

Matériaux de terre cuite

par **Lucien ALVISET**

Ingénieur de l'École Nationale Supérieure de Céramique Industrielle de Sèvres

Docteur de l'Université

Ancien Directeur Technique du Centre Technique des Tuiles et Briques

1. Fabrication	C 905 - 2
1.1 Matières premières.....	— 3
1.2 Préparation de la pâte	— 4
1.3 Façonnage	— 4
1.4 Séchage	— 6
1.5 Cuisson	— 7
2. Caractéristiques et emplois	— 9
2.1 Éléments pour murs et cloisons.....	— 9
2.2 Éléments pour planchers et charpentes	— 13
2.3 Éléments pour plafonds suspendus.....	— 14
2.4 Éléments pour couverture	— 15
3. Produits pour bardages	— 16
3.1 Bardages en briques apparentes.....	— 16
3.2 Bardages en tuiles	— 16
3.3 Bardage alvéolé autoportant	— 17
3.4 Procédés divers	— 17
4. Éléments divers	— 17
4.1 Buisseaux pour conduits de fumée.....	— 17
4.2 Briques pour conduits de fumée.....	— 18
4.3 Tuyaux de drainage	— 18
4.4 Éléments pour revêtements de sols et de murs	— 18
4.5 Éléments pour décoration.....	— 19
4.6 Produits nouveaux.....	— 19
Formulaire	Form. C 906
Pour en savoir plus	Doc. C 907

Les matériaux de terre cuite sont utilisés depuis plusieurs siècles dans le bâtiment. Ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, tant dans le domaine traditionnel que dans celui dit industrialisé. Les caractéristiques des produits de terre cuite permettent à ceux-ci d'être employés dans toutes les parties de la construction avec efficacité. Ce sont essentiellement les briques, les tuiles, les éléments pour planchers, les conduits de fumée, les carreaux rustiques, des éléments de décoration, etc.

Ils sont fabriqués à partir d'argiles communes devenant souvent rouges à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose au jaune et au blanc). Les températures de cuisson les plus usuelles varient de 900 à 1 050 °C.

Les produits de terre cuite sont généralement poreux. Ils peuvent être émaillés afin de leur donner, outre leurs qualités fonctionnelles, des qualités esthétiques.

La Fédération des fabricants de tuiles et de briques de France est l'organisme syndical de la profession. Celle-ci dispose d'un centre technique industriel (Centre technique des tuiles et briques) dont la mission essentielle est la promotion du progrès technique, aussi bien en ce qui concerne la fabrication que l'utilisation et l'amélioration de la qualité des produits.

1. Fabrication

La fabrication (figure 1) comprend plusieurs stades dont les principaux sont :

- l'extraction des matières premières ;
- la préparation ;
- le façonnage ;
- le séchage ;
- la cuisson.

Au cours des dernières années, l'automatisation et l'informatique ont été introduites dans les usines. Les fonctions de :

- pilotage des machines de préparation et de façonnage ;
- manutention des produits en cours de fabrication ;
- régulation du séchage et de la cuisson ;

sont confiées à des automates programmables ou à des ordinateurs.

Les usines utilisent toutes les ressources de l'informatique et de la robotique pour :

- améliorer les conditions de travail ;
- augmenter la productivité ;
- parfaire la qualité des produits et, par là même, satisfaire au mieux les exigences des utilisateurs.

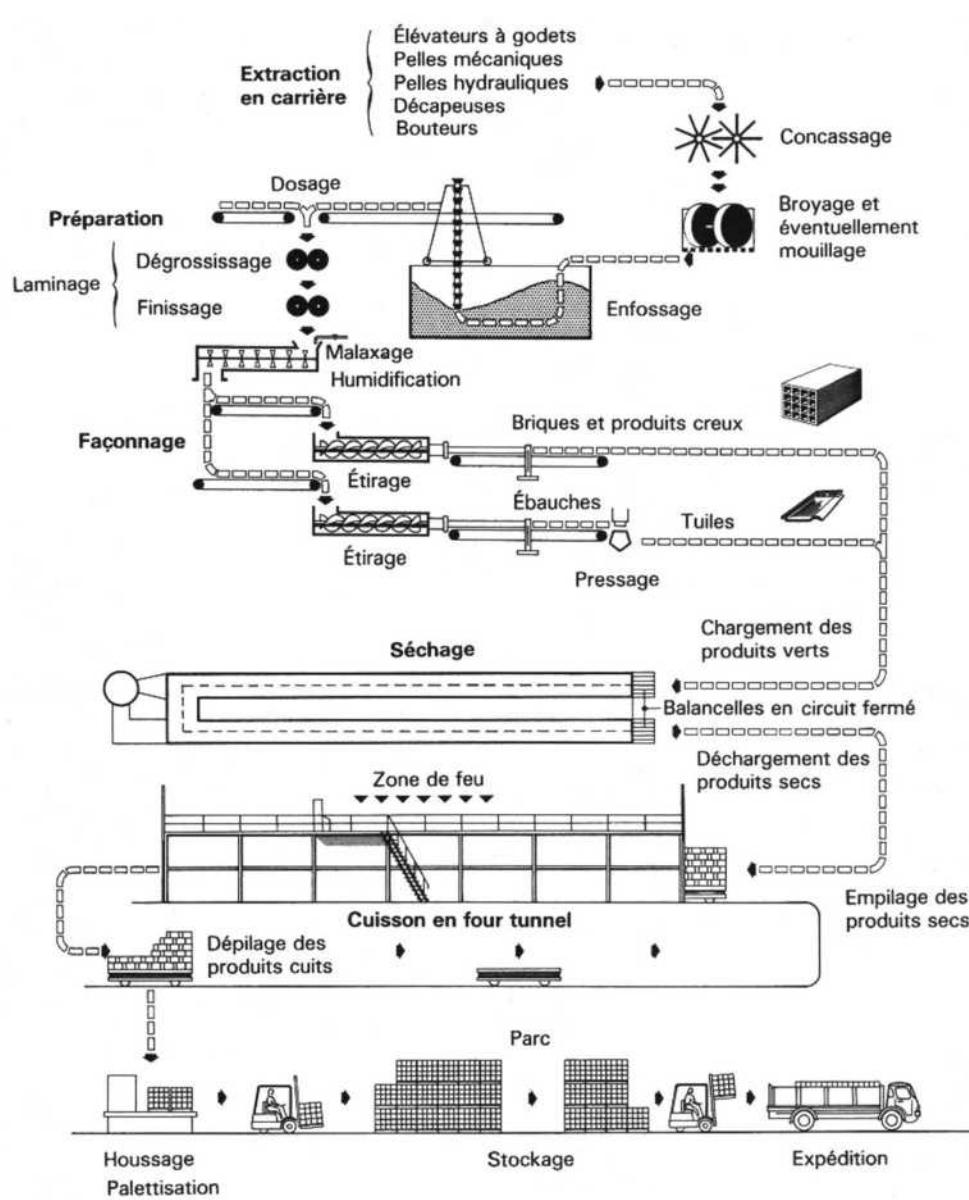


Figure 1 – Fabrication des produits de terre cuite

Les structures des usines modernes sont caractérisées par des manutentions mécanisées, un séchage en séchoirs artificiels (chambres ou tunnels), une cuisson en fours-tunnels, des manutentions sur parc et des livraisons en charges ou en paquets.

La production actuelle française est de l'ordre de 4 800 000 t. Elle se répartissait de la façon suivante (pour 1992) :

— briques pleines ou perforées	478 407 t
— briques creuses à perforations horizontales	1 464 258 t
— hourdis.....	67 319 t
— blocs perforés verticaux	618 388 t
— tuiles	2 002 734 t
— boisseaux et divers	204 452 t
Total	4 835 558 t

Cette production est assurée par 150 usines. Les usines modernes produisent en moyenne, par jour, 100 à 250 t de tuiles et 200 à 400 t de briques.

La modification des structures, ces dernières années, s'est accompagnée de répercussions sur les bilans d'exploitation : le poste de main d'œuvre s'est trouvé réduit tandis que celui des amortissements a augmenté. La main d'œuvre directe représente environ 0,5 h à 2 h par tonne vendable.

Il existe maintes solutions d'implantation d'une usine de production, qui dépendent de la matière première, des matériaux choisis, du tonnage et du type de produit fabriqué.

Nous allons étudier les diverses étapes de la fabrication en insistant plus particulièrement sur l'influence qu'elles peuvent avoir sur les caractéristiques des produits cuits.

1.1 Matières premières

Les matières premières le plus couramment utilisées dans la fabrication des produits de terre cuite sont les argiles d'une part, et les éléments dégraissant d'autre part.

1.1.1 Caractéristiques des principales argiles de terre cuite françaises

Les argiles employées dans cette industrie sont de natures chimique et minéralogique très variables ; elles sont le plus souvent de type illitique ou kaolino-illitique. Nous donnons ci-après les limites entre lesquelles varient les différents éléments dosés par analyse chimique :

— silice (SiO_2)	35 à 80 %
— alumine (Al_2O_3)	8 à 25 %
— oxyde de titane (TiO_2)	0,3 à 2 %
— oxyde de fer (Fe_2O_3)	2 à 8 %
— chaux (CaO)	0,5 à 15 %
— magnésie (MgO)	0 à 3 %
— soude (Na_2O)	0,1 à 1 %
— potasse (K_2O)	0,5 à 4 %
— anhydride carbonique (CO_2)	0 à 15 %

La perte au feu est comprise entre 3 et 18 % (en masse).

En ce qui concerne les caractéristiques des produits, ces différents éléments jouent les rôles suivants.

La silice existe soit sous forme combinée aux différents silicates d'alumine (argile et micas), soit sous forme libre (quartz). Sous cette dernière forme, elle joue le rôle d'élément dégraissant lorsqu'elle est grossière et constitue en quelque sorte le squelette des produits.

L'alumine est généralement liée à la plasticité de l'argile, cette plasticité étant d'autant plus élevée que la teneur en alumine est plus importante. On emploiera de préférence des argiles à haute teneur en alumine pour la fabrication de produits pressés à reliefs importants, tels que les tuiles.

L'oxyde de fer agit comme élément fondant au cours de la cuisson. Il communique aux produits leur couleur rouge.

La chaux est un constituant très fréquent des produits de terre cuite, dans lesquels on peut la trouver en quantité importante. Elle existe dans les argiles, le plus souvent sous forme de carbonate de chaux finement divisé (grains de l'ordre du micromètre) qui se décompose, au cours de la cuisson, en libérant de l'anhydride carbonique selon la réaction :



La chaux libérée se combine avec les autres éléments de l'argile pour former des silicates d'alumine complexes, de couleur rose à jaunâtre. C'est la raison pour laquelle les produits fabriqués avec des argiles calcaires ne présentent pas la couleur rouge habituelle, mais une couleur rose ou jaune d'autant plus pâle que les produits ont été cuits à température plus élevée.

C'est là un point intéressant à retenir, car souvent les utilisateurs craignent que les produits de couleur pâle ne soient pas suffisamment cuits alors que c'est souvent l'inverse qui est la réalité.

Le départ du dioxyde de carbone dû à la décomposition du carbonate de chaux laisse, à l'intérieur du tesson cuit, un certain pourcentage de vides qui ont pour conséquence de communiquer aux produits cuits une porosité assez élevée.

Quelquefois, le calcaire existe dans les argiles sous forme de grains de granulométrie grossière (quelques millimètres). Ils se transforment en chaux vive dans les produits cuits et s'hydratent sous l'action de l'humidité atmosphérique, s'expandent et risquent de provoquer des éclatements localisés, connus, en terme de métier, sous le nom d'**éclatements de chaux**. Le remède est apporté à la fabrication par un broyage très poussé des matières premières et quelquefois par un trempage des produits cuits, à leur sortie du four, dans l'eau froide pendant quelques minutes.

Les oxydes alcalins (soude et potasse) jouent le rôle de fondants. Associés à d'autres éléments (oxyde de fer, par exemple), ils provoquent, au cours de la cuisson, les réactions de grésage (§ 1.5.1) qui confèrent aux produits leurs qualités définitives, et tout particulièrement leur résistance mécanique.

1.1.2 Gisements

Les argiles utilisées pour la fabrication de produits de terre cuite se trouvent pratiquement à tous les étages géologiques, les terrains primaires exceptés.

Au sommet du quaternaire, on trouve l'importante formation de lœss, qui est une argile siliceuse et calcaire présentant peu de plasticité. Ces argiles sont très répandues dans l'est de la France (Alsace).

Dans certaines régions, la couche supérieure du lœss a été décalquifiée et a donné naissance à une argile très siliceuse, peu plastique, pratiquement exempte de calcaire, appelée **lehm**, qui était très utilisée dans le nord de la France, la Normandie et la région parisienne pour la fabrication de briques pleines à la presse (plus rarement par étirage à la mouleuse).

1.1.3 Extraction

Après l'enlèvement de la découverte (encore appelée stérile) à l'aide de bouteurs, de pelles mécaniques ou de décapeuses, l'extraction a lieu à ciel ouvert, les hauteurs de front de taille variant de 1 m à une vingtaine de mètres environ.

