

FEDERATION FRANÇAISE DES TUILES ET BRIQUES

CENTRE TECHNIQUE DE MATERIAUX  
NATURELS DE CONSTRUCTION

**MAÇONNERIES  
ET REVETEMENTS  
DE MURS ET SOLS  
EN TERRE CUITE  
APPARENTE**

JANVIER 2010

# EDITORIAL

Il est intéressant de constater qu'en cette fin de **20e** siècle caractérisée par l'innovation et les technologies de pointe, un procédé constructif ancestral continue à apporter aux constructeurs d'aujourd'hui des réponses performantes à leur besoin : esthétique, durabilité, résistance mécanique, tenue au feu en particulier.

De nombreux bâtiments, dont l'âge se compte en siècles, ont apporté la preuve que **les maçonneries et revêtements en terre cuite apparente** possèdent ces caractéristiques et les conservent longtemps.

Cependant, l'histoire plus récente de la pathologie des façades en maçonnerie a montré également comment une dérive de la qualité des produits ou de leur mise en œuvre peut conduire en quelques années à la dégradation des ouvrages, parfois à leur disparition.

C'est dans ce contexte que de nombreux textes réglementaires et normatifs ont codifié avec de plus en plus de précision les produits en terre cuite, les conditions de leurs utilisations, mais aussi les performances à atteindre par les parois construites avec ces produits.

**Les recommandations pour la conception, l'emploi et la mise en œuvre des maçonneries et revêtements en terre cuite apparente** ont le mérite de rassembler sous une forme pratique, voire pédagogique:

- la mémoire et l'expérience de toute une profession, dont le Centre Technique des Matériaux Naturels de Construction est le lieu de rencontres et d'échanges privilégié,
- les prescriptions et les exigences des textes réglementaires et normatifs traitant des produits en terre cuite et des ouvrages édifiés au moyen de ces produits.

La lecture de ce document nous a permis de constater la conformité des textes et croquis aux documents réglementaires et normatifs actuellement en vigueur (Normes produits, Normes de mise en œuvre, Règles Professionnelles, etc..). Bien entendu le présent ouvrage ne peut donner le détail des diverses spécifications de toutes ces normes mais seulement l'essentiel, l'utilisateur pouvant se reporter à ces documents pour les produits et/ou conception qui l'intéressent plus particulièrement.

Enfin, comme pour tout outil, c'est son usage qui en montrera l'intérêt, la fiabilité, l'efficacité mais aussi peut-être certaines imperfections ou lacunes. La Fédération Française des Tuiles et Briques ou le Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction examinera certainement avec toute l'attention requise les propositions d'amélioration de ces Recommandations pour les intégrer dans une édition future.

## CONCEPTION EMPLOI MISE EN ŒUVRE

### AVERTISSEMENT

Le présent document traite de l'utilisation des briques, blocs ou des pavés de terre cuite dans les ouvrages où ces produits sont destinés à rester apparents (1). Il reprend partiellement le contenu des Normes-Produits et des Normes de mise en œuvre (ex DTU).

La conception et le domaine d'emploi des maçonneries, ainsi que les caractéristiques et la mise en œuvre des produits utilisés doivent impérativement tenir compte des suggestions particulières liées aux conditions d'exposition et aux problèmes de stabilité mécanique.

(1) Ce document ne traite pas des carreaux en terre cuite.

PAGE 2

**1.1 BRIQUES PLEINES OU  
PERFORÉES**

**1.2 BLOCS PERFORES**

**1.3 PAVES**

**1.4 PLAQUETTES**

PAGE 3 à 5

**2.1 MURS SIMPLES/MURS  
PORTEURS EN BRIQUES OU  
BLOCS APPARENTS**

- 2.1.1 Généralités
- 2.1.2 Classification :  
Murs de types IIa, IIb et III
- 2.1.3 Collecte et évacuation  
des eaux d'infiltration  
(mur de type III)
- 2.1.4 Isolant

PAGE 5 à 12

**2.2 MURS DOUBLES/MURS  
MANTEAU EN BRIQUES  
APPARENTES**

- 2.2.1 Généralités
- 2.2.2 Stabilité mécanique
- 2.2.3 Montage des parois
- 2.2.4 Classification
- 2.2.5 Collecte et évacuation  
des eaux d'infiltration  
(mur de type III)
- 2.2.6 Isolant
- 2.2.7 Points singuliers

PAGE 12 à 13

**2.3 MURS REVÊTUS DE  
PLAQUETTES**

- 2.3.1 Généralités
- 2.3.2 Supports

PAGE 13 à 14

**2.4 AUTRES MURS**

- 2.4.1 Murs composites
- 2.4.2 Habillage extérieur de  
maisons légères à ossature  
porteuse

PAGE 15 à 18

**2.5 OUVRAGES  
PARTICULIERS**

- 2.5.1 Utilisation des produits  
spéciaux (accessoires)
- 2.5.2 Traitement d'about de  
plancher
- 2.5.3 Souches de cheminée  
en briques apparentes
- 2.5.4 Murets et murs froids
- 2.5.5 Réhabilitation
- 2.5.6 Maçonnerie armée

PAGE 20

**3.1 PERFORMANCES  
MÉCANIQUES**

PAGE 21

**3.2 PERFORMANCES  
THERMIQUES**

PAGE 22

**3.3 PERFORMANCES  
ACOUSTIQUES**

- 3.3.1 Isolation Acoustique
- 3.3.2 Absorption  
acoustique

PAGE 23

**3.4 COMPORTEMENT AU  
FEU**

PAGE 24 à 27

**4.1 MAÇONNERIES**

- 4.1.1 Stockage sur  
chantier  
et nuançage.
- 4.1.2 Mortiers
- 4.1.3 Joints
- 4.1.4 Briquetage

PAGE 27

**4.2 PLAQUETTES  
MURALES  
DE TERRE CUITE**

PAGE 28

**4.3 PAVES**

- 4.3.1 Pose sur sable ou  
sur  
sable stabilisé
- 4.3.2 Pose sur mortier

PAGE 29

**4.4 NETTOYAGE DE  
FIN DE CHANTIER**

PAGE 28

**4.5 PROTECTION  
APRES ACHEVEMENT  
DU BRIQUETAGE**

PAGE 29 à 32

**4.6 EFFLORESCENCES**

- 4.6.1 Genèse  
des efflorescences
- 4.6.2 Genèse et  
différenciation  
des pseudo-  
efflorescences
- 4.6.3 Importance  
fondamentale  
de la détrempe  
des maçonneries
- 4.6.4 Prévention des  
efflorescences  
et souillures
- 4.6.5 Traitement des  
maçonneries souillées

# 1

# CARACTERISTIQUES DES PRODUITS

## 1.1 Briques pleines ou perforées

Les briques pleines ou perforées se présentent sous forme d'un parallélépipède rectangle facilement préhensible d'une main, et dont la masse varie généralement de 1,8 à 2.5 kg. Les dimensions courantes sont 220 x 105 x 60 mm

Leurs caractéristiques géométriques sont les suivantes :

| Type                 | Tolérances applicables aux dimensions |                     |         | Ecart admissible entre produits d'une même fourniture |         |         |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|---------|---|---------|---------|
|                      | Longueur                              | Largeur             | Hauteur | Longueur  | largeur | hauteur |
| Briques calibrées *  | ± 3%<br>(≤10mm)                       | ± 3%<br>(≤10m<br>m) | ± 3 mm  | ≤ 3 % et ≤ 10 mm                                      |         | ≤ 3 mm  |
| Briques spéciales ** | Pas d'exigence                        |                     | ± 4 mm  | Pas d'exigence  |         | ≤ 5 mm  |

\*Briques calibrées : briques de caractéristiques géométriques régulières et soumises à des tolérances dimensionnelles. \*\*Briques spéciales : briques de caractéristiques géométriques volontairement irrégulières dans un but esthétique et non soumises à des tolérances dimensionnelles sauf pour la hauteur

## 1.2 Blocs perforés

Les blocs perforés ont une largeur (dans le sens de l'épaisseur de la paroi) au moins égale à 14 cm. Leur hauteur est au maximum de 11 cm.

Leurs caractéristiques géométriques sont les suivantes :

| Tolérances applicables aux dimensions |                     |         | Ecart admissible entre produits d'une même fourniture. |         |         |
|---------------------------------------|---------------------|---------|--|---------|---------|
| Longueur                              | Largeur             | Hauteur | Longueur   | Largeur | hauteur |
| ± 3%<br>(≤10mm)                       | ± 3%<br>(≤10m<br>m) | ± 3 mm  | ≤ 3 % et ≤ 10 mm                                       |         | 3 mm    |

**Les caractéristiques des briques pleines ou perforées et des blocs perforés de terre cuite destinées à rester apparents (type HD) font l'objet des normes NF EN 771-1 et NF EN 771-1/CN**

## 1.3 Pavés

Les pavés en terre cuite sont généralement carrés ou rectangulaires, avec ou sans chanfrein. Ils peuvent aussi présenter des formes diverses réalisées dans un but esthétique ou d'autoblocage des éléments entre eux. Leur longueur ne dépasse pas 300 mm et leur épaisseur est supérieure à 40 mm.

Leurs caractéristiques géométriques sont les suivantes :

| Tolérances applicables aux dimensions |                   |                   | Ecart admissible entre produits d'un même échantillon |                   |                   |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|
| Longueur                              | Largeur           | Hauteur           | Longueur  | Largeur           | hauteur           |
| $\pm 0.4\sqrt{d}$                     | $\pm 0.4\sqrt{d}$ | $\pm 0.4\sqrt{d}$ | $\pm 0.6\sqrt{d}$                                     | $\pm 0.6\sqrt{d}$ | $\pm 0.6\sqrt{d}$ |

d : dimension d'appellation en mm.

**Les caractéristiques des pavés en terre cuite pour sols extérieurs font l'objet de la norme NF EN 1344**

## 1.4 Plaquettes

Ce sont des éléments minces en terre cuite destinés à rester apparents. Ils sont généralement dotés, sur la face de pose, de rainures ou peignages, afin de faciliter l'accrochage et la tenue des produits en œuvre. L'épaisseur des plaquettes ne dépasse pas 2,5 cm et les dimensions des faces apparentes sont du même ordre de grandeur que celles des briques pleines ou perforées couramment commercialisées. Elles sont utilisées aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur comme revêtement mural pour terminer une paroi et lui donner son aspect définitif.

**Les caractéristiques des plaquettes murales en terre cuite font l'objet de la norme NF P 13-307**

# 2

## CONCEPTION DES MAÇONNERIES

### Il existe différentes conceptions de murs en terre cuite apparente :

- les murs simples dont la paroi porteuse est en éléments de terre cuite apparente,
- les murs doubles, dénommés « **mur-manteau** », dont la paroi extérieure est en briques apparentes,
- les murs revêtus de plaquettes,
- les murs composites,
- les murs dont la maçonnerie apparente est utilisée en habillage extérieur des maisons légères à ossature porteuse.

Ces différentes conceptions de murs sont décrites ci-dessous avec l'indication du type (IIa, IIb, III) auquel elles correspondent.

NOTA : Les murs dits du type I, qui ne comportent aucun dispositif particulier pouvant s'opposer à la migration de l'eau de pluie vers la face intérieur ne peuvent pas être réalisés en briques ou blocs apparents quelles que soient les conditions d'exposition.

### 2.1 Murs simples/ murs porteurs en briques ou blocs apparents

#### 2.1.1 Généralités

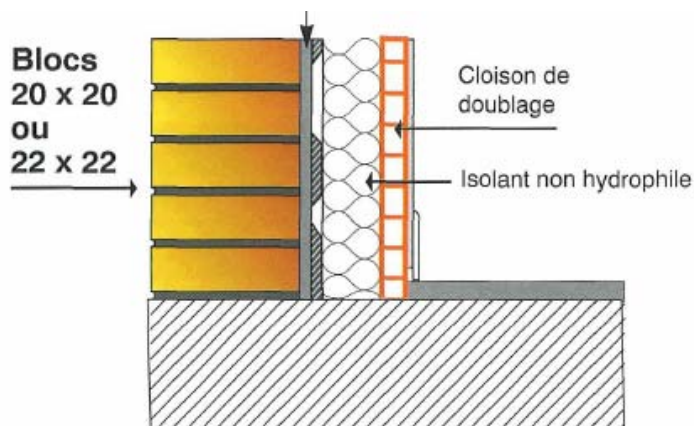
Ces murs de type IIa, IIb ou III sont associés à un doublage : la paroi extérieure en briques ou blocs apparents est la paroi porteuse et la paroi interne, le doublage peut être réalisé en maçonnerie ou en complexe de doublage. L'épaisseur minimale de la paroi extérieure est de 220 mm pour les briques et de 200 mm pour les blocs de terre cuite.

