

Céramiques de bâtiment

Carreaux et produits sanitaires

par **Henri LE DOUSSAL**

*Ingénieur de l'École Nationale Supérieure de Céramiques Industrielles
Chef du Département Études à la Société Française de Céramique*

et **Marcel VOUILLEMET**

*Ingénieur de l'École Nationale Supérieure de Céramiques Industrielles
Chef du Service Céramique fine à la Société Française de Céramique*

1. Matières premières	C 940 - 2
1.1 Argiles.....	— 2
1.2 Kaolins.....	— 2
1.3 Matières non plastiques.....	— 2
1.4 Matières premières pour émaux et couleurs.....	— 3
2. Fabrication des carreaux céramiques	— 3
2.1 Produits pressés.....	— 3
2.2 Produits extrudés.....	— 6
3. Fabrication des pièces sanitaires	— 7
3.1 Types de matériaux.....	— 7
3.2 Schéma général de fabrication.....	— 8
4. Caractéristiques des carreaux céramiques	— 11
4.1 Classification.....	— 11
4.2 Normalisation.....	— 11
4.3 Domaine d'emploi. Classement UPEC.....	— 12
4.4 Mise en œuvre.....	— 15
5. Caractéristiques des produits sanitaires	— 16
5.1 Définition. Classification.....	— 16
5.2 Caractéristiques d'aptitude à l'emploi.....	— 17
Pour en savoir plus	Doc. C 940

La composition des carreaux et produits sanitaires fait appel à des matières premières plastiques et non plastiques, essentiellement d'origine naturelle comme les argiles, feldspaths, kaolins, silice...

Les différentes catégories de produits sont décrites ainsi que les étapes de leur technologie de fabrication : préparation, mise en forme, séchage, cuisson, tri et contrôle, avec leurs dernières évolutions.

Les carreaux céramiques sont classés et normalisés en fonction de leur poids d'eau absorbée et de leur mode de fabrication. Leur domaine d'emploi est spécifié par le classement UPEC qui permet de répondre aux exigences de leur utilisation. Les différents types de pose et leur réglementation sont définis dans des cahiers des charges spécifiques.

Les produits sanitaires sont également contrôlés suivant des normes françaises et européennes, en relation avec leurs conditions d'emploi et d'installation.

1. Matières premières

1.1 Argiles

1.1.1 Fonctions

L'argile, par la nature colloïdale de ses particules de silicates, développe, en présence d'eau, des propriétés spécifiques permettant le façonnage par :

- coulage (comportement rhéologique des suspensions aqueuses, cohésion et plasticité des tessons formés) ;
- calibrage, étirage, pressage en pâte molle (cohésion et plasticité) ;
- pressage unidirectionnel (cohésion des masses granulées à faible teneur en eau).

Il est souvent nécessaire de procéder à l'ajout de particules non colloïdales aux argiles (matériaux « dégraissants ») afin de maîtriser les propriétés du matériau lors du façonnage et du séchage.

C'est la cuisson, par les transformations physico-chimiques qu'elle entraîne, qui développe les propriétés finales du produit, à savoir sa solidité et son inaltérabilité. Si les argiles grésantes conduisent à des produits non poreux, la présence de dégraissants altère cette action, obligeant à l'ajout de fondants.

1.1.2 Composition

Les argiles formées d'un mélange de silicates, dits minéraux des argiles (kaolinite, illite, montmorillonite), contiennent, en outre, des constituants fins tels que : silice, minéraux micacés, calcaire, composés ferrugineux, matières organiques.

■ Silice

Le quartz libre modifie les propriétés des minéraux argileux en jouant un rôle, soit de dégraissant (diminution de la plasticité et du retrait de séchage, amélioration du comportement à la défloculation), soit de fondant lorsque le produit est porté à une température supérieure à 1 200 °C.

■ Minéraux micacés

Il se trouvent en quantité notable dans les argiles dites grésantes.