L'extraction peut se faire à la pelle mécanique, à l'excavateur, à l'aide de défonceuses, décapeuses, bouteurs, pelles, chargeuses, etc.

La matière première extraite est acheminée à l'usine, soit par camions, soit par voie ferrée, soit, plus rarement, par transporteurs à câbles ou transporteurs à bandes.

Pour des questions de prix de revient, il ne peut être question de faire venir les matières premières de trop loin, l'incidence des frais de transport devenant prohibitive. La plupart des tuileries et briqueteries travaillent avec des matières premières provenant de gisements proches de l'usine (quelques kilomètres). De façon à améliorer les caractéristiques des mélanges de fabrication et les qualités des produits cuits, certaines usines font des ajouts et utilisent des argiles d'appoint (à des dosages qui peuvent atteindre 20 à 30 %) provenant de gisements situés quelquefois à 10, 20 ou 30 km (au maximum) de l'usine.

1.1.4 Éléments dégraissants

Souvent, les argiles naturelles présentent une plasticité excessive, ce qui entraîne des difficultés de fabrication. Il est alors nécessaire d'ajouter des éléments inertes, c'est-à-dire des dégraissants. Ils donnent aux produits une texture moins compacte, ce qui facilite l'évacuation de l'eau pendant le séchage et les dégagements gazeux pendant la cuisson.

Les éléments dégraissants le plus couramment utilisés sont :

- le sable, de granulométrie de 0,2 à 1 mm, exempt de calcaire, à des doses pouvant atteindre 30 % au maximum ;
- la chamotte : on désigne sous ce terme de l'argile déjà cuite qui provient le plus souvent du broyage des déchets de cuisson ; cet ajout est fréquemment effectué pour la fabrication de boisseaux de terre cuite ; en effet, pour ces produits, une texture grossière a pour conséquence une amélioration de la résistance au choc thermique ;
- les cendres volantes de centrales thermiques alimentées au charbon pulvérisé ;
- les laitiers granulés de hauts fourneaux ;
- des éléments combustibles tels que le mâchefer, le fraisil, les schlamm (résidus de lavage des charbons) ou des débris végétaux divers (sciure de bois, etc.).

1.1.5 Ajouts spéciaux

Outre les argiles et les dégraissants, il est souvent nécessaire d'ajouter aux mélanges de fabrication des constituants spéciaux, soit pour corriger un défaut propre à la nature de certaines matières premières, soit pour réaliser des produits présentant des caractéristiques particulières. Les principaux ajouts utilisés sont :

- le oxyde de manganèse, pour la fabrication de produits d'aspect vieilli ; des doses de 2 à 3 % par rapport au poids sec, dans des argiles ferrugineuses, permettent l'obtention de produits présentant une belle couleur brune ;
- l'oxyde de titane qui permet d'obtenir, avec certaines argiles, à des doses de 1,5 à 2 %, des produits de couleur orangée ;
- le carbonate de baryum, le carbonate de calcium finement broyé, le carbonate de sodium, la chaux vive ou éteinte, le chlorure de sodium, le spath fluor (ou fluorine), le lignosulfonate de sodium qui, à des doses de quelques pour-mille, permettent de résoudre certains problèmes de fabrication.

1.2 Préparation de la pâte

Le rôle de la préparation est multiple. Elle a pour but :

- d'éliminer les impuretés ;
- d'émettre les argiles ;
- de former les mélanges ;
- d'homogénéiser et d'humidifier ces mélanges.

Au cours de la préparation, la pâte est rendue plastique par ajout d'eau.

La plasticité est la propriété que possèdent certains corps de pouvoir être déformés sans rupture sous un certain effort, et de garder la forme acquise quand l'effort a cessé.

La plasticité d'une argile dépend de sa nature minéralogique, du pourcentage d'éléments inertes qu'elle contient (sable, etc.) et de sa finesse (plus elle est fine, plus elle est plastique).

En règle générale, les argiles demandent d'autant plus d'eau pour leur façonnage qu'elles sont plus plastiques. Ainsi, à l'état de pâte dite normale – à la limite du collage aux doigts – les argiles peu plastiques renferment environ 15 à 20 % d'eau (par rapport à la masse sèche) et les argiles très plastiques 20 à 30 %.

Il convient de noter l'intéressante amélioration de plasticité que peut apporter l'enfossage, encore appelé pourrissage (article *Céramiques à usages mécaniques et thermomécaniques* [A 2 010] dans le traité Plastiques et Composites). Cette opération consiste à stocker de l'argile ayant déjà subi un début de préparation, et contenant une partie de son eau de façonnage, pendant plusieurs semaines (généralement 2 à 4) dans des fosses.

Les pâtes de façonnage peuvent être de consistances très différentes, aussi les types de machines permettant de réaliser l'opération recherchée sont-ils nombreux. Le tableau 1 en donne un aperçu.

Si le processus indiqué de préparation de la pâte reste valable dans la plupart des cas, le détail de la composition du train de machines est fonction de la nature de la pâte, du mode de façonnage utilisé ultérieurement et du type de produits fabriqués.

En ce qui concerne la fabrication de carreaux, dans les cas les plus courants, les argiles de base subissent un broyage fin à l'aide de cylindres lamineurs. Plus rarement, lorsque les caractéristiques des matières premières l'exigent, d'autres techniques sont mises en œuvre : soit broyage au broyeur à percussion et tamisage, soit préparation par voie humide (mise en barbotine, tamisage et raffermissement au filtre-presse).

Quels que soient les produits fabriqués, le rôle de la préparation est important. S'il est fréquent de dire que c'est le séchage ou la cuisson qui sont responsables de produits cassés ou fêlés, c'est en fait la préparation qui peut en être l'origine. Un dosage irrégulier du mélange risque de donner des produits de caractéristiques variables. Une mauvaise homogénéisation de la pâte peut provoquer des fissures au cours du séchage.

Une élimination insuffisante de certaines impuretés risque de favoriser des amorces de fissures ou l'apparition d'éclatements sur les produits cuits (éclatements de grains de chaux).

1.3 Façonnage

En terre cuite, on utilise principalement deux procédés : l'étirage et le pressage. Nous allons examiner successivement le façonnage de produits pleins et de produits perforés, de produits creux (briques, boisseaux, hourdis), de tuiles et de carreaux.

1.3.1 Produits pleins. Produits perforés

Suivant les terres employées, on utilise des procédés différents. Les deux principaux s'appliquent au façonnage de briques pleines pressées et au façonnage de briques pleines ou perforées filées.

1.3.1.1 Briques pleines pressées

La matière première utilisée est généralement le lehm, que l'on trouve surtout dans le nord de la France, en Normandie et dans la région parisienne. Ce sont des matières premières très maigres, fortement chargées en silice. Elles sont façonnées telles quelles, venant de la carrière, avec un pourcentage d'eau faible (de l'ordre de 15 %).

Tableau 1 – Appareils utilisés pour la préparation des pâtes de façonnage

Opération	Appareil
Concassage : il facilite le dosage, prépare le broyage, se fait avant dosage si l'extraction fournit de gros blocs	Brise-mottes cylindrique Trémie brise-mottes (argile sèche) Désagrégateur
Dosage : – distribution – dosage	Distributeur doseur linéaire (à un ou plusieurs compartiments) Distributeur rotatif à plateau (pour argile concassée seulement)
Suppression des impuretés : – par broyage – par élimination	(voir ci-dessous) Épierreur à cylindres à gorge Épierreur conique Malaxeur filtre Broyeur épurateur
Broyage : – broyage préparatoire – laminage	Broyeur à meules (sert aussi de mouilleur-mélangeur) Broyeur à cylindres dégrossisseur Broyeur à cylindres finisseur
Broyage-malaxage : – broyage grossier – malaxage et mélange	Malaxeur à tamis à axe horizontal (pour pâte molle) Malaxeur à tamis à axe vertical
Malaxage : homogénéisation et mouillage	Mouilleur-mélangeur à deux arbres Malaxeur vertical

On se reportera utilement à la rubrique *Séparation physique des phases* du traité Génie des procédés.

On utilise des presses à plateau (pression de 5 à 10 MPa) dont la cadence de production est de 600 à 800 briques/h (briques de dimensions 6 × 11 × 22 cm environ). De nouvelles presses automatiques permettent une cadence beaucoup plus élevée, mais nécessitent un séchage préalable de la terre et une granulométrie appropriée des grains secs obtenus.

1.3.1.2 Briques pleines et briques perforées filées

Dans certaines installations, pour produire plus particulièrement des briques destinées à rester apparentes, la pâte subit une préparation qui rejoint celle des produits creux (§ 1.3.2).

Dans d'autres fabrications, on façonne une ébauche qui est ensuite pressée (briques rebattues ou briques repressées).

1.3.2 Produits creux

La technique de fabrication décrite ci-après concerne l'élaboration de briques creuses pour murs, de briques plâtrières, de blocs à perforations verticales, de produits pour planchers et sous-plafonds, et de boisseaux de cheminée.

Le façonnage a essentiellement deux rôles.

Le **premier** est de donner à la pâte une cohésion suffisante. La cohésion, déjà existante du fait de la préparation, est parachevée grâce à une intensification de la compression de la pâte, à l'élimination de l'air occlus dans l'argile (désaération) et à l'amélioration de la plasticité par un mouillage additionnel ou par une injection de vapeur d'eau sous pression.

La désaération de la pâte au cours de son passage dans la mouleuse a pour but d'améliorer la plasticité et de donner une plus grande cohésion qui facilite le passage au travers de la filière.

Depuis une vingtaine d'années, il est apparu une nouvelle technique de mouillage qui consiste, au lieu d'ajouter de l'eau froide, à ajouter au mouilleur-mélangeur, juste avant l'étireuse, de la vapeur sous pression (de 200 à 700 kPa ; rappelons que 1 Pa = 1 N/m²). La quantité de vapeur ajoutée ainsi est de 40 à 50 kg pour 1 t d'argile.

On peut de la sorte étirer des pâtes à des températures variant de 60 à 90 °C, ce qui améliore considérablement la plasticité et facilite le séchage.

Cette technique n'est pas utilisable pour les matières trop humides ; dans ce cas, l'ajout de 40 à 50 kg d'eau, sous forme de vapeur, conduit à des pâtes trop molles et à des déformations de produits.

Le **second** rôle est de donner à l'argile la forme désirée. Cela est obtenu, pour les produits creux, par le passage du mélange argileux au travers d'une filière.

Les appareils utilisés sont des étireuses (encore appelées mouleuses ou extrudeuses).

Elles sont constituées, en général, de la façon suivante :

- un premier cylindre dans lequel l'argile est propulsée à l'aide d'hélices ou de pales à travers une chambre à vide où s'opère la désaération ;
- un deuxième cylindre qui reçoit l'argile sortant de la chambre à vide ; cette argile est véhiculée par une hélice vers la bouche de la mouleuse et la filière.

Les étireuses ont des débits qui varient de 3 à 40 t/h environ. Le débit moyen est de 15 à 20 t/h et il est conditionné par plusieurs facteurs :

- la forme des produits à filer ;
- la section intérieure du corps de l'étireuse qui, elle-même, est déterminée par le diamètre de l'hélice ; c'est cette dimension qui caractérise une étireuse : de 250 à 550 mm ;
- la vitesse de rotation de l'hélice et le pas de cette dernière ;
- la plasticité de la pâte ;
- la régularité de l'alimentation.

La filière est la pièce placée à l'extrémité de l'étireuse à travers laquelle la pâte d'argile est poussée. Elle donne donc au produit sa forme définitive. Pour éviter des déformations et l'apparition de fissures au cours du stade ultérieur de la fabrication (le séchage), tous les filets d'argile qui sortent de la filière doivent avoir la même vitesse. Le réglage, pour qu'il en soit ainsi, s'appelle l'équilibrage et constitue une opération délicate qui conditionne souvent la qualité des produits.

1.3.3 Tuiles

Il y a lieu de considérer trois types de tuiles :

- les **tuiles canal** : elles sont façonnées comme les produits creux, par étirage ;
- les **tuiles plates** : elles sont souvent façonnées par étirage ; parfois, les tuiles sortant de l'étireuse sont pressées pour leur donner leur forme définitive ;
- les **tuiles à emboîtement** : elles sont façonnées par pressage d'une ébauche préalablement étirée, ébauche qui est appelée *galette*.

Il y a lieu de signaler un modèle spécial appelé **tuile romane**, à plateau et à couvre-joint réunis, qui, avec les avantages d'une grande tuile à emboîtement, conserve au toit l'apparence de la couverture en tuiles canal.

Il faut noter l'apparition récente de nouveaux modèles : tuiles de grand format (7 au mètre carré), tuiles à emboîtement ayant l'apparence de tuiles plates, etc.

La fabrication des tuiles à emboîtement à la presse est faite de deux manières :

- par pressage en pâte molle à l'aide de moules en plâtre ou en caoutchouc ;
- par pressage en pâte dure à l'aide de moules métalliques.

Les presses le plus couramment utilisées sont des presses dites *revolver*.