#### 2.1.2 Classification

Lorsque la maçonnerie apparente est la paroi principale, une coupure de capillarité doit lui être associée (murs de types IIa et IIb) et éventuellement un dispositif particulier qui recueille les infiltrations et les rejette vers l'extérieur (mur de type III)

#### D1. Exemple de mur de type IIa

Enduit traditionnel à base de liant hydraulique ou enduit monocouche d'imperméabilisation certifié CSTB

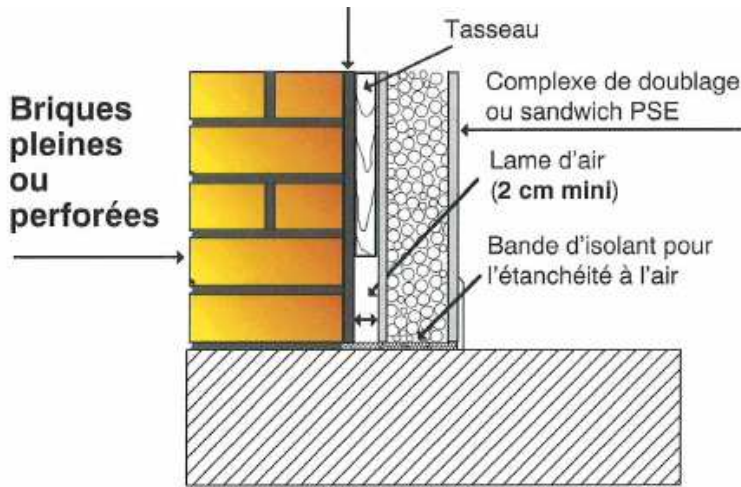


### 1 MUR DE TYPE II : type IIa

La coupure de capillarité est constituée par un matériau isolant non hydrophile placé au contact de la face interne de la maçonnerie.

D2. Exemple de mur de type IIb

Enduit traditionnel à base de liant hydraulique ou enduit monocouche d'imperméabilisation certifié CSTB



1 MUR DE TYPE II : type IIb

La coupure de capillarité est constituée par une lame d'air continue (mur doublé dont l'isolant inséré ne vient pas en contact de la face interne de la maçonnerie).

2 MUR DE TYPE III

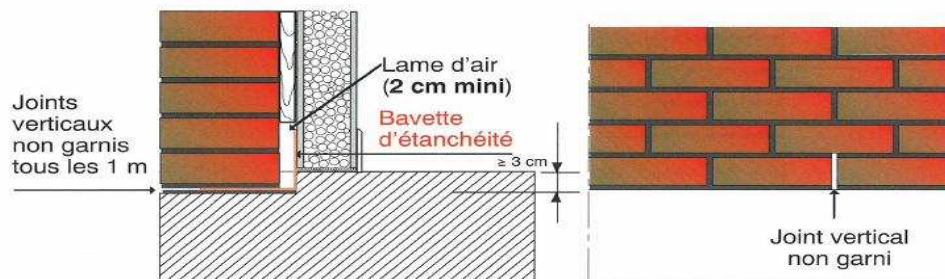
Ce mur comporte un dispositif particulier qui recueille les eaux d'infiltration et les rejette vers l'extérieur. C'est par exemple le cas du mur avec lame d'air, remontée d'étanchéité contre le doublage, et exutoires vers l'extérieur.

NOTA : les murs de types IIa et IIb constituant des façades « non abritées » (telles que définies dans le DTU 20.1) doivent être revêtus sur la face interne de la paroi extérieure, d'un enduit à base de liants hydrauliques exécuté soit par application manuelle, soit par projection conformément à la norme NF DTU 26.1 ou être jointoyés après coup. Cette condition est également imposée pour les murs de type III situés en front de mer à une hauteur de 18 à 28m.

2.1.3 Collecte et évacuation des eaux d'infiltration (mur de type III)

L'évacuation des eaux collectées s'effectue en laissant, tous les mètres environ, un joint vertical de la première assise non garni. Ce joint dégarni doit être en parfaite communication avec la lame d'air. La collecte des eaux à la base de la lame d'air est assurée par la mise en place d'une bavette d'étanchéité, placée dans un défoncé dans le plancher, la profondeur de ce défoncé est alors d'au moins 3 cm.

D3. Exemple de mur de type III





**Le mur de type III est particulièrement performant et c'est la solution la mieux adaptée aux conditions d'exposition sévères. C'est celle qui doit systématiquement être privilégiée.**

Cette bavette est réalisée à l'aide d'un matériau imperméable et imputrescible d'au moins 20cm de hauteur. Il peut, par exemple être constitué par une bande ou chape de bitume armé type 40, une cornière rigide (P.V.C., alu...). Il existe aussi, sous avis technique, une membrane épaisse en polyéthylène gaufrée, associée à des rubans autoadhésifs, bien adaptée à cet usage. Pour supprimer tous risques de perméabilité parasite, il est souhaitable de réaliser un enduit sur la face intérieure du mur.

### 2.1.4 Isolant

L'isolant ne doit pas être hydrophile, ni susceptible de s'humidifier par condensation. S'il est muni d'un pare-vapeur, celui-ci doit être disposé vers l'intérieur du local.

Lorsqu'il est inséré entre deux parois avec lesquelles il est en contact (cas des murs de type IIa), cet isolant ne doit pas être comprimé.

Dans le cas d'un mur avec lame d'air (murs de type IIb ou III), l'isolant doit être constitué par des panneaux rigides peu compressibles, placés de telle façon qu'après la pose de ces panneaux l'épaisseur minimale de la lame d'air entre la paroi et l'isolant soit de 2 cm.

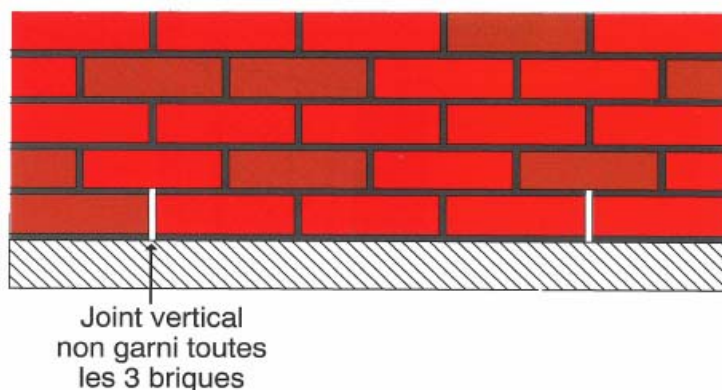
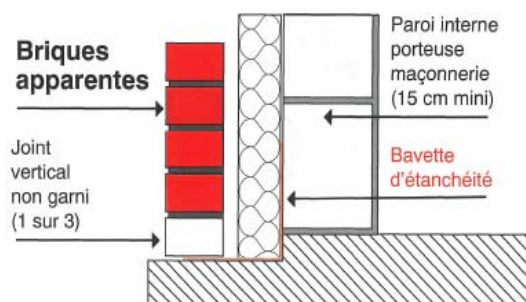
## 2.2 Murs doubles/murs manteau en briques apparentes

NOTA : Les dispositions du présent chapitre sont basées sur les textes normatifs actuellement en vigueur. Elles n'excluent pas que des dispositions différentes soient adoptées, sous réserve d'une étude particulière et de l'accord des Bureaux de contrôle, ou dans le cadre de procédés visés par des Avis Techniques ou DTA

### 2.2.1 Généralités

Le mur double associe un mur en briques apparentes de 9 cm minimum à un mur porteur réalisé en béton banché d'au moins 10 cm ou en maçonnerie (brique ou agglo) d'au moins 15 cm.

D4. Exemple de mur double



## 2.2.2 Stabilité mécanique

La paroi extérieure lorsqu'elle est réalisée en briques pleines ou perforées a une épaisseur minimale de 10cm. La hauteur de la paroi est fonction du repos de la brique sur le plancher, avec un maximum de 3 niveaux. Leur longueur ne peut dépasser 12 m sans joint de fractionnement. La liaison entre la paroi externe et la paroi interne est assurée par des attaches en métal non corrodable (inox en général). Le nombre d'attaches (de 2 à 5 par m<sup>2</sup>) est défini par le nombre de niveaux devant lesquels file la paroi extérieure et selon le traitement des nez de plancher (voir § 2.2.3).

Ces attaches doivent être inclinées vers la face extérieure du mur ou comporter un dispositif s'opposant au cheminement de l'humidité vers l'intérieur. Elles peuvent également servir à maintenir l'isolant.

## 2.2.3 Montage des parois

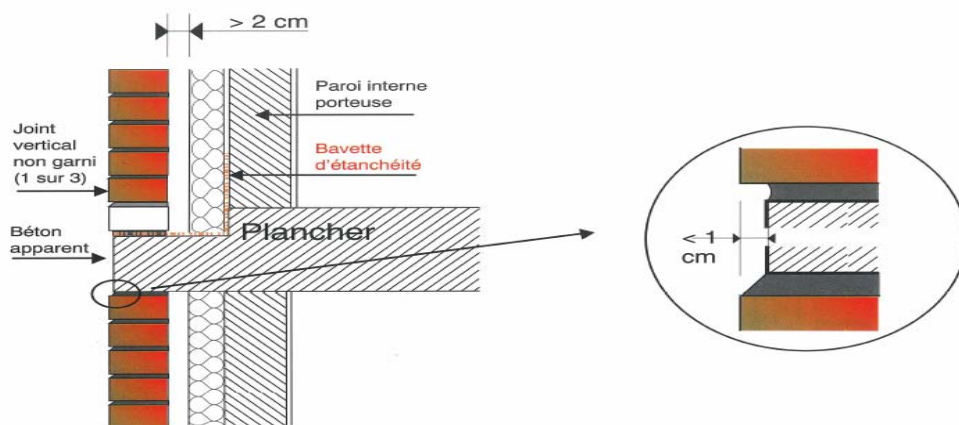
Deux cas sont à considérer suivant que la paroi extérieure est portée à chaque niveau par le plancher ou non :

### 2.2.3.1. La paroi extérieure est portée à chaque niveau par le plancher

Deux cas sont à considérer suivant la manière dont est réalisé le bandeau du chaînage.

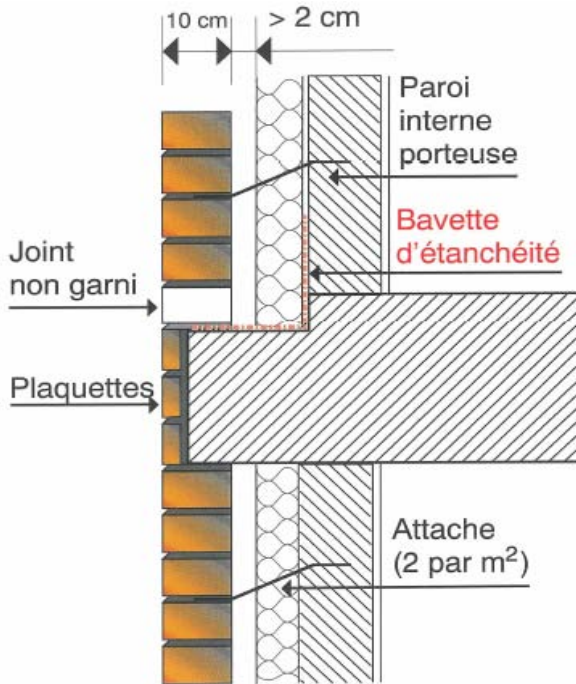
#### 1 BANDEAU APPARENT

D5. Bandeau en béton apparent





D6. Bandeau traité avec des plaquettes



**2 BANDEAU REVETU DE BRIQUES SCIÉES OU DE PLAQUETTES RAPPORTÉES APRES COUP**

Dans ce dernier cas, l'épaisseur de l'élément rapporté, y compris l'épaisseur du mortier de pose, ne doit pas dépasser le tiers de l'épaisseur de la paroi externe, et par ailleurs, il doit être prévu des attaches de liaison (2/m<sup>2</sup>) conçues et disposées comme indiqué dans le paragraphe 2.2.2.

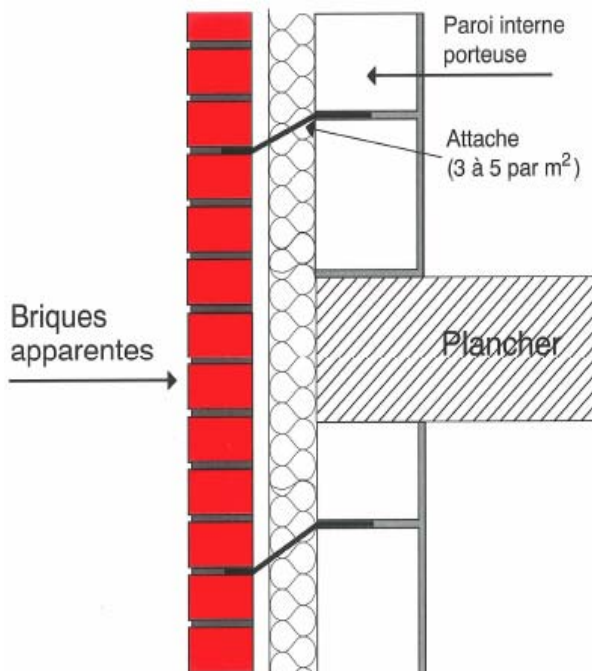


Plaquette terre cuite

**2.2.3.1. La paroi extérieure n'est pas portée à chaque niveau par le plancher**

La hauteur limite est fonction du type de repos de la brique sur son support

D7. Revêtement filant devant un plancher



**1 BANDEAU APPARENT**

3 niveaux maxi et 3 attaches par m<sup>2</sup>, avec attaches supplémentaires au droit du nez de plancher dans le cas de 3 niveaux.

**2 BANDEAU AVEC PLAQUETTES COLLEES**

2 niveaux maxi et 5 attaches par m<sup>2</sup>. Les dispositions particulières afférentes à cette technique sont précisées sur le dessin ci-dessous. On note en particulier que des attaches reliant le revêtement de briques à la paroi porteuse sont dans ce cas obligatoires.

