

## De la Révolution industrielle au XX<sup>e</sup> siècle

Si des améliorations importantes dans le procédé de fabrication du plâtre apparurent dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, le matériau n'entra réellement dans l'ère industrielle qu'à partir du XX<sup>e</sup> siècle, qui vit aussi arriver un produit révolutionnaire : la plaque de plâtre.

### 2.1 De l'artisan à l'ingénieur, du métier à l'industrie

#### 2.1.1 La cuisson du plâtre : du savoir-faire artisanal aux fours industriels

Les morceaux de gypse extraits des carrières avaient des dimensions variées et étaient le plus souvent cuits sur place avant d'être battus à même le sol pour fournir la poudre utilisée par les plâtriers. Cette tâche ingrate, qui nécessitait peu de qualification était souvent confiée aux apprentis et donna naissance à l'expression « battre comme plâtre ». Il faut imaginer la poussière de plâtre générée par cette opération et son effet au contact des muqueuses. Le plâtre battu était ensuite tamisé afin de former une poudre fine et régulière.

#### REMARQUE

##### D'où vient l'expression « battre comme plâtre » ?

Casser à la batte les pierres de gypse cuit pour les réduire en poussière était une tâche pénible, comparable à celle incombant aux forçats devant casser des cailloux. Il fallait frapper fort et sans relâche. Directement inspiré par ce travail épuisant, le sens figuré de l'expression « battre comme plâtre » daterait de la seconde moitié du XV<sup>e</sup> siècle<sup>(1)</sup>.

#### EXEMPLE

##### Un métier pénible : un témoignage du XVIII<sup>e</sup> siècle

« Elle donne aussi un mal inconcevable aux batteurs, dont le frontispice représente le travail. Ils seraient plus à plaindre que des forçats,

s'ils n'avaient librement choisi cet état. Ces malheureux, depuis 3 heures du matin jusqu'au coucher du soleil, dans l'attitude la plus constante et la plus pénible, avalent de la fleur du Plâtre qu'agitent dans l'air leurs instruments, autant de fois qu'ils sont forcés de céder à l'inspiration. Pendant l'été, ils se déshabillent entièrement pour éviter que sur leurs chemises il ne se forme un enduit que produisent leur sueur et cette poussière. Ils ont encore à essuyer la pluie ou l'ardeur du soleil, lorsqu'ils commencent à façonner le devant de la fournée dont l'abatage les repousse hors du Four ; dans le cas de la pluie le Plâtre y perd sa qualité, et on le mêle avec celui de dedans. »<sup>(2)</sup>

Maîtriser la cuisson du gypse – ni trop, ni pas assez –, en tenant compte des dimensions variables des agrégats plus ou moins gros, était très délicat, consommateur de combustible, générateur de fumée et potentiellement source d'incendie : c'est la raison pour laquelle les fours avaient été interdits à Paris.

Un premier progrès fut réalisé par Monsieur Ferroussat de Castelbon, qui obtint en 1775 l'autorisation d'établir un four à Paris, celui-ci étant fermé et équipé d'une hotte : la consommation de bois était moindre, la fumée s'élevait plus haut et, surtout, la cuisson était plus homogène et la qualité du plâtre mieux maîtrisée. Les fours étaient aussi couplés à des moulins où le plâtre était battu puis tamisé.

Tout reposait alors sur l'art du plâtrier (fig. 2.1), et la cuisson, bien que mieux maîtrisée, n'était pas encore uniforme.

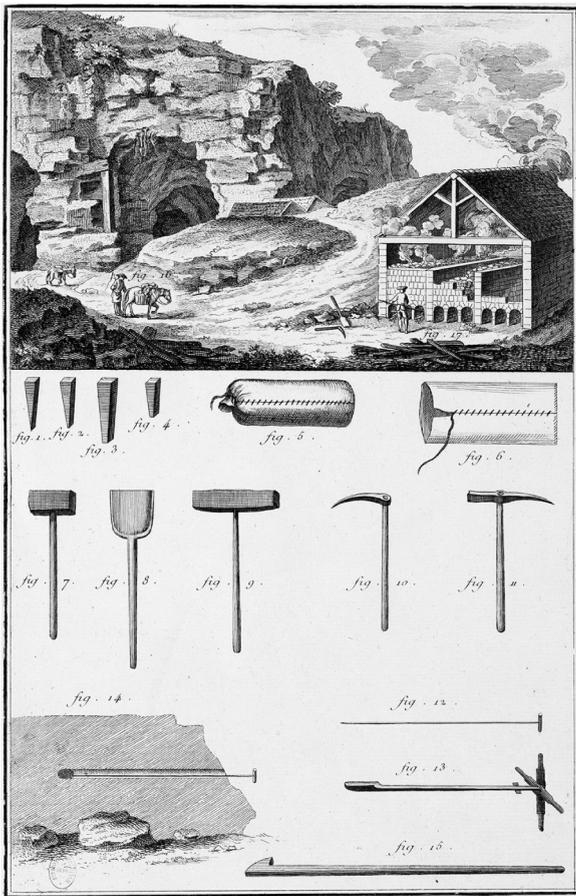
Au cours du XIX<sup>e</sup> siècle, on utilisait principalement des fours culée, cuisant 100 à 150 m<sup>3</sup> de gypse en une semaine, ou des fours droits, chargés par le haut et pouvant fonctionner de façon continue. La cuisson n'était toujours pas uniforme et la qualité du plâtre dépendait autant de l'art du plâtrier que de la qualité du gypse. Certains fours de ce type sont encore en service aujourd'hui.

Cette technologie produisait une grande quantité de plâtre « surcuit » (voir § 4.2) qui convenait aux enduits.

Dans le Midi, M. de la Boissière, propriétaire d'une carrière de gypse, avait embauché en 1840 un ingénieur,

(1) D'après Rey (Alain), *Dictionnaire historique de la langue française*, Le Robert, 2016 : la réplique « Je vous battrais plus que plâtre » fut d'abord relevée dans une farce de la seconde moitié du XV<sup>e</sup> siècle et serait la plus ancienne occurrence connue de l'expression « battre comme plâtre »

(2) Ferroussat de Castelbon (M.), *Réflexions sur la mauvaise qualité du plâtre et sur sa cause, et moyens pour parvenir à une meilleure fabrication*, Lottin aîné, 1776, p. 49.



**Fig. 2.1. Planche « Carrier Platrier », dans Diderot (Denis) et d'Alembert, *L'Encyclopédie*, « Maçonnerie, marbrerie : recueil de planches sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques, avec leur explication », 1751-1780 (source : gallica.bnf.fr / BnF)**

La vignette représente une partie de carrière dans une colline escarpée ; la masse en est percée par différentes rues d'où l'on a tiré la pierre de plâtre, que l'on conduit sur des bêtes de somme (fig. 16) au four (fig. 17).

Fig. 1, 2, 3, 4. Coins de différentes longueurs et épaisseurs, qui servent au carrier pour détacher les uns des autres les différents lits de pierre à plâtre ou gips.

Fig. 5. Sac rempli de plâtre.

Fig. 6. Sac vide.

Fig. 7. Mailloche.

Fig. 8. Pelle.

Fig. 9. Mail dont le carrier se sert pour frapper sur la tête des coins.

Fig. 10. Pic.

Fig. 11. Aiguille qui sert au carrier pour réserver un vide dans le canal de la mine, pour communiquer le feu à la poudre dont elle est chargée.

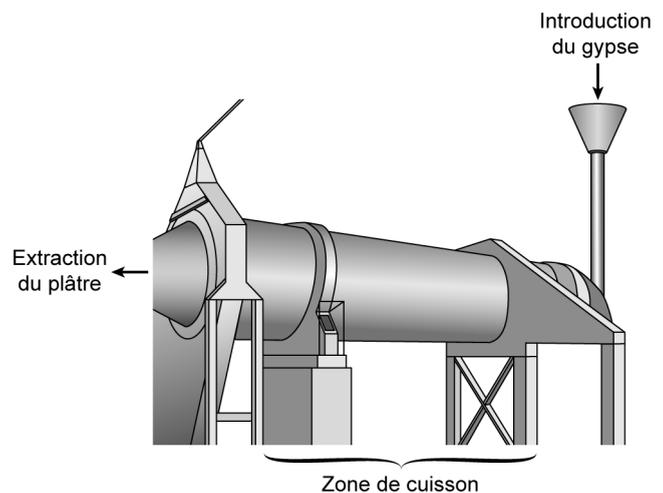
Fig. 13. Tarière servant à percer la mine.

Fig. 14. Profil d'une mine percée avec la tarière et chargée de poudre, et l'aiguille qui laisse un passage, après qu'elle est retirée, pour introduire l'amorce, que l'on conduit dans les tuyaux de paille jusqu'à la poudre au fond de la mine, qui est fermée par un coulis de plâtre.

Fig. 15. Barre ou pince servant à soulever les lits de pierre.

Théodore Poulet, qui modernisa les fours – il fut le premier de la région à cuire le gypse de façon continue – et mécanisa le broyage du plâtre.

Un premier four rotatif vit le jour au début du XX<sup>e</sup> siècle, puis fut amélioré au début des années 1920 par le commandant Beau, qui lui donna son nom. Encore utilisé de nos jours, le four Beau permet une cuisson plus homogène du gypse (fig. 2.2). Les débuts de son utilisation furent pourtant douloureux : il n'en sort qu'une seule qualité de plâtre, le semi-hydrate. C'était l'effet recherché. Un défaut de cette qualité fut alors découvert : le plâtre manuel avait aussi besoin d'une proportion de surcuit. Pour cette raison, les fours culée restèrent largement utilisés jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle tandis que le semi-hydrate issu des fours Beau était mélangé à du surcuit.



**Fig. 2.2. Four Beau contemporain**

Ces premiers déboires n'eurent pas que du mauvais : le plâtre produit par les fours Beau permit aux industriels de proposer, dès les années 1930, des plaques de plâtre armées de chanvre, destinées à être fixées aux murs, ainsi que des carreaux de plâtre<sup>(3)</sup>.

(3) Voir Torres (Félix), Emeric (Frédéric) et de Guilhem (Yves), *Lafarge Plâtres – Histoires pour l'avenir*, Éditions de Monza, 2005. Les informations des chapitres 2 et 3 relatives aux industriels méridionaux ou ultérieurement rattachés à Lafarge Plâtres sont principalement issues de cet ouvrage. Concernant les plaques et carreaux de plâtre produits durant l'entre-deux-guerres, il s'agit du témoignage de Monsieur Binot (*ibid.*, p. 47).

Le plâtre et le gypse entrent dans la composition d'une grande variété de produits utilisés dans la construction, pour ses qualités adhésives (adhésifs en dispersion pour carrelages muraux), chimiques (ciments, en proportions insuffisantes pour produire de l'ettringite [voir § 10.1.4.1]) ou couvrantes (peintures).

Ce chapitre traite spécifiquement des produits manufacturés utilisés par les plâtriers.