Elles comportent un tambour généralement pentagonal, dont chaque face reçoit un demi-moule inférieur, tandis que le demi-moule supérieur est porté par un plateau qui s'abaisse lorsqu'une des faces du pentagone est en position horizontale. Elles sont couramment appelées presses à cinq pans et peuvent produire 900 à 1 500 tuiles par heure.

Depuis une quinzaine d'années sont apparues des presses à huit pans : le tambour qui porte le demi-moule inférieur est un octogone et sur chaque face sont disposés plusieurs moules (3 le plus généralement). Elles peuvent produire de 2 500 à 3 600 tuiles par heure.

L'opération d'ébarbage de la tuile, qui a pour but de faire disparaître les bavures produites au pressage, est réalisée automatiquement sur presse, avant démoulage.

1.3.4 Carreaux

Le façonnage par extrusion à l'aide de mouleuses constitue le mode le plus répandu de mise en forme pour les carreaux de terre cuite. La mouleuse délivre un ruban continu de pâte plastique, qui est soit simplement tronçonné par un coupeur à fil, soit découpé suivant une forme spécialement choisie (hexagone, fuseau, trèfle, écaille, etc.) par un coupeur spécial fonctionnant suivant le principe de l'emporte-pièce. Dans certains cas, les éléments ainsi découpés subissent un repression, généralement en moules d'acier ou de plâtre. La technique de l'extrusion par paire est également utilisée, spécialement pour des éléments de grandes dimensions usuellement désignés comme dalles plutôt que comme carreaux.

Le pressage en poudre est appliqué dans certains cas, ainsi que des modes de façonnage divers surtout rencontrés en fabrication artisanale ou semi-artisanale (estampage, coulage en moule de plâtre, etc.).

1.4 Séchage

Nota : on se reportera utilement à l'article *Séchage-II. Appareillage et choix d'un procédé* [J 2 482] dans le traité Génie des procédés.

Les produits sont façonnés avec une teneur en eau de 15 à 30 % (chiffres exprimés en % par rapport au poids sec). Il est nécessaire, avant de les soumettre à la cuisson, d'éliminer la plus grande partie de cette eau : c'est l'opération de séchage. Il s'agit d'une phase

délicate et importante de la fabrication qui doit être menée judicieusement si l'on veut obtenir des produits de qualité. Après leur passage dans le séchoir, ces derniers ne contiennent plus que 1 à 2 % d'eau résiduelle (quelquefois moins).

Nous allons étudier les principaux problèmes technologiques posés par le séchage, ainsi que les principaux séchoirs utilisés dans l'industrie des tuiles et briques.

1.4.1 Problèmes technologiques posés par l'opération de séchage

1.4.1.1 Retrait de séchage

Lorsqu'une composition argileuse est soumise à dessiccation, les particules élémentaires, primitivement dispersées dans l'eau, tendent à se rapprocher et à s'imbriquer, ce qui entraîne d'une part un retrait, et d'autre part une consolidation ou prise de cohésion due à cette imbrication. Lorsque les particules sont au contact les unes des autres, il reste, entre elles, de l'eau qui s'évacue alors qu'il ne se produit plus de retrait dans la pièce. On voit donc que le séchage s'effectue en deux phases : la première pour laquelle le départ d'eau s'accompagne de retrait, et la seconde pour laquelle il ne provoque pratiquement pas de variations dimensionnelles. Ces phénomènes sont illustrés sur la figure 2.

L'eau qui part au cours de la première phase (avec retrait) s'appelle **eau colloïdale**. Celle qui part au cours de la seconde phase (sans retrait) s'appelle **eau d'interposition**. Le retrait linéaire (exprimé en % par rapport à la longueur sèche) varie, pour les pâtes utilisées en briqueteries et tuileries, de 5 à 8 % environ (selon la nature minéralogique de l'argile, la teneur en éléments dégraissants, la teneur en eau de façonnage, la compression subie par l'argile lors de son passage dans la filière, etc.).

On conçoit que les variations de dimensions, qui ont lieu lors de la première phase, risquent, si elles ne se produisent pas de façon homogène dans toute la pièce, de provoquer l'apparition de contraintes qui sont préjudiciables à la qualité des produits : déformations, fissures, pertes de résistance mécanique. La vitesse limite de séchage est celle qui permet d'évacuer l'eau assez lentement pour que les faces externes ne sèchent pas trop rapidement avant que l'eau interne ne soit évacuée. L'air qui est en contact avec les faces des produits doit donc avoir une capacité d'évaporation qui correspond à la vitesse optimale à tous les stades, ce qui nécessite un séchage en atmosphère contrôlée.

Cela oblige à ventiler correctement toutes les faces des produits et à commencer le séchage assez lentement. C'est la raison pour laquelle celui-ci débute avec un air assez humide, de façon que l'opération soit lente. Lorsque la première phase du départ d'eau est achevée, on séche avec un air de plus en plus sec. On peut indiquer que l'air utilisé au début du séchage est à une température de 35 à 50 °C avec une humidité relative de 75 à 90 %, et que l'air utilisé en fin de séchage est à une température de 70 à 130 °C, avec une faible humidité relative.

Pratiquement, on réalise un épuisement rationnel : l'air chaud et sec est envoyé sur les produits en fin de séchage, il se charge progressivement d'humidité, sa température s'abaisse et l'air humide est envoyé sur les produits en début de séchage. Une partie de l'air humide peut être réinjectée dans le séchoir, soit dans l'air chaud, soit en différents points du séchoir, c'est ce qu'on appelle le recyclage. Les vitesses de ventilation varient de 1 à 10 m/s. Les vitesses le plus fréquemment rencontrées sont de 2 à 5 m/s.

1.4.1.2 Énergie consommée par l'opération de séchage

Pour des séchoirs bien réglés il faut compter une consommation variant de $3,5 \times 10^6$ à 4×10^6 J/kg d'eau évacuée.

Pour le séchage d'une tonne de produits (comptée après cuisson), les consommations thermiques sont de $0,65 \times 10^9$ J et les consommations électriques de 6 à 13 kWh.

L'apport calorifique nécessaire est fourni pour une part (25 à 50 %) par la récupération d'air chaud sur les fours et pour le complément par des foyers directs ou des générateurs d'air chaud ou des chaudières.

Remarques : sans examiner l'ensemble du problème complexe du séchage, il importe de formuler plusieurs observations :

- indépendamment des caractéristiques des mélanges utilisés, le profil, les dimensions et épaisseurs des parois des produits fabriqués ont une influence sur le programme de séchage à employer ;
- les ajouts de dégraissants ont une action favorable sur l'aptitude au séchage ;
- la qualité des produits cuits dépend souvent de la façon dont le séchage a été conduit.

1.4.2 Différents séchoirs

Le séchage est effectué en atmosphère ventilée et contrôlée.

La durée de l'opération est très variable (de 1 à 72 h) et dépend de l'argile employée ainsi que du type de produits fabriqués. On distingue deux groupes de séchoirs :

- les séchoirs statiques ou séchoirs à chambres à grande ventilation (temps de séchage de 11 à 72 h) ;
- les séchoirs à circulation continue des produits (temps de séchage de 1 à 48 h) ; ces séchoirs peuvent être classés en trois catégories :
 - séchoirs-tunnels traditionnels, qui sèchent en des temps variant de 12 à 48 h ; ces séchoirs ont une ventilation longitudinale ou transversale,
 - séchoirs semi-rapides, qui sèchent en 3 à 12 h,
 - séchoirs rapides, qui sèchent en 1 à 3 h.

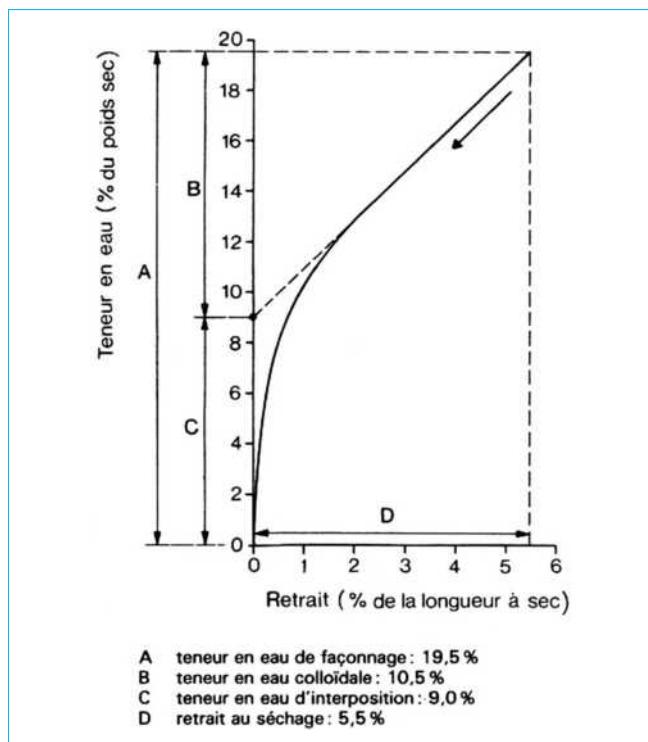


Figure 2 – Courbe de Bigot (retrait au séchage en fonction des départs d'eau) : étude d'un cas particulier

Les figures 3, 4 et 5 montrent le principe des séchoirs à chambres, des séchoirs-tunnels et des séchoirs semi-rapides à balancelles.

Les ordres de grandeur des tonnages pouvant être séchés par tous ces appareils varient de 1 à 15 t à l'heure et même plus, suivant les types.

1.5 Cuisson

À la sortie du séchoir, les produits n'ont pas encore leurs véritables qualités. Il est nécessaire, pour leur permettre d'acquérir leur résistance mécanique, leur stabilité, leur résistance aux intempéries, etc., de les soumettre à la cuisson à des températures élevées (900 à 1 050 °C environ).

Les produits de terre cuite étant des produits de très grande série, on mesure toute l'importance du facteur régularité.

La cuisson doit être conduite de façon à obtenir des produits de caractéristiques fonctionnelles satisfaisantes et aussi régulières que possible. Il s'agit de mélanger intimement les combustibles et l'air de combustion à la sortie des brûleurs, de diluer ce mélange dans un excès d'air important pour ramener la température des flammes à la température de cuisson désirable pour la terre et, enfin, de soumettre tous les produits de l'empilage aux mêmes effets thermiques.

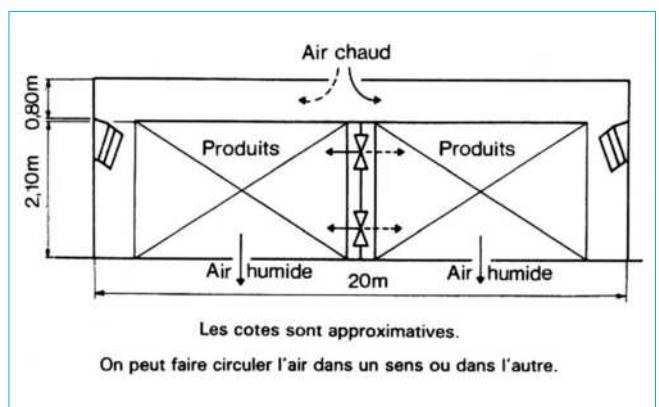


Figure 3 – Chambre de séchage

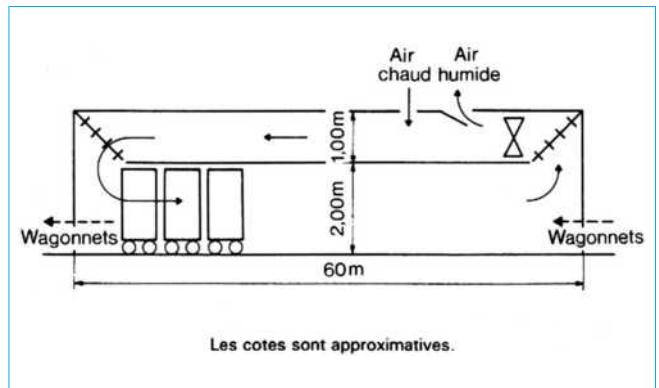


Figure 4 – Séchoir-tunnel

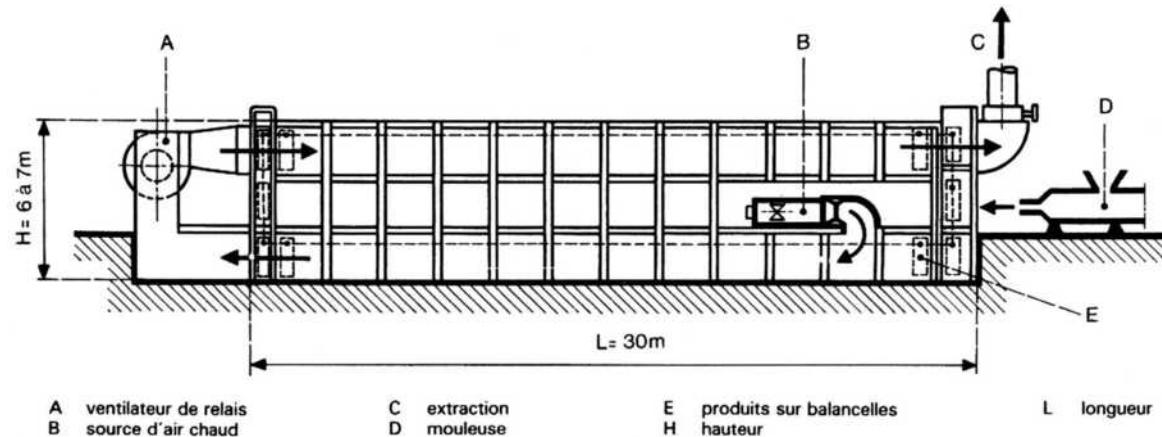


Figure 5 – Séchoir semi-rapide à balancelles

1.5.1 Action de la chaleur

En ce qui concerne la réaction des matières premières à la cuisson, la chaleur provoque des modifications de masse volumique, de porosité, de dureté, de dimensions. Elle provoque également des déshydratations, des décompositions et des combinaisons qui modifient les propriétés comme suit :

- jusqu'à 200 °C environ, évacuation de l'eau résiduelle de séchage ;
- de 200 à 450 °C, décomposition de matières organiques ;
- de 450 à 650 °C, destruction des minéraux argileux avec départ de l'eau de constitution ;
- de 650 à 750 °C, décomposition du carbonate de chaux (cas des argiles calcaires) ;
- au-delà et jusqu'à la température de cuisson, les fondants contenus dans la terre entrent en réaction et communiquent aux produits leurs qualités mécaniques définitives ; c'est ce qu'on appelle le **grésage**, qui s'accompagne d'une baisse de porosité du tesson et, le plus souvent, de l'apparition d'un retrait (retrait de cuisson de 0,5 à 3 % environ par rapport à la longueur sèche).