### 2.2.4 Classification

Sous certaines conditions de conception et d'exécution (rejointoiement, défoncé dans le plancher, dispositif de collecte des eaux d'infiltration, traitement des points singuliers), les murs doubles peuvent être utilisés dans les conditions d'exposition explicitées dans le DTU 20.1 et correspondant aux murs de types IIa, IIb et III.

| Type | Jointoiement | Collecte des eaux d'infiltration   | Points singuliers  |
|------|--------------|--|--------------------|
| IIa  | En montant   | -  | -                  |
| IIb  | En montant   | Décrochement d'au moins 3 cm ou profilé spécial                                    | -                  |
| III  | Après coup   | Décrochement d'au moins 3 cm ou profilé spécial + dispositif d'évacuation de l'eau | Etude particulière |

### 2.2.5 Collecte et évacuation des eaux d'infiltration (mur de type III)

L'exécution est conduite conformément au paragraphe 2.1.3.

### 2.2.6 Isolant

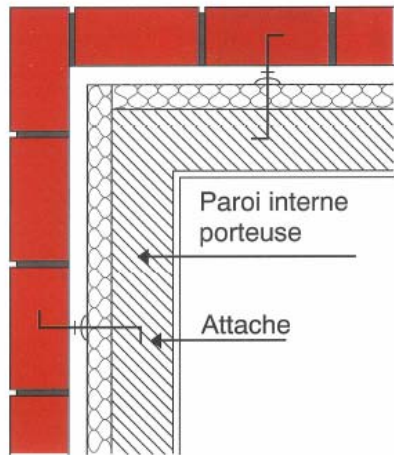
L'isolation thermique est réalisée à l'aide de panneaux isolants rigides ou semi-rigides et non hydrophiles. Ces panneaux doivent être mis en œuvre de façon à ménager une lame d'air d'au moins 2 cm entre la face extérieure et la face intérieure de la paroi externe. Les crochets et rondelles destinés à maintenir cet écartement doivent être imputrescibles. Toutes précautions doivent être envisagées pour éviter l'accumulation de mortier ou de gravais à la base de la lame d'air.

## 2.2.7 Points singuliers

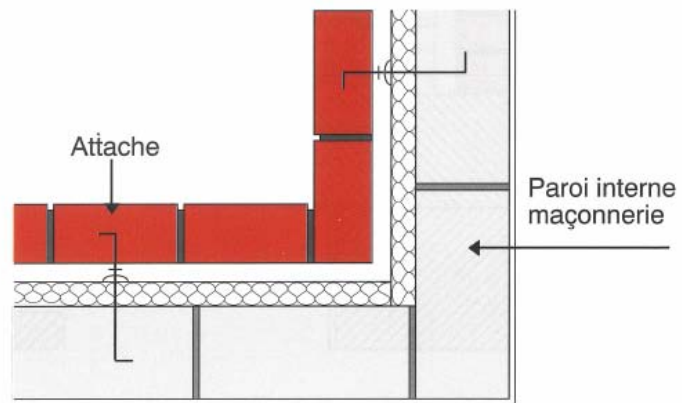
### 1 ANGLES SORTANTS ET RENTRANTS

Les angles sortants ou rentrants sont réalisés sans qu'il soit nécessaire d'utiliser des briques coupées dès lors que les deux joints verticaux de deux rangs successifs sont décalés d'une demi-brique.

D 8. Angle sortant



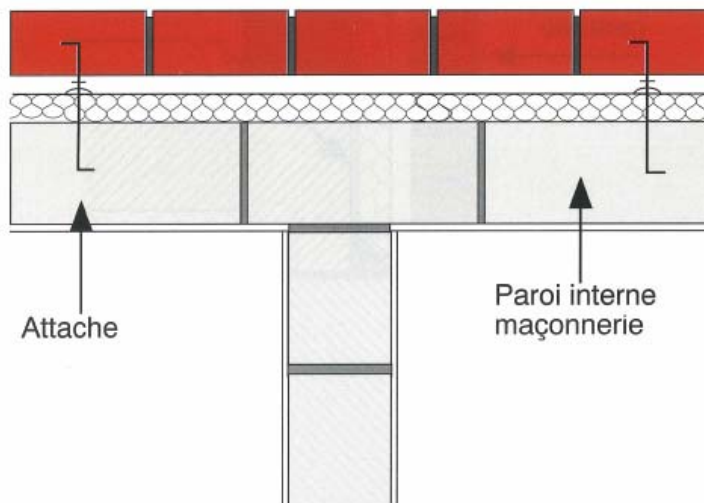
D9. Angle rentrant



### 2 LIAISON MURS-REFENDS

Lors de la réalisation du gros œuvre, toutes précautions devront être prises afin que soit assurée la continuité de l'isolant.

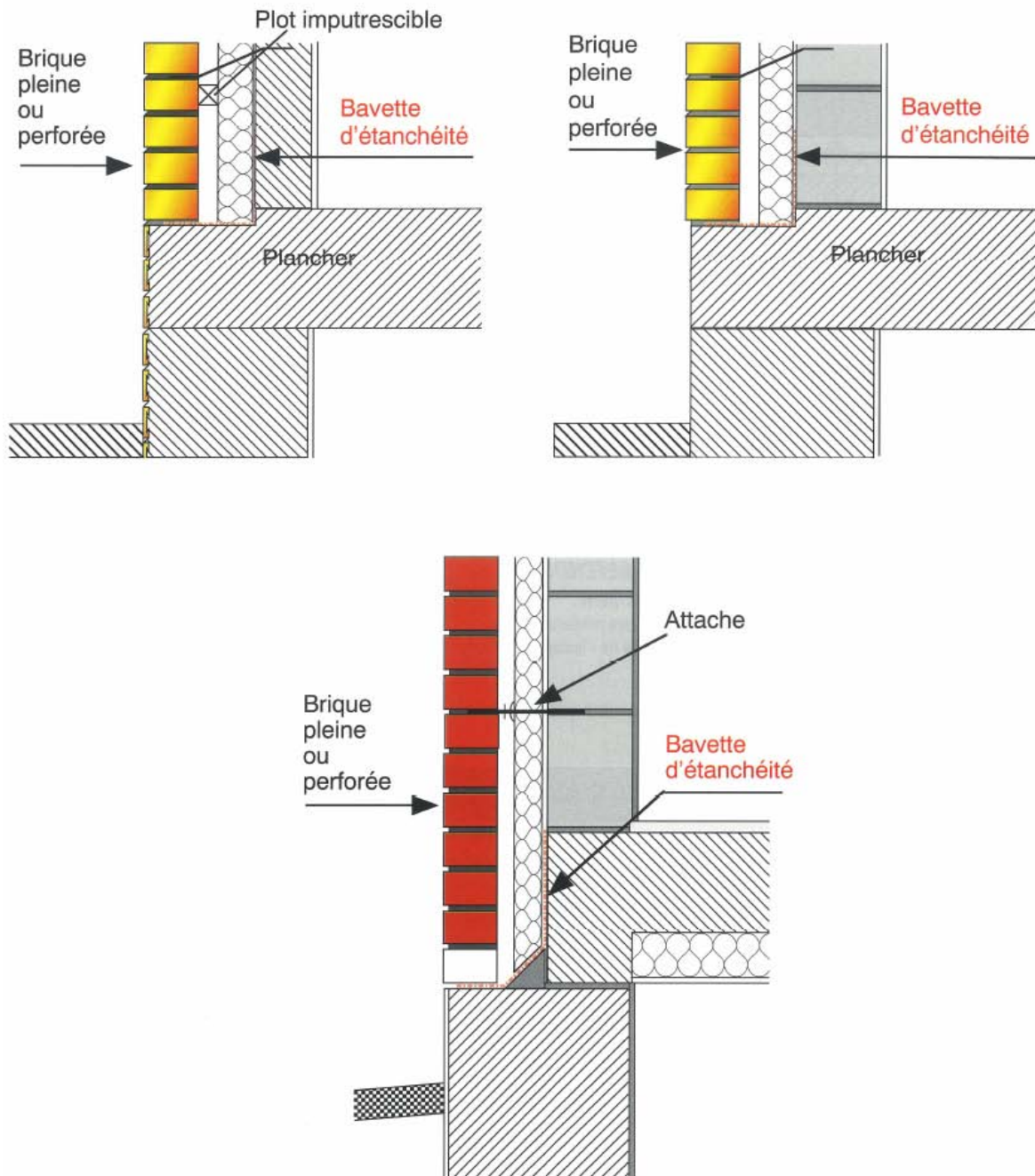
D 10. Liaison murs-refends



### 3 RIVES BASSES

Les dessins ci-dessous illustrent différentes possibilités de réalisation de cette liaison.

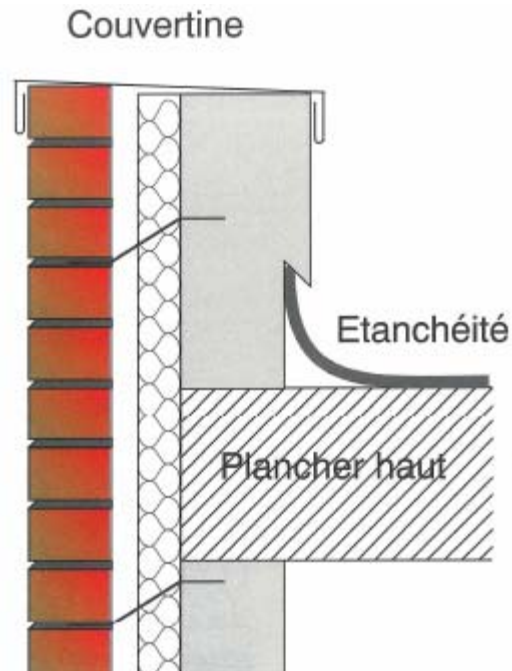
D11.12.13. Traitement des rives basses



## 4 RIVES HAUTES

La partie haute du mur sera traitée de façon qu'il n'y ait pas de risque d'infiltration d'eau dans la lame d'air. Par ailleurs, le revêtement en briques devra être suffisamment désolidarisé des autres structures afin que d'éventuels mouvements de ces dernières ne soient pas préjudiciables à la durabilité du revêtement de briques

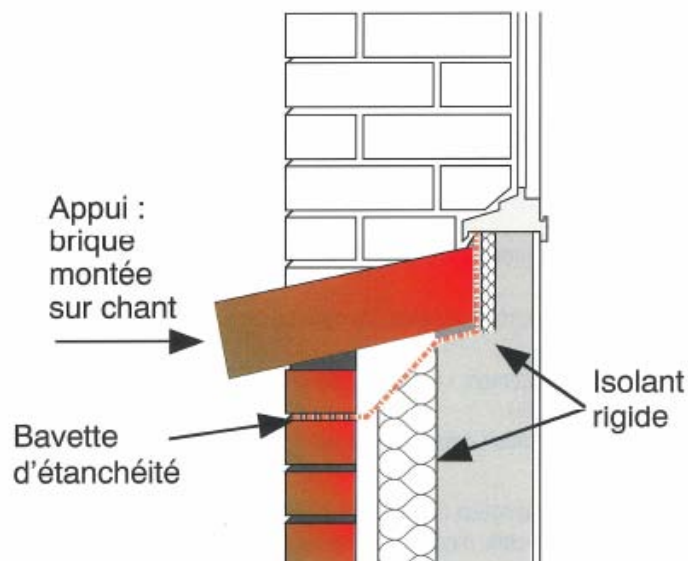
D14. Rives hautes

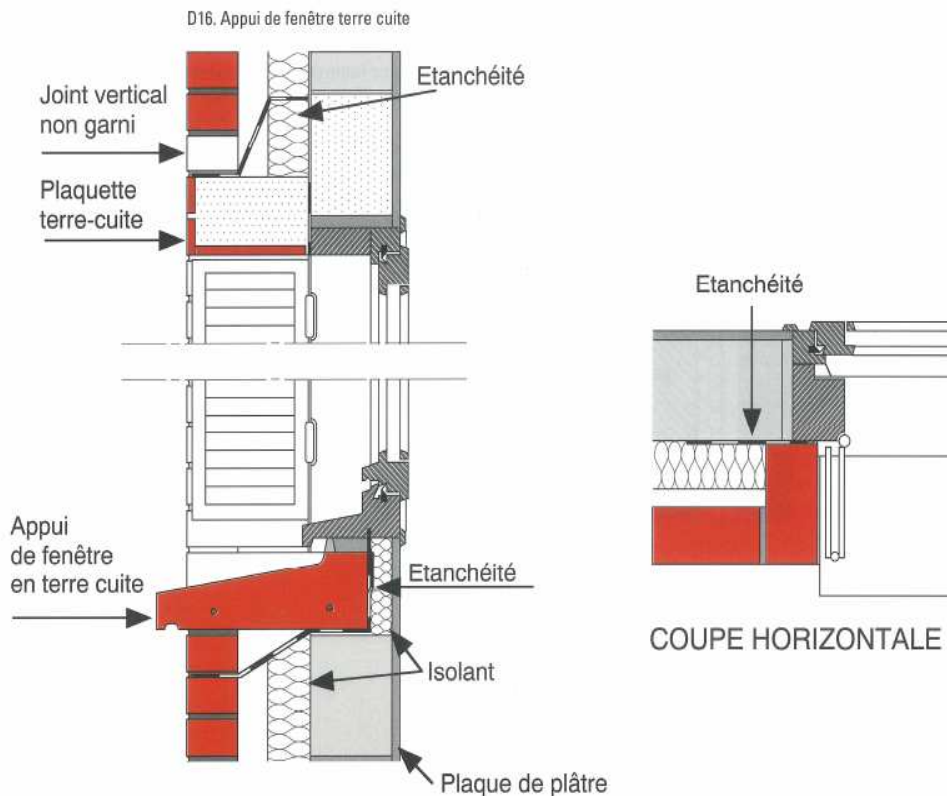


## 5 OUVERTURES : PORTES, FENÊTRES

Chacune des liaisons entre les ouvertures et le mur est le siège d'un important pont thermique qui ne peut être réduit que si la continuité de l'isolant est assurée. La correction de ces ponts thermiques est assurée avec une épaisseur d'isolant moindre qu'en partie courante, mais d'au moins 4cm. L'isolant sera collé contre l'extrémité de l'appui. Certains fabricants de menuiseries commercialisent des blocs-fenêtres comportant un coffre de volet roulant formant un linteau, ce qui facilite considérablement la réalisation de l'ouvrage.