■ Calcaires

Au-dessus de 1 000 °C, la présence de calcaire favorise le grésage de l'argile, mais son action est brutale.

■ Composés ferrugineux

Ils constituent des fondants énergiques et ont une action colorante importante (rouge foncé à jaune).

■ Matières organiques

Elles jouent un rôle important sur les propriétés rhéologiques des argiles.

Plusieurs classifications sont utilisées par le céramiste suivant les critères qu'il prend en considération :

- argiles grésantes, argiles réfractaires (comportement à la cuisson) ;
- argiles maigres, argiles grasses (comportement rhéologique) ;
- argiles blanches ou colorées après cuisson.

Les argiles kaoliniques, dont le mode de formation est comparable à celui des kaolins sédimentaires, apparaissent dans les séries sédimentaires lorsqu'un massif ancien altéré est soumis à une érosion intense. Par ailleurs, on rencontre un certain nombre de gisements d'argiles kaolino-illitiques qui présentent un caractère grésant face aux premières, généralement réfractaires.

1.1.3 Approvisionnement

L'activité extractive la plus importante se situe dans le bassin de Provins (Provins, Montereau, Sézanne) et celui des Charentes (Clérac, Montguyon). Viennent ensuite les exploitations du Centre (Diou, Beaulon, Tournon-Saint-Martin, etc.), de Normandie (Littry, Lachapelle-aux-Pots, etc.), du Nord et du Pas-de-Calais.

C'est sur le gisement de Beaulon que se situe aujourd'hui la carrière la plus importante d'Europe.

On notera l'existence de nombreuses autres exploitations réparties sur l'ensemble du territoire, qui fournissent des argiles tant pour la terre cuite que pour les activités artisanales (notamment l'Île-de-France, le Beauvaisis, le Sud-Est).

Quant aux extracteurs les plus importants, ils mettent à la disposition des différentes branches de l'industrie céramique des argiles dites reconstituées qui présentent des caractéristiques bien spécifiques. Ces matières premières résultent d'un dosage précis d'argiles extraites en différents points d'un ou de plusieurs gisements. Leur préparation entraîne parfois des traitements importants.

L'industrie de la céramique utilise aussi des argiles plastiques en provenance du sud-ouest de la Grande-Bretagne (Devon) et des argiles grésantes du Westerwald (en Allemagne).

1.2 Kaolins

Ils proviennent généralement de l'altération des feldspaths de roches granitiques. On trouve deux types de gisement.

■ Gisement *in situ*

La roche est altérée sur place : Massif armoricain, Massif central.

■ Gisements sédimentaires

Les éléments de l'altération se sont déposés au voisinage des massifs d'origine. Le plus souvent, le kaolin est associé aux autres matériaux détritiques dans des gisements de sables kaoliniques que l'on trouve en bordure du Massif central et dans la Drôme.

Outre les importants gisements de Bretagne et du centre de la France, l'industrie de la céramique s'approvisionne notamment en Grande-Bretagne (Devon) et en Allemagne.

1.3 Matières non plastiques

De façon plus usuelle, on les dénomme dégraissantes. Suivant la morphologie et la taille de leurs particules, elles modifient les propriétés des argiles. Elles diminuent la plasticité tout en rendant le matériau moins sensible au séchage.

Selon la température de cuisson, une partie de ces matières premières peut participer au développement de la phase vitreuse, sinon le contrôler. Dans cette optique, on les désigne sous le terme de fondants.

1.3.1 Feldspaths

Ce sont des alumino-silicates alcalins ou alcalino-terreux comprenant de nombreuses variétés. On y trouve, associés ou non, l'orthose potassique, l'albite sodique et l'anorthite calcique.

Les exploitations sont localisées dans le Massif central (prédominance des feldspaths mixtes) et dans les Pyrénées (feldspaths sodiques).

1.3.2 Silice

La silice se trouve sous différents états : sable quartzueux, grès quartzueux, quartzites, quartz filoniens, galets silicieux et silex.