## 5.1 Généralités

La plupart des produits plâtriers en poudre sont définis dans la norme NF EN 13279-1<sup>(1)</sup>, qui distingue les produits directement utilisés sur chantier de ceux destinés à la fabrication de produits en plâtre.

Les plâtres utilisés pour les éléments préfabriqués (plaque de plâtre, carreau de plâtre, dalle de plafond suspendu ou plaque de plâtre armée de fibres) sont généralement fabriqués directement par les industriels pour leur propre usage.

Le tableau 5.1 indique la notation européenne des plâtres en poudre en fonction de leur utilisation.

## 5.2 Plâtres de construction et colles à carreaux

Les plâtres de construction contiennent au moins 50 % de sulfate de calcium et au maximum 5 % de chaux. La proportion de semi-hydrates et de surcuits n'est pas normalisée : chacun a sa recette.

**Tab. 5.1. Classification des plâtres en poudre**  
(source : NF EN 13279-1)

|  | Désignation   | Notation |
|--|---|----------|
| <i>Liants-plâtres</i>                                      | Liant-plâtre pour usage direct ou traitement ultérieur (produits en poudre sèche)   | A        |
|  | Liant-plâtre destiné à l'usage direct sur le chantier   |          |
|  | Liant-plâtre pour traitement ultérieur (par exemple, carreaux, plaques de plâtre, éléments en plâtre pour plafonds suspendus, plaques de plâtre armées de fibres) |          |
| <i>Plâtres pour enduit</i>                                 | Plâtre de construction  | B1       |
|  | Enduit à base de plâtre   | B2       |
|  | Enduit au plâtre et à la chaux  | B3       |
|  | Enduit au plâtre allégé   | B4       |
|  | Enduit allégé à base de plâtre  | B5       |
|  | Enduit allégé au plâtre et à la chaux   | B6       |
|  | Enduit au plâtre à dureté superficielle renforcée   | B7       |
| <i>Plâtres pour enduit pour des applications spéciales</i> | Plâtre pour staff   | C1       |
|  | Mortier de plâtre   | C2       |
|  | Enduit acoustique   | C3       |
|  | Enduit d'isolation thermique  | C4       |
|  | Enduit de protection contre le feu  | C5       |
|  | Enduit mince, produit de finition   | C6       |
|  | Produit de finition   | C7       |

(1) NF EN 13279-1 (novembre 2008 – indice de classement : P 72-400-1) : Liants-plâtres et enduits à base de plâtre pour le bâtiment. Partie 1 : définitions et exigences.

**Tab. 5.2. Classe de plâtre et précautions de mise en œuvre selon le type d'ouvrage.**

| Type d'ouvrage   | Document normatif | Classe de plâtre                       | Recommandations  |
|--|-------------------|--|--|
| Maçonnerie de petits éléments de pierres tendres relevant de la classe d'exposition MX1  | NF DTU 20.1       | Plâtre de construction B1 sans additif | – Utilisé avec des pierres calcaires tendres suivant la méthode dite « au godet » : les lits et les joints entre pierres sont obturés et le plâtre gâché fluide est coulé dans les interstices.<br>– Ne doit jamais être mélangé ni avec du ciment ni avec des chaux hydrauliques (NHL, HL, FL) <sup>(1)</sup> . |
| Cloisons intérieures maçonnées en briques de terre cuite à joints épais, à enduire   | NF DTU 20.13      | Plâtre à briqueter C2 (NF EN 13279-1)  | –  |
| Blocs de béton cellulaire posés à joints minces  |                   | Liant-colle (NF EN 12860)              | Il s'agit de la colle à carreaux de plâtre (voir § 5.2.2).   |
| Pierre naturelle si joints coulés  |                   | Plâtre B1 (NF EN 13279-1)              | –  |
| (1) Les aluminates contenus dans les ciments ou certaines chaux hydrauliques réagiraient avec le plâtre pour former de l'ettringite (voir § 10.1.4.1), matériau friable, gonflant et destructeur du pouvoir liant. |                   |  |  |

La maçonnerie plâtrière utilise principalement :

- du plâtre coulé dans des vides préparés à l'avance suivant la technique dite « au godet »<sup>(2)</sup> ;
- des mortiers de plâtre, qui sont des mélanges de plâtre et de sable utilisés pour réaliser des joints épais ;
- des liants-colles, dont la fonction est d'assurer le collage entre deux surfaces ou formes régulières, sans qu'il soit besoin de définir une épaisseur minimale.

### 5.2.1 Plâtres et mortiers

Le gypse étant soluble dans l'eau<sup>(3)</sup>, nous aborderons uniquement les maçonneries en plâtre non exposées aux intempéries :

- les joints de certains murs en pierre naturelle tendre, relevant de la norme NF DTU 20.1 P1-2<sup>(4)</sup> et de la classe d'exposition MX1<sup>(5)</sup>, lorsqu'ils sont réalisés au godet<sup>(6)</sup> ;
- les ouvrages relevant de la norme NF DTU 20.13 P1-2<sup>(7)</sup> : ouvrages intérieurs, non porteurs et ne participant pas aux contreventements (cloisons de distribution, cloisons séparatives non porteuses, parois de gaines techniques et cloisons de doublage de bâtiments destinés aux logements, bâtiments scolaires et hospitaliers et aux immeubles de bureaux, pour des conditions normales d'utilisation).

Pour la classe de plâtre à utiliser, ces deux normes renvoient à la norme NF EN 13279-1 (tab. 5.2).

Le hourdage des blocs de béton cellulaire doit être réalisé au liant-colle, plus communément appelé « colle à carreaux ».

(2) Les godets sont des récipients, remplis de coulis de plâtre, placés à l'avant et à l'arrière du joint à réaliser. Le mortier s'écoule par gravité, dans l'interstice, jusqu'à remplissage complet du joint. À l'opposé du godet chargé de coulis, est placé un godet faisant office d'évent, permettant à l'air de s'échapper, afin d'assurer une répartition homogène du mortier. Lorsque le coulis déborde dans le second godet, le joint est considéré comme rempli.

(3) Lorsque l'eau n'est pas saturée en sels minéraux, le gypse se dissout à son contact et produit des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ce phénomène, bien connu aujourd'hui, a conduit à écarter, sauf exception, l'utilisation du plâtre en extérieur et fait partie des risques évalués par les géotechniciens lorsqu'ils analysent un sol en vue d'y fonder une construction. Toutefois, certaines façades en plâtre plus que centenaires sont toujours présentes sans qu'un sinistre y ait été déploré (voir chapitre 16).

(4) NF DTU 20.1 P1-2 (juillet 2020 – indice de classement : P 10-202-1-2) : Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs. Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux.

(5) Les classes d'environnement sont définies au § 2.1.2.1 de la norme NF EN 1996-2 (juin 2006 – indice de classement : P 10-620) : Eurocode 6 – Calcul des ouvrages en maçonneries. Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries. La classe MX1 correspond à un environnement sec, non exposé aux cycles de gel et dégel, ni aux ambiances salines ou agressives.

(6) Cette technique concerne aujourd'hui la réfection des joints des ouvrages anciens hourdés au plâtre. Le mortier de rejointoiement utilisé doit être compatible avec le plâtre.

(7) NF DTU 20.13 P1-2 (octobre 2008 – indice de classement : P 10-204-1-2) : Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux, modifiée par l'amendement A1 (juillet 2016).

Certains ouvrages en maçonnerie peuvent être mis en œuvre à l'aide de plâtre. Si la réalisation de conduits de fumée est exclue, les cloisons intérieures non porteuses et plafonds en terre cuite font toujours partie des procédés de construction traditionnels visés par les DTU. Comme tous les ouvrages de plâtrerie, ces éléments doivent être réalisés après achèvement du clos et du couvert.

D'une technicité plus fine, les voûtes intérieures ou les escaliers en voûte sarrasine font partie du savoir-faire traditionnel des compagnons plâtriers. Si ces ouvrages ne sont pas encadrés par un DTU, ils n'en restent pas moins traditionnels. Nécessitant une main-d'œuvre qualifiée, ils sont aujourd'hui réservés à des chantiers où une certaine esthétique est recherchée.

Enfin, à l'exception des cloisons en carreaux de plâtre, tous ces ouvrages en maçonnerie de plâtre appellent la réalisation d'un enduit – en plâtre, bien sûr – et, pour leur montage proprement dit, l'utilisation d'un plâtre gros ou plâtre à briqueter.

Le lecteur trouvera dans ce chapitre :

- d'une part, les principes de conception et de mise en œuvre des ouvrages traditionnels assemblés au plâtre relevant des DTU : cloisons et contre-cloisons en briques plâtrières (voir § 7.1.1), en carreaux de plâtre ou en blocs de béton ou béton cellulaire (voir § 7.1.2), et plafonds en terre cuite (voir § 7.1.3) ;
- d'autre part, les principes de fonctionnement des ouvrages en maçonnerie plâtrière non encadrés par un DTU : voûtes en brique plâtrière (voir § 7.2.1) et escaliers en voûte sarrasine (voir § 7.2.2).

### **7.1 Maçonneries traditionnelles visées par les DTU**

Les maçonneries traditionnelles en plâtre comprennent :  
– les cloisons ou contre-cloisons en briques ;  
– les cloisons ou contre-cloisons en blocs de béton (communément appelés parpaings) ;  
– les cloisons ou contre-cloisons en béton cellulaire ;  
– les cloisons ou contre-cloisons en carreaux de plâtre ;

Leur principe constructif est identique à celui de tout autre ouvrage maçonné, appliqué à des ouvrages intérieurs et non porteurs. La principale fonction de ces ouvrages est de distribuer les pièces du bâtiment.

Les plafonds en terre cuite sont toujours suspendus au support et hourdés au plâtre. Leur fonction première est d'offrir un support à l'enduit en plâtre du plafond.

Actuellement peu présents dans la construction neuve, car supplantés par les ouvrages en plaques de plâtre, les plafonds en terre cuite conservent néanmoins un intérêt certain en rénovation, pour la réparation d'ouvrages existants ou pour améliorer le confort thermique d'été des locaux, en profitant de la capacité de la brique et du plâtre à réguler l'hygrométrie.

Ils ont aussi en commun d'offrir une certaine raideur dans leur plan : les cloisons et contre-cloisons sont peu déformables et appartiennent à la catégorie des ouvrages sensibles aux déformations du gros œuvre, pour lesquels la flèche des planchers est limitée (généralement au 1/500<sup>e</sup> de leur portée). Cette exigence, autrefois présente dans les codes de calculs, a disparu des Eurocodes, dont le principe en la matière consiste à demander aux éléments de second œuvre supportés, quelles déformations ils peuvent supporter. Si cette approche permet une meilleure adaptation de l'ouvrage, elle exige une attention accrue du concepteur et du maître d'œuvre – les notions de déformées structurelles échappant souvent aux métiers du second œuvre. En contrepartie, le faible niveau de déformations de ce type de paroi les rend particulièrement aptes à recevoir un revêtement dur (faïence ou carrelage).