D15. Appui de fenêtre en briques





## 2.3 Murs revêtus de plaquettes

### 2.3.1 Généralités

Les plaquettes sont collées à l'extérieur avec des mortiers-colles et à l'intérieur, dans la majorité des cas, avec des adhésifs. La pose scellée a été pratiquement abandonnée.

### 2.3.2 Supports

#### A l'extérieur :

Les plaquettes en terre cuite ne peuvent être collées, au moyen d'un mortier-colle, que sur :

- béton plein de granulats courants banché (conforme au DTU 23-1 « murs en béton banché ») ou préfabriqué.
- béton plein d'argile expansée banché ou préfabriqué (masse volumique sèche  $\geq 1$ )

Sur les autres supports en maçonnerie :

- pierres,
- briques creuses en terre cuite,
- briques pleines ou perforées et blocs perforés en terre cuite,
- blocs en béton de granulats courants,
- blocs en béton de granulats légers.

Il convient de réaliser, avant le collage des plaquettes un enduit au mortier de liants hydrauliques (gobetis + corps d'enduit) conforme au DTU 26-1 et de catégorie CS III.

**Attention: le collage doit être effectué, exclusivement, sur enduit dressé et non sur enduit gratté.**

Pour ces supports, la mise en œuvre se fait par simple encollage.

#### A l'intérieur :

En plus des supports admis pour l'extérieur, il faut ajouter les plaques de plâtre, les carreaux de plâtre ou les enduits plâtrés, sur lesquels les plaquettes sont collées à l'aide d'adhésifs de classe D1 ou D2.



## 2.4 Autres murs

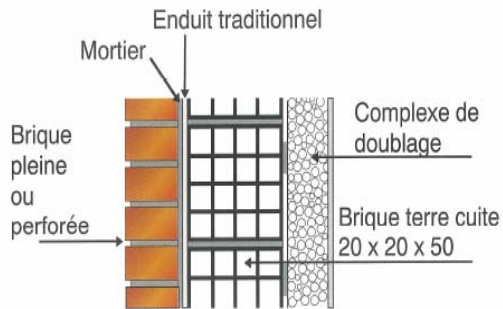
### 2.4.1 Murs composites

Les murs composites sont constitués par plusieurs matériaux principaux solidarisés de façon continue par du mortier ou du béton. S'agissant de matériaux principaux, ne sont donc pas considérés comme composites des murs complétés par un matériau de parement de faible épaisseur (par exemple béton banché revêtu de plaquettes). L'association, dans un mur composite, de matériaux ayant des comportements hygrothermiques différents est interdite, mais il est possible d'utiliser des produits de conception différente pourvu qu'ils soient constitués de matériaux de même nature.

L'association la plus classique est celle des murs en briques creuses doublés extérieurement par une paroi en briques pleines ou perforées apparentes.

En fait, c'est la partie interne en briques creuses qui doit assurer l'étanchéité, elle doit donc avoir au moins 20cm d'épaisseur. Elle recevra d'abord un enduit extérieur, le parement en briques pleines ou perforées n'étant monté qu'ensuite et relié à la partie interne par du mortier.

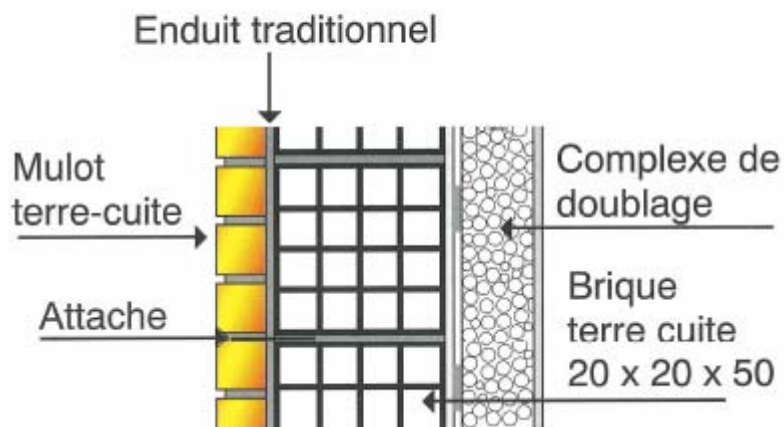
D17. Exemple de mur composite



#### Cas particulier: mur avec mulots.

Si ce parement est réalisé en éléments minces, tels que des mulots de 5cm, il faut prévoir une liaison avec la paroi interne au moyen d'attaches en métal inoxydable (4 au m<sup>2</sup>).

D18. Exemple de mur avec mulots





## 2.4.2 Habillage extérieur de maisons légères à ossature porteuse

L'exemple le plus fréquemment rencontré est la maison à ossature bois (DTU 31.2). Les maçonneries en briques apparentes constituent un écran partiel contre la pluie fouettante. En conséquence, la paroi interne doit assurer à elle seule l'étanchéité à l'air.

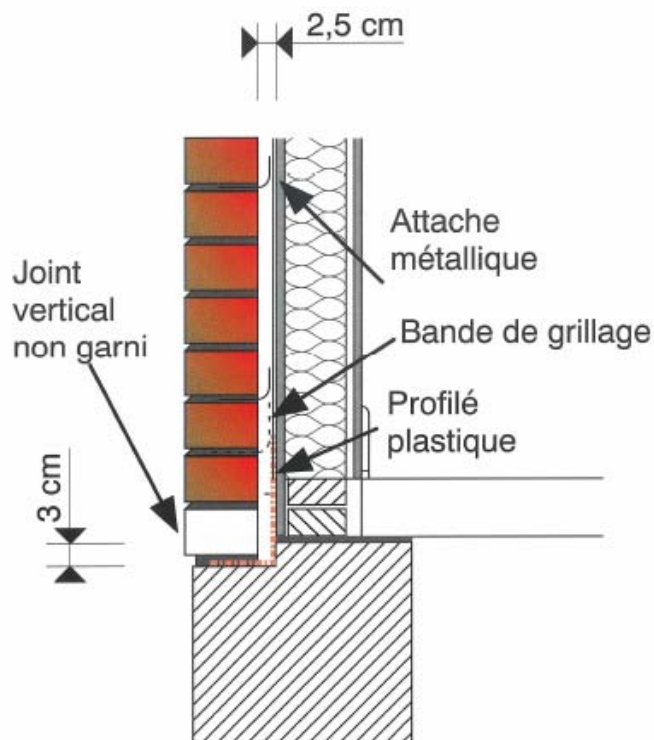
L'épaisseur minimale de la paroi extérieure est de 10 cm, son débord par rapport au socle sur lequel elle repose ne doit pas dépasser 1 cm. Cette paroi doit être reliée à l'ossature porteuse par des attaches en acier non corrodable, fixées dans les montants, et dont le profil n'est pas susceptible de conduire l'eau vers l'intérieur. Leur nombre minimal est de 2/m<sup>2</sup> pour les hauteurs inférieures à 3 m et de 5/m<sup>2</sup> pour les hauteurs supérieures.

Les dispositions en pied doivent être particulièrement soignées. Un pare-pluie est généralement prévu, et l'épaisseur minimale de la lame d'air entre les deux parois est portée à 2,5 cm.

L'évacuation de l'eau est assurée par un joint vertical non garni tous les mètres environ. Ces orifices jouent également le rôle de ventilation de la lame d'air. La ventilation haute pouvant être assurée de la même façon ou par des dispositifs ne faisant pas appel aux techniques de maçonnerie.

On pourra éviter l'accumulation des gravois à la base de la lame d'air en plaçant une bande de grillage moustiquaire, non corrodable, de 10cm de largeur, en forme de quart de rond, sur tout le périmètre de la maison et à une hauteur de deux rangées de briques.

D19. Mur parement d'ossature bois



## 2.5 Ouvrages particuliers

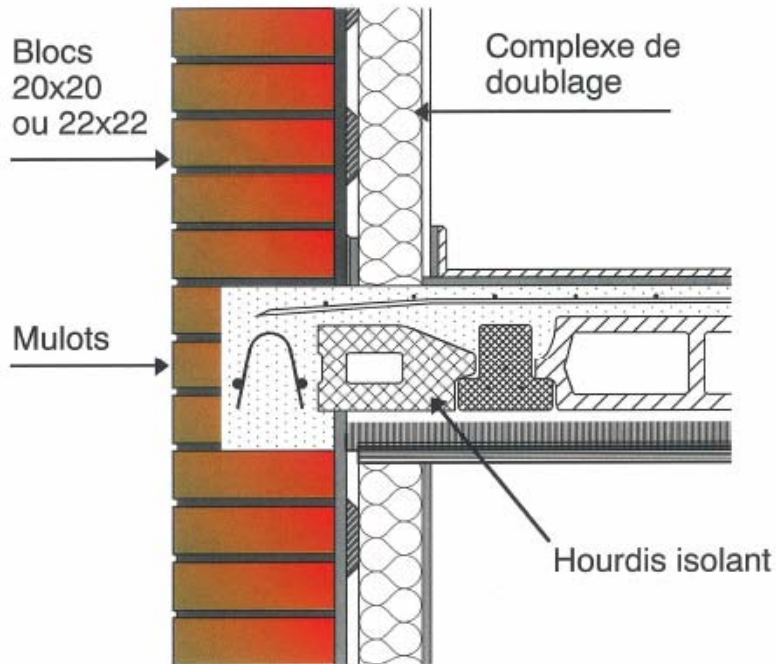
### 2.5.1 Utilisation des produits spéciaux (accessoires)

Les industriels proposent de nombreux accessoires . Pour les briques, citons les appuis de fenêtres, les blocs d'angle, les chapeaux ... Pour les plaquettes, il existe des plaquettes d'angles.

### 2.5.2 Traitement d'about de plancher

L'utilisation d'un hourdis polystyrène en périphérie permet de réduire le pont thermique au niveau de l'about de plancher ( $k_l = 0,22$  -  $\rightarrow k_l = 0,05$  W/m<sup>2</sup>K) et d'offrir une isolation homogène et efficace.

D20. Traitement d'about de plancher



### 2.5.3 Souches de cheminée en briques apparentes

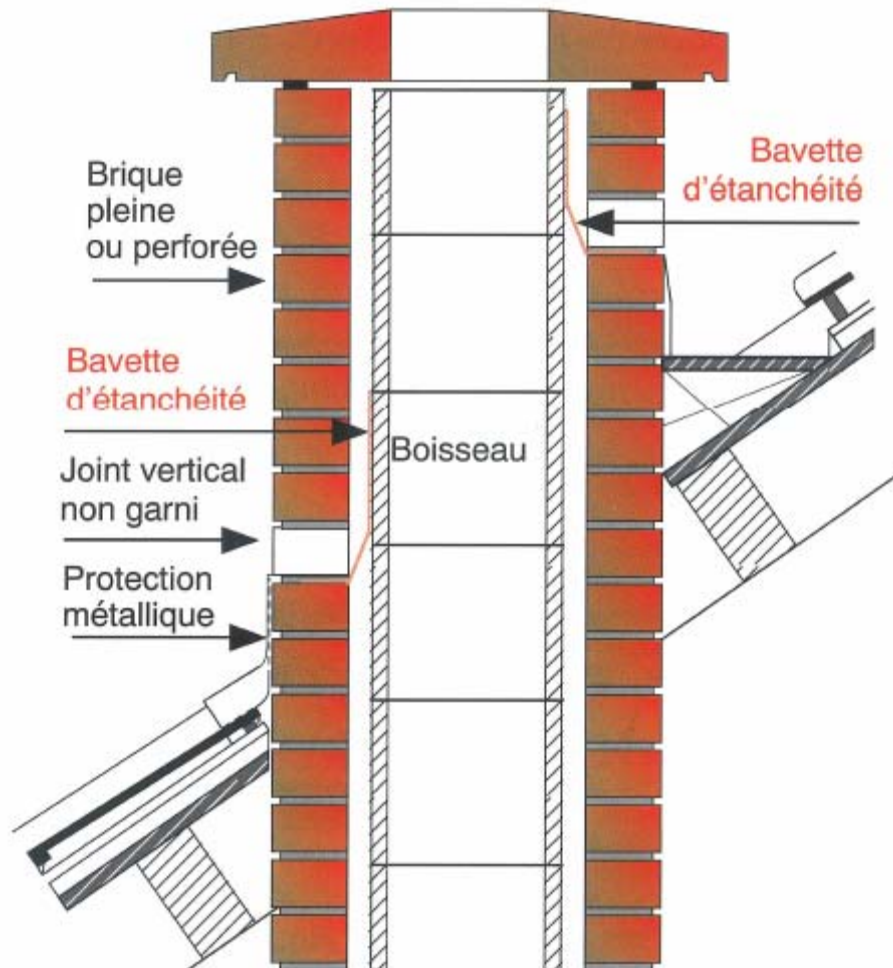
Lorsque la souche comporte des boisseaux doublés par une paroi en briques apparentes, il convient de se prémunir contre les infiltrations d'eau qui peuvent se manifester au travers de cette paroi dont l'étanchéité ne peut pas être totale.