Les gisements les plus connus sont les sables de Fontainebleau qui affleurent entre Étampes et Nemours.

1.3.3 Dolomie, craie, talc

■ Dolomie

La dolomie, carbonate double de calcium et de magnésium, est assez largement répandue en France. Elle est exploitée dans la Mayenne ainsi que dans le Languedoc et la région Midi-Pyrénées.

■ Craie, calcaire pur

Le minéral de ces roches est le carbonate de calcium ou calcite. Les roches affleurent sur des surfaces considérables et les principales exploitations se trouvent sur les gisements du Bassin parisien et d'Aquitaine.

■ Talc

Le gisement le plus important de cet hydrosilicate de magnésium se trouve à Luzenac dans les Pyrénées. Son emploi permet d'abaisser la température de cuisson ou de régler le comportement dilatométrique.

1.3.4 Chamottes

Elles sont issues d'un traitement thermique à haute température de certains types d'argiles.

1.3.5 Verres

Des poudres de verres en provenance de l'industrie verrière peuvent être utilisées pour abaisser la température de cuisson.

1.4 Matières premières pour émaux et couleurs

■ Émaux

Ce sont des verres dont les propriétés permettent un accord parfait avec le tesson sur lequel ils sont appliqués. Ils sont élaborés à partir de certaines matières précédemment citées, à savoir silices, feldspaths, craies, kaolins choisis parmi les qualités les plus pures.

Pour des basses températures de cuisson, des fondants plus énergétiques sont utilisés (borax, carbonate de soude, composés du plomb) qui, étant soit solubles dans l'eau, soit nocifs à l'état libre, nécessitent la réalisation, au préalable, d'un verre (fritte) les contenant sous une forme stable.

■ Colorants

Les pigments colorés fabriqués par des firmes spécialisées sont des composés métalliques plus ou moins complexes. Citons les sels de cobalt (bleu), les composés du chrome (vert), du fer (jaune-ocre ou brun-rouge), les composés zircone-yttrium (jaune), zircone-vanadium (bleu).

2. Fabrication des carreaux céramiques

Les carreaux céramiques peuvent être classés, d'un point de vue technologique, en quatre catégories :

— carreaux vitrifiés non émaillés :

- carreaux porcelainés,
- carreaux polis,
- carreaux en grès cérame fin vitrifié,
- carreaux en grès rustique ;

— carreaux vitrifiés émaillés :

le tesson est souvent moins vitrifié que dans le cas précédent et présente donc une légère porosité.

- carreaux en grès cérame fin vitrifié,
- carreaux en grès rustique ;

— carreaux poreux émaillés :

- carreaux de faïence et de terre cuite ;

— carreaux poreux non émaillés :

- carreaux de terre cuite.

On peut établir pour chaque type de façonnage, pressage et étirage, une ligne technologique générale (figure 1.). Le texte ci-après décrit les particularités de fabrication de chaque catégorie de produits.

Intentionnellement sont décrits des procédés en voie d'extinction, mais qui sont encore pratiqués de façon significative, tandis que l'on soulignera ceux actuellement les plus utilisés dans les unités modernes. Dès à présent nous pouvons dire que ces derniers se distinguent par une conception en ligne où la cuisson en four à rouleaux est pratiquée de façon à simplifier les opérations de transfert.

2.1 Produits pressés

2.1.1 Produits à tesson vitrifié

Le tesson constitue le corps du produit.

2.1.1.1 Composition

Les masses sont composées d'argiles grésantes associées ou non à des dégraissants (silices, casse de carreaux cuits, etc.) et des fondants (feldspaths, pegmatites, etc.).

On distingue les masses colorées naturelles, les masses blanches et les masses colorées dérivées de ces dernières par ajouts d'oxydes métalliques.

2.1.1.2 Préparation des masses

Il existe trois procédés pour préparer les masses sous forme de poudre à teneur en eau (5 % à 7 %) et répartition granulométrique bien définies.