## 7.1.1 Cloisons et contre-cloisons en maçonnerie de petits éléments hourdés au plâtre

### 7.1.1.1 Généralités

La mise en œuvre de cloisons ou contre-cloisons en briques plâtrières est encadrée par le NF DTU 20.13<sup>(1)</sup>. Sont concernées les cloisons de distribution, cloisons séparatives non porteuses, parois de gaines techniques et cloisons de doublage des bâtiments.

Le montage s'effectue de la même manière que pour toutes les maçonneries. Les plâtres admis pour cet usage sont définis dans la partie 1-2 de la norme NF DTU 20.13, qui renvoie à la norme NF EN 13279-1<sup>(2)</sup>, sans plus de précision. Il s'agit de plâtre gros ou de plâtre à briqueter.

### 7.1.1.2 Dimensionnement

Le dimensionnement d'une cloison dépend de son épaisseur ; des limites de hauteur, de distance et de surface entre raidisseurs sont fixées pour chaque famille d'éléments :

- briques de terre cuite (tab. 7.1) ;
- blocs de béton (tab. 7.2) ;
- blocs de béton cellulaire (tab. 7.3) ;
- pierres naturelles (tab. 7.4).

### 7.1.1.3 Positionnement des raidisseurs

Les raidisseurs verticaux sont des éléments porteurs, des retours ou des huisseries à imposte fixées en pied et en tête. Les raidisseurs horizontaux sont des plafonds butant de part et d'autre de la cloison.

### 7.1.1.4 Percements et saignées

Les incorporations (réseaux d'électricité notamment) sont nécessairement réalisées après les cloisons, mais doivent être pensées en amont. Elles doivent suivre les règles fixées dans la partie 3 de la norme NF DTU 20.13 (fig. 7.1).

(1) NF DTU 20.13 P1-1 (octobre 2008 – indice de classement : P 10-204-1-1) : Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 1-1 : cahier des clauses techniques types, modifiée par l'amendement A1 (juillet 2016).

NF DTU 20.13 P1-2 (octobre 2008 – indice de classement : P 10-204-1-2) : Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux, modifiée par l'amendement A1 (juillet 2016).

NF DTU 20.13 P2 (octobre 2008 – indice de classement : P 10-204-2) : Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 2 : cahier de clauses administratives spéciales types.

NF DTU 20.13 P3 (octobre 2008 – indice de classement : P 10-204-3) : Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 3 : mémento, modifiée par l'amendement A1 (juillet 2016).

(2) NF EN 13279-1 (novembre 2008 – indice de classement : P 72-400-1) : Liants-plâtres et enduits à base de plâtre pour le bâtiment. Partie 1 : définitions et exigences.

**Tab. 7.1. Dimensionnement et distance entre raidisseurs des cloisons en briques plâtrières**  
(source : NF DTU 20.13 P1-1)

| Épaisseur brute de la cloison (mm) | Hauteur maximale (m) | Distance horizontale maximale entre raidisseurs (m) | Surface maximale entre éléments raidisseurs (m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------|----------------------|---|---|
| 35                                 | 2,60                 | 5   | 10  |
| 40 à 55                            | 3                    | 6   | 14  |
| 60 à 75                            | 3,50                 | 7   | 20  |
| 80 à 110                           | 4                    | 8   | 25  |

**Tab. 7.2. Dimensionnement et distance entre raidisseurs des cloisons en blocs de béton hourdés au plâtre**  
(source : NF DTU 20.13 P1-1)

| Épaisseur brute de la cloison (mm) | Hauteur maximale (m) | Distance horizontale maximale entre raidisseurs (m) | Surface maximale entre éléments raidisseurs (m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------|----------------------|---|---|
| 40 à 55                            | 3                    | 6   | 14  |
| 60 à 75                            | 3,50                 | 7   | 20  |
| 80 à 110                           | 4                    | 8   | 25  |

**Tab. 7.3. Dimensionnement et distance entre raidisseurs des cloisons en blocs de béton cellulaire**  
(source : NF DTU 20.13 P1-1)

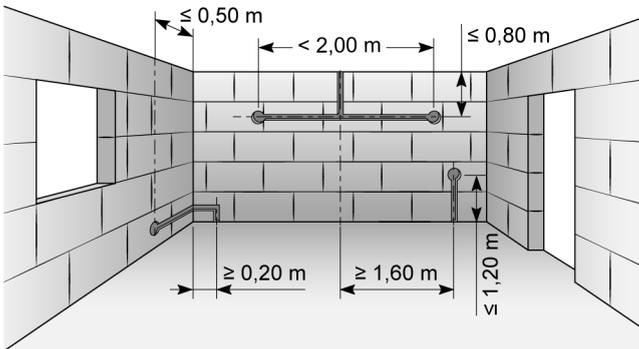
| Épaisseur brute de la cloison (mm) | Hauteur maximale (m) | Distance horizontale maximale entre raidisseurs (m) | Surface maximale entre éléments raidisseurs (m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------|----------------------|---|---|
| 50                                 | 2,50                 | 4,00  | 8   |
| 70 et 75                           | 2,60                 | 5,00  | 10  |
| 100                                | 3,00                 | 6,00  | 15  |
| 125                                | 3,80                 | 7,00  | 20  |
| 150                                | 4,00                 | 8,00  | 25  |

**7.1.1.5 Traitement des bords et des joints**

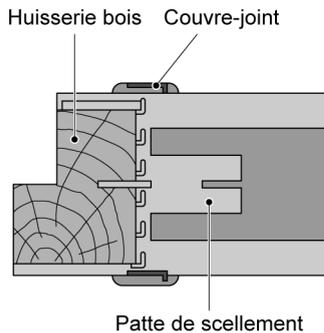
Le départ d'une cloison doit être réalisé par engravement dans le mur support (ou dans la contre-cloison lorsque celle-ci est en maçonnerie plâtrière), à raison d'un rang sur trois (fig. 7.2). Le décalage entre les joints verticaux des éléments varie de 1/2 à 1/3 de leur longueur.

**Tab. 7.4. Dimensionnement et distance entre raidisseurs des cloisons en pierres naturelles**  
(source : NF DTU 20.13 P1-1)

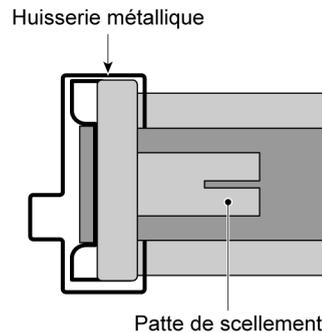
| Épaisseur brute de la cloison (mm) | Hauteur maximale (m) | Distance horizontale maximale entre raidisseurs (m) | Surface maximale entre éléments raidisseurs (m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------|----------------------|---|---|
| 80                                 | 2,60                 | 5,00  | 10  |
| 100                                | 3,00                 | 6,00  | 15  |
| 125                                | 3,80                 | 7,00  | 20  |
| 150                                | 4,00                 | 8,00  | 25  |



**Fig. 7.1. Encastrement de canalisations électriques dans une cloison maçonnée** (d'après la norme NF DTU 20.13 P3)



**a** Cas d'une huisserie bois

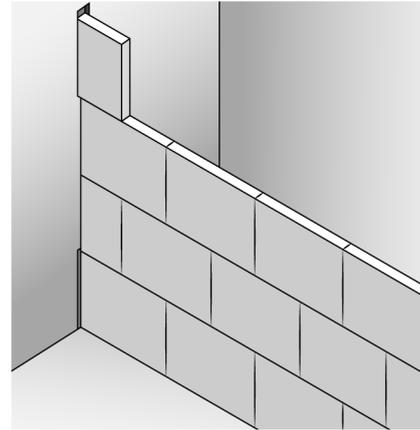


**b** Cas d'une huisserie métallique

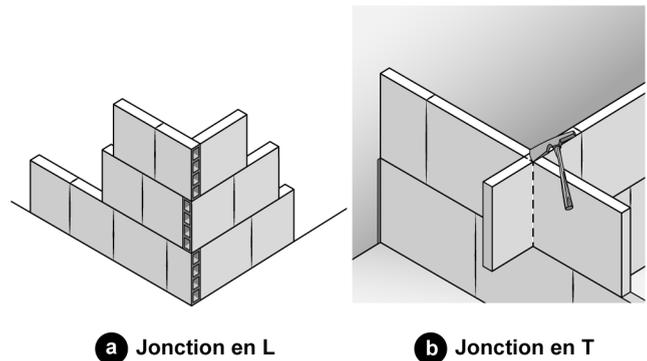
**Fig. 7.4. Renforts d'huissieries incorporés dans les joints de maçonnerie plâtrière**

Les jonctions en T ou en L sont réalisées par harpage (fig. 7.3).

La jonction entre une cloison et une huisserie s'effectue par emboîtement ou collage, et doit comporter, sur toute la hauteur, 3 renforts coulissants ou vissés, et incorporés dans les joints horizontaux (fig. 7.4).



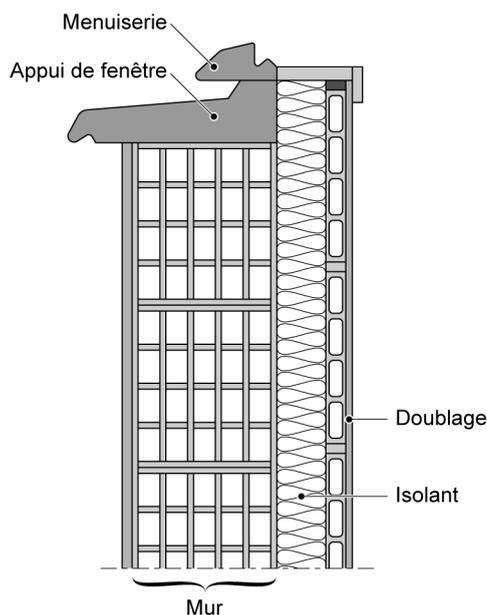
**Fig. 7.2. Départ d'une cloison en maçonnerie plâtrière**



**a** Jonction en L

**b** Jonction en T

**Fig. 7.3. Jonctions en T ou en L de deux cloisons en maçonnerie plâtrière**



**Fig. 7.5. Exemple de positionnement du nu d'une contre-cloison en briques plâtrières et du bâti la recevant** (source : NF DTU 20.13 P1-1)

Les ouvertures doivent être réglées de telle façon que la contre-cloison affleure au nu du bâti ou puisse s'y emboîter (fig. 7.5).

Les déformées des planchers sont absorbées par une désolidarisation en tête, réalisée au moyen de mousse imprégnée.

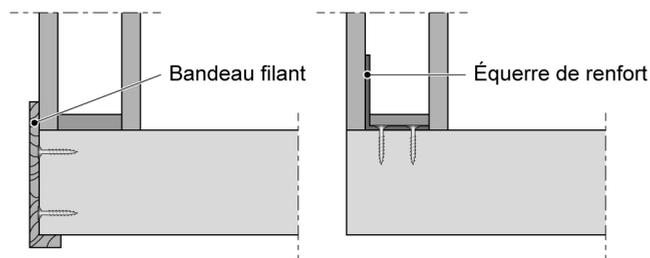
Dans le cas particulier d'une cloison positionnée en bord de trémie ou surplombant un vide, le NF DTU 20.13 prescrit un renforcement en bas de mur : bandeau filant ou équerres de renfort fixées tous les 1,20 m (fig. 7.6).