A cet effet, on peut concevoir la partie de la cheminée située au-dessus du toit comme un mur de type III, c'est-à-dire avec évacuation vers l'extérieur de l'eau infiltrée. Les boisseaux peuvent simplement être prolongés et les briques qui les entourent sont maçonnées en laissant la mise en place d'un isolant éventuel. Ce vide doit être coupé par une membrane d'étanchéité horizontale qui doit remonter dans le creux afin d'arrêter l'eau qui pourrait y pénétrer; de plus, des joints verticaux ouverts (juste au-dessus de la membrane) doivent faciliter l'évacuation de cette eau vers l'extérieur. La partie de la cheminée située au-dessous de la membrane doit être revêtue d'une protection métallique.

Bien entendu, le dispositif d'évacuation de l'eau infiltrée n'exclut pas la nécessité de soigner le montage de la maçonnerie afin de limiter les infiltrations. Le jointoiment après coup (dégarnissage des joints de hourdage sur 2 cm, puis, après brossage et humidification, garnissage avec un mortier enrichi et serré au fer) peut améliorer l'étanchéité.

Pour les toitures à forte pente ou lorsque la surface du corps de cheminée parallèle au versant du toit atteint de grandes dimensions, l'application d'un système de bardage sous la membrane horizontale peut s'avérer inesthétique. Dans ce cas, la membrane d'étanchéité peut être posée en gradins. Par ailleurs, cette disposition en gradins évite de « couper » la maçonnerie sur tout son pourtour sur une même assise de briques, et permet donc de ne pas compromettre la stabilité de la souche.

#### D21. Cheminée

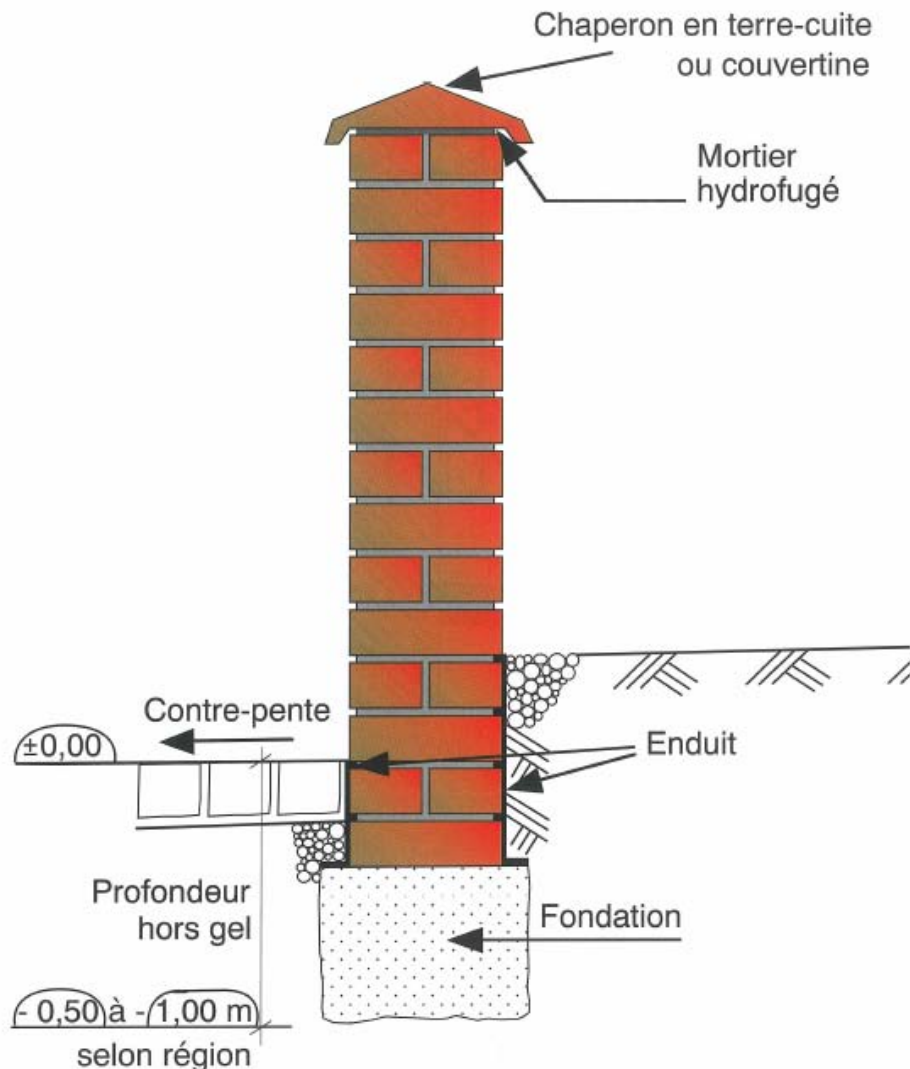


## 2.5.4 Murets et murs froids

Les murets et murs froids doivent être conçus de façon à éviter les infiltrations d'eaux. Pour cela, ils doivent impérativement comporter en partie haute, un dispositif de protection avec une ou deux pentes, posé sur un lit de mortier hydrofugé. Les parties enterrées du muret sont revêtues d'un enduit traditionnel à base de liants hydrauliques, complété par une ou deux couches d'enduit d'imprégnation à froid (EIF). Il est prudent d'éviter la stagnation des eaux de pluie en bordure du muret. Pour que les fondations reposent sur un sol à l'abri des effets du gel, il est nécessaire qu'elles soient à une profondeur suffisante. La profondeur minimale varie suivant les régions et la nature du sol. Elle est de l'ordre de 0,50 m sous climat océanique et peut dépasser un mètre en montagne (cf. DTU 13.1.1 et 13.12 : FONDATIONS SUPERFICIELLES).

Dans le cas où la poussée des terres est importante, il est indispensable de réaliser un mur de soutènement (brique, aggro ou béton) correctement dimensionné, et d'évacuer les eaux à l'arrière du mur. Les maçonneries en briques apparentes constituent alors un habillage. Concernant les jardinières, il suffit de traiter les parois intérieures. Ainsi, la terre doit être isolée de la maçonnerie à l'aide d'un film plastique, ou d'un enduit étanche. Le fond, avant mise en place de la terre, est rempli de gravillons sur la hauteur du premier rang de brique pour filtrer l'écoulement des eaux. L'évacuation de celles-ci s'effectue en laissant 1 joint vertical sur 2, de la première assise, non garni (prévoir un film plastique perforé au droit des barbacanes).

### D22. Murets



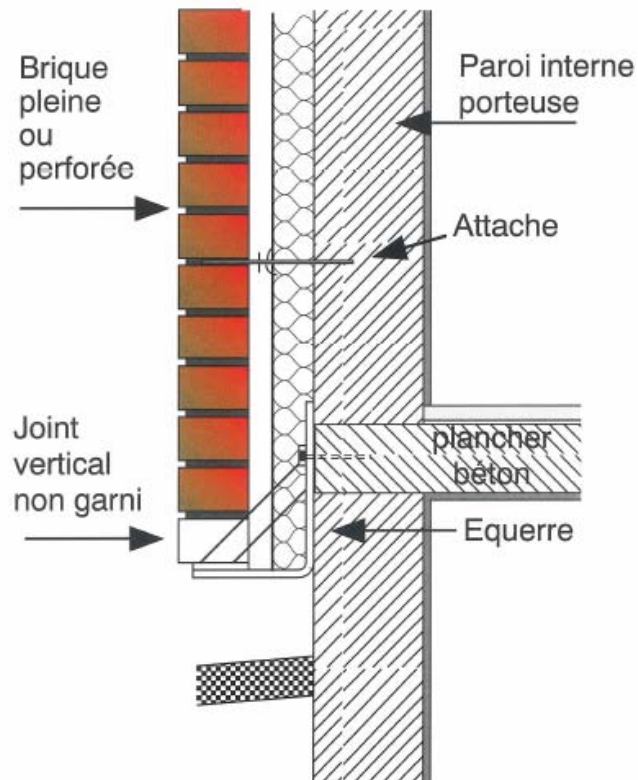
### 2.5.5 Réhabilitation

Pour les chantiers de réhabilitation, les techniques d'isolation en briques apparentes constituent des solutions performantes et esthétiques. Elles garantissent résistance aux chocs et bonnes performances thermiques des ouvrages.

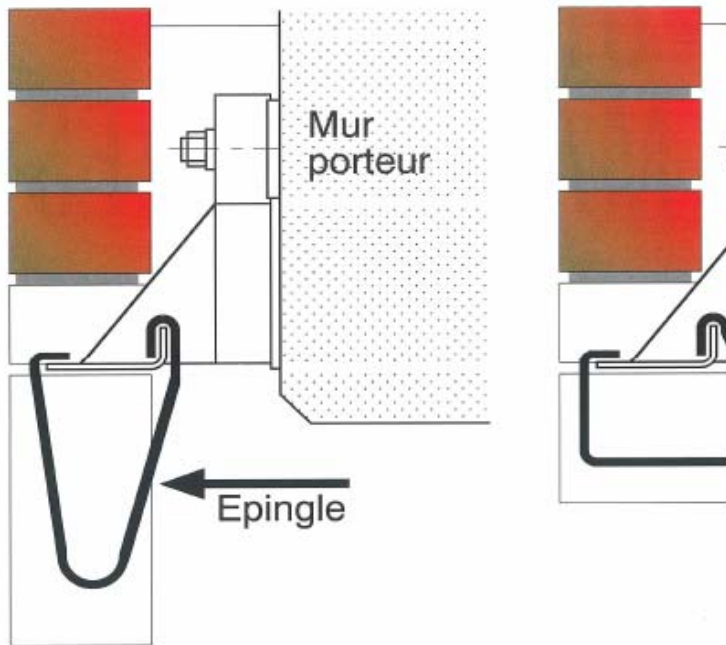
Les prescriptions techniques sont celles des murs doubles (cf. § 2.2).

En l'absence d'un soubassement existant pour le repos du revêtement, il est nécessaire de constituer une structure d'appui, soit à l'aide d'une poutre en béton armé coulé sur place, soit à l'aide de technique de supportage préconisée par les industriels. Ces dispositifs doivent être solidement ancrés dans le soubassement ou dans les parois au niveau de chaque linteau.

D23. Console support : soubassement



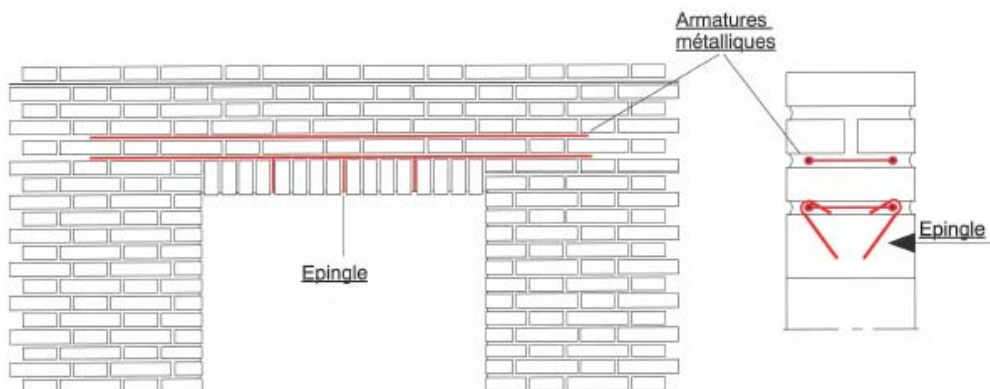
D24. Console support : linteau



### 2.5.6 Maçonnerie armée

Les règles professionnelles simplifiées applicables aux maçonneries armées dans les joints horizontaux ont pour objet de définir les prescriptions relatives à l'emploi desdites armatures (Règles professionnelles simplifiées - Maçonneries armées dans les joints verticaux). Ces armatures sont notamment utilisées comme armatures structurales dans des parties d'ouvrages fléchis, tels les linteaux lorsqu'ils sont de portée limitée et soumis à des charges faibles. Dans ce cas les sections et emplacements des armatures sont indiqués dans les dessins ci-dessous. Par ailleurs, les prescriptions du DTU20-1 s'appliquent intégralement.

D25. Maçonnerie armée



# 3

## PERFORMANCES DES MAÇONNERIES

### 3.1 Performances mécaniques

La résistance d'un mur à l'action des charges dépend bien entendu de la résistance propre des matériaux constitutifs, mais il convient de tenir compte d'autres facteurs tels que résistance du mortier, élancement, excentricité des charges, e t c . et de réserver une marge de sécurité.

L'élancement d'une paroi (rapport entre sa hauteur libre et son épaisseur brute) ne doit pas dépasser 20 pour les parois porteuses utilisées en murs extérieurs et pour les parois porteuses des murs doubles.

Les coefficients globaux de réduction sont constants l'élancement 15 et augmentent ensuite proportionnellement au rapport de l'élancement réel/15. Ils sont donnés, à titre d'exemple, pour les valeurs d'élancement 15, 18 et 20 pour des murs de façades (chargement excentré).

| Type de briques | Elancement |      |    |
|-----------------|------------|------|----|
|                 | 15         | 18   | 20 |
| Toutes          | 9          | 10.8 | 12 |

Ces valeurs signifient par exemple que, dans la partie la plus sollicitée d'un mur construit avec des briques perforées dont la résistance nominale est de 20 N/mm<sup>2</sup> (MPa) la charge ne devra dépasser 20/9 soit 2,2 N/mm<sup>2</sup> (MPa).