■ Procédé par voie humide

Procédé le plus courant et le plus efficace, il comporte deux étapes :

— **préparation des mélanges** : le plus souvent, la totalité des matières premières sont mélangées et broyées en présence d'eau dans des broyeurs alsing (broyeurs en milieu liquide, durée de l'ordre de 12 h, le broyage humide en continu tendant à se développer). L'ajout de défloculants dans la barbotine (défloculants organiques ou du type polyphosphate) permet d'atteindre des

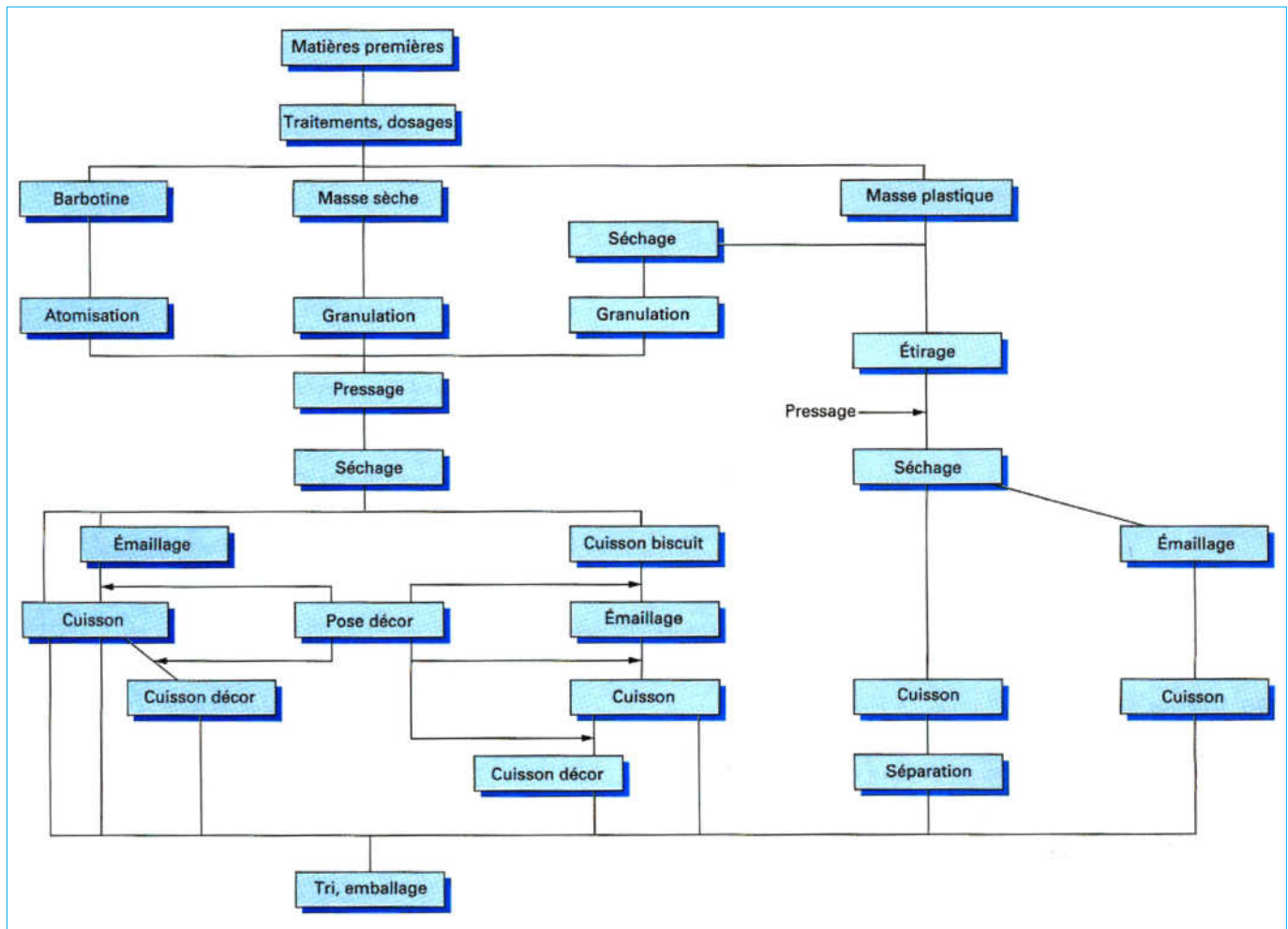


Figure 1 – Fabrication des carreaux

masses volumiques relativement élevées ($> 1\,650\text{ g/L}$) favorables à un bon rendement lors de l'atomisation ;

– **atomisation** : la barbotine est ensuite pulvérisée dans une tour d'atomisation où les fines gouttelettes sont séchées par un courant d'air chaud. Les différents types d'atomiseur conduisent à l'obtention d'une masse sous forme de fines granules de formes sphériques et creuses, à teneur en eau contrôlée. Ce procédé présente, par rapport aux autres, deux avantages :

- grande homogénéité du mélange et épuration poussée,
- excellente aptitude au pressage de la masse.

Un comportement optimal des masses est obtenu pour des grains d'un diamètre inférieur à $400\text{ }\mu\text{m}$ avec une présence de fines ne dépassant pas 5 à 6 %.

■ Procédé par voie semi-humide

La composition est préparée à l'état de masse plastique, puis étirée sous forme de nouilles qui, après séchage, sont granulées et humidifiées dans un broyeur à meules à sole perforée. On obtient ainsi des granules denses de formes plus ou moins arrondies. Plusieurs procédés sont utilisés pour la préparation de la masse à l'état plastique :

– **mélange à sec** : après séchage et/ou broyage, mélange à sec suivi d'une humidification et d'un malaxage ;

– **mélange semi-humide** : une partie des constituants est mise sous forme de barbotine dans laquelle, en introduisant le complément, on forme par malaxage une masse plastique.