## 7.1.2 Cloisons et contre-cloisons en carreaux de plâtre

### 7.1.2.1 Généralités

La mise en œuvre d'une cloison et contre-cloison en carreaux de plâtre est identique à celle d'une cloison en maçonnerie, la différence étant la nature de l'élément à maçonner – le carreau de plâtre –, qui est avec la plaque de plâtre un des premiers produits semi-finis en plâtre de l'ère productiviste moderne (voir § 3.1).

Une cloison en carreaux de plâtre présente généralement une excellente résistance au feu, pouvant atteindre EI 90 à EI 180. Cette qualité est apportée par la masse de gypse en œuvre, dont la réaction de cuisson consomme avantageusement l'énergie du feu (voir § 4.1.1 et 14.1.1.2). Ceci a conduit à développer une gamme d'applications techniques particulières : les conduits de ventilation ou de désenfumage.



**Fig. 7.6. Renforcement d'une cloison en maçonnerie plâtrière en bord de trémie** (d'après la norme NF DTU 20.13 P 1-1)

Ces éléments sont mis en œuvre de la même façon que les cloisons et doivent être complétés par une plaque de plâtre spécialement formulée, garantissant l'étanchéité du conduit, essentielle au bon fonctionnement de l'installation. La résistance au feu de ces conduits atteint généralement EI 120.

Les particularités d'une cloison en carreaux de plâtre sont les suivantes :

- elle n'est pas obligatoirement enduite ;
- la forme particulière des bords des carreaux permet un emboîtement et nécessite peu de produit de collage.

Sa mise en œuvre est encadrée par le NF DTU 25.31. Le produit de montage, défini dans la partie 1-2 du NF DTU 25.31 et la norme NF EN 12860, est un liant-colle à base de plâtre, plus fin que le plâtre gros et dont une caractéristique essentielle est d'offrir une meilleure résistance à l'arrachement que le carreau de plâtre lui-même. Un mélange de liant-colle et de plâtre, ou une mousse en polyuréthane, est utilisé en tête de cloison pour absorber les déformées du plancher haut.

### 7.1.2.2 Dimensionnement

Le dimensionnement d'une cloison est inspiré de celui d'une cloison maçonnerie en briques ou blocs (tab. 7.5).

### 7.1.2.3 Positionnement des raidisseurs

Différents types de raidisseurs, (poteaux métalliques, poteaux en bois ou raidisseurs en carreaux de plâtre) ainsi que leur mise en œuvre sont décrits dans le DTU.

Dans les locaux moyennement humides, classés EB par le n° 3567\_V2 des *e-Cahiers du CSTB*<sup>(3)</sup> (voir tab. 16.6), le premier rang doit être hydrofugé H2 ; dans les locaux classés EB + p (locaux humides à usage privatif tels que les salles de bains d'un logement), la cloison complète est réalisée avec des carreaux H2.

(3) « Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois et nomenclature des supports pour revêtements muraux intérieurs », *e-Cahiers du CSTB*, n° 3567\_V2, novembre 2021.

# Cloisons et contre-cloisons en plaques de plâtre

Les premières cloisons en plaques de plâtre étaient dévolues à la distribution intérieure de logements et construites par clouage des plaques de plâtre sur une ossature en bois.

Elles sont aujourd'hui, pour l'essentiel, mises en œuvre par vissage des plaques sur une ossature en acier. Bien que l'ossature en bois soit conservée dans le NF DTU 25.41, son utilisation se limite, pour l'essentiel, aux constructions à ossature bois. Le vissage des plaques sur une ossature en bois étant similaire au vissage des plaques sur ossature métallique, seules sont précisées, lorsqu'il y a lieu, les particularités de l'ossature en bois.

Certaines cloisons ou solutions techniques s'écartent du cadre du NF DTU 25.41, telles que les cloisons séparatives ou les cloisons d'une hauteur supérieure à 7 m. Plusieurs DTA<sup>(1)</sup> valident ces mises en œuvre particulières.

Enfin, nous indiquerons, étape par étape, la construction des cloisons distributives, séparatives alternées ou désolidarisées (fig. 8.1), en commençant par des généralités et le rappel de précautions inhérentes au produit.

## 8.1 Généralités

### 8.1.1 Dimensionnement des cloisons

Le dimensionnement des cloisons répond à deux exigences principales : le dimensionnement du parement et celui de l'ossature.

#### 8.1.1.1 Dimensionnement du parement

Le dimensionnement du parement dépend de la destination du local concerné : privée (cas A) ou publique

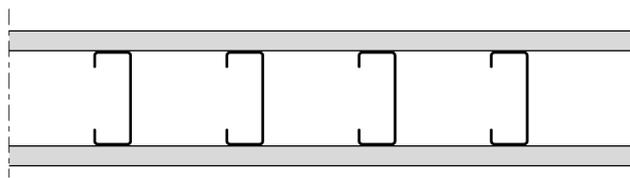
(cas B), correspondant à deux énergies de chocs de service différentes, respectivement 60 et 120 J<sup>(2)</sup> (tab. 8.1).

**Tab. 8.1. Dimensionnement des parements d'une cloison**  
(source : NF DTU 25.41 P1-1)

| Types de locaux  | Parement des cloisons et contre-cloisons   |
|--|--|
| Cas A : emploi dans des locaux assimilables à l'occupation des logements dont la résistance au choc des cloisons ou contre-cloisons est de 60 J (maisons individuelles, parties privatives des logements collectifs et bureaux). | Parement constitué <i>a minima</i> d'une plaque (BA 13, BA 15, BA 18 ou BA 25).<br>Cloisons alvéolaires 50 mm et 60 mm.  |
| Cas B : emplois autres que ceux visés dans le cas A.   | Pour les plaques en largeur 1 200 mm, le parement est constitué <i>a minima</i> d'une plaque BA 18 ou de deux plaques BA 13 ou de deux plaques BA 15.<br>Pour les plaques en largeur 900 mm, le parement est constitué <i>a minima</i> d'une plaque BA 18 ou BA 25.<br>Les ouvrages cloisons et contre-cloisons doivent satisfaire à un essai de résistance aux chocs selon l'annexe D, § D.2.2.1 (cas B). |

(1) Documents techniques d'application élaborés par la Commission chargée de formuler des avis techniques et documents techniques d'application (CCFAT), suivant les procédures définies par l'arrêté du 21 mars 2012 [NOR : DEVL1205280A) pour valider la mise en œuvre de systèmes non traditionnels. Les avis techniques ou DTA permettent la mise en œuvre des systèmes visés dans le cadre des marchés publics et conditionnent souvent leur assurabilité.

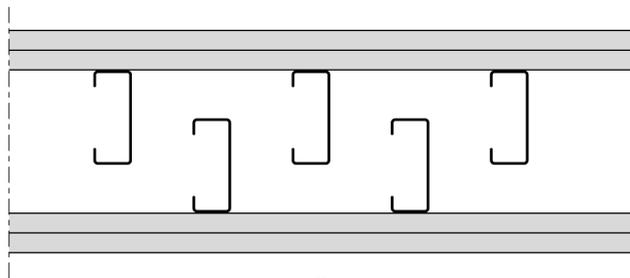
(2) L'exigence aux chocs de service est l'absence de désordre apparent. Dans les deux cas, le choc de sécurité est fixé à 240 J et les critères retenus sont : l'absence de traversée du sac et de chute d'élément. La configuration de l'essai et le calcul de l'énergie de choc sont décrits dans la figure 19.1.



**a**

**Cloison distributive :**

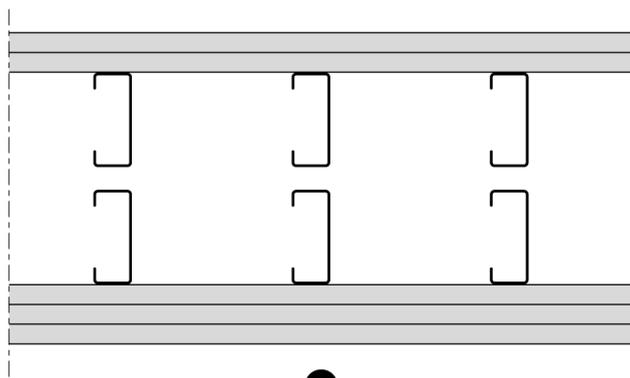
une seule file de montants délimitant le vide de cloison (l'exemple illustre une cloison à simple peau, mais les cloisons distributives peuvent aussi être à double ou triple peau).



**b**

**Cloison séparative alternée :**

deux files de montants alternés situés dans un vide de cloison restreint (l'exemple illustre une cloison à double peau, mais il existe aussi des cloisons séparatives à simple ou à triple peau).



**c**

**Cloison séparative désolidarisée :**

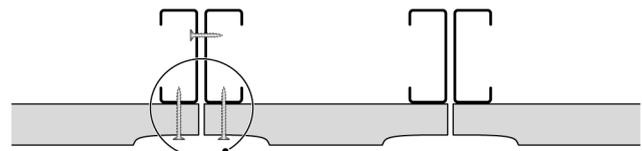
deux files de montants situés dans un vide de cloison permettant une mise en œuvre en vis-à-vis (l'exemple illustre une cloison asymétrique à 5 plaques ; les montants ne sont pas obligatoirement en vis-à-vis).

**Fig. 8.1. Typologie des cloisons**

Lorsqu'une contre-cloison ou une cloison séparative comporte une ossature accolée disposée tous les 900 mm, les joints entre les montants doubles et entre plaques sont superposés au travers de l'épaisseur de la cloison : il y a donc souvent fissuration prématurée si aucune précaution n'est prise.

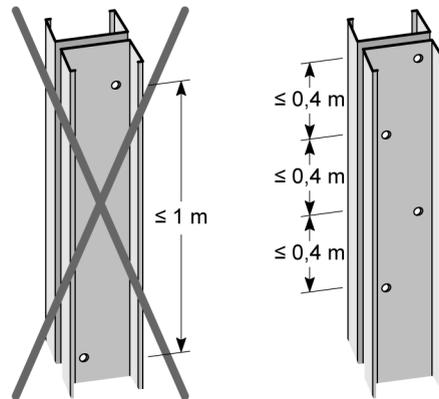
Les solutions suivantes ont été essayées avec succès : resserrement du vissage des montants entre eux à 40 cm

(au lieu d'un mètre prescrit dans la norme NF DTU 25.41 P1-1) ou décalage des joints des plaques d'au moins 5 mm par rapport aux joints entre les montants (fig. 8.2).