Les briques sont caractérisées par leur résistance moyenne à la compression. Elle doit être exprimée selon les classes du tableau ci-dessous. dans tous les cas cette résistance doit être supérieure à 10 N/mm<sup>2</sup> ou 10 MPA (RC 100).

C'est cette valeur qui doit servir de base au calcul et à laquelle doit être appliqués les coefficients de réduction définis ci-dessus.

| Classe de résistance à la compression (RC) | Résistance moyenne de l'échantillon MPa |
|--|---|
| RC 100                                     | 10                                      |
| RC 150                                     | 15                                      |
| RC 200                                     | 20                                      |
| RC 300                                     | 30                                      |
| RC 400                                     | 40                                      |



### 3.2 Performances thermiques

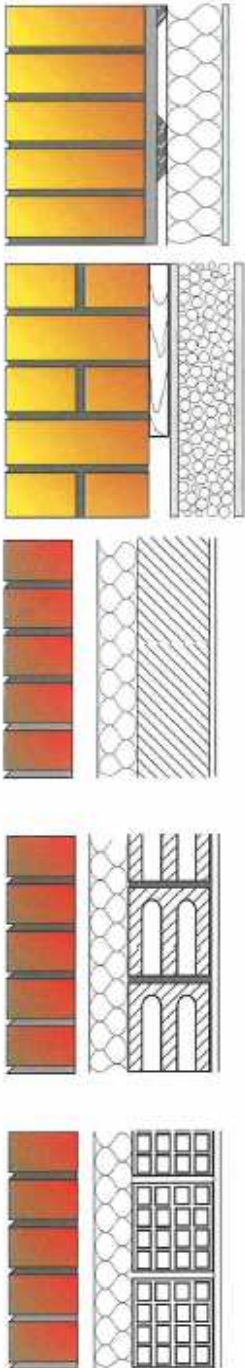
Le coefficient U de transmission surfacique d'une paroi représente les déperditions énergétiques d'un mètre carré de surface pour un degré d'écart entre les ambiances intérieure et extérieure.

Une paroi est d'autant plus isolée que son coefficient U est faible.

Le tableau ci-après donne pour des isolants standard (conductivité thermique PSE = 0,044 W/mK et LDV = 0,038 W/mK, les valeurs de coefficient U de parois courantes en briques ou blocs apparents.

L'épaisseur d'isolant a été choisie de façon à atteindre un niveau d'isolation compatible avec le respect de la réglementation thermique (ces valeurs tiennent compte de la présence des joints et de l'humidité d'équilibre du matériau).

D26. Performances thermiques



| Produits                                    | Isolant   | Epaisseur du mur (cm) | Coefficient U (W/m²K) |
|---|-----------|-----------------------|-----------------------|
| Briques ou Blocs 220 mm                     | PSE 8 cm  | 31                    | 0.46                  |
|   | PSE 10 cm | 33                    | 0.38                  |
|   | PSE 12 cm | 35                    | 0.32                  |
| Briques ou Blocs 220 mm                     | PSE 8 cm  | 34                    | 0.38                  |
|   | PSE 10 cm | 36                    | 0.32                  |
|   | PSE 12 cm | 38                    | 0.27                  |
| Briques apparentes 105 mm + Béton de 10 cm  | LDV 8 cm  | 32                    | 0.40                  |
|   | LDV 10 cm | 34                    | 0.33                  |
|   | LDV 12 cm | 36                    | 0.28                  |
| Briques apparentes 105 mm + Agglo de 15 cm  | LDV 8 cm  | 37                    | 0.39                  |
|   | LDV 10 cm | 39                    | 0.32                  |
|   | LDV 12 cm | 41                    | 0.28                  |
| Briques apparentes 105 mm + Briques de 15cm | LDV 8 cm  | 37                    | 0.36                  |
|   | LDV 10 cm | 39                    | 0.30                  |
|   | LDV 12 cm | 41                    | 0.26                  |

### 3.3 Performances acoustiques

#### 3.3.1 Isolation acoustique

L'isolation acoustique au bruit aérien est l'ensemble des procédés mis en œuvre pour obtenir des isolements acoustiques déterminés. Chaque paroi est caractérisée par un indice d'affaiblissement acoustique qui correspond à la diminution du niveau sonore entre deux volumes et dépend principalement de la nature de la paroi séparative et de l'ensemble des parois communes aux deux locaux. Les maçonneries en briques pleines constituent des parois dont l'indice d'affaiblissement acoustique est fonction de leur masse surfacique. A titre d'exemple, l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi en briques pleines apparentes de 22cm d'épaisseur est de 59 dBA pour un bruit rose (PV CEBTP no 642 2 80414).

Il va de soi qu'à épaisseur égale, les parois construites en briques ou blocs perforés, du fait d'une masse surfacique moins élevée, ont des performances acoustiques inférieures aux éléments pleins.

Les performances d'isolement acoustique des briques apparentes permettent d'envisager favorablement une utilisation:

- lors de la construction de parois séparatives entre logements contigus. Un mur de briques pleines de 22 cm d'épaisseur est de nature à répondre aux exigences d'isolement acoustique de la Nouvelle Réglementation Acoustique.

- pour réaliser des parements de 10,5cm d'épaisseur au niveau des façades des bâtiments.

L'épiderme extérieur en terre cuite permet d'accroître la masse de la partie opaque donc son isolement vis-à-vis des bruits extérieurs.

#### 3.3.2 Absorption acoustique

La « correction acoustique » a pour objet d'adapter « l'acoustique » d'un local en fonction de l'usage prévu. Parmi les solutions possibles, l'une d'entre-elles consiste à utiliser la propriété d'absorption acoustique de certains matériaux.

Une structure à base de briques ou blocs apparents perforés montés sur chant et associés à un isolant fibreux présente des bonnes performances d'absorption acoustique, ce qui permet son utilisation dans différents domaines tels que locaux scolaires, salles polyvalentes, circulations communes, etc. ...

Blocs de terre cuite montés sur chant plus laine minérale de 75 mm d'épaisseur :

| Freq. Hz | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| $\alpha$ | 0.70 | 1.00 | 0.85 | 0.60 | 0.80 | 0.60 |

Référence : rapport d'essai du CSTB no 713-950-0055

Indice d'évaluation de l'absorption :  $\alpha_w = 0,65 (L)$ .

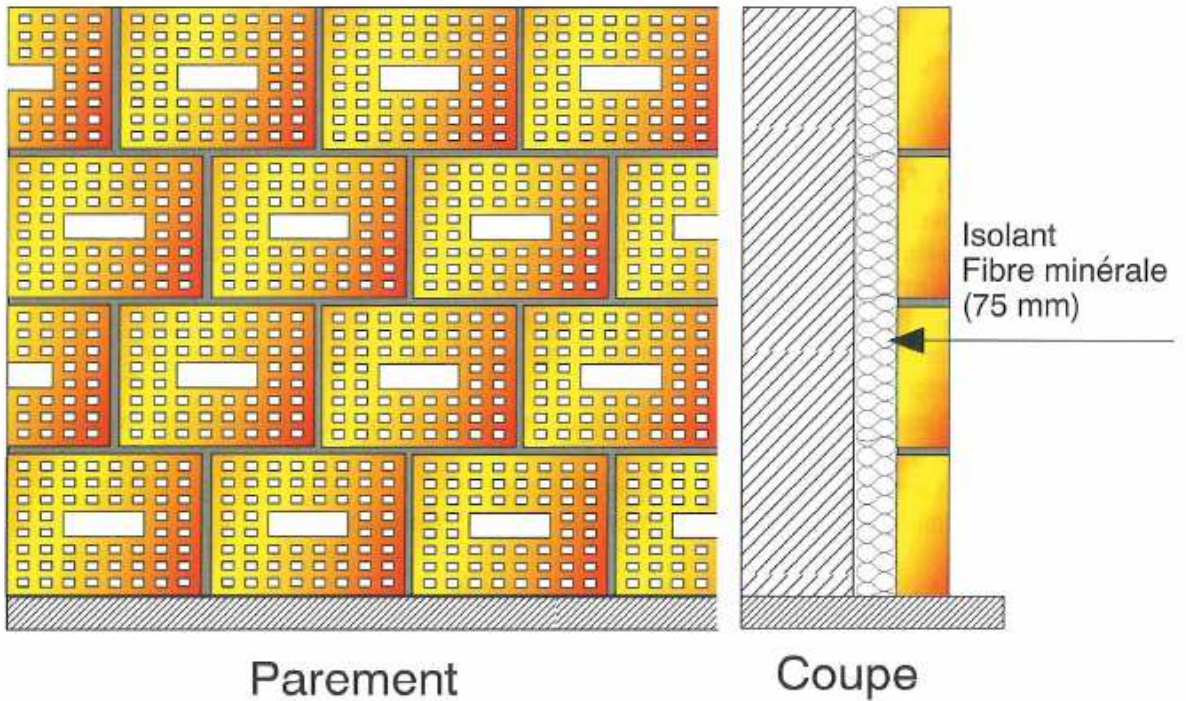
Exemples de Solutions Acoustiques du CSTB: classement AC<sub>2</sub>

Pour être conforme à la Nouvelle Réglementation Acoustique, l'aire d'absorption équivalente ( $A = \text{surface du revêtement absorbant} \times \alpha_w$ ) des revêtements absorbants disposés dans les circulations communes doit être au moins égale au quart de la surface au sol de ces circulations.

Par exemple, dans un hall d'entrée de 50m<sup>2</sup> au sol, si l'on utilise un mur-claustra, l'aire d'absorption équivalente devra être au moins égale à :  $(50/4)/0,65 = 20 \text{ m}^2$ . Avec cette technique, il suffira donc de traiter une seule paroi du hall pour répondre à la Réglementation.

D27. Correction acoustique: mur-claustra

### Bloc perforé monté sur chant



### 3.4 Comportement au feu

Du point de vue de la réaction au feu la brique de terre cuite est considérée comme un matériau incombustible, elle est classée A1 sans essai. La résistance au feu d'une paroi constituée de briques apparentes est importante. A titre d'exemple, une cloison en briques perforées de 10,5cm d'épaisseur est classée:

- degré pare-flammes : 6 heures,
- degré coupe-feu : 1 h 30.

(PV CSTB n°91 31 400)

# 4

# MISE EN OEUVRE

## 4.1 Maçonneries

### 4.1.1 Stockage sur chantier et nuançage

Lors du stockage sur le chantier, il faut protéger les produits de la détrempe totale, des souillures et notamment les isoler des sols humides ou polluants.

Lorsque la fourniture est effectuée en plusieurs livraisons certains produits peuvent parfois présenter de légères variations de teintes. Il convient alors, avant de les poser, de les mélanger afin d'obtenir un meilleur nuançage.

### 4.1.2 Mortiers

#### Remarques préalables

Dans toute la mesure du possible il faut employer des mortiers dits « mortiers bâtards » associant au sable, outre un liant hydraulique, de la chaux aérienne.

Ce type de mortier présente en effet de nombreux avantages :

- Excellente plasticité facilitant le remplissage complet et régulier des joints, et leur « serrage ».
- Bon pouvoir de rétention d'eau contrariant les risques de « grillage » des mortiers aussitôt après la pose.
- Très bonne adhérence sur les briques de terre cuite.
- Retrait limité contrariant la tendance à la fissuration des joints.

Trois formes de mortier se rencontrent sur les chantiers :

- les mortiers composés et gâchés sur place
- les mortiers secs prêts à l'emploi en sacs ou en trémie
- les mortiers prêts à l'emploi livrés gâchés en camion-toupie

Ces derniers, générateurs fréquents d'efflorescences, ne sont pas appropriés au montage des maçonneries de briques apparentes.

#### Choix des composants des mortiers

##### 4.1.2.1. Liants hydrauliques :

En règle générale, le choix d'un ciment de la catégorie CEM est préférable (Ciment Portland à 95 % au moins de Clinker -). Les ciments des autres catégories de la norme NF EN 197-1 et les ciments spéciaux peuvent contenir de fortes proportions de constituants secondaires dont les teneurs en sels solubles, possibles générateurs d'efflorescences, sont très variables. Certains entrepreneurs substituent au ciment une chaux hydraulique. Il convient alors de choisir une chaux hydraulique naturelle NHL ou NHL-Z..

##### 4.1.2.2. Sable :

Un sable de rivière à grains essentiellement répartis entre 0,08 et 2 mm (désignation courante sable 0-2) sans excès de fines est bien approprié à la confection des mortiers de hourdage. Il doit être dépourvu de souillures.

#### 4.1.2.3. Chaux aérienne :

Un mortier bâtard se réalise en mêlant au liant hydraulique (ciment ou chaux hydraulique) et au sable une chaux aérienne hydratée calcique (CL) ou dolomitique (DL).

Un mélange ciment-chaux hydraulique-sable n'est pas un mortier bâtard proprement dit et n'est pas conseillé: il peut même aggraver les risques d'efflorescences par rapport au simple mélange sable-ciment.

#### 4.1.2.4. Adjuvants divers :

Les mortiers secs prêts à gâcher et les mortiers prêts à l'emploi peuvent comporter des adjuvants divers : rétenteurs d'eau, entraîneurs d'air, hydrofuges de masse.