1.5.2 Combustibles

On assiste à une augmentation de l'utilisation du gaz naturel et à une diminution corrélative de l'utilisation du fuel (articles *Carburants liquides* [BE 8 545], *Combustibles liquides* [BE 8 546] et *Combustibles gazeux. Gaz naturel* [A 1 755] dans le traité Génie énergétique).

La crise énergétique a conduit certaines usines à substituer aux combustibles liquides et gazeux des combustibles solides : sciure de bois par exemple.

La répartition des différentes sources d'énergie thermique était la suivante (pour 1992) :

- | | |
|---|--------|
| — gaz naturel | 75,3 % |
| — fuel | 5,3 % |
| — combustibles solides | 15,2 % |
| — gaz liquéfiés (butane, propane) | 4,2 % |

1.5.3 Énergie consommée par l'opération de cuisson

Elle varie selon les produits fabriqués et la nature des matières premières. Les fours modernes consomment en moyenne $0,9 \text{ à } 1,2 \times 10^9 \text{ J}$ pour une tonne de produits.

Des techniques nouvelles d'échangeurs de chaleur permettant de récupérer une partie des calories contenues dans les fumées se développent actuellement. Ces installations permettent d'abaisser les consommations thermiques de $0,2 \times 10^9 \text{ J}$ environ par tonne de produits.

1.5.4 Fours

Si quelques fabrications artisanales utilisent des fours intermittents et si quelques usines sont encore dotées de fours continus à feu mobile (Hoffmann, Zig-zag, Migeon), l'essentiel de la production française est assuré par des fours continus à feu fixe, encore appelés fours-tunnels.

Dans ce type d'appareils (figures 6 et 7), les produits sont empilés sur des wagonnets qui sont ensuite poussés à l'intérieur du tunnel où ils avancent progressivement. La durée totale de cuisson varie de 12 à 48 h selon le type de produits et les difficultés plus ou moins grandes que les matières premières présentent à la cuisson ; les fours-tunnels mesurent environ 100 m de longueur. Leurs sections vont de 3 à 8 m de largeur pour 1,50 à 2 m de hauteur.

Le combustible est le plus souvent injecté en voûte, quelquefois latéralement, dans des espaces ménagés dans les empilages. L'air de combustion et les fumées circulent à contre-courant par rapport au sens de progression des wagons. L'air de combustion se réchauffe sur les produits en cours de refroidissement. Les fumées échauffent les produits en cours de préchauffage. L'homogénéisation des températures dans tous les points de la section de l'empilage est obtenue par des systèmes de brassage de l'air.

Quelques usines ont installé récemment, à l'extraction des fumées, des échangeurs de chaleur qui récupèrent une partie des calories contenues dans les produits de combustion. L'air chaud obtenu est envoyé dans les séchoirs.

Les fours-tunnels sont équipés de régulations automatiques, qui assurent une cuisson régulière, ainsi que d'une automatisation des mouvements des wagons (entrée et sortie). Ils constituent des appareils de cuisson très précis, dotés de nombreux moyens de réglage.

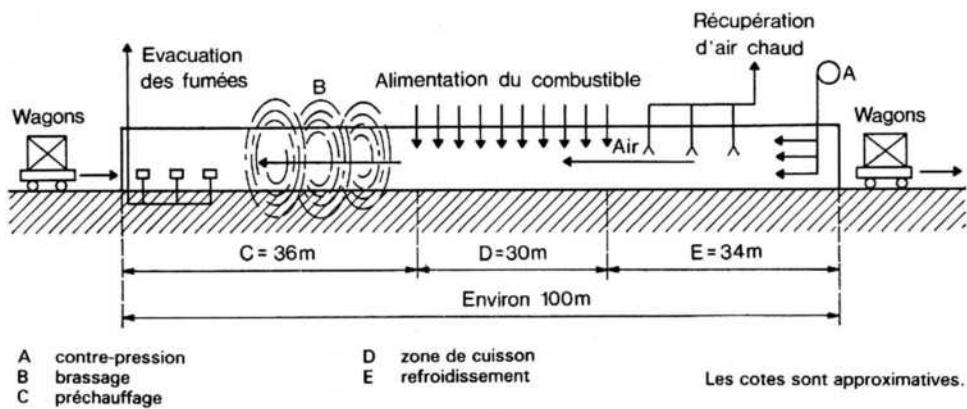


Figure 6 – Principe de fonctionnement d'un four-tunnel

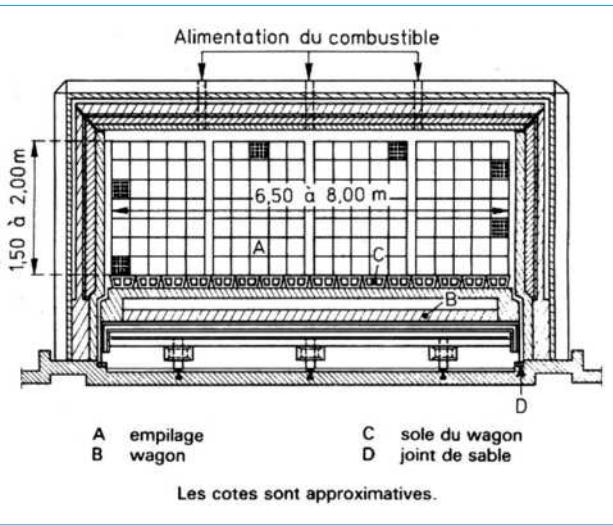


Figure 7 – Coupe schématique d'un four-tunnel

2. Caractéristiques et emplois

2.1 Éléments pour murs et cloisons

2.1.1 Briques pleines et perforées

Les briques pleines et 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. La masse volumique du tesson doit être supérieure à 1,4 kg/dm³, généralement de 1,7 à 1,9 kg/dm³. La section cumulée des perforations éventuelles ne dépasse pas les 40 % de la section brute totale du produit (figure 8).

Suivant leur matière première et leur processus de fabrication, leurs qualités fonctionnelles et leur aspect sont variables, ce qui a conduit en particulier à caractériser les produits en fonction de l'usage auquel ils sont destinés.

Les caractéristiques des briques pleines et perforées font l'objet de deux normes distinctes, selon que ces produits sont destinés à être revêtus d'un enduit ou au contraire à rester apparents sur au moins l'une de leurs faces.

2.1.1.1 Briques pleines et perforées destinées à être enduites

Ces produits sont régis par la norme NF P 13-305 dont les spécifications essentielles sont indiquées ci-après, ainsi que dans les tableaux 1 et 2 du [Form. C 905].

a) *Caractéristiques géométriques*: elles concernent les tolérances applicables aux dimensions de fabrication et les écarts admissibles entre les produits d'une même fourniture.

b) *Caractéristiques mécaniques*: les briques sont caractérisées par leurs résistances moyenne et minimale à l'écrasement. Elles sont classées selon quatre catégories.

c) *Absorption d'eau*: il s'agit de l'absorption d'eau par remontée capillaire, caractérisée par un coefficient *C* calculé à la suite d'un essai consistant à déterminer la masse d'eau absorbée par le produit, dont seulement une face est immergée :

$$C = \frac{100P}{S\sqrt{t}}$$

avec $P(g)$ masse d'eau absorbée,
 $S(cm^2)$ surface de la face immergée,
 $t(min)$ temps d'immersion.

L'essai est fait, d'habitude, sur une durée de 10 min ; la formule devient alors :

$$C = 31,6 P/S$$

Cette caractéristique a essentiellement pour but de donner une indication sur la propension du produit à absorber l'eau du mortier. Elle n'est pas directement représentative du comportement du mur vis-à-vis de la pénétration de l'eau de pluie. Les valeurs limites s'échelonnent de 30 à 80 selon les procédés de fabrication, mais la prescription principale est que les valeurs extrêmes ne doivent pas s'écartez de plus de 20 % de la valeur moyenne. Toutefois, lorsque cette moyenne est inférieure à 15, l'écart maximal admis est de 3.

d) *Résistance au gel*: après un essai de 25 cycles (produits immergés, puis posés sur une plaque métallique à -15 °C), les produits ne doivent pas avoir subi d'altérations provoquant une perte de masse supérieure à 1 %, ni présenter de fissures abaissant leur résistance au-dessous de celle correspondant au classement annoncé par le fabricant.

e) *Dilatation à l'humidité*: à la suite des essais accélérés, la dilatation conventionnelle à l'humidité ne doit pas dépasser, pour l'essai à l'autoclave, 1,6 mm/m et, pour l'essai à l'eau bouillante, 0,6 mm/m en moyenne et 0,8 mm/m au maximum.

f) *Éclatements*: la norme limite en nombre et en dimensions les cratères éventuellement apparus à la suite d'un essai destiné à accélérer l'expansion des grains de chaux ou de pyrite.

2.1.1.2 Briques pleines et perforées destinées à rester apparentes

Entrent dans cette catégorie les briques de Vaugirard, les briques sablées, colorées, etc. Ces produits sont régis par la norme NF P 13-304.

— *Caractéristiques géométriques* : les briques dites calibrées sont soumises à des tolérances dimensionnelles (tableau 1 en [Form. C 905]).

Les briques apparentes spéciales, de géométrie volontairement irrégulière dans un but de recherche esthétique, ne sont pas soumises à ces tolérances, sauf pour la hauteur (tolérance ± 4 mm, écart maximal 5 mm).

- *Caractéristiques mécaniques* (§ 2.1.1.1b).
- *Absorption d'eau* (§ 2.1.1.1c).
- *Résistance au gel* (§ 2.1.1.1d).
- *Dilatation à l'humidité* (§ 2.1.1.1e).

— *Éclatements* : le nombre et la dimension des cratères éventuellement apparus à la suite de l'essai sont plus réduits que pour les briques destinées à être enduites, et varient selon que la couleur des faces pouvant rester apparentes est différente ou non de la couleur du tesson. En particulier, dans le premier de ces cas, aucun cratère n'est admis sur ces faces.

2.1.2 Blocs perforés

Ce sont des briques à perforations verticales. On se reportera aux tableaux 1 et 2 du [Form. C 905].

On distingue les blocs perforés à enduire et les blocs perforés destinés à rester apparents.

2.1.2.1 Blocs perforés à enduire

Ils sont régis par la norme NF P 13-305.

Ils comportent des perforations perpendiculaires au plan de pose (dont la surface totale est inférieure à 60 % de la surface du bloc) et présentent des dimensions plus importantes que les briques pleines et perforées, pouvant aller jusqu'à permettre de réaliser toute l'épaisseur du mur avec un seul élément (figure 9). Le plus généralement, la hauteur est de 18,5 à 20 cm et la longueur de 20 à 40 cm.

Pratiquement, les spécifications sont les mêmes que pour les briques pleines et perforées de format courant destinées à être enduites, à ceci près que, pour la résistance au gel, ces spécifications se rapportent à un essai dont le mode opératoire est différent, les produits étant, après immersion, placés dans une enceinte réfrigérée et non posés sur une plaque.

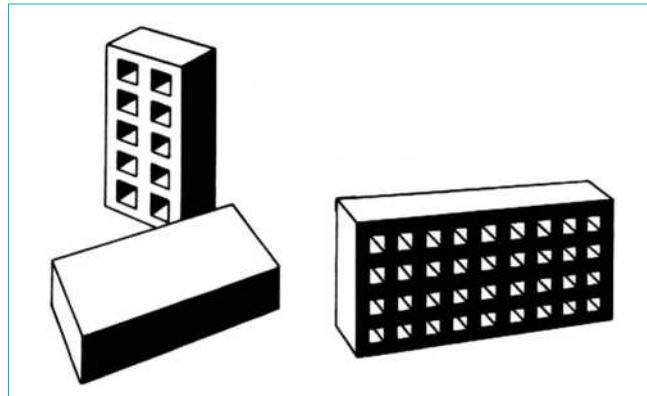


Figure 8 – Brique pleine et briques perforées

2.1.2.2 Blocs perforés destinés à rester apparentes

Ils sont régis par la norme NF P 13-306.