■ Procédé par voie sèche

Les matières argileuses sont prébroyées et séchées puis mélangées aux pulvérulents à la granulométrie adéquate. La granulation s'effectue alors dans différents types de dispositifs, à une teneur en eau de l'ordre de 12 %. Un séchage ultérieur jusqu'à 6 % suivi d'une sélection permet d'obtenir les masses granulées de pressage. On notera que ce procédé conduit à des masses de pressage dont les caractéristiques ne permettent pas une cadence élevée des presses (ce procédé est plutôt réservé aux produits bas de gamme émaillés).

2.1.1.3 Pressage

Il consiste à comprimer la poudre, à répartition granulométrique et teneur en eau bien définies, dans des moules métalliques à plusieurs alvéoles (avec tampons en caoutchouc) à une pression de l'ordre de 30 à 40 MPa (après dégazage à 5 MPa). Le fonctionnement des presses, de type hydraulique, est entièrement automatisé.

Les principales séquences d'un cycle (15 à 20 par minute) sont les suivantes :

- remplissage des alvéoles par un dispositif à tiroir ;
- pressage en deux temps ;
- démoulage ;
- dégagement des carreaux ensuite ébarbés ;
- nettoyage à fréquence régulière de la plaque miroir.

On notera que, pour le pressage des grands formats, se développe un type de pressage que l'on peut qualifier de semi-isostatique dans la mesure où une meilleure répartition de la force de pressage est obtenue par le remplacement du piston unique par une série de petits pistons.

2.1.1.4 Séchage

La quasi-absence de variations dimensionnelles au cours du séchage, due à la faible teneur initiale en eau, facilite la conduite de cette opération faisant généralement appel au procédé classique par air chaud. Le séchage unitaire permet la pratique de cycles courts (20 à 45 min) et peut être favorisé par la présence d'infrarouges. Le séchage en piles, selon l'importance de celles-ci, exige des durées prolongées afin d'assurer l'homogénéité du traitement.