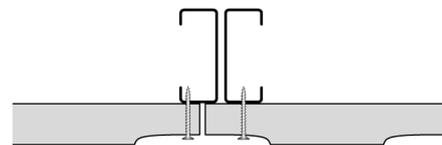


Point faible identifié

**a** Point faible



**b** Renforcement de la liaison entre montants



**c** Décalage des joints entre plaques et entre montants

**Fig. 8.2. Point faible et renforcements possibles d'une contre-cloison avec plaque de 900 mm et ossatures doublées disposées à entraxe de 900 mm**

**8.1.1.2 Dimensionnement de l'ossature**

Le dimensionnement de l'ossature peut s'effectuer selon trois méthodes différentes :

- dans le cas d'une cloison distributive, une méthode dite « de la largeur collaborante », développée dans les années 2000 (voir § 20.2), permet de calculer une largeur de parement contribuant à la rigidité de la cloison et de l'associer à la section des montants. Cette méthode est assortie d'une déformée inférieure ou égale au  $1/500^{\circ}$  de la hauteur de la cloison, calculée suivant les lois de la résistance des matériaux ;
- dans le cas d'une cloison séparative ou d'une cloison constituée de plaques contrecollées (type « duo »), la méthode de la largeur collaborante n'est pas applicable,

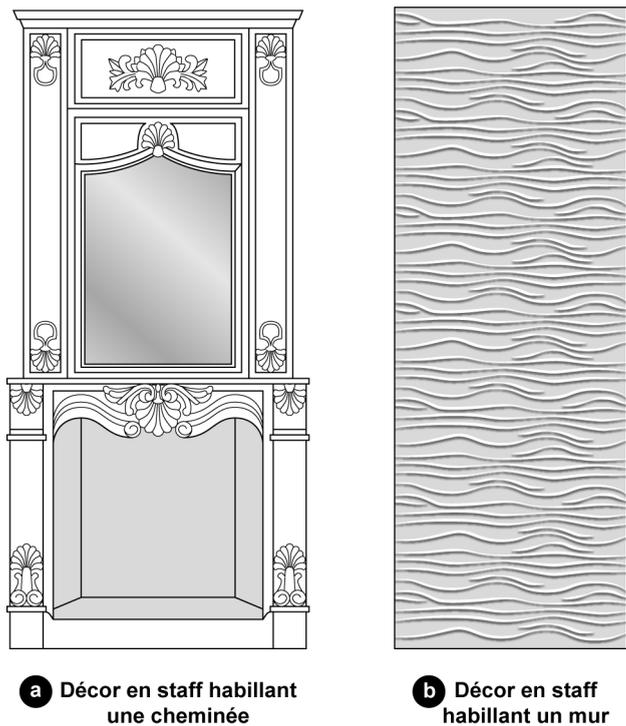


Fig. 12.2. Exemples de parois verticales en staff

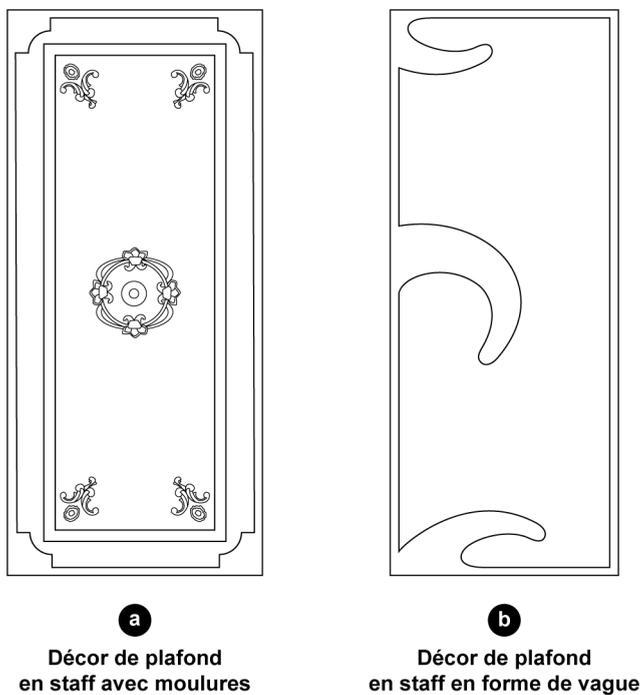


Fig. 12.3. Exemples de décors de plafond en staff

## 12.4 Plaques de plâtre décoratives

Comme le staff en son temps, de nouvelles techniques concurrencent aujourd'hui celles établies.

### 12.4.1 Corniches préfabriquées

Depuis plusieurs décennies, des corniches préfabriquées, fabriquées sur une ligne continue de la même façon que les plaques de plâtre, sont apparues en Angleterre. Plusieurs produits sont proposés, principalement dans les pays anglo-saxons (fig. 12.4).

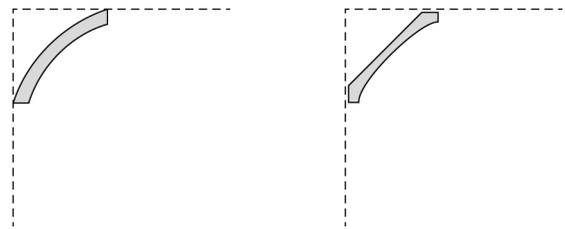


Fig. 12.4. Exemples de corniches préfabriquées en continu

Ils sont destinés à décorer les liaisons entre cloisons et plafonds. Leur longueur est supérieure à 4 m et leur largeur est d'une dizaine de centimètres environ.

Ces éléments étant fragiles, leur mise en œuvre appelle un soin particulier. L'emplacement de la corniche est d'abord marqué, puis chaque longueur est sciée à l'aide d'une boîte à onglets. Les petites longueurs sont positionnées en premier, à partir des angles saillants ; ensuite sont posées les grandes longueurs, avec un léger cintrage contrarié, afin d'imposer une compression aux joints entre corniches. Les angles rentrants sont de préférence réalisés avec de grandes longueurs. Il est recommandé de prépositionner chaque longueur à sec pour vérifier sa bonne dimension.

Chaque corniche est collée au support à l'aide d'un adhésif à base de plâtre déposé par des plots d'environ 1 cm sur ses extrémités haute et basse. Les supports poreux doivent être humidifiés au préalable afin que l'adhésif conserve son dosage en eau. Les corniches doivent être clouées aux supports en bois, notamment aux pourtours d'une poutre ou devant un placard.

Les joints entre les corniches ou avec la cloison et le plafond sont ensuite garnis d'adhésif à refus. Un clouage provisoire maintient les corniches pendant la prise de l'adhésif.

### 12.4.2 Parachèvement des plaques de plâtre

Chaque industriel propose sa gamme de produits parachèvés, réalisés à partir de plaques de plâtre. Il peut s'agir de prédécoupes, de préformage ou de formes achevées. Leur principale application est la décoration.

## Le plâtre et l'humidité

Le spectre des briques plâtrières est visible en hiver, lorsque l'enduit (par exemple d'une voûte) n'est pas revêtu, car l'humidité absorbée par le plâtre apparaît plus fortement au droit des joints. Cet exemple illustre parfaitement la capacité du plâtre à absorber l'humidité et à la restituer. Cette qualité accroît les risques liés à sa solubilité dans l'eau, qui est, avec la facilité de sa cuisson, son plus gros point faible.

Ce chapitre aborde les risques pour les ouvrages en plâtre vis-à-vis des différentes sources d'humidité d'une construction (façade, remontée capillaire et humidité des locaux) ainsi que les moyens de les éviter.

### 16.1 Le plâtre et l'humidité des façades

#### 16.1.1 Pénétration d'eau par les façades : typologie des murs

La norme NF DTU 20.1 P3<sup>(1)</sup> définit plusieurs types de murs en fonction de leur résistance à la pénétration d'eau : du mur le plus perméable (type I) au plus imperméable (type IV) ; et, pour les murs isolés par l'extérieur, les types XI à XIV.

Ces classements définissent les murs dans leur totalité, y compris lorsqu'ils sont doublés ou habillés par l'intérieur. La caractéristique des ouvrages de plâtrerie y a donc son importance.

Bien qu'ils fassent partie de la composition du mur, les complexes de doublage et leur mise en œuvre sont traités aux § 6.6 et 11.1.

##### 16.1.1.1 Murs avec isolation par l'intérieur

Mur de type I

Un mur de type I ne comporte ni revêtement étanche sur son parement extérieur ni coupure de capillarité dans son épaisseur (fig. 16.1).

(1) NF DTU 20.1 P3 (juillet 2020 – indice de classement : P 10-202-3) : Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs. Partie 3 : dispositions constructives minimales.

Le plâtre étant sensible à l'humidité, un enduit en plâtre doit être considéré comme hydrophile.

Les enduits extérieurs courants participent à la définition des murs de type I.

Mur de type II

Un mur de type II ne comporte aucun revêtement étanche sur son parement extérieur, mais intègre, dans son épaisseur, une coupure de capillarité continue.

Lorsque la coupure de capillarité s'effectue par un isolant non hydrophile, le mur de type II entre dans la sous-classe IIa ; à l'inverse, si la coupure de capillarité est constituée par une lame d'air continue, le mur appartient à la sous-classe IIb (fig. 16.2).

Concernant les complexes de doublage, les plots de mortier-colle sont *a priori* imputrescibles, mais ils ne sont pas étanches à l'humidité : le mur ne relève donc de la classe IIb que lorsque l'isolant du complexe est non hydrophile.