Ils comportent des perforations perpendiculaires à la face de pose, dont la somme des sections est inférieure ou égale à 40 % de la section totale.

Leur largeur est égale ou supérieure à 14 cm.

Leur hauteur est inférieure ou égale à 11 cm.

L'essai de résistance au gel est réalisé comme pour les briques pleines et perforées (§ 2.1.1.1d).

2.1.3 Briques creuses

2.1.3.1 Généralités

Ces produits sont régis par la norme NF P 13-301.

Les briques creuses comportent des perforations qui, sauf pour certains accessoires, sont parallèles au plan de pose et dont la section totale dépasse 40 % de la section du produit.

Les briques creuses se subdivisent en deux types, les briques type C (à face de pose continue, figure 10a), c'est-à-dire destinées à être montées à joints de mortier horizontaux continus, et les briques type RJ (à rupture de joint, figure 10b) destinées à être montées à joints de mortier discontinus.

2.1.3.2 Caractéristiques

Les spécifications essentielles auxquelles sont soumis ces produits sont indiquées ci-après.

■ Caractéristiques géométriques

Il n'existe pas actuellement de dimensions préférentielles mais, d'une façon générale, la largeur (dimension dans le sens de l'épaisseur de la paroi) varie de 3,5 à 32,5 cm, les épaisseurs faibles étant spécifiques des briques pour cloisons ou doublages. La hauteur varie de 11 à 40 cm et la longueur de 40 à 60 cm.

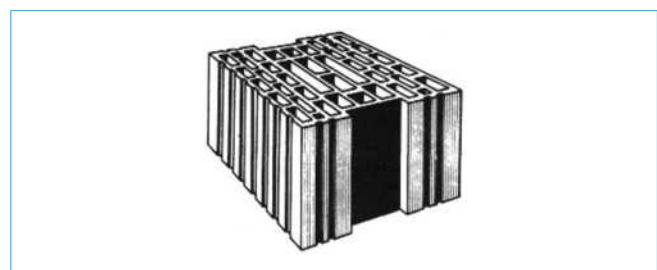


Figure 9 – Bloc perforé

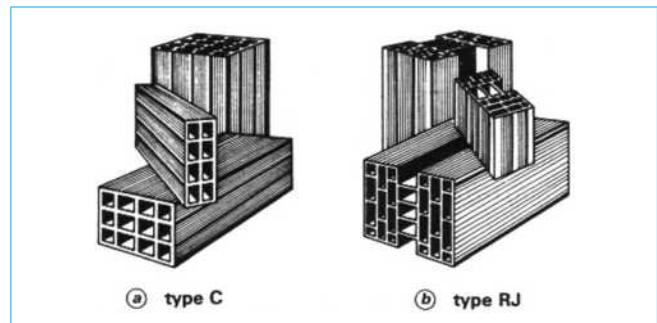


Figure 10 – Briques creuses

Les dispositions des parois doivent répondre à des spécifications précises qui visent à assurer un bon comportement mécanique.

En ce qui concerne les briques à rupture de joint, des spécifications complémentaires tendent à garantir une bonne mise en œuvre et un bon comportement mécanique : en particulier, la largeur cumulée des surfaces d'appui doit être au moins égale à 80 % de la largeur brute de la brique.

■ Aspect

Du fait qu'il s'agit d'un matériau, comportant un fort pourcentage de vides et dans lequel, par conséquent, la résistance mécanique est assurée par des parois relativement minces, il est nécessaire que ces parois ne présentent qu'un nombre limité de défauts. C'est pourquoi le nombre de fissures tolérées est strictement limité (1 à 2 suivant le type de produit) ainsi que, dans une fourniture, le pourcentage de briques présentant ces imperfections : 30 % s'il s'agit de briques ordinaires et 15 % s'il s'agit de briques à résistance garantie.

■ Caractéristiques mécaniques

On distingue les briques à résistance garantie et les briques ordinaires.

Les briques à résistance garantie sont caractérisées par leurs résistances moyenne et minimale à l'écrasement, et sont classées, suivant leur résistance moyenne, en trois catégories (tableau 2 en [Form. C 905]).

■ Absorption d'eau

Le coefficient d'absorption d'eau est limité à 15 et l'écart entre les extrêmes et la moyenne ne doit pas dépasser 3.

■ Résistance au gel

L'essai de 25 cycles de gel et dégel ne doit pas provoquer d'altération entraînant une perte de masse supérieure à 1 %.

■ Dilatation à l'humidité

Les valeurs limites de la dilatation conventionnelle à la suite des essais accélérés sont les suivantes :

- à l'autoclave : 1,6 mm/m ;
- à l'eau bouillante : 0,6 mm/m en moyenne et 0,8 mm/m au maximum.

■ Éclatements

La norme limite en nombre et en dimensions les cratères éventuellement apparus à la suite d'un essai destiné à accélérer l'expansion des grains de chaux ou de pyrite.

2.1.3.3 Accessoires divers

Les fournitures de briques creuses peuvent être assorties d'accessoires divers tels que briques d'angle, briques à feuillure pour les tableaux de baies, blocs coffrage pour poteaux et chaînages verticaux, éléments de coffrage pour chaînages horizontaux et linteaux. L'utilisation de ces accessoires permet d'obtenir une maçonnerie homogène en évitant au maximum les ponts thermiques et en offrant une surface extérieure continue en terre cuite, facilitant l'application des enduits.

2.1.4 Emplois

2.1.4.1 Règles d'utilisation

Les briques de terre cuite sont utilisées aussi bien pour les murs de façade que pour les murs intérieurs, soit en simple remplissage, soit en matériau porteur.

2.1.4.2 Parois porteuses

Dans ce cas, il convient bien entendu d'utiliser des produits dont la catégorie de résistance est adaptée aux efforts maximaux qu'ils sont appelés à supporter en œuvre, compte tenu d'un coefficient de sécurité relativement important, car il ne doit pas négliger les imperfections inévitables du montage.

Le coefficient à considérer est fonction de la nature du produit et du cas de charge (tableau 3 en [Form. C 905]).

Exemple : une brique creuse C 40 utilisée en mur de façade avec élancement de 15 ne doit pas subir en œuvre, sous l'effet des charges permanentes et des charges d'exploitation normalement prévues, une contrainte supérieure à $40/10 = 4$ bar.

L'élancement est le rapport entre la hauteur libre du mur (par exemple entre planchers) et son épaisseur, enduits non compris.

Il ne doit pas dépasser 20 (sauf dérogation pour les murs doubles faiblement chargés).

Autrement dit, un mur de 3 m de hauteur ne doit pas, s'il est porteur, présenter une épaisseur, enduits non compris, inférieure à $300/20 = 15$ cm.

Pour les briques creuses, des précautions complémentaires concernent la largeur des trumeaux porteurs, qui ne doit pas être inférieure à 0,80 m, ainsi que le calcul des contraintes d'arête sous les linteaux.

Ces différentes règles de mise en œuvre sont précisées dans le DTU 20.1.

2.1.4.3 Parois non porteuses

Dans ce cas, les briques ne constituent qu'un simple remplissage et il n'existe donc pas de prescriptions particulières concernant la résistance.

2.1.4.4 Cloisons en briques plâtrières

L'épaisseur des briques creuses dites briques plâtrières variant de 3,5 à 5,5 cm, les cloisons construites avec ce matériau présentent un élancement important et sont donc sensibles au flambement.

De ce fait, et pour éviter les risques de mise en charge excessive, il est nécessaire de prévoir, entre le pied de la cloison et le plancher, l'interposition d'une semelle résiliente, généralement constituée d'une couche de fibre de bois imprégnée d'asphalte. Cette semelle doit avoir une épaisseur minimale de 10 mm. Toutefois, lorsqu'il est prévu une semelle en partie basse et une lisse en partie haute, ce minimum s'applique à la somme de leurs épaisseurs.

En outre, afin d'éviter de provoquer, par effet de bilame, le bombardement de la cloison, il est interdit d'enduire les deux faces avec des enduits de compositions différentes (par exemple plâtre sur une face et mortier aux liants hydrauliques sur l'autre).

Lorsqu'une seule face est enduite (cloison de doublage), l'enduit ne peut être qu'en plâtre, l'emploi d'un enduit aux liants hydrauliques conduisant à utiliser des briques plus épaisses et à les liaisonner par des attaches au mur de gros œuvre.

Ces différentes dispositions font partie du DTU 20.1.

2.1.4.5 Modes de pose

D'une façon générale, les briques, qu'elles soient pleines, perforées ou creuses, sont posées à joints croisés, de façon à éviter des lignes de joints verticaux continues qui affaibliraient la maçonnerie. Le décalage des briques d'une assise à l'autre est compris entre le tiers et la moitié de la longueur de l'élément.

Le joint horizontal est continu, sauf dans le cas de briques à rupture de joint et dans le cas de la plupart des blocs perforés de grand format.

Le joint vertical est discontinu dans les briques à rupture de joint et dans les blocs perforés de grand format.

Dans le cas de maçonneries enduites, le joint vertical peut ne pas être garni de mortier. Cette disposition constructive est admise par le DTU 20.1.

2.1.4.6 Mortiers de pose

Il est généralement sans intérêt, sauf dans le cas de maçonneries hautement porteuses, d'utiliser des mortiers très riches, qui présentent l'inconvénient d'un retrait excessif. Aussi leur préfère-t-on des mortiers relativement peu dosés, et surtout des mortiers bâtards (chaux et ciment) qui offrent l'avantage d'être plus faciles à travailler et d'avoir une meilleure liaison avec la brique. Un dosage, par mètre cube de sable sec, de 350 kg de ciment, ou de 200 kg de ciment et 200 kg de chaux est largement suffisant pour les cas courants. Lorsque les contraintes sont élevées, par exemple pour les briques creuses lorsqu'elles nécessitent l'emploi de produits de catégorie III, le dosage sera porté à 400 kg de ciment ou à 300 kg de ciment et 200 kg de chaux.

2.1.4.7 Enduits extérieurs

Hormis le cas des briques apparentes spécialement conçues pour cet usage, les maçonneries de briques sont revêtues d'un enduit extérieur qui contribue à conférer au mur ses qualités d'étanchéité.

L'exécution de cet enduit requiert des précautions particulières, afin d'éviter qu'il présente des fissurations ou faïençages préjudiciables au bon comportement de l'ouvrage.

Traditionnellement, les enduits sont réalisés à l'aide de liants hydrauliques et leur exécution est codifiée par le DTU 26.1.

Ces enduits doivent comporter trois couches successives, dont la règle primordiale est que leur dosage doit être dégressif en allant du support vers l'extérieur, la couche de finition étant ainsi la moins dosée en ciment, afin d'en limiter le retrait.

Les dosages suivants, extraits des recommandations du DTU 26.1, sont donnés à titre d'**exemple** (par mètre cube de sable sec) :

- couche d'accrochage 500 à 600 kg de ciment ;
- couche intermédiaire
(corps d'enduit) 2/3 de ciment et 1/3 de chaux
dosage total : 450 kg ;
- couche de finition 1/2 de ciment et 1/2 de chaux
dosage total : 450 kg.

À noter que, actuellement, la tendance est de remplacer les enduits traditionnels, qui requièrent une main-d'œuvre difficile à trouver, par des enduits tout préparés.

2.1.4.8 Caractéristiques fonctionnelles des murs en briques

En dehors de leur fonction éventuellement porteuse, les parois en briques assurent évidemment un rôle de protection vis-à-vis de l'environnement.

2.1.4.8.1 Isolation acoustique

Du point de vue acoustique, l'isolation obtenue dépend en grande partie de la masse (couramment exprimée en kilogrammes par mètre carré de structure), mais des résultats performants sont également obtenus avec des doubles parois légères, séparées par un vide garni d'un isolant fibreux.

Des résultats correspondant à différentes structures (murs séparatifs et murs de façades) sont donnés dans le tableau 4 en [Form. C 905].

2.1.4.8.2 Isolation thermique

La profession a mis au point un système de construction spécial permettant de satisfaire les exigences de la réglementation thermique. Ce système a pour base des briques dites G (figure 11) présentant les caractéristiques suivantes :

- alvéoles longues et étroites ;
- nombre d'alvéoles élevé dans le sens du flux thermique : de 12 à 15 pour les briques et blocs de format moyen (largeur 20 à 30 cm), de 13 à 21 pour les blocs de grand format (largeur 30 à 42,5 cm) ;

— disposition en quinconce des attaches de façon à allonger le circuit du flux thermique ;

— parois minces : cloisons extérieures de 8 à 10 mm selon le format des produits, cloisons intérieures de 6 à 7,5 mm.

Ces briques sont associées à des accessoires destinés à limiter les ponts thermiques : briques d'about de planchers, briques d'angles, briques pour linteaux, briques pour tableaux de baie.

