ou en pierre sont utilisés en association avec les maçonneries d'éléments creux ou avec les murs doublés ; ils peuvent également être réalisés en béton ou mortier coulés en place. Dans le cas de maçonnerie d'éléments pleins, ces derniers peuvent également être utilisés pour réaliser les appuis.

Les appuis doivent présenter un profil en pente vers l'extérieur, complété, côté intérieur, par un rejingot faisant partie intégrante de l'appui et non rapporté après coup.

Une description est donnée dans l'article *Maçonnerie. Mise en œuvre des ouvrages* [C 2 103] de ce traité.

3.2.4 Éléments manutables pour murs de soutènement

Ces éléments pleins ou creux sont destinés à être empilés, la stabilité d'ensemble étant assurée soit par blocage de forme (redent), soit par simple frottement ; les éléments creux sont généralement utilisés, après remplissage de terre végétale, comme bacs à plantations décoratives.

Maçonnerie

par **Jean-Daniel MERLET**

Ingénieur de l'École centrale de Paris

Directeur technique du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

Références bibliographiques

- [1] *Historique des DTU*. Cahiers du CSTB. Livraison 364, nov. 1995.
- [2] *Revêtements céramiques collés*. Liste des avis techniques des GS n°s 12 et 13. Cahiers du CSTB n° 365, déc. 1995.
- [3] *Cahier des prescriptions techniques d'exécution des revêtements muraux intérieurs collés au moyen de ciments-colles à base de caséine*. Cahiers du CSTB, supplément 255.2, déc. 1984 ; avenant n° 1, supplément 274.5, nov. 1986 ; avenant n° 2, cahier 2 366, oct. 1989.
- [4] *Cahier des prescriptions techniques d'exécution des revêtements muraux intérieurs collés au moyen d'adhésifs sans ciment*. Cahiers du CSTB, supplément 255.4, déc. 1984 et avenant n° 1, supplément 274.6, nov. 1986.
- [5] *Enduits extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liants hydrauliques*. Cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en œuvre. Cahiers du CSTB n° 2477, mars 1991.
- [6] LEJEUNE (Ch.). – *L'enduit monocouche, complément indispensable de façades*. CSTB Magazine n° 43, avril 1994.
- [7] *Revêtements par carrelage*. Cahiers du CSTB n°s 2234, 2236, 2238.
- [8] *Systèmes d'isolation extérieure enduits sur isolants*. Cahiers du CSTB n°s 2131, 2132, janv. fév. 1987.
- [9] LOGEAIS (L.). – *L'étanchéité des façades*. Fascicule 1 : *Exigences et moyens*. Collection AQC (Agence Qualité Construction).
- [10] *Enquête sur les constructions en maçonnerie 1990-1991*. Cahiers du CSTB n° 2623, déc. 1992.
- [11] Cahiers du CSTB n° 2553, janv. fév. 1992.
- [12] Règles parasismiques 1969 et annexes, et addenda (DTU P06-003) (1982).
- [13] *Conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique de façade par l'extérieur faisant l'objet d'un avis technique*. Cahiers du CSTB n° 1833, mars 1983.
- [14] *Exemples de solution pour faciliter l'application du règlement de construction. Titre I: Hygrothermique*. Cahiers du CSTB n° 1152, déc. 1972.
- [15] BERTHIER (J.). – REEF Tome II.
- [16] MAURICE (P.). – *Les maçonneries dans leur fonction porteuse*. Annales de l'ITBTP n° 290, fév. 1992. Supplément Série gros œuvre n° 13.
LOGEAIS (L.). – *Les maçonneries dans leur fonction de paroi*. Annales de l'ITBTP n° 303, mars 1973. Supplément Série gros œuvre n° 16.

Ces deux ouvrages ont également été publiés dans la revue *Bâtir* : n° 8, nov. 1971 ; n° 9, déc. 1971 ; n° 10, fév. 1972 pour le premier ; n°s 16 à 20, oct. 1972 à mars 1973 pour le second.

- [17] LOGEAIS (L.). – *L'étanchéité à l'eau des façades lourdes*. Collection Pathologie et recommandations. Agence Qualité Construction. 4 fascicules :
— Exigences et moyens, oct. 1988 ;
— Statistiques et pathologie, 1^{re} partie, juil. 1989 ;
— Statistiques et pathologie, 2^e partie, janv. 1990.
— Prévention et remèdes, juil. 1990.
- [18] MOYÉ (Cl.). – Cahiers du CSTB n° 2019, sept. 1985.
- [19] *Exemples d'usages des propriétés certifiées des isolants thermiques du bâtiment*. ACERMI (Association pour la certification des matériaux isolants).
- [20] LOGEAIS (L.). – *Les murs de soutènement*. Agence qualité Construction (1992).
- [21] Cahiers du CSTB n° 2235, avril 1988.
- [22] BERNSTEIN (D.), CHAMPETIER (J.-P.) et PEIFFER (F.). – *La maçonnerie sans fard*. Éd. du Moniteur, mars 1982.