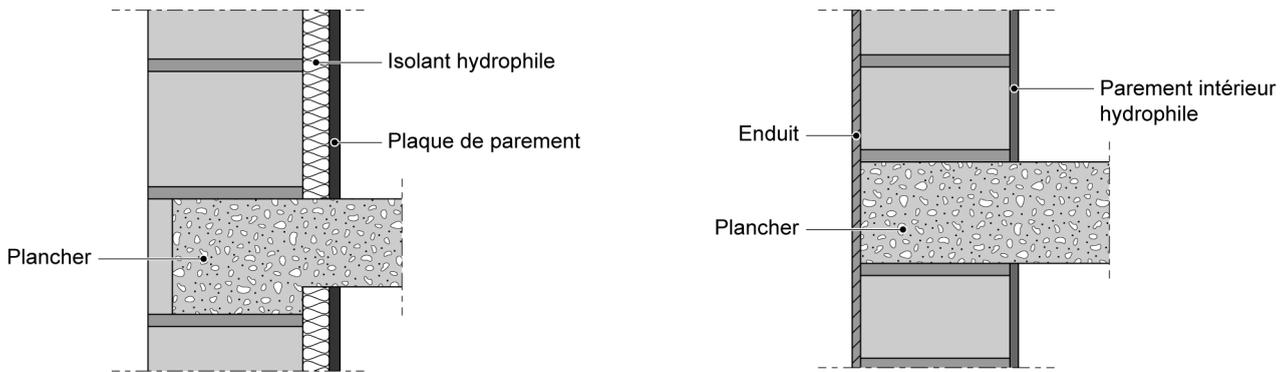
#### REMARQUE

##### Isolants hydrophiles ou non hydrophiles

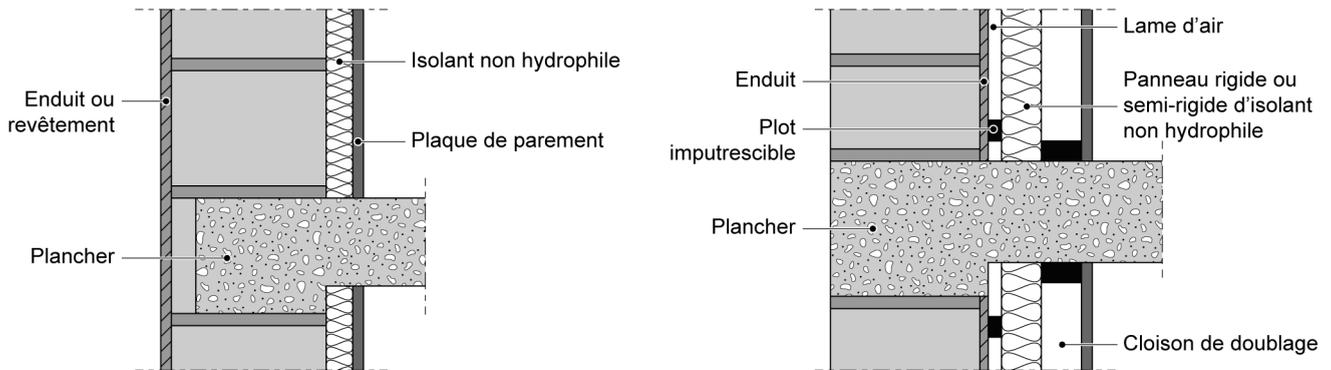
Les laines minérales semi-rigides, les isolants plastiques alvéolaires (PSE, XPS, PUR, PIR, etc.) ainsi que le verre cellulaire ne sont généralement pas considérés comme hydrophiles<sup>(2)</sup>. À l'inverse les isolants biosourcés, tels que la paille, la ouate de cellulose, le chanvre ou la laine naturelle, sont habituellement hydrophiles.

La notion d'« hydrophile », issue du NF DTU 20.1, n'est pas précisée et les prescriptions des normes s'appliquant aux isolants varient selon les familles de produits, en référence à trois méthodes

(2) Deux types d'essais permettent de caractériser le caractère hydrophile, ou non hydrophile, d'un isolant : l'essai à court terme (immersion pendant 24 h) et l'essai à long terme (pendant 28 jours). Ces essais ciblent le comportement des isolants en façade. La pénétration d'humidité au travers d'un complexe composé d'un mur, d'une lame d'air éventuelle, d'un isolant et d'une plaque de plâtre appelle des notions plus complexes.



**Fig. 16.1. Exemples de murs du type I** (source : NF DTU 20.1 P3)



**Fig. 16.2. Murs de types IIa et IIb** (source : NF DTU 20.1 P3)

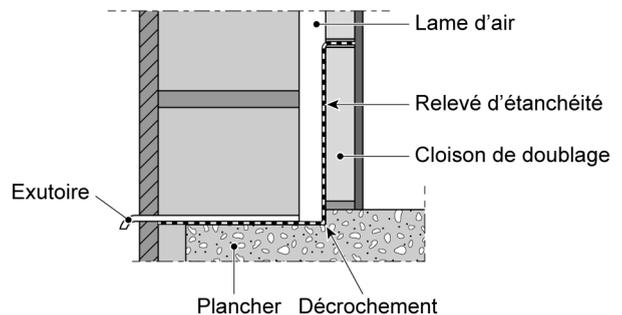
d'essais, issues des normes NF EN 1609<sup>(3)</sup>, NF EN ISO 16535<sup>(4)</sup> et NF EN ISO 16536<sup>(5)</sup>.

Seul le classement WS, indiqué sur le certificat Acermi de l'isolant, permet d'attester, lorsque c'est le cas, de son caractère non hydrophile. En revanche, les plots de mortier-colle utilisés pour coller les complexes de doublage ne peuvent pas être considérés comme non hydrophiles.

Un doublage sur ossature relève du type IIa lorsqu'il comporte un isolant non hydrophile au contact du mur, et du type IIb s'il est possible de démontrer l'absence de contact entre l'isolant et le mur.

### Mur de type III

Un mur de type III a une paroi extérieure en maçonnerie, non protégée par un revêtement étanche, doublée par une seconde paroi, séparée de la première par une lame d'air continue, à la base de laquelle est intégré un dispositif de collecte et d'évacuation vers l'extérieur des eaux d'infiltration. Il diffère du mur du type IIb par la présence du dispositif de collecte et d'évacuation (fig. 16.3).

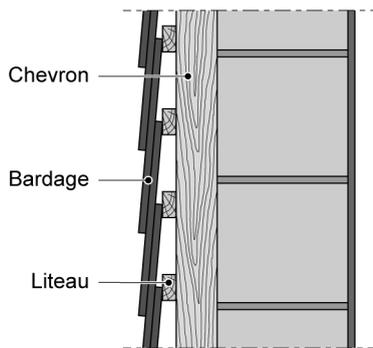


**Fig. 16.3. Exemple de mur du type III**  
(source : NF DTU 20.1 P3)

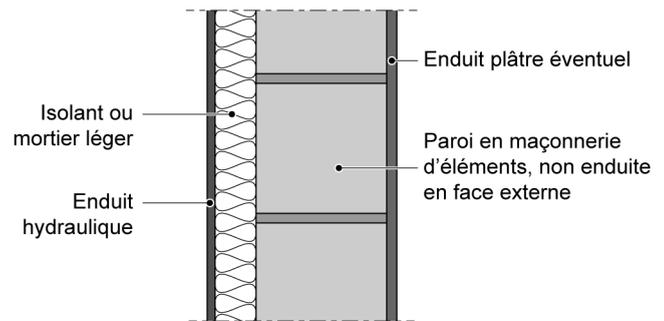
(3) NF EN 1609 (juillet 2019 – indice de classement : P 75-213) : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme : essai par immersion partielle.

(4) NF EN ISO 16535 (juillet 2019 – indice de classement : P 75-216) : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à long terme par immersion.

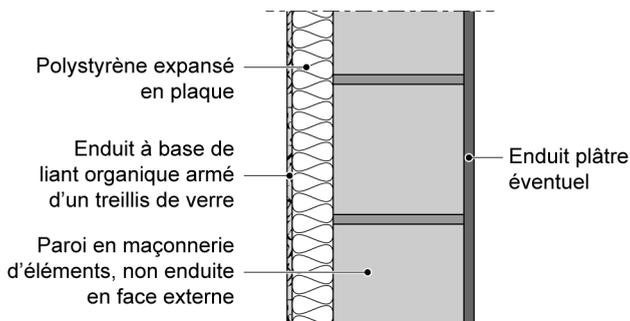
(5) NF EN ISO 16536 (juillet 2019 – indice de classement : P 75-217) : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à long terme par diffusion.



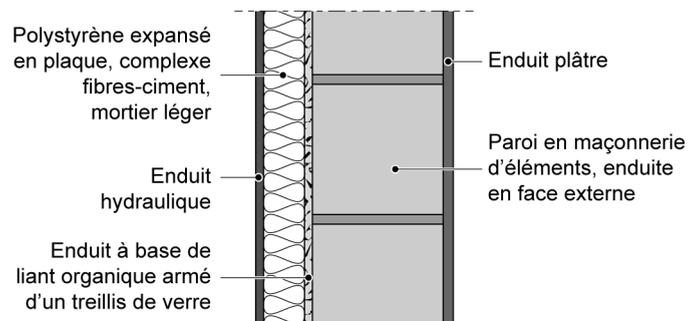
**Fig. 16.4. Exemple de mur du type IV**  
(source : NF DTU 20.1 P3)



**Fig. 16.5. Exemple de mur du type XI**  
(source : NF DTU 20.1 P3)



**Fig. 16.6. Exemples de murs du type XII** (source : NF DTU 20.1 P3)



#### Mur de type IV

Un mur de type IV est un mur dont l'étanchéité à la pluie est assurée par un revêtement étanche<sup>(6)</sup> situé devant la paroi en maçonnerie (fig. 16.4).

#### 16.1.1.2 Murs avec isolation par l'extérieur

##### Mur de type XI

Un mur du type XI ne comporte aucune disposition spécifique permettant de s'opposer au cheminement de l'eau de pluie jusqu'au parement intérieur. Le système d'isolation et la paroi support sont considérés comme perméables à l'eau (fig. 16.5).

##### Mur de type XII

L'étanchéité à l'eau d'un mur du type XII est assurée soit grâce aux caractéristiques d'étanchéité du système d'isolation, indépendamment du support lui-même, soit par une paroi considérée à elle seule comme étant de type I : la

protection apportée par le système d'isolation, qui limite les arrivées d'eau, assure la conservation de la fonction d'étanchéité (fig. 16.6).

##### Mur de type XIII

Le principe d'un mur de type XIII repose sur le fait que, dans des conditions d'exposition sévères, l'eau qui atteint le système d'isolation peut en quantité limitée pénétrer derrière la peau extérieure de celui-ci (fig. 16.7).

##### Mur de type XIV

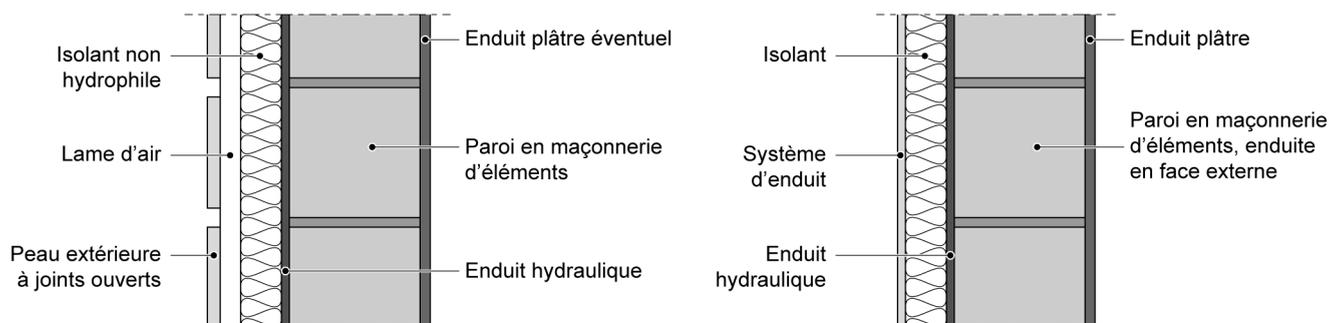
Dans un mur de type XIV, l'étanchéité n'est assurée que par la peau extérieure du système d'isolation (fig. 16.8).