Le mode de séchage dépend du procédé de cuisson pratiqué :

- **cuisson en nappe** : séchoir à balancelles vertical ou horizontal (séchage individuel) ;
- **cuisson massée** : séchoir tunnel (séchage en pile).

2.1.1.5 Émaillage

Lorsqu'ils sont émaillés, les carreaux issus du séchoir circulent sur une bande transporteuse où une ou plusieurs couches d'émaux sont déposées par les dispositifs d'émaillage appropriés : rideau, cloches, pistolet (pulvérisation régulière ou plus ou moins aléatoire), centrifugeur, à sec. À noter aussi le procédé d'émaillage par pressage où l'émail sous forme de poudre est pressé en même temps que le carreau.

La préparation des émaux constitue une part importante des activités de chaque unité de production. Mélange de matières premières, frites et d'oxydes métalliques, les bains d'émaux sont préparés par broyage en alsing. Des adjuvants permettent d'obtenir des bains d'émaux adaptés à chaque cas d'application (par voie humide).

2.1.1.6 Cuisson

■ Produits non émaillés

Bien que l'absence d'émail permette la cuisson massée en :

- **four tunnel (gaz)** : les carreaux sont disposés sur les wagonnets sous forme de piles verticales ;
- **four à passages multiples (électrique)** : cuisson en piles sur chant des carreaux contenus dans des gazettes glissant dans chaque passage ; la durée du cycle est comprise entre 30 et 50 h pour une température maximale de cuisson de 1 200 à 1 250 °C.

L'automatisation des unités de production a rendu nécessaire le développement de la cuisson en four à nappe (gaz). Dans ce cas, il a été nécessaire d'adapter les produits afin de pratiquer des cycles de l'ordre de 2 h.

■ Produits émaillés

La cuisson unitaire à des températures voisines ou inférieures aux précédentes est réalisée dans les unités modernes en four à nappe (gaz).

Le four à rouleaux constitue le parc le plus important. De section large (jusqu'à 2,20 m), mais de faible hauteur, les carreaux y circulent sur une série de rouleaux réfractaires parallèles qui en assurent l'avancée. Le four à wagonnet à structure légère constitue une solution intermédiaire et pratiquement abandonnée : les wagonnets comportent des tubes verticaux réfractaires sur lesquels reposent les carreaux, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une plaque réfractaire. La durée du cycle est généralement comprise entre 30 min et 1 h.

2.1.1.7 Traitement

Certains carreaux à tesson à porosité pratiquement nulle font l'objet d'un traitement de polissage sur des unités de traitement similaires dans leur principe à celles utilisées en marbrerie.

Après une rectification de leur géométrie, la surface des carreaux est soumise successivement à des séries de patins abrasifs qui confèrent à celle-ci un état de poli élevé.

2.1.1.8 Contrôles et emballage

La détection des défauts du tesson, les contrôles de planéité et dimensionnels (contrôles automatisés) ainsi que les contrôles d'aspect des carreaux (examen visuel) sont exécutés sur l'ensemble de la production.

Le tri et le conditionnement sont effectués par des dispositifs automatisés faisant appel à la robotique.

2.1.2 Produits à tesson poreux

2.1.2.1 Composition

On distingue :

- les **carreaux de faïence** dont le tesson présente une porosité élevée (20 %) et est constitué des matières premières suivantes en ce qui concerne les pâtes calcomagnésiennes :

- matières argileuses (argiles et kaolins) : 45 à 65 %
- silice (quartz silex) + casse : 20 à 40 %
- craie, dolomie, talc : 10 à 30 %

- les **carreaux à tesson** moins poreux (< 10 %) tels que, par exemple, les Cotto forte (Italie, Espagne) fabriqués à partir de matières premières locales ; la composition minéralogique type des argiles utilisées dans ce cas est :

- quartz : 20 à 25 %
- carbonate de calcium : 6 à 12 %
- plagioclase : 15 à 20 %
- minéraux argileux : 30 %

2.1.2.2 Préparation des masses

Le procédé de préparation le plus courant consiste, comme dans le cas des produits vitrifiés, en l'atomisation d'une barbotine préparée par voie humide avec broyage au moins des matières non argileuses.