Normalisation

Association française de normalisation (AFNOR)

NF B 10-502	5.80	Pierres calcaires. Mesure de l'absorption d'eau par capillarité.
NF B 10-510	8.73	Pierres calcaires. Essai de flexion.
B 10-601	11.95	Produits de carrières. Pierres naturelles. Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles.
NF B 12-300	12.87	Gypse et plâtre. Plâtres. Généralités. Clauses et conditions générales.
NF B 12-301	12.87	Gypse et plâtre. Plâtres pour enduits intérieurs à application manuelle ou mécanique de dureté normale ou de très haute dureté. Classification, désignation, spécifications.
NF ISO 1927	10.86	Matériaux réfractaires non façonnés (denses et isolants). Classification (B 40-003).
NF P 06-001	6.86	Bases de calcul des constructions. Charges d'exploitation des bâtiments.
NF P 06-014	3.95	Constructions parasismiques des maisons individuelles et des bâtiments assimilés. Règles PS-MI 89 révisées 92.
NF P 08-301	4.91	Ouvrages verticaux des constructions. Essais de résistance aux chocs.

P 10-202-1	4.94	Travaux de bâtiment. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments. Parois et murs. Partie 1 : Cahier des clauses techniques (DTU 20.1).
P 10-202-2	4.94	Travaux de bâtiment. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments. Parois et murs. Partie 2 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales (DTU 20.1).
P 10-202-3	4.94	Travaux de bâtiment. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments. Parois et murs. Partie 3 : Guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site.
NF P 13-301	12.74	Briques creuses de terre cuite.
NF P 13-304	10.83	Briques en terre cuite destinées à rester apparentes.
NF P 13-305	10.83	Briques pleines ou perforées et blocs perforés en terre cuite à enduire.
NF P 13-306	10.83	Blocs perforés en terre cuite destinés à rester apparents.
P 14-102	4.94	Blocs en béton destinés à rester apparents. Définitions. Spécifications. Méthodes d'essai. Conditions de réception.
NF P 14-301	9.83	Blocs en béton de granulats courants pour murs et cloisons.
NF P 14-304	9.83	Blocs en béton de granulats légers pour murs et cloisons.