Les tableaux 5, 6, 7, 8 et 9 en [Form. C 905] indiquent les performances d'isolation thermique de différentes structures en terre cuite citées à titre d'exemple.

Les chiffres figurant dans ce tableau donnent les coefficients de transmission thermique utile K , c'est-à-dire compte tenu des joints, des enduits et de l'humidité d'équilibre. Ils sont exprimés en $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$. Dans les montages avec isolant, ce dernier a été considéré comme présentant une conductivité thermique de $0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Ces indications sont destinées à servir de base aux calculs du coefficient global de déperdition G . Mais il convient de noter que les coefficients donnés sont des coefficients en partie courante qui ne tiennent pas compte des déperditions linéaires, c'est-à-dire provoquées par les ponts thermiques que représentent en particulier les angles ainsi que les liaisons entre deux ouvrages (par exemple murs-toiture). Le calcul du coefficient global de déperdition doit être déterminé selon les indications du DTU Règles Th-K 77.

En dehors des briques dont les caractéristiques sont données dans les tableaux 5, 6, 7, 8 et 9 en [Form. C 905], certains fabricants ont mis au point des produits spéciaux élaborés selon diverses techniques (injection de polystyrène dans les alvéoles, composite terre cuite associée à un isolant spécifique, etc.) présentant de hautes performances thermiques.

2.1.4.8.3 Isolation contre le feu

Du fait de sa parfaite incombustibilité et de l'absence totale de dégagement de gaz nocifs en cas d'incendie, la terre cuite constitue un matériau remarquable pour la protection contre le feu.

Le tableau 10 en [Form. C 905] récapitule les résultats d'essais de tenue au feu réalisés à la station expérimentale du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) à Champs-sur-Marne.

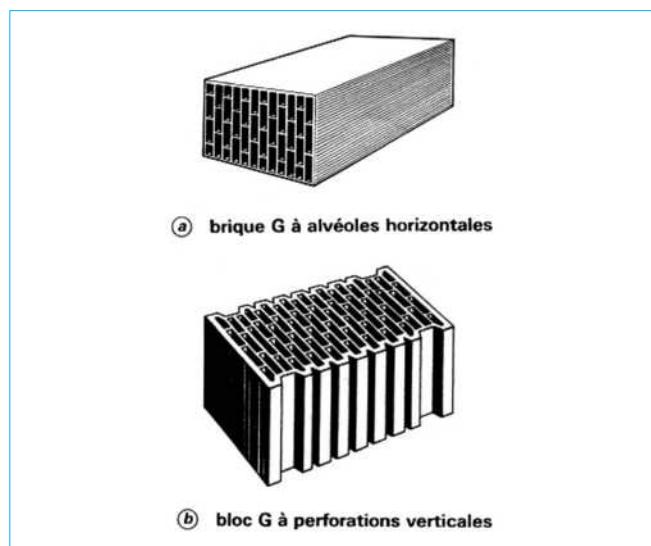


Figure 11 – Brique et bloc G

2.2 Éléments pour planchers et charpentes

S'il existe encore des planchers à solivage métallique et bardeaux en terre cuite et des planchers avec hourdis de coffrage (dits également *chapeaux de gendarme*) à couler sur place, ces systèmes sont actuellement peu utilisés et sont pratiquement remplacés par les procédés à base de poutrelles préfabriquées en usine, complétées par des entrevois intermédiaires.

L'ensemble est solidarisé en œuvre par du béton coulé sur place qui constitue soit une table de compression, soit un simple clavetage entre poutrelles et entrevois. Les poutrelles sont soit précontraintes, soit constituées de profilés métalliques préenrobés.

2.2.1 Planchers à poutrelles métalliques préenrobées

Ces planchers (figure 12) comportent :

- des poutrelles préfabriquées en usine, constituées par des éléments métalliques enrobés de béton en leur partie inférieure et comportant en sous-face une plaque en terre cuite ;
- des entrevois en terre cuite (§ 2.2.3) ;
- un béton de complément coulé sur place, formant clavetage entre poutrelles et entrevois, et constituant une table de compression.

Les éléments métalliques, fournis en principe par une usine spécialisée, se présentent sous la forme d'un système à treillis, constitué d'acières ronds ou de tôles découpées.

Les poutrelles avec leur talon en béton sont livrées prêtes à poser sur les chantiers.

À la mise en œuvre, elles sont disposées à l'entre-axes convenable ; les entrevois de terre cuite sont ensuite mis en place bout à bout, leur épaulement s'appuyant sur le talon des poutrelles. La dernière opération a pour but de couler le béton de complément.

La mise en œuvre exige également un étaïement intermédiaire. Ces types de planchers sont adaptés aux surcharges et aux portées courantes ; cependant, sous forme de variantes, certains peuvent résoudre des cas spéciaux d'utilisation avec grandes portées et fortes surcharges.

Comme tous les planchers préfabriqués, ils sont soumis à la procédure de l'Avis technique et doivent répondre aux prescriptions en vigueur.

Nota : ces Avis sont publiés par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

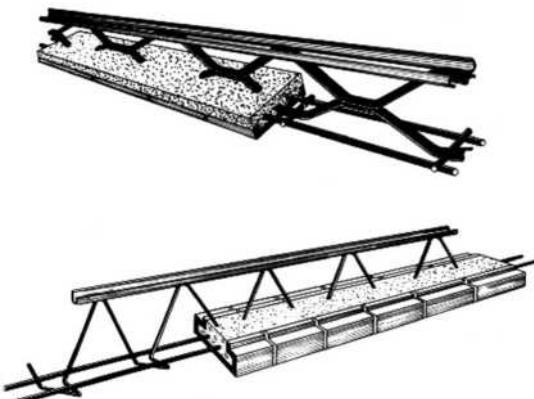


Figure 12 – Poutrelles métalliques préenrobées

2.2.2 Planchers à poutrelles précontraintes et entrevois de terre cuite

Ces types de planchers (figure 13) comportent :

- des poutrelles mixtes terre cuite-béton précontraint, préfabriquées en usines, ou des poutrelles en béton précontraint, comportant généralement une sous-face en terre cuite ;
- des entrevois en terre cuite (§ 2.2.3) ;
- un béton de complément coulé en œuvre et constituant soit une table de compression au-dessus des produits de terre cuite, soit un simple clavetage entre poutrelles et entrevois.

Ces planchers, utilisant les principes de la précontrainte, sont nécessairement préfaçonnés dans des usines spécialisées, équipées suivant des techniques industrielles.

Le béton, dans sa composition, doit être soigneusement défini et il est soumis à des contrôles permanents.

Ces contrôles d'ailleurs sont le propre de cette préfabrication qui exige une précision permanente, tant de ses composants que des techniques d'exécution.

Ces planchers sont également soumis à l'Avis technique et sont régis par des prescriptions particulières.

Ces types de planchers permettent de résoudre, sans difficultés, tous les cas d'utilisation. Ils peuvent être particulièrement bien adaptés aux grandes portées et aux grandes surcharges.

Lors de la mise en œuvre, les prescriptions d'utilisation sont les mêmes que celles ayant trait aux autres planchers préfabriqués. Il est recommandé de ne pas forcer les étais lors de leur mise en place.

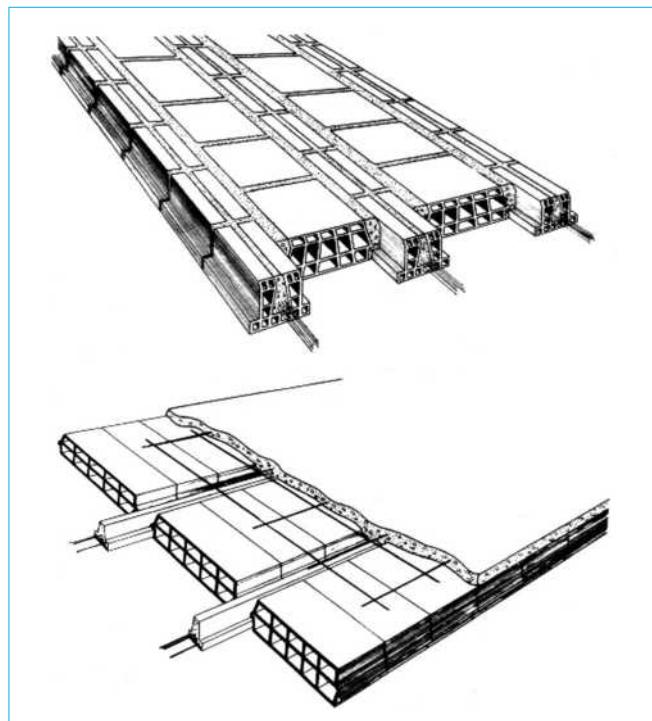


Figure 13 – Planchers à poutrelles précontraintes

Les modalités de pose s'apparentent à celles des planchers précédents (§ 2.2.1), c'est-à-dire mise en place des poutrelles jointivement ou à l'entre-axes prévu pour les entrevois, mise en place de ces entrevois, puis bétonnage. Des palées d'étais intermédiaires sont évidemment prévues en fonction du plancher à construire.

Généralement, une table de compression est réalisée lors du coulage ; cependant certains types de planchers en terre cuite et béton précontraint comportent une table de compression en céramique.

Il y a lieu de demander au fabricant un plan de pose, avec indication :

- de l'étalement ;
- des ferraillages de complément ;
- du dosage du béton ;
- des finitions concernant les points à surcharges particulières.

2.2.3 Entrevois en terre cuite pour planchers préfabriqués

Les entrevois de terre cuite utilisés dans les divers systèmes de planchers à poutrelles préfabriquées doivent satisfaire aux prescriptions de la norme NF P 13-302.

On distingue :

- les entrevois de coffrage résistants (COF) ; ils doivent être complétés par une dalle de répartition coulée en œuvre ;
- les entrevois porteurs ; ils permettent, par leur forme et par leurs caractéristiques mécaniques, de se dispenser d'une dalle de répartition coulée en œuvre ; il en existe deux sortes :
 - les entrevois porteurs simples (POR) ; leurs parois supérieures ne sont pas prises en compte dans la table de compression du plancher,
 - les entrevois à table de compression incorporée (TCI), leurs parois supérieures, lorsqu'elles sont jointoyées, sont prises en compte dans la table de compression du plancher.

Les **principales caractéristiques** des entrevois sont indiquées ci-après.

■ Aspect

Les fissures tolérées dans les cloisons des entrevois sont définies par la norme NF P 13-302 pour chacun des types (entrevois de coffrage résistants, porteurs simples, à table de compression incorporée).

■ Résistance à la rupture par poinçonnement-flexion

La rupture à l'essai de poinçonnement-flexion ne doit pas se produire sous une charge inférieure à 150 daN pour les entrevois de coffrage résistants et à 250 daN pour les entrevois porteurs et à table de compression incorporée (POR et TCI).

■ Dilatation conventionnelle à l'humidité

● Entrevois longitudinaux (alvéoles parallèles aux poutrelles) : la dilatation à l'autoclave ne doit pas dépasser 1,8 mm/m sans que le nombre d'éprouvettes présentant une dilatation supérieure à 1,6 mm/m dépasse 20 % de leur nombre total (soit 1 dans le cas de l'essai sur 7 éprouvettes).

● Entrevois transversaux (alvéoles perpendiculaires aux poutrelles) : la dilatation moyenne à l'autoclave doit être inférieure à 1 mm/m. La dilatation de chaque éprouvette ne doit pas dépasser 1,2 mm/m sans que le nombre d'éprouvettes présentant une dilatation supérieure à 1 mm/m dépasse 20 % de leur nombre total (soit 1 dans le cas de l'essai sur 7 éprouvettes).

■ Module d'élasticité

● Entrevois de coffrage résistants et entrevois porteurs simples : aucune valeur individuelle du module d'élasticité de la terre cuite constitutive ne doit être inférieure à 7 000 MPa. La différence entre les valeurs extrêmes ne doit pas excéder 40 % de la valeur moyenne.

● Entrevois porteurs à table de compression incorporée : aucune valeur individuelle du module d'élasticité de la terre cuite constitutive ne doit être inférieure à 12 500 MPa. La différence entre les valeurs extrêmes ne doit pas excéder 40 % de la valeur moyenne.

■ Résistance à la compression

La moyenne des résistances à la compression dans le sens du filage des entrevois porteurs à table de compression incorporée doit être au moins égale à 25 MPa et aucun entrevois ne doit présenter une résistance inférieure à 28 MPa.

2.2.4 Structures inclinées (charpentes)

Ces éléments sont employés dans le cas d'ensembles formant charpente monolithique pour supporter des couvertures en tuiles ou autres matériaux.

Il s'agit en fait de planchers inclinés et tous les types décrits sont valables pour la réalisation des supports de couverture.

Cependant, les éléments résistants (poutrelles) et les hourdis de remplissage sont moins dimensionnés, les contraintes dues aux charges étant moins importantes.

2.3 Éléments pour plafonds suspendus

2.3.1 Caractéristiques

Ce sont des éléments creux de faible épaisseur, destinés à être suspendus aux poutrelles d'un plancher pour créer une surface continue qui recevra l'enduit de plafond (figure 14).