Parallèlement à cette technique, d'autres procédés de granulation-humidification sont utilisés pour des masses comportant un seul ou un nombre réduit de composants :

- traitement en broyeur pendulaire ;
- granulation par voie sèche (granulateurs horizontaux et verticaux).

2.1.2.3 Pressage

Les produits sont façonnés sur des presses en général hydrauliques à moules multiples. Après une pressée de dégazage (pression : 5 MPa), la densification est assurée par une pression de l'ordre de 30 MPa.

2.1.2.4 Séchage

Mêmes observations que pour les produits vitrifiés, le mode de séchage dépend du procédé technologique appliqué :

- **bicuisson traditionnelle** : traitement en séchoir tunnel ; à la sortie des presses, les carreaux sont empilés verticalement sur les wagonnets du four de cuisson biscuit qui passent dans le séchoir (durée de l'ordre de 50 h) ;
- **bicuisson rapide** : séchage en nappe des carreaux en cycle court (≈ 20 min) avec action complémentaire d'air chaud et d'un rayonnement infrarouge ;
- **monocuisson** : séchage en nappe.

2.1.2.5 Émaillage

Les carreaux, qu'ils soient à l'état cru sec (monocuisson) ou cuit (bicuisson), circulent sur une bande transporteuse passant à travers les différents dispositifs d'émaillage (émaillage au rideau, à la cloche...).

2.1.2.6 Cuisson

■ Biscuisson traditionnelle

La cuisson biscuit est réalisée en four tunnel à une température n'excédant pas 1 100 °C pour les faïences calcomagnésiennes (durée du cycle de l'ordre de 40 h).

La cuisson émail est effectuée à une température en générale inférieure à celle de la cuisson biscuit en :

- four tunnel (durée du cycle : 15 à 20 h) ; les carreaux sont enfournés individuellement dans les gazettes à peignes disposées sur les wagonnets ;
- four à passages (durée du cycle de l'ordre de 1 h 30 min) ; les carreaux sont posés individuellement sur des plaques réfractaires circulant dans les différents passages ;
- four à nappe (durée inférieure à 60 min).

■ Monocuisson

Les carreaux crus émaillés sont traités en four à rouleaux sans supports réfractaires intermédiaires ; la durée du cycle est comprise entre 30 et 45 min. La figure 2 donne un schéma de fabrication.