#### 16.1.1.3 Choix des murs en fonction de leur exposition

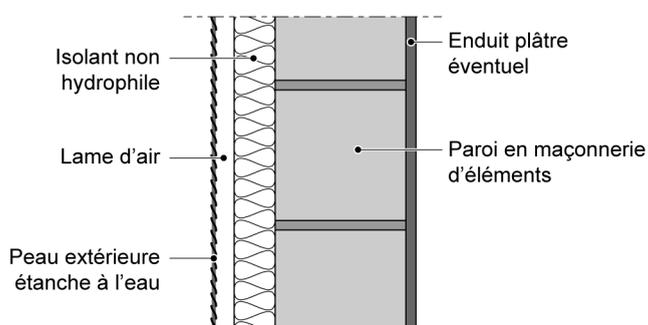
Le choix du type de mur dépend des critères suivants :

- la situation de la construction (a, b, c ou d) :
  - a) : constructions situées à l'intérieur des grands centres urbains (villes où la moitié au moins des bâtiments ont plus de quatre niveaux,
  - b) : constructions situées dans les petites et moyennes villes, ou à la périphérie des grands centres urbains,
  - c) : constructions isolées en rase campagne ;
  - d) : constructions isolées en bord de mer ou situées dans les villes côtières ;

(6) Le terme « étanche » ne doit pas être confondu avec la notion d'étanchéité s'appliquant à une toiture-terrace. « Imperméable » ou « imperméable à la pluie battante » paraît ici plus approprié.



**Fig. 16.7. Exemples de murs du type XIII** (source : NF DTU 20.1 P3)



**Fig. 16.8. Exemple de mur du type XIV**  
(source : NF DTU 20.1 P3)

- l'exposition de la façade : abritée, non abritée ou front de mer ;
- la hauteur du mur par rapport au niveau du sol (ou à l'aval d'un dénivelé significatif<sup>(7)</sup>) ;
- du revêtement de la façade : maçonnerie apparente (tab. 16.1), maçonnerie enduite (tab. 16.2) ou isolation par l'extérieur (tab. 16.3).

### 16.1.2 Doublage de murs

Un mur en maçonnerie apparente ne peut être de type I (voir tab. 16.1). Par conséquent, à moins que l'isolant mis en œuvre soit considéré comme non hydrophile, la création d'une lame d'air est obligatoire.

Lorsque l'isolation est partagée, c'est-à-dire qu'elle est répartie entre une isolation par l'extérieur et une isolation par l'intérieur, il convient d'analyser la perméabilité de chaque couche de matériau à la vapeur d'eau. En principe, la perméabilité, de l'intérieur vers l'extérieur de la paroi, doit croître afin que l'humidité accumulée puisse être évacuée vers l'extérieur.

Si la paroi comporte un pare-vapeur, celui-ci doit obligatoirement être situé du côté chaud. En l'état actuel des connaissances, la règle dite du « 1/4-3/4 » reste admise : un quart de l'isolation est situé du côté chaud du pare-vapeur, et les trois quarts de l'autre côté<sup>(8)</sup>.

Enfin, il est rappelé qu'il ne faut jamais superposer deux pare-vapeur : l'humidité qui serait emprisonnée entre les deux ne serait plus maîtrisée.

### 16.1.3 Complexes de doublages

Il existe trois catégories (P1, P2, P3) de produits de doublage (voir tab. 6.10). Leur emploi dépend de la perméance de l'isolant et de la situation du mur (voir tab. 11.1).

### 16.1.4 Cas des façades légères

Une façade légère obéit aux mêmes principes de transferts d'humidité que ceux indiqués au § 16.1.2 : la perméabilité à la vapeur d'eau des produits mis en œuvre doit croître, au fur et à mesure que les produits sont situés vers l'extérieur.

Les bâtiments à ossature en bois sont traités dans la norme NF DTU 31.2 P1-1<sup>(9)</sup>, tandis que ceux à ossature en acier relèvent de la norme NF DTU 32.3 P1-1<sup>(10)</sup>. D'autres conceptions de façades font régulièrement l'objet

(8) Cette règle (voir incise « Isolation intérieure, extérieure ou partagée », en introduction du chapitre 11) correspond aux zones très froides, définies par la norme NF P 52-612/CN (voir § 11.1.1.3). Hors zone très froide, le rapport communément admis est de 1/3-2/3. Le manque de recul occasionné par les augmentations récentes des épaisseurs d'isolants incite à la prudence.

(9) NF DTU 31.2 P1-1 (mai 2019 – indice de classement : P 21-204-1-1) : Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois. Partie 1-1 : cahier des clauses techniques types (CCT).

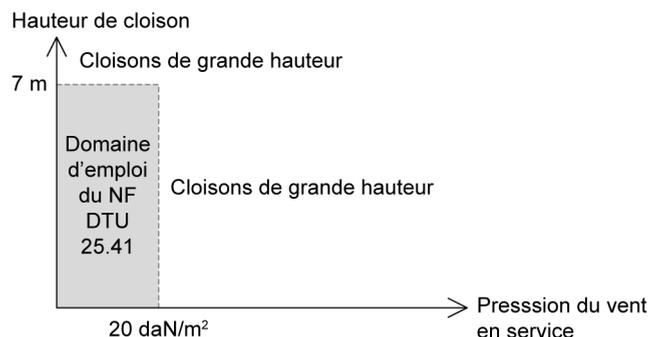
(10) NF DTU 32.3 P1-1 (septembre 2015 – indice de classement : P 22-203-1-1) : Constructions d'ossatures en acier pour maisons et bâtiments résidentiels. Partie 1-1 : cahier des clauses techniques types (CCT).

(7) Pour plus de précisions, se reporter à la norme NF DTU 20.1 P3.

# Comportement mécanique et calcul des cloisons de grande hauteur

## 21.1 Définition et domaine d'emploi des cloisons de grande hauteur

La hauteur maximale d'une cloison de hauteur courante est fixée à 7 m par l'actuel NF DTU 25.41, pour une pression maximale du vent en service de  $20 \text{ daN/m}^2$  (fig. 21.1). Au-delà, la cloison est assujettie à la procédure des avis techniques ou DTA et relève du référentiel des cloisons de grande hauteur (ou fortement sollicitées, quelle que soit leur hauteur).



**Fig. 21.1. Domaine d'emploi des cloisons de hauteurs courantes relevant du NF DTU 25.41 et des cloisons de grande hauteur**

## 21.2 Le référentiel des cloisons de grande hauteur

Le développement des multiplexes de cinéma, à la charnière des XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles, a ouvert aux industriels et entreprises du plâtre un marché très concurrentiel. Dans ces bâtiments, les exigences acoustiques et la nécessité d'une obscurité la plus complète possible, ont conduit les concepteurs à équiper les entrées des salles de sas étanches et dépourvues d'ouverture. La disposition des sièges en gradins appelait des volumes donc de cloisons de grande hauteur. De ce fait, la hauteur des cloisons y dépasse le plus souvent 10 m, ce qui a rendu obsolète la

condition de flèche (5 mm) fixée par le DTU 25.41 (1981) alors en vigueur.

Pour répondre à cette nouvelle problématique, un référentiel des cloisons de grande hauteur a été publié, la première fois, en annexe de l'avis technique n° 9/00-389<sup>(1)</sup>. Ce référentiel assouplissait la règle de déformée admissible et fixait les exigences spécifiques applicables aux cloisons de grande hauteur.

Le référentiel des cloisons de grande hauteur modulait les pressions de vent en situation de service en fonction de la typologie d'ouverture des locaux concernés et fixait les critères à retenir pour dimensionner les cloisons.

### 21.2.1 Définition des locaux

#### 21.2.1.1 Locaux étanches classés P0

La perméabilité à l'air est considérée comme nulle :  $\mu = 0$ .

Exemples : locaux dont toutes les ouvertures, généralement fermées, ne sont en communication avec l'extérieur que par l'intermédiaire d'un sas dont la présence est liée à des fonctions soit acoustiques, soit d'empoussièrement contrôlé, soit autre, mais dont le but est de maîtriser l'ambiance intérieure (salles de cinéma avec sas, cloison entre deux salles de cinéma).

#### 21.2.1.2 Locaux classés P1 à faible perméabilité

La perméabilité à l'air  $\mu$  est  $\leq 5 \%$ .

Exemple : cloison entre un local étanche et une circulation commune intérieure, elle-même isolée de l'extérieur par une porte généralement fermée.

#### 21.2.1.3 Locaux classés P2 à moyenne perméabilité

La perméabilité à l'air  $\mu$  est  $> 5 \%$  et  $\leq 15 \%$ .

(1) Avis technique n° 9/00-689, « Prégymetal SLA », mai 2000.

Exemples : cloisons dans les bâtiments d'usage courant tels que hôpitaux, habitations, bureaux, bâtiments scolaires, hôtels...

**21.2.1.4 Locaux classés P3 à forte perméabilité**

La perméabilité à l'air  $\mu$  est  $> 15 \%$ .

Exemples : locaux industriels, entrepôts de stockage...

**21.2.2 Pression à retenir en fonction du local**

La pression  $Q_d$  (daN/m<sup>2</sup>) à retenir dépend du classement du local (tab. 21.1).

Pour des raisons de simplification, les notions de régions et sites de vent, issues des règles NV 65 alors en vigueur, sont abandonnées dans ce référentiel pour les vérifications de service. La pression  $Q_d$  utilisée pour dimensionner les cloisons dépend donc uniquement de la perméabilité des locaux qu'elle entoure.

**21.2.3 Critères à retenir**

Les critères à retenir comprenaient une vérification des cloisons à l'état limite ultime (ELU), une vérification de leur flèche à l'état limite de service (ELS), une déformation maximale sous l'effet de la poussée du public et une vérification de comportement aux chocs de sécurité.

**21.2.3.1 État limite ultime (ELU)**

La vérification à l'ELU consistait à vérifier que le moment ultime appliqué à la cloison sur un modèle de flexion simple restait inférieur au moment résistant ultime connu de la cloison mise en œuvre.

La valeur de  $Q_d$  retenue pour le calcul en service était celle correspondant à la région II et on l'affectait pour les régions I et III d'un coefficient supplémentaire  $\beta$  pour la vérification à l'ELU :

– pour la région I :  $\beta = 0,80$  ;

- pour la région II :  $\beta = 1$  ;
- pour la région III :  $\beta = 1,20$ .

La vérification à l'ELU devait respecter l'inégalité suivante :

$$M_u \leq \frac{M_{ru}}{1,15}$$

avec :

$M_u$  : moment ultime appliqué à la cloison par ligne d'ossatures (daN.m) ;

$M_{ru}$  : moment résistant de la cloison, mesuré par essai par ligne d'ossatures (daN.m).

Le calcul de  $M_u$  était fondé sur le rapport 1,75 entre les pressions de vent normal et extrême, issu des règles NV 65, sur l'application du coefficient  $\beta$  et sur un modèle de flexion simple :

$$M_u = Q_d \times 1,75 \times \beta \times \frac{H_1^2}{8}$$

avec :

$Q_d$  : pression de vent à considérer en service (voir § 21.2.2) (daN/m<sup>2</sup>) ;

$\beta$  : coefficient défini ci-dessus ;

$H_1$  : hauteur de la cloison (m).