Le tableau 9 en [Form. C 905] donne les caractéristiques géométriques et physiques des produits les plus courants.

Les éléments présentent, sur leurs bords longitudinaux, des gorges et des tenons qui permettent l'emboîtement ou le clavage par bourrage d'un liant. Il existe des éléments à gorges longitudinales uniquement femelles, et d'autres dont un bord longitudinal est femelle et l'autre mâle. La fixation se fait par attaches et crochets spéciaux adaptés à chaque type de bardage. Les attaches doivent être protégées de la corrosion.

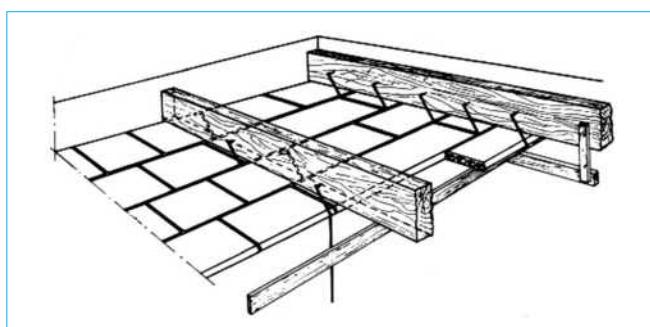


Figure 14 – Plafond suspendu

2.3.2 Emplois

Les plafonds suspendus en éléments de terre cuite peuvent être utilisés avec des supports de différentes natures : solivage en bois, solivage métallique, plancher à dalle pleine, plancher à dalle nervurée. Dans chaque cas, il y a lieu d'observer les prescriptions particulières mentionnées dans le Cahier des charges du DTU 25.231.

2.3.3 Mise en œuvre

Les opérations essentielles sont les suivantes.

- Les éléments de terre cuite doivent être disposés à joints croisés. Au pourtour du plafond seront réalisés des joints souples évitant la mise en compression de l'ensemble des éléments de terre cuite.
- Pour exécuter la première rangée, les bardeaux pourront reposer sur une règle provisoirement fixée au mur.
- Les joints longitudinaux seront de préférence orientés perpendiculairement à la poutraison.
- Les crochets de suspension seront fixés :
 - par clouage sur un support en bois ;
 - par agrafage sur un support métallique ;
 - par fils en attente dans le cas d'un support en béton, ou par clouage sur un tasseau de bois inclus dans la dalle au clouage.
- La mise en place s'effectue, élément par élément, au moyen d'un coffrage suspendu au support du plafond. La liaison se fait au plâtre, sauf cas particulier des plafonds avec armatures.

2.4 Éléments pour couverture

2.4.1 Généralités

Trois types de tuiles se distinguent par leur forme générale, adaptées à la conception de la couverture qu'elles permettent de réaliser.

Ces éléments sont les tuiles à emboîtement ou à glissement, les tuiles canal, les tuiles plates.

Parmi les **caractéristiques** du matériau, les deux plus importantes sont la perméabilité et la résistance au gel.

■ Perméabilité

Les critères sont différents selon les modèles de tuiles.

- Tuiles à emboîtement ou à glissement et tuiles canal : sous une charge d'eau de 10 cm, elles ne doivent pas présenter une perméabilité supérieure à $0,5 \text{ cm}^3 \text{ par cm}^2 \text{ de surface et par 24 h}$ en moyenne et de $0,6 \text{ cm}^3$ au maximum.
- Tuiles plates : sous une charge d'eau de 10 cm, elles ne doivent pas présenter une perméabilité moyenne supérieure à $0,7 \text{ cm}^3 \text{ par cm}^2 \text{ de surface et par 24 h}$ en moyenne et de 1 cm^3 au maximum.

■ Résistance au gel

À l'issue d'un essai dit de vieillissement accéléré par cycles de gel et de dégel, seules sont admises des altérations limitées qui ne doivent pas conduire à des pertes de masse supérieures à 1 % de la masse initiale.

Les modalités de l'essai sont différentes selon les modèles de tuiles.

- Tuiles à emboîtement ou à glissement et tuiles canal : l'essai consiste en 25 cycles de gel ($-15^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) et dégel (immersion dans l'eau à $+20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$). La première immersion est faite sous un vide de $4 \times 10^4 \text{ Pa} \pm 0,13 \times 10^4 \text{ Pa}$ (0,4 bar $\pm 0,013$ bar).

- Tuiles plates : l'essai consiste en 50 cycles de gel ($-15^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) et dégel (immersion dans l'eau à $+20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$). La première immersion est faite sous un vide de $6,67 \times 10^4 \text{ Pa} \pm 0,13 \times 10^4 \text{ Pa}$ (0,667 bar $\pm 0,013$ bar).

2.4.2 Tuiles canal

2.4.2.1 Définition

Les tuiles canal (figure 15), utilisées depuis fort longtemps en France, sont des éléments de couverture en terre cuite de forme légèrement tronconique. Cette forme a été adoptée pour permettre l'utilisation du même produit pour la rigole d'écoulement des eaux (tuiles de courant) et le couvre-joint entre deux rigoles consécutives (tuiles de couvert).

Certains modèles comportent une sous-face de la tuile de courant, un ou deux tenons permettant la pose sur liteaux.

2.4.2.2 Caractéristiques

Ces produits doivent répondre aux spécifications de la norme NF P 31-305.

Les caractéristiques physiques et géométriques des produits sont données dans le tableau 10 en [Form. C 905].

2.4.3 Tuiles plates

2.4.3.1 Définition

La tuile plate (figure 16) est un élément constitué par une plaque de terre cuite présentant en sous-face un ou deux tenons d'accrochage et, en tête de la tuile, un ou deux trous de clouage.

2.4.3.2 Caractéristiques

Ces produits doivent répondre aux spécifications de la norme NF P 31-306.

Les dimensions les plus courantes sont données au tableau 11 du [Form. C 905].

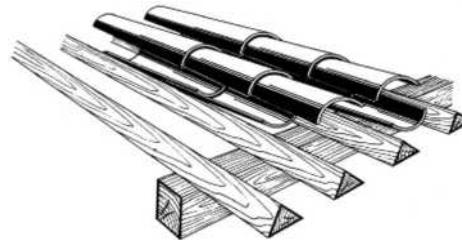


Figure 15 – Tuiles canal

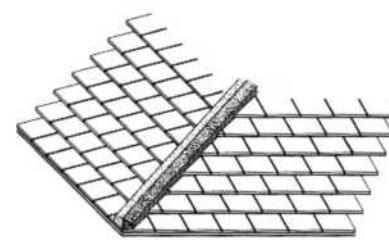


Figure 16 – Tuiles plates

La forme est généralement rectangulaire, mais il existe des modèles dont la partie basse affecte des formes arrondies (tuiles plates écailles) ou en chevron. Pour des ouvrages spéciaux, l'on se sert de tuiles ayant une forme ou un galbe particulier : tuiles gironnées, pendantes, gauches, gambardières, coffines.

Le nombre de tuiles au mètre carré et la masse varient suivant les données dimensionnelles des produits.

■ Exemple

Type	Quantité (par m ²)	Masse moyenne (par m ²) (kg)
16 × 24	80	72
16 × 27	70	70
17 × 27	62	67
16 × 34	48	67
18 × 38	36	65

2.4.4 Tuiles à emboîtement ou à glissement

2.4.4.1 Définition

Les tuiles à emboîtement ou à glissement ont été techniquement conçues pour assurer l'étanchéité par le jeu de cannelures et nervures s'emboîtant les unes dans les autres. Ce principe permet de minimiser l'importance du recouvrement d'un élément d'amont sur un élément daval et d'alléger, de ce fait, le poids de la couverture (figure 17).

Toutefois, les tuiles dites à glissement ne comportent pas d'emboîtement transversal et nécessitent un recouvrement important.



Figure 17 – Tuiles à emboîtement

2.4.4.2 Caractéristiques

Les tuiles doivent répondre aux spécifications de la norme NF P 31-301.

Les caractéristiques physiques de ces produits sont données au tableau 11 en [Form. C 905].

Il faut noter l'apparition de nombreux modèles nouveaux : tuiles de grand format (jusqu'à 7 au m²), tuiles à emboîtement à pureau d'aspect plat, tuiles colorées, etc.

3. Produits pour bardages

Le développement de l'isolation thermique placée à l'extérieur des bâtiments, et des maisons à ossature a conduit les fabricants de produits de terre cuite à mettre au point des produits de bardage pouvant assurer la protection de l'isolant spécifique et le revêtement extérieur.

Plusieurs solutions à base de terre cuite existent.

3.1 Bardages en briques apparentes

Il s'agit de voiles extérieurs constitués de briques pleines ou perforées d'au moins 10,5 cm d'épaisseur.

Ce revêtement peut être porté à chaque niveau par le plancher ou bien reposer sur une semelle et filer devant la façade sur un maximum de trois niveaux, sauf conception particulière faisant l'objet d'Avis techniques. La figure 18 montre un type de réalisation.

3.2 Bardages en tuiles

Les tuiles sont fixées, soit par clouage, soit au moyen de crochets sur des liteaux eux-mêmes fixés sur une ossature secondaire généralement constituée par des chevrons rendus solidaires de la structure porteuse par des dispositifs (pattes de scellement, chevilles, etc.) appropriés à la nature de cette structure.

La figure 19 montre un type de réalisation.

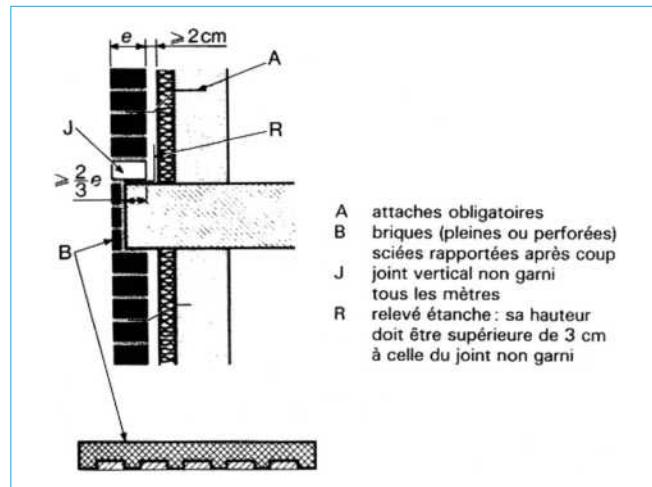


Figure 18 – Bardage en briques apparentes

3.3 Bardage alvéolé autoportant

Il est réalisé à l'aide d'éléments de terre cuite apparents d'environ 5 cm d'épaisseur et comportant une rangée d'alvéoles verticales. Latéralement, ces éléments comportent un dispositif d'assemblage tenon-mortaise qui permet la pose sans joint de mortier vertical. Horizontalement, ces éléments sont montés au mortier ordinaire.

La figure 20 montre un type de réalisation.

Différents systèmes de fixation permettent de solidariser le bardage et l'ossature du bâtiment.

3.4 Procédés divers

Certains fabricants ont mis au point des procédés originaux en jouant sur différents paramètres (géométrie de l'élément, esthétique, procédés de fixation, association avec un isolant spécifique) qui permettent de proposer aux utilisateurs une gamme importante de possibilités.

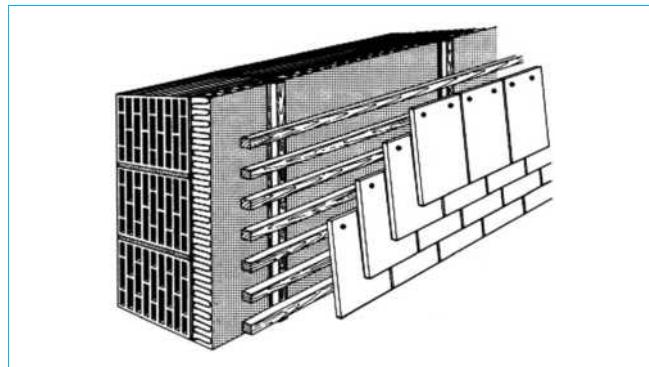


Figure 19 – Bardage en tuiles plates

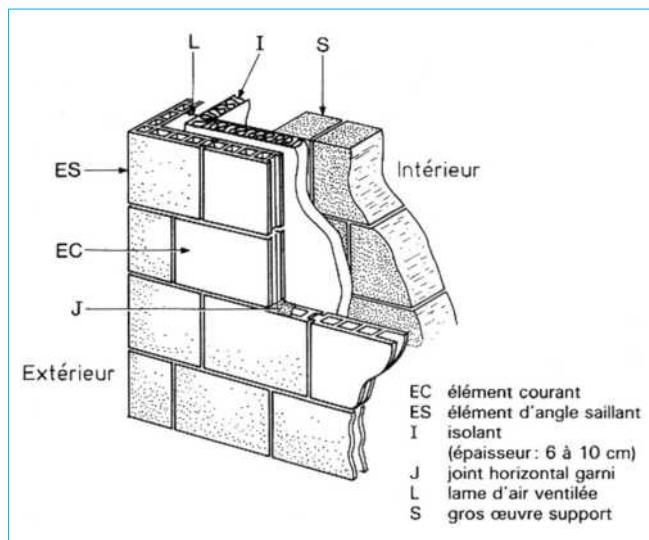


Figure 20 – Bardage alvéolé autoportant

4. Éléments divers

4.1 Boisseaux pour conduits de fumée

Les boisseaux de terre cuite sont à parois pleines (figure 21a) ou à parois alvéolées (figure 21b).