### **Choix des mortiers**

Pour les conditions de chantier les plus courantes on pourra adopter :

- **Soit du mortier bâtard ciment-chaux aérienne**, dont le dosage combine

- 1 volume de ciment CEM I 42,5 (ou 52.5)

- 1 volume de chaux aérienne hydratée.

- 4,5 volumes de sable sec

ce qui correspond à un dosage global en liant d'environ 355 kg par m<sup>3</sup> de sable (si le sable est humide porter son dosage de 4,5 à 5 volumes).

- **Soit du mortier bâtard à la chaux hydraulique naturelle** composé de :

- 2 volumes de chaux NHL ou NHL-Z

- 2 volumes de chaux calcique CL ou dolomitique DL.

- 7 volumes de sable

ce qui correspond à un dosage global en liant très proche de 400 kg/m<sup>3</sup> de sable sec.

Si pour des conditions particulières de chantier (nécessité d'un durcissement rapide du mortier par exemple) la solution du mortier bâtard est écartée, on retiendra valablement le dosage suivant:

- 320 kg de ciment CEM I 42,5 (ou 525) par m<sup>3</sup> de sable sec soit 32 litres de ciment /100 litres de sable.

- **Soit des mortiers prêts à l'emploi secs**

Les principaux avantages de ce type de mortier sont liés à leur fabrication industrielle impliquant des dosages précis et constants qui évitent notamment les risques de mauvais rendu esthétique liés à des variations de teinte des joints.

### 4.1.3 Joints

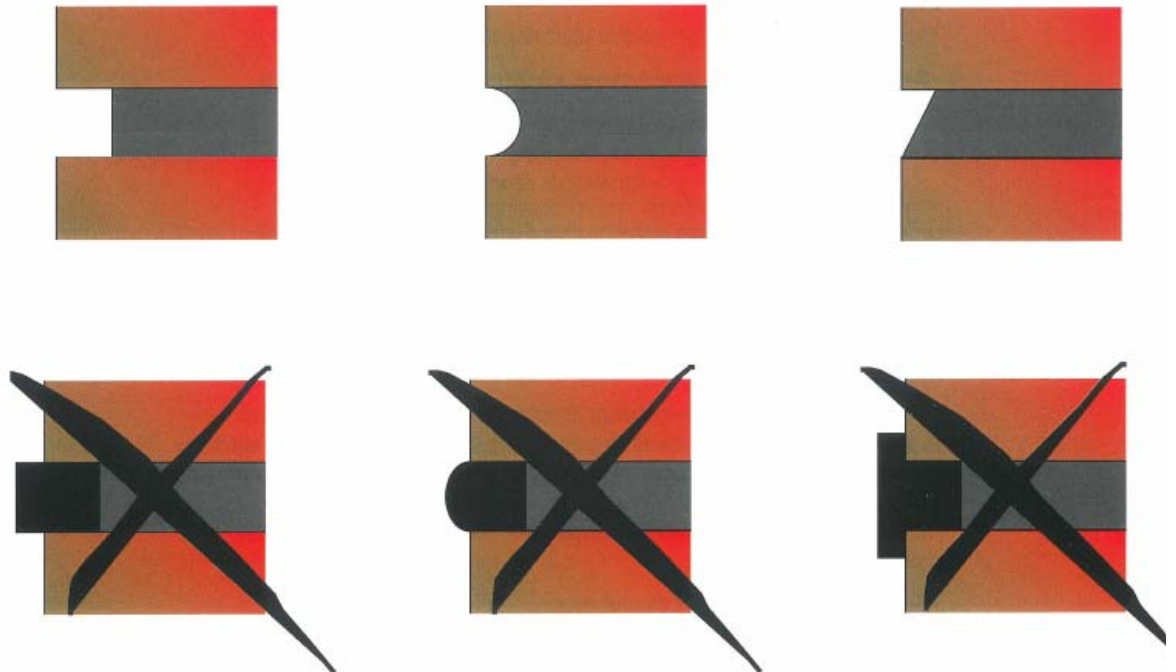
On adoptera des formes de joints ne favorisant pas la stagnation de l'eau ou sa pénétration par l'interface brique mortier.

Le type de joint favorisant au maximum l'écoulement de l'eau est le joint dit « en glacis »

L'épaisseur ne doit pas être inférieure à 8mm.

Les joints saillants et au nu de la brique sont déconseillés.

#### D28. Exemples de joints



Les joints verticaux doivent être soigneusement garnis.

Le rejointoiement (jointoiement après coup) peut être utilisé dans un but esthétique (réalisation de joints lisses, grattés, colorés, etc.). Dans le cas des murs doubles ou des protections d'isolation par l'extérieur réalisés avec des briques de 103 cm d'épaisseur, le rejointoiement a également pour but d'améliorer l'étanchéité du revêtement, particulièrement dans les parois qui sont soumises à des conditions d'exposition sévères.

Il est effectué de la façon suivante :

- Dégarnir si nécessaire les joints de hourdage sur une profondeur de 2cm au fur et à mesure du montage.
- Brosser soigneusement et humidifier le fond du joint.
- Exécuter le garnissage du joint avec un mortier enrichi et en lissant au fer.

Afin de ne pas conduire à une remise en place des échafaudages, cette opération est faite sur la hauteur de maçonnerie accessible à partir du niveau d'où vient d'être réalisé le montage, l'échafaudage étant ensuite rehaussé pour continuer l'ouvrage.

#### 4.1.4 Briquetage

Par temps chaud il est souhaitable d'humidifier certaines briques avant leur mise en œuvre mais il est bon de prendre l'avis des fabricants qui recommandent ou non cette humidification préalable. Notons que l'utilisation des mortiers prêts à l'emploi permet de monter les briques sans humidification préalable.

##### Répartition horizontale et verticale

Afin d'obtenir une bonne répartition des briques, et d'éviter des coupes disgracieuses, il est indispensable, avant de commencer le montage, de poser d'abord la première et la seconde assises à sec. Pour les ouvrages de grande longueur, cette précaution peut n'être prise que quelques mètres avant l'extrémité.

Les joints verticaux doivent être décalés d'une assise à l'autre d'au moins 1/3 de la longueur des briques. Il est cependant admis d'aligner les joints verticaux sur 3 assises maximum.

- Les briques seront coupées de préférence à la scie et pour la répartition verticale, on utilisera un gabarit sur lequel sont repérées les hauteurs d'assises.
- Les tolérances admises sont de 1 cm pour les aplombs d'un étage de hauteur moyenne (tolérance non cumulative), 2 cm de flèche ("rond" ou "creux") sur un cordeau de 10 m pour la planéité générale du parement, et de 1 cm sur 10 m pour les lignes de joints horizontaux.

##### Montage à la baguette

Il est adopté lorsqu'on désire des assises parfaitement régulières.

On utilise en général pour les petits ouvrages des baguettes plastiques. Avec des baguettes de bois, on aura soin de les mouiller afin de les faire gonfler au préalable, ce qui permettra de les retirer ensuite facilement.

La mise en œuvre par collage des plaquettes sera faite conformément aux spécifications du DTU 52.2. Pour l'extérieur on utilisera uniquement, sur les supports définis en 2.3.2, des mortier-colles de type C2 ou C2 S1/S2 Façade.

La pose des plaquettes s'effectuera sur :

- un enduit après un délai d'attente de 3 semaines,
- un béton après un délai d'attente de 2 à 3 mois.

La pose des plaquettes s'effectue par **simple encollage** : le mortier-colle est mis en œuvre sur le support à l'aide d'une taloche puis réparti au moyen d'une spatule dentelée, les plaquettes sont ensuite appliquées sur le support.

Les joints entre les plaquettes ( $\geq 6$  mm de largeur) seront remplis d'un mortier de joint traditionnel ou d'un produit spécial pour joints.

## 4.2 Plaquettes murales de terre cuite



## 4.3 Pavés

Les pavés peuvent être posés sur sable (pavage souple) ou sur mortier (pavage rigide). Afin d'obtenir un nuancier des teintes, le poseur doit mélanger les pavés issus de conditionnement différent.

### 4.3.1 Pose sur sable ou sur sable stabilisé

En règle générale, la pose sur sable ou sur sable stabilisé est utilisée pour des aménagements soumis à la circulation automobile. Dans ce cas, les pavés sont posés bord à bord en ménageant des joints de l'ordre de 2 mm.

#### a) Lit de pose

Il est constitué d'un sable de granulométrie comprise entre 0/4 et 0/6,3 mm.

Il est mis en œuvre sur une épaisseur telle qu'après compactage des pavés, le lit de pose soit de 3 cm + 1 cm. Ceci nécessite donc que l'assise soit suffisamment bien dressée et aussi bien fermée que possible pour éviter que du sable puisse s'échapper.

Dans le cas de sollicitations particulières (pente importante, zone de freinage), le sable peut être stabilisé par incorporation de ciment à raison de 100 à 150 kg par m<sup>3</sup>, sans apport d'eau. Le sable est réglé avec soin mais non compacté. La planéité du lit de pose ne doit pas être détruite lors de la pose des pavés.

Dans ce type de pose, le poseur est situé sur la zone de pavés déjà mis en œuvre.

La rectitude et le parallélisme des rangs de pavés sont vérifiés tous les 4 ou 5 m.

#### b) Joints

Dès que la pose des pavés est terminée et contrôlée, les joints sont garnis par un sable de granulométrie maximale 2 mm. Il doit être exempt d'éléments argileux.

Pour des zones très sollicitées, le sable peut être stabilisé par un ciment à raison de 150 kg/m<sup>3</sup> sans apport d'eau. Le sable est introduit au balai à refus.

Le compactage, de préférence à la plaque vibrante avec patin recouvert de caoutchouc ou produit similaire, est alors réalisé de façon à mettre tous les éléments de pavage à niveau, et à faire pénétrer le sable sur la totalité de la hauteur du pavé.

### 4.3.2 Pose sur mortier

Cette pose est à réserver à des circulations piétonnes.

#### a) Lit de pose

Il est constitué d'un mortier maigre dosé à 300 kg de ciment par mètre cube de sable sec.

Il est préférable d'utiliser un ciment CPA-CEM plutôt qu'un CPJ.

Le sable est de granulométrie 0/4 ou 0/6,3, propre et sans matière argileuse.

Le support doit être propre et humidifié pour éviter la dessiccation du mortier à sa partie inférieure.

Le mortier est étalé à l'avancement des travaux en petites quantités. Il est dressé à la règle, à l'avancement, sur une épaisseur de 4 cm ± 1 cm (l'assise doit être suffisamment bien réglée pour respecter cette fourchette). Le mortier n'est pas compacté avant la pose des éléments en terre cuite.

Pour assurer un parfait collage des pavés, une barbotine de ciment est répandue à l'avancement.

Ceux-ci sont humidifiés surtout en période chaude, avant d'être posés en ménageant une largeur de joints de 8 à 12 mm.

Le poseur est placé devant la zone réalisée, le travail est fait à la "bande".

Les pavés sont affermis à l'aide d'une massette de caoutchouc pour assurer une mise à niveau correcte aussitôt après la pose des pavés. La zone réalisée est protégée de toute circulation avant la réalisation des joints.

#### **b) Joints**

Ils ont une largeur de 8 à 12 mm et sont obturés, au plus tôt 24 heures après la pose des pavés en terre cuite, par un mortier dosé à 400 kg de ciment ou de chaux hydraulique par mètre cube.

Les joints sont soigneusement garnis sur la totalité de la hauteur, ils sont soit lissés à la ruelle ou tirés au fer, soit balayés si on utilise un mortier sec, ou finis à l'éponge.

Le nettoyage de la surface revêtue est fait à l'éponge entre 1 h et 3 h après l'obturation des joints, selon les conditions météorologiques.

Les joints doivent être réalisés avec un léger creux par rapport à la surface des pavés pour améliorer l'écoulement superficiel des eaux de pluies.

#### **Remarques importantes**

Ce type de pose dite rigide suppose que la zone réalisée soit protégée de toute circulation pendant 24 h. Pour des surfaces dépassant 40 m<sup>2</sup>, un joint de dilatation, en matériau compressible, sur toute l'épaisseur du revêtement et des couches de pose qui lui sont solidaires, est nécessaire. Les produits à base de polyuréthane, voire des mastics bitumineux sont recommandés.

### **4.4 Nettoyage de fin de chantier**

Les souillures provoquées par des projections accidentelles de mortier de hourdage ou de jointoiment sur les briques de terre cuite devront être éliminées dès qu'elles ont été faites et en tous cas avant le durcissement des mortiers, à l'aide d'une spatule ou d'une truelle pour les dépôts épais, ou à la brosse pour les taches ténues, en évitant tout "barbouillage" de mortier frais à l'aide d'une éponge insuffisamment rincée qui peut laisser un "voile" très inesthétique surtout sur les briques de teinte foncée.

Le nettoyage de fin de chantier sera dans ces conditions relativement aisé. Il devra procéder d'un simple lavage à l'eau pour enlever les poussières et projections de terre et seules les taches ou traînées de laitance nécessiteront un traitement à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique à 10% (1 litre d'acide chlorhydrique concentré du commerce additionné progressivement à 9 litres d'eau). Cette solution peut être appliquée à l'aide d'une grosse brosse de peintre, sur maçonnerie préalablement humidifiée, et l'opération doit être immédiatement suivie d'un rinçage à l'eau, par exemple à l'aide d'une grosse éponge fréquemment rincée et essorée, en évitant de provoquer des "coulures" sur les zones sous-jacentes nettoyées ou non. Le rinçage ne doit pas entraîner une détrempe profonde de la maçonnerie.