**21.2.3.2 État limite de service (ELS)**

La condition de flèche n'était plus 5 mm mais le 1/240<sup>e</sup> de la hauteur de la cloison, la condition de satisfaction à l'ELS s'écrivant donc :

$$f_1 \leq \frac{H_1}{240}$$

où  $f_1$  (m) est la flèche de la cloison sous la pression de service  $Q_d$ .

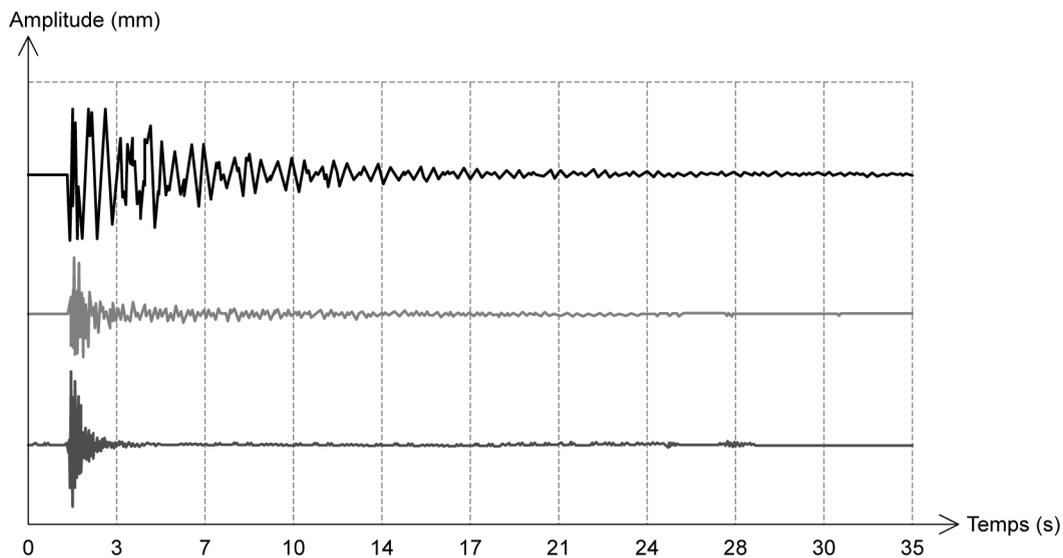
**21.2.3.3 Déformation à 1,50 m du sol**

Sous une poussée du public évaluée à 50 daN/m, la flèche enregistrée à 1,50 m du niveau bas ou des planchers intermédiaires adjacents à une cloison devait rester inférieure

**Tab. 21.1. Pression à retenir en fonction du local** (d'après l'avis technique n° 9/00-389)

| Cas <sup>(1)</sup> | Local 1 | Local 1 | Pression $Q_d$<br>(daN/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|---------|---------|---|
| A                  | P0      | P0      | 10                                      |
|                    | P1      | P0      | 15                                      |
|                    | P1      | P1      | 20                                      |
| B                  | P2      | ≤ P2    | 40                                      |
|                    | P3      | ≤ P3    | 60                                      |

(1) Les cas A et B dont il est question ici ne doivent pas être confondus avec les cas A et B définis par le NF DTU 25.41 plusieurs années plus tard (voir § 8.1.1.1).  
Pour le cas A, les locaux sont supposés suffisamment isolés du vent par les façades pour que la notion de région de vent n'ait pas à être retenue et  $\beta$  est pris égal à 1, quelle que soit la région.



**Fig. 21.2. Exemples d'amortissements modaux d'une cloison comportant des profilés de type  $\Sigma$  et des fourrures horizontales d'une épaisseur de  $6/10^e$**

à 1 cm. Cette condition appelait un calcul particulier lorsque les gradins étaient construits après la cloison.

#### 21.2.1.4 Comportement aux chocs

Le principe de l'exigence de comportement au choc de sécurité de 240 J (voir § 19.1.1.1) restait inchangé, mais s'adaptait à la hauteur des cloisons : le choc, dont l'impact était alors fixé à mi-hauteur de la cloison, s'effectuait à 1,5 m du sol pour une cloison de grande hauteur. L'exigence d'absence de désordre constaté autre que de la microfissuration était conservée.

### 21.3 Comportement dynamique des cloisons de grande hauteur

Dès l'ouverture du marché des multiplexes à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, deux principes constructifs différents se sont affrontés : le premier consistait à doter la cloison d'une ossature primaire constituée de profilés de charpente métallique à parois minces<sup>(2)</sup>, l'autre à réaliser une poutre-échelle dont les liaisons entre montants étaient équipées d'une rupture acoustique<sup>(3)</sup>.

Un comportement dynamique potentiellement dangereux a été détecté sur une cloison séparative construite suivant

le premier système : une personne seule pouvait mettre en branle, et peut-être en résonance, plusieurs centaines de mètres carrés de parement.

Le comportement a été reproduit et instrumenté selon la méthode du bruit de fond sismique<sup>(4)</sup> (fig. 21.2).

S'appuyant sur la mécanique vibratoire, une exigence de comportement dynamique, limitant la fréquence propre minimale  $f$  d'une cloison à 3 Hz, a alors été proposée :

$$f \geq 3 \text{ Hz}$$

où :

$$T = \frac{1}{f} = \lambda \cdot H^2 \cdot \sqrt{\frac{p}{g \cdot E \cdot I}}$$

avec :

$T$  : période propre du système (s) =  $\frac{1}{f}$  ;

$\lambda$  : coefficient dépendant des conditions d'appui du système (fig. 21.3) ;

$H$  : hauteur de la cloison (m) ;

$p$  : masse linéique de l'élément considéré (N/m) ;

$g$  : accélération de la pesanteur ( $m/s^2$ ) ;

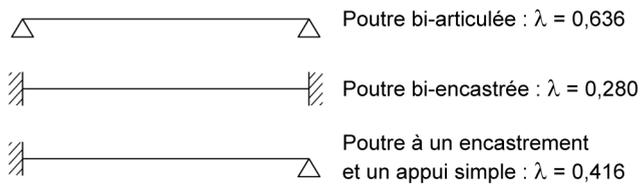
$E$  : module d'élasticité à considérer (210 000 N/mm<sup>2</sup> pour l'acier) ;

$I$  : moment d'inertie de la section (m<sup>4</sup>).

(2) Il s'agit du système Megastil de Placoplatre, contretypé en Maximetal par Lafarge Plâtres et en Knauf GH Futur par Knauf.

(3) Prégymetal SLA (aujourd'hui Sinemax).

(4) Cette méthode consiste à exploiter les vibrations permanentes transmises par le sol aux éléments de construction. Elle exige une instrumentation très sensible et comporte l'avantage de balayer l'ensemble du spectre, sans devoir exciter la cloison de façon potentiellement dangereuse.



**Fig. 21.3. Coefficients  $\lambda$  issus de la mécanique vibratoire en fonction des conditions d'appui**

#### REMARQUE

Pour une cloison,  $E \cdot I$ , notée  $(ei)_{\text{cloison}}$  (voir § 20.1.2), désigne la raideur de cette cloison, exprimée en  $\text{N.m}^2$ .

La modification du référentiel des cloisons de grande hauteur a retenu le modèle de la poutre biarticulée ( $\lambda = 0,636$ ), qui reste aujourd'hui le modèle officiel, dans le calcul de la période propre du système ; ce qui donne :

$$T = 0,636 \times H^2 \cdot \sqrt{\frac{M}{EI}} \leq 0,33 \text{ s}$$

avec :

$T$  : période propre de l'élément considéré (s) ;

$H$  : hauteur de la cloison (m) ;

$M$  : masse linéique de la cloison pour l'élément d'ossature étudié (kg/m) ;

$EI$  : raideur  $(EI)_{\text{cloison}}$  ( $\text{N.m}^2$ ) mesurée par essai, de l'élément d'ossature étudié.

Cependant, cette formule ne peut s'appliquer à tous les systèmes de cloisons. En effet, comme vu précédemment (voir § 20.1.2.2), le modèle le plus simple de cloison n'est pas articulé en pied sinon en tête.

Lorsque les deux parements sont reliés par une ossature commune et comportent une liaison au sol, le modèle d'un encastrement en pied peut être retenu dès lors que le déplacement du centre de gravité sous l'effet des sollicitations normales à la cloison demeure dans son épaisseur initiale. Sans pouvoir afficher un monolithisme total de la cloison, il faut aussi tenir compte du poids des parements, qui tend le plus souvent à ramener la cloison à son point d'origine.

En revanche, lorsqu'un résilient acoustique est disposé sous le sabot des montants primaires, non seulement l'appui n'est pas un encastrement, mais il est élastique, donc plus souple qu'en l'absence de résilient<sup>(5)</sup>.

De la même façon, les dispositifs de coulisse, souvent réalisés en tête des cloisons de grande hauteur, autorisent la dilatation des ossatures et les déplacements verticaux de la structure d'accueil, mais s'opposent à la rotation de

la section ; ils sont ainsi plus proches d'un encastrement que d'un appui simple.

Une analyse au cas par cas, par des personnes connaissant à la fois la mécanique des vibrations et les cloisons étudiées, est nécessaire.

## 21.4 Résistance des cloisons de grande hauteur au cisaillement

### 21.4.1 Dispositifs de coulisse

Une cloison de grande hauteur est le plus souvent mise en œuvre dans un grand volume, donc dans une structure d'accueil d'une portée importante, subissant de ce fait de forts déplacements<sup>(6)</sup>, tant vers le haut que vers le bas. En cas de déplacement vers le haut, il y a un risque que la cloison se déchausse ; mais les déplacements les plus importants sont souvent orientés vers le bas et une cloison n'est pas dimensionnée pour supporter le poids d'une charpente.

Les dispositifs de coulisse les plus souvent rencontrés sont des rails hauts d'une épaisseur de 10 à 20/10<sup>e</sup> et dont la largeur des ailes est dimensionnée pour assurer le maintien des montants, tout en autorisant leur glissement dans le rail. Lorsque l'assemblage est réalisé à l'aide de sabots boulonnés, la coulisse est exécutée sous forme de trous oblongs (voir § 21.4.2.1).

Le dimensionnement d'un dispositif de coulisse s'effectue ainsi en deux temps (fig. 21.4) :

- d'abord, sous sollicitations ultimes, pour prévenir le risque de déchaussement des montants lors d'un déplacement important de la structure d'accueil vers le haut ;
- puis, aux états limites de service, pour éviter les risques de chargement indu de la cloison lors d'un déplacement vers le bas.

Enfin, en cas d'incendie, la dilatation des montants doit pouvoir être absorbée par le dispositif de coulisse : il faut alors considérer les déformations sous la combinaison des charges en pareil cas, en tenant compte des déformées structurelles.

(5) Ce montage a été adopté pour reproduire le phénomène vibratoire et il a remarquablement fonctionné.

(6) Par exemple, la toiture d'un gymnase courant d'une portée de 20 m et assujettie à une condition de flèche au 1/200<sup>e</sup> de sa portée peut se déformer de :  $20 \text{ m}/200 = 0,1 \text{ m}$ , soit 10 cm, en situation de service.