Ils doivent satisfaire aux prescriptions de la norme NF P 51-311.

Cette norme prévoit en particulier un essai de résistance au choc thermique et un test de résistance aux agents corrosifs (acide sulfurique provenant du soufre contenu dans les combustibles).

4.1.1 Formes et sections

Les boisseaux de terre cuite se présentent soit en section carrée, soit en section rectangulaire. Il existe, en outre, dans certaines régions, des boisseaux de section circulaire.

L'épaisseur des parois est de 3 à 5 cm et davantage pour les boisseaux alvéolés.

Les extrémités sont présentées soit à feuillure, soit à biseau, soit à coupe franche.

La longueur des éléments est de 33 cm (3 au mètre) ou de 50 cm (2 au mètre) quand l'épaisseur de la paroi est de 3 cm. Elle est de 25 cm (4 au mètre) ou 33 cm (3 au mètre) dans les modèles à paroi de 5 cm, pleins ou alvéolés.

Les dimensions les plus courantes sont données, en fonction des sections désirées au tableau 12 du [Form. C 905].

Il existe des éléments spéciaux pour les dévoiements (boisseaux dévoyés), pour les prises de fumées (manchettes), ainsi que pour la mise en place de trappes de ramonage.

4.1.2 Mise en œuvre

La mise en œuvre doit être conforme aux prescriptions du DTU 24.1.

On retiendra que, contrairement à ce qui est parfois pratiqué lorsque les boisseaux présentent un dispositif d'emboîtement, l'emboîtement mâle doit être dirigé vers le bas, ce afin d'éviter les coulures dues aux condensations éventuelles.

Les sections intérieures minimales sont les suivantes :

— foyers ouverts : 400 cm^2 ;

— foyers fermés : 250 cm^2 pour les appareils à charbon ou à mazout ; cette section peut être réduite pour les conduits destinés uniquement à l'évacuation des produits de combustion des appareils à gaz.

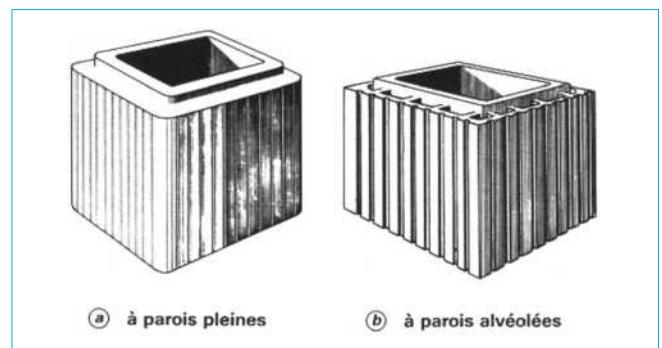


Figure 21 – Boisseaux

Les boisseaux de terre cuite sont aussi utilisés en ventilation. Il existe des boisseaux spécialement adaptés à l'évacuation des produits de combustion des chaudières à condensation.

4.1.3 Produits spéciaux

Certains fabricants ont mis au point des boisseaux isolants thermiques selon deux conceptions :

- boisseaux à isolation intérieure : ils sont constitués de deux enveloppes en terre cuite alvéolaire liaisonnées par des attaches disposées dans les parties angulaires ; dans l'évidement entre les enveloppes, on introduit des panneaux pré découpés en laine de roche incombustible et insensible à l'eau ;

- boisseaux à isolation extérieure ; une ceinture isolante en laine de roche de 30 à 40 mm d'épaisseur est collée et fixée par des attaches rigides au boisseau ; un grillage galvanisé protège l'isolant et reçoit en usine un enduit ciment armé d'environ 4 mm.

Ces produits font l'objet d'Avis techniques formulés par la Commission spécialisée du CSTB.

4.2 Briques pour conduits de fumée

Ces briques, pleines ou perforées, généralement d'un format voisin de $5,5 \times 10,5 \times 22$ cm, doivent répondre aux prescriptions de la norme NF P 51-301 qui, de même que pour les boisseaux, prévoit notamment des essais de choc thermique et de résistance aux agents corrosifs. Une résistance à l'écrasement de 12,5 MPa (125 bar) en moyenne et de 10 MPa (100 bar) au minimum est imposée, ainsi qu'une résistance au gel satisfaisante, ces briques étant souvent utilisées pour des conduits extérieurs de chaufferie, et donc exposées aux intempéries.

La mise en œuvre est régie par le DTU 24.1.

4.3 Tuyaux de drainage

Les drains de terre cuite utilisés pour l'assainissement des terrains trop humides sont des tuyaux obtenus par filage. Leur longueur est de 33 cm (3 tuyaux au mètre). Les diamètres intérieurs des produits fabriqués sont les suivants : 5, 6, 8, 10, 12, 16, 18 et 20 cm.

Le principal avantage des drains en terre cuite réside dans leur insensibilité aux attaques des rongeurs et dans leur conservation pratiquement indéfinie. La pénétration de l'eau s'effectue par les interstices entre les éléments successifs et non par perfusion au travers des parois.

Il n'existe pas de normes pour ces produits.

4.4 Éléments pour revêtements de sols et de murs

Les formes et les différents aspects de surface des éléments en terre cuite pour sols et murs présentent une extrême variété. Certains de ces éléments sont complétés par un revêtement de surface (engobe, émail, etc.).

Les caractéristiques principales des carreaux et dalles céramiques sont définies dans des normes spécifiques [Doc. C 905].

En matière de revêtements muraux, la tendance est actuellement à la fabrication d'éléments de grand format et de formes géométriques étudiées dans un but décoratif, avec des reliefs permettant à la lumière de jouer sur les panneaux. Du fait de leur poids parfois important, certains de ces revêtements nécessitent un agrafage.

4.4.1 Pose des revêtements de sol

La pose des revêtements de sol doit être conforme aux spécifications définies par le DTU 52.1 applicable aux travaux de revêtements de sols scellés.

Elle se fait :

- soit sur support constitué par un sol en terre stabilisée, un plancher avec ou sans dalle de compression, une dalle de béton armé, un plancher bois, etc... ;

- soit sur une forme en sable sec, sable stabilisé, béton maigre, mortier ou béton armé pour rattrapage, isolation ou désolidarisation.

Suivant le mode de pose on utilisera, soit un mortier dosé à 300/350 kg de ciment par m^3 de sable sec, soit un mortier bâtarde constitué de 125 kg de chaux XHN (chaux hydraulique naturelle) ou XHA (chaux hydraulique artificielle) et 175 kg de ciment par m^3 de sable sec ou alors un mortier de ciment plus maigre dosé à 225/275 kg par m^3 de sable sec dans le cas de pose à la poudre ou à la barbotine.

La pose des carrelages peut se faire également à l'aide de certains mortiers-colles. Dans ce cas, il y a lieu de se conformer aux Avis techniques les concernant (Avis techniques publiés par le CSTB) ou, à défaut, de s'en tenir strictement aux instructions des fabricants.

Les surfaces supérieures à 60 m^2 doivent être fractionnées ainsi que les couloirs (par tranches de l'ordre de 8 m de longueur). Les joints, qui doivent avoir au moins 5 mm de largeur, intéressent l'épaisseur du mortier de pose et du carrelage. Ils peuvent être garnis par une matière souple ou semi-rigide avec utilisation éventuelle d'un fond de joint.

Un vide de 3 mm doit être réservé entre la dernière rangée de carreaux et les parois verticales des murs ou cloisons ainsi qu'autour des poteaux lorsque les surfaces de revêtement sont supérieures à 4 m^2 environ. Ce vide doit intéresser le mortier de pose et la forme. Il peut être laissé libre ou être garni d'un matériau compressible non pulvérulent, imputrescible. Les plinthes droites dissimulent ce vide mais elles ne doivent pas être solidaires du revêtement.

Un système de classement des carrelages a été étudié en vue de faciliter le choix de la qualité en fonction du local d'exploitation : le classement UPEC du CSTB.

4.4.2 Pose des revêtements de murs

La pose de revêtements muraux doit être conforme aux instructions définies par le DTU 55 applicable aux travaux de revêtements muraux scellés.

Lorsqu'il est fait usage de mortiers-colles ou adhésifs, il est nécessaire de se conformer aux instructions des Avis techniques les concernants ou à défaut strictement à celles des fabricants.

Dans le cas de la pose scellée le mortier sera, soit un mortier dosé de 400 kg de chaux XHA par m^3 de sable sec, soit un mortier bâtarde composé de 125 à 200 kg de chaux XHA et 125 à 200 kg de ciment [sauf CPJ (ciment Portland composé) et HP] par m^3 de sable sec. La pose se fait à bain soufflant. L'épaisseur du mortier de pose est de 1 à 2 cm.

L'épaisseur des joints est comprise entre 8 et 12 mm. Ils ne sont réalisés que 24 h après la pose du revêtement.

Dans le cas de la pose collée, les Avis techniques décrivent les supports admis, en général enduit au mortier sur maçonnerie de pierre, de blocs de béton, ou de briques, la technique de mise en œuvre (simple ou double encollage, dimensions des dents de la spatule) et la masse admissible des revêtements au mètre carré (inférieure ou égale à 30 kg/m^2 , voire 40 kg/m^2 avec certains mortiers-colles).

Les joints compris entre 2 et 10 mm sont exécutés, soit au mortier de ciment blanc ou gris, suivant l'effet que l'on veut obtenir, soit au mortier prêt à l'emploi de diverses teintes, souvent commercialisés par le fabricant de colle.

4.4.3 Briques et éléments de pavage

Ils sont destinés aux sols appelés à recevoir une circulation piétonne et un trafic automobile occasionnel à faible vitesse. La norme les concernant est en cours d'élaboration.

4.5 Éléments pour décoration

De tout temps, la terre cuite a été employée en décoration.

Il y a cependant lieu de distinguer la décoration réalisée par le maître d'œuvre avec des matériaux courants (briques pleines, mulots, briques ou blocs perforés, briques creuses) et la décoration réalisée avec des produits particuliers de conception, de matière, de forme ou de couleur spéciales. La variété de ces produits particuliers est trop importante pour en faire ici une présentation complète, nous nous contenterons de les énumérer :

- briquettes sablées, briquettes vernissées ou émaillées ;
- tuileaux ;
- plaques et plaquettes de revêtements éventuellement émaillées ;
- éléments de formes diverses de revêtements muraux (trèfle, opus, losange, diabolo, flèche, etc.) ;
- claustras divers.

Tous ces produits, de terres différentes, peuvent subir des traitements particuliers de fabrication, influant sur leur forme, leur épiderme, leur tonalité naturelle. Ils peuvent, en cours de fabrication ou après cuissage, être traités pour présenter des colorations de surfaces brillantes ou mates très diversifiées.

La pose se fait au mortier pour les éléments entrant dans la structure de mur (briquettes, tuileaux, claustras) et au mortier ou à la colle pour les éléments de revêtement.

Compte tenu de la diversité de caractéristiques et de formes de ces éléments, aucune recommandation générale ne peut être formulée. Il est nécessaire en cela de se référer aux directives du fabricant.

En ce qui concerne le cas particulier des claustras, qui sont des éléments relativement fragiles, il est recommandé de ne pas réaliser d'ouvrages d'une hauteur supérieure à celle d'un étage courant (2,50 m) sans précautions spéciales (potelets et chaînages) ayant pour but d'assurer l'ossature de l'ensemble.

Afin d'éviter les mises en compression, il est recommandé de ménager un vide de 1 cm entre la partie supérieure du panneau et l'ossature. La stabilité est alors assurée en encastrant les éléments de rive dans une feuillure réservée dans les parties verticales de l'encadrement, en garnissant le jeu par un matériau souple.

4.6 Produits nouveaux

L'industrie de la terre cuite fabrique de nouveaux produits dont la conception s'écarte des formes traditionnelles.

4.6.1 Briques de grande longueur

Grâce aux progrès obtenus dans la fabrication, et notamment à la diminution des déformations lors du séchage et de la cuisson, on peut fabriquer des briques creuses de hauteur d'étage, permettant une mise en œuvre rapide, avec des moyens de manutention ne dépassant pas le cadre des engins habituels de chantier.

4.6.2 Mousse d'argile

Il s'agit d'un matériau céramique de terre cuite allégée, obtenu par cuissage d'une pâte argileuse préparée par dispersion, en présence d'un élément moussant, d'une ou plusieurs argiles.

La mousse d'argile se présente sous forme de plaques pouvant être émaillées, sa masse volumique varie de 0,5 à 1 kg/dm³, la conductivité λ est de 0,18 W/m · K pour une masse volumique de 0,9 kg/dm³.

Grâce à ses excellentes qualités d'absorption acoustique, la mousse d'argile trouve des applications dans les murs antibruit (autoroutiers ou ferroviaires) et comme revêtements de salles de spectacles, piscines, gymnases, etc.