MAÇONNERIE

NF P 14-306	2.86	Blocs en béton cellulaire autoclavé pour murs et cloisons.	P 84-402	6.89	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Façades. Méthodes d'essai.
NF P 14-402	9.83	Blocs en béton pour murs et cloisons. Dimensions.	NF T 30-700	3.83	Peintures. Revêtements plastiques épais. Spécifications.
NF P 16-302	12.87	Tuyaux d'évacuation en amiante-ciment pour canalisations de bâtiment non enterrées. Spécifications. Méthodes d'essai.	T 30-701	2.83	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Détermination du complément d'imperméabilité à l'eau de ruissellement.
NF P 18-201	5.93	Travaux de bâtiment. Exécution des travaux en béton. Cahier des clauses techniques (DTU 21).	T 30-702	2.83	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Évolution de l'adhésivité cohésion sous l'effet d'agents climatiques.
NF P 18-210	5.93	Travaux de bâtiment. Murs en béton banché. Cahier des clauses techniques (DTU 23.1).	T 30-704	2.83	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Essai de susceptibilité au cloquage et mesure éventuelle de la transmission de vapeur d'eau.
NF P 51-301	8.74	Briques de terre cuite pour la construction de conduits de fumée.	T 30-705	2.83	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Détermination du comportement du revêtement appliqué sur support alcalin.
NF P 51-302	11.75	Briques réfractaires pour la construction de conduits de fumée.	T 30-706	2.83	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Détermination de la sensibilité à l'eau. Essai de pelage.
NF P 51-311	9.88	Fumisterie. Boisseaux de terre cuite pour conduits de fumée individuels. Spécifications. Méthodes d'essai. Conditions de réception.	T 30-708	2.83	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Préparation des éprouvettes d'essai. Application des produits.
NF P 51-321	7.83	Boisseaux en béton pour conduits de fumée.	Documents techniques unifiés (DTU)		
NF EN 121	12.91	Carreaux et dalles céramiques étirés à faible absorption d'eau ($E \leq 3\%$). Groupe A I (P 61-401).	DTU 12	6.64	Terrassement pour le bâtiment.
NF EN 176	11.91	Carreaux et dalles céramiques pressés à sec, à faible absorption d'eau ($E \leq 3\%$). Groupe B I (P 61-405).	DTU 13.11	3.88	Fondations superficielles.
NF EN 177	12.91	Carreaux et dalles céramiques pressés à sec, à absorption d'eau $3\% < E \leq 6\%$. Groupe B II A (P 61-406).	DTU 13.12	3.88	Règles pour le calcul des fondations superficielles (DTU P 11-711).
NF EN 178	12.91	Carreaux et dalles céramiques pressés à sec, à absorption d'eau $6\% < E \leq 10\%$. Groupe B II B (P 61-407).	DTU 14.1	5.93	Travaux de cuvelage (NF P 11-221).
NF EN 159	12.91	Carreaux et dalles céramiques pressés à sec, à absorption d'eau $E > 10\%$. Groupe B III (P 61-408).	DTU 20.1	4.94	Parois et murs en maçonnerie de petits éléments (P 10-202-1,2 et 3).
NF EN 186-1	12.91	Carreaux et dalles céramiques étirés à absorption d'eau $3\% < E \leq 6\%$. Groupes A II A. Partie 1 (P 61-402-1).	DTU 21	5.93	Exécution des travaux en béton (NF P 18-201).
NF EN 186-2	2.92	Carreaux et dalles céramiques étirés à absorption d'eau $3\% < E \leq 6\%$. Groupes A II A. Partie 2 (P 61-402-2).	DTU 21.3	10.70	Dalles et volées d'escalier préfabriquées, en béton armé, simplement posées sur appuis sensiblement horizontaux.
NF EN 187-1	12.91	Carreaux et dalles céramiques étirés à absorption d'eau $6\% < E \leq 10\%$. Groupe A II B. Partie 1 (P 61-403-1).	DTU 25.1	5.93	Enduits intérieurs en plâtre (NF P 71-201-1 et 2).
NF EN 187-2	12.91	Carreaux et dalles céramiques étirés à absorption d'eau $6\% < E \leq 10\%$. Groupe A II B. Partie 2 (P 61-403-2).	DTU 25.231	5.93	Plafonds suspendus en éléments de terre cuite (NF P 68-202).
NF EN 188	12.91	Carreaux et dalles céramiques étirés à absorption d'eau $E > 10\%$. Groupes A III (P 61-404).	DTU 25.31	4.94	Ouvrages verticaux de plâtrerie ne nécessitant pas l'application d'un enduit en plâtre. Exécution des cloisons en carreaux de plâtre (NF P 72-202-1,2 et 3).
P 72-301	12.83	Carreaux en plâtre d'origine naturelle à parements lisses pour cloison de distribution ou de doublage.	DTU 25.41	5.93	Ouvrages en plaques de parement en plâtre (plaques à faces cartonnées) (NF P 72-203-1 et 2).
NF P 72-302	10.81	Plaques de parement en plâtre. Définition. Spécifications et essais.	DTU 25.42	4.94	Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwichs plaques de parement en plâtre isolant (NF P 72-204-1 et 2).
NF P 72-321	10.90	Éléments en plâtre et produits de mise en œuvre. Liants-colles et colles de blocage à base de plâtre. Définition. Spécifications. Essais.	DTU 25.51	9.94	Plafonds en staff (NF P 73-201-1 et 2).
P 72-322	10.93	Mortiers adhésifs à base de plâtre pour complexes d'isolation thermique, plaque de parement en plâtre/isolant.	DTU 26.1	5.93	Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aériennes (NF P 15-201-1 et 2).
NF P 73-301	9.91	Staff et stuc. Éléments en staff. Plaques, éléments pour décoration.	DTU 31.2	5.93	Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois (NF P 21-204-1 et 2).
NF P 75-302	12.87	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Détermination de l'absorption d'eau par gravité des isolants rigides et semi-rigides.	DTU 36.1	12.84	Menuiserie en bois (et annexe).
NF P 75-303	12.87	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Détermination de l'absorption d'eau par aspersion des isolants rigides et semi-rigides.	DTU 55	4.61	Revêtements muraux scellés destinés aux locaux d'habitation, bureaux et établissements d'enseignement.
NF P 75-304	12.87	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Détermination de l'absorption d'eau par capillarité des isolants rigides et semi-rigides.	DTU 55.2	5.93	Revêtements muraux attachés en pierre mince (NF P 65-202-1 et 2).
P 84-401	6.89	Isolants thermiques de bâtiment manufacturés. Peintures et vernis. Façades. Revêtement à base de polymères utilisés en réfection des façades en service. Définitions et vocabulaire.	DTU 58.1	7.93	Plafonds suspendus (NF P 68-203-1 et 2).
			DTU 59.2	5.93	Revêtements plastiques épais sur béton et enduits à base de liants hydrauliques (NF P 74-202-1 et 2).
			Règles PS 69	1969	Règles parasismiques 1969, annexes, addenda (1982).
			Règles Th-K	11.77	Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction – et mises à jour – (DTU P 50-702).