La solution d'acide chlorhydrique est naturellement corrosive. Son applicateur doit porter des lunettes et gants de caoutchouc ou de matière plastique, et il convient de protéger les parties métalliques (spécialement les huisseries en aluminium anodisé) et tout autre matériau sensible aux acides proches de la zone à traiter, de tout contact avec la solution considérée.

### **4.5 Protection après achèvement du briquetage**

Il est nécessaire de protéger les maçonneries achevées destinées à rester apparentes contre les souillures susceptibles d'être provoquées par des travaux ultérieurs (applications d'enduits, peinture, etc.). La protection est facile et peu onéreuse à l'aide de films de polyéthylène soigneusement disposés et fixés.

## 4.6 Efflorescences

### 4.6.1 Genèse des efflorescences

Lorsqu'une maçonnerie renferme des sels solubles dans l'eau, et quelle que soit l'origine de ces sels, une forte humidification provoque leur dissolution. Lorsque la maçonnerie sèche, la solution saline ainsi formée migre vers les surfaces libres des briques en circulant dans leur réseau capillaire. L'eau en s'évaporant lors du séchage abandonne les sels qu'elle avait solubilisés, et ceux-ci cristallisent en dépôts d'aspects variables (voiles ténus, concrétions plus ou moins épaisses ou poudre légère et peu adhérente) de couleur blanche dans les cas les plus courants.

Seuls les dépôts formés suivant ce mécanisme sont des efflorescences, assez souvent - mais à tort - qualifiées de "salpêtre" (le salpêtre est en fait un mélange de nitrates engendré par des bactéries dites nitrifiantes à partir de déjections organiques sur des substrats minéraux riches en calcium).

### 4.6.2 Genèse et différenciation des pseudo-efflorescences

Très souvent confondues avec les efflorescences proprement dites, certaines souillures conduisent également à des dépôts blancs, en voiles ténus ou en concrétions plus ou moins épaisses. Elles sont dans la plupart des cas provoquées par le délavage direct de la chaux des liants hydrauliques des mortiers de joints ou d'éléments en béton associés aux briques dans l'ouvrage considéré. Le phénomène survient fréquemment lorsqu'une maçonnerie est soumise à une sensible détrempe avant prise et durcissement du mortier. En général, ces souillures affectent la forme de "coulores" partant de points singuliers des maçonneries comme certaines lignes horizontales de joints (correspondant par exemple au niveau du coulage d'un plancher ou au niveau d'une dernière assise de briques montée immédiatement avant une forte pluie) ou comme une zone avec défaut localisé d'un joint. Cette particularité d'aspect permet une facile différenciation des souillures de ce type et des efflorescences.

### 4.6.3 Importance fondamentale de la détrempe des maçonneries

Il faut garder en mémoire qu'avant son durcissement un mortier est beaucoup plus vulnérable et à une lixiviation de sa chaux, et à la succion de ses sels solubles par les briques qui, en séchant, les restitueront en efflorescences. Cela provient du fait que le mortier présente à ce stade une texture relativement lâche, alors qu'au durcissement se développe une texture beaucoup plus fine contrariant la migration des sels vers les briques. La détrempe des mortiers non encore durcis est ainsi en cause dans une forte proportion des anomalies d'aspect considérées dans ce document. Elle est également impliquée, bien sûr, dans les coulores directes de laitance qui ne sont pas moins dommageables et entraînent la nécessité de nettoyages de fin de chantier techniquement assez délicats à réaliser, donc coûteux, et en outre susceptibles d'induire des souillures et efflorescences ultérieures s'ils ne sont pas correctement conduits.

Certes, en ce qui concerne les efflorescences, il faut également incriminer comme co-responsables les solubles qui peuvent provenir des matériaux eux-mêmes (briques, liants hydrauliques, sable, eau gâchage, adjuvants de mortier), des sols, ou encore d'éléments de béton en contact direct avec la maçonnerie, mais il faut garder en mémoire que l'emploi de matériaux totalement exempts de sels solubles n'interdit aucunement les souillures par entraînement de la chaux inéluctablement libérée des phénomènes physico-chimiques qui régissent la prise des liants hydrauliques classiques.

Cette importance fondamentale de la détrempe dans la genèse des souillures de chaux et efflorescences n'est pas toujours suffisamment perçue parce qu'elle est apparemment illogique : les maçonneries extérieures sont en effet par nature exposées périodiquement sur la majorité de leurs surfaces aux précipitations atmosphériques que nul ne peut maîtriser.

En fait l'expérience pratique permet de démontrer qu'il n'y a pas contradiction : elle a établi que dans la majorité des cas, même sous vent rabattant, les pluies n'imprègnent pas en profondeur une maçonnerie soigneusement jointoyée et au mortier durci. Par contre, l'expérience prouve qu'une détrempe profonde génératrice de désordres peut intervenir si de l'eau stagne assez longuement aux pieds des murs ou si un écoulement continu affecte une zone donnée pendant un temps suffisant.

#### 4.6.4 Prévention des efflorescences et souillures

Dès la conception des ouvrages, la prévention de ces désordres mérite d'être prise en considération : Il faut éviter tout parti architectural favorisant des écoulements préférentiels d'eau de pluie sur des points singuliers des maçonneries. Au niveau de la mise en œuvre, tout ce qui peut favoriser les pénétrations anormales d'eau et de sels dans les murs doit être évité :

- Les éléments de maçonnerie en attente de montage ne doivent jamais être exposés à une détrempe, et il faut donc les maintenir à l'abri des précipitations atmosphériques (protection des palettes de briques partiellement déhoussées).

- Les mortiers doivent être préparés avec de l'eau propre et du sable protégé de toute souillure lors de son stockage.

- Si par temps chaud et sec il paraît souhaitable d'humidifier légèrement les briques à forte porosité pour contrarier une trop rapide dessiccation des mortiers, préjudiciable à leur prise et à une bonne adhérence brique-joint, cette humidification doit être réduite à un trempage de quelques minutes dans l'eau propre, suivi d'un suffisant égouttage avant la mise en œuvre.

L'emploi d'une brique détrempe peut être générateur d'efflorescences et coulures et en tout état de cause il nuit également à l'adhérence brique-mortier. Bien souvent d'ailleurs, surtout avec les mortiers secs prêts à l'emploi convenablement gâchés, l'humidification préalable des briques n'est pas nécessaire,

- L'emploi de mortiers retardés pour le montage de briques est formellement déconseillé :

Certains de ces mortiers sont riches en sels solubles et tous prolongent la durée de la phase initiale de prise du liant au cours de laquelle les sels solubles peuvent pénétrer dans les briques. A contrario il faut préférer l'emploi des mortiers bâtards associant ciment et chaux calcique CL, mortiers favorables à une bonne adhérence joint-brique contrariant les microfissurations de contact, et du même coup les pénétrations anormalement importantes d'eau dans les murs.

- Une confection soignée des joints constitue également un élément non négligeable de prévention. Les joints bien "serrés" s'opposent à la pénétration d'eau.

**Et surtout :**

**Il faut absolument protéger les murs en cours d'édification de toute détrempe, par mise en place de protections temporaires, et ne pas monter les briques sous la pluie.**

**Le sommet des murs doit être systématiquement protégé des pluies, par exemple, par mise en place dès achèvement d'une couverture. L'omission de cette protection peut être particulièrement dommageable en cas d'emploi de briques perforées dont les évidements peuvent constituer des réservoirs d'eau et entraîner du même coup une détrempe profonde des murs.**

**Il faut également éviter toute détrempe qu'entraîne le défaut de mise en place, en temps utile, des évacuations d'eaux pluviales ou les reprises d'ouvrages entraînant des écoulements prolongés et accidentels sur les maçonneries.**

#### 4.6.5 Traitement des maçonneries souillées

##### a) Principes

Les remèdes curatifs aux anomalies d'efflorescences et souillures analogues doivent être choisis après identification des sels exsudés. Il faut en particulier proscrire tout nettoyage à l'acide.

Les grands principes régissant une méthodologie de la correction des anomalies sont :

- 1<sup>re</sup> phase : Identification des efflorescences ou autres souillures constatées, recherche de leur genèse et en particulier de causes probables de détrempe des maçonneries.
- 2<sup>e</sup> phase: Correction s'il y a lieu des anomalies causes de la détrempe et attente d'un complet séchage de la maçonnerie avant toute application d'une procédure de nettoyage..
- 3<sup>e</sup> phase: Essais d'application en zones souillées de surfaces réduites, de la ou des procédures sélectionnées.
- 4<sup>e</sup> phase: Mise en application, impérativement par temps sec et si possible en évitant de traiter un mur fortement échauffé par l'ensoleillement

### **b) Cas des efflorescences à hydrosolubilité persistante**

Certaines efflorescences restent très hydrosolubles après leurs dépôts (sulfates alcalins dans les cas les plus courants). Qualifiées à juste titre de fugaces, ces efflorescences disparaissent progressivement sous l'effet des précipitations atmosphériques si la maçonnerie affectée est exposée aux pluies, et cet auto-nettoyage naturel est préférable à tous points de vue à un traitement quel qu'il soit. Il n'a que l'inconvénient de n'être pas immédiat et peut s'étaler sur une année et plus.

Bien entendu, ce nettoyage ne peut intervenir sur les zones non exposées aux pluies pour lesquelles, après complet séchage, la meilleure formule de traitement consiste en un brossage à sec, à la brosse à fibres de chiendent ou de nylon, complété d'un simple passage d'éponge humide. Un tel nettoyage conduit à un résultat définitif si la maçonnerie traitée était bien sèche et si aucune détrempe accidentelle n'intervient ultérieurement. Il faut par contre éviter les nettoyages au jet d'eau sous pression immédiatement efficaces mais induisant la plupart du temps par détrempe un risque de nouvelles exsudations au séchage.

### **c) Cas des efflorescences insolubilisées après leur dépôt**

Lorsqu'une souillure a été vérifiée insoluble à l'eau il est toujours souhaitable de consulter un spécialiste pour le choix d'un traitement approprié. Si le dépôt correspond à des coulures de chaux (cas très fréquent) l'hydroxyde de calcium qui le constitue initialement se transforme très rapidement en carbonate de calcium (calcite) très faiblement hydrosoluble mais facilement décomposable par les acides.

Le contact de quelques gouttes d'acide chlorhydrique dilué sur de tels dépôts provoque une effervescence caractéristique (formation d'une mousse pétillante) et la disparition totale - pour les dépôts ténus- de la salissure sous l'effet d'un rinçage immédiat à l'eau de ville.

Il est donc possible de nettoyer de telles souillures avec une solution d'acide chlorhydrique à raison d'une partie volumétrique d'acide pur du commerce pour neuf parties volumétriques d'eau déminéralisée, avec rinçage final très soigné au jet d'eau de ville sans pression (écoulement libre). Ce traitement doit impérativement être appliqué après une légère humidification de la maçonnerie pour éviter une suction rapide de la solution issue du nettoyage par les briques et un risque de nouvelles souillures au séchage.

Si les souillures de calcite sont en concrétions épaisses (de véritables stalactites ont été maintes fois constatées sur chantiers) une simple application de la solution acide peut se révéler insuffisamment efficace et le traitement doit être répété plusieurs fois. Dans des cas extrêmes le dépôt formé ne peut être supprimé qu'en faisant appel à un traitement mécanique (décollage à la spatule ou ponçage modéré) avec parachèvement à la liqueur acide.

Il faut également noter que si les surfaces souillées sont relativement peu importantes, un gel acide spécifique, en pâte, mérite d'être substitué à la solution acide : Il est plus efficace, peut être appliqué plus facilement d'une manière sélective et présente un moindre risque d'induction de souillures secondaires par les produits de réaction, qui s'écoulent forcément sur la maçonnerie si le produit de traitement est liquide.

Rappelons que toute utilisation d'acide implique par ailleurs des précautions particulières (voir § 4.4 "Nettoyage de fin de chantier").

## BIBLIOGRAPHIE

Norme NF EN 771-1 COMPIL- Novembre 2005 – Briques de terre cuite. AFNOR

Norme NF EN 771-1 / CN- Février 2008 – Complément national à la NF EN 771-1.- AFNOR

Norme NF P 13-307-Juillet 1995- Plaquettes murales en terre cuite - AFNOR

Norme NF EN 1344 – Aout 2003 - Pavés en terre cuite - AFNOR

NF DTU 20.1 – Octobre 2008 -Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs - AFNOR

NF DTU 52.2- Décembre 2009. Pose collée des revêtements céramiques et assimilés- Pierres naturelles.- AFNOR

Norme NF P 98-335 - Mai 2007- Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle. - AFNOR

NF DTU 26.1 – Avril 2008. Travaux d'enduits de mortiers - AFNOR

NF DTU 31.2 – Février 1998- Construction de maisons et bâtiments à ossature bois - AFNOR

NF DTU 13.11 et 13.12 mars 1988 Fondations superficielles et Règles de calcul - AFNOR

Nouvelle Réglementation Acoustique – Arrêté du 28/10/1994

Règles professionnelles simplifiées –

Maçonneries armées dans les joints horizontaux juillet 1991 – éd.SEDIMA

Les pavés en terre cuite - Guide de mise en œuvre septembre 1992 – 44 pages – éd.CETUR



FFTB  
Fédération Française des Tuiles et Briques  
17, rue Letellier  
75015 PARIS  
Tél. : 01 44 37 07 10



Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction  
200, avenue du Général de Gaulle  
92140 CLAMART  
Tél.: 01 45 37 77 77