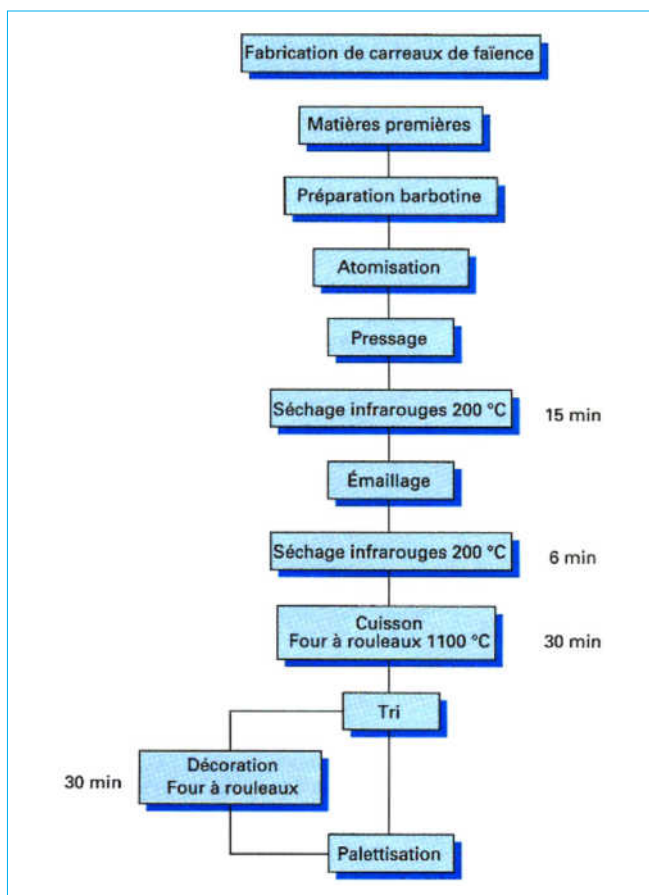


Figure 2 – Monocuisson des carreaux de faïence

■ Biscuisson rapide

Les deux cuissons (biscuit et émail) sont effectuées en four à rouleaux et en cycle court (de l'ordre de 20 min). Les deux fours peuvent être associés : un étage servant à la cuisson biscuit et l'autre à la cuisson émail.

■ Cuisson des décors

Les décors sont posés par sérigraphie ou décalcomanie sur carreaux émaillés cuits (mono et bicuisson), une nouvelle cuisson rapide en nappe est réalisée en four à rouleaux. Sur carreaux crus émaillés (monocuisson), la cuisson décors peut avoir lieu en même temps que celle du produit.

2.2 Produits extrudés

2.2.1 Grès émaillés et non émaillés

■ Composition

— argiles plastiques	: 25 à 50 %
— chamottes et casse cuite	: 10 à 25 %
— silice	: 10 à 25 %
— feldspaths	: 5 à 20 %
— talc	: 0 à 0,5 %

■ Préparation des masses

Le procédé dépend de la composition et de l'état initial des matières premières (teneur en eau, granulométrie).

Réalisée en voie semi-humide, une partie des matières premières peut être mise sous forme d'une suspension aqueuse dans laquelle le complément est ajouté pour former une masse plastique homogénéisée par malaxage.

■ Façonnage

● Extrusion par paire

Il consiste à extruder sous vide la pâte à l'état plastique à travers une filière qui donne le profil des carreaux. Un coupeur transversal assure la mise à longueur des produits étirés par deux et peut être suivi par un dispositif d'estampage. Réunis par leur face de scellement, les carreaux ne sont séparés qu'après cuisson.

● Extrusion unitaire :

Par ce procédé sont fabriqués des produits émaillés ou non. Il se distingue du précédent par :

- la possibilité d'une cuisson en monocouche pour les carreaux émaillés ;
- les possibilités d'un façonnage complémentaire ; à la sortie de l'extrudeuse, les ébauches mises à longueur par un coupeur transversal peuvent être ainsi découpées par estampage, mais aussi pressées afin de densifier le matériau et/ou de conférer un relief à la surface des carreaux. Dans le second cas, la pose de l'émail à sec peut être effectuée avant cette opération de pressage. Une autre pratique consiste à sécher les carreaux avant d'appliquer l'émail selon des méthodes classiques.

■ Séchage

Contrairement aux produits pressés, la teneur en eau initiale des carreaux (de l'ordre de 20 %) conduit à une prise de retrait (≈ 3 %) dans la première phase du séchage, nécessitant un traitement ménagé (par contrôle du pouvoir séchant de l'air et de son mode de circulation) afin d'éviter toute fissuration du matériau.

Séchoirs à chambres et séchoirs tunnels sont communément employés pour mener à bien cette phase délicate de la fabrication (durée du cycle de l'ordre de 3 j). Le séchage en nappe est pratique pour les carreaux extrudés unitairement.

■ Émaillage

Les carreaux, disposés verticalement sur leur grand côté, passent dans une unité d'émaillage (au pistolet ou par centrifugation) où

une ou plusieurs couches d'émaux sont déposées. Après un nouveau séchage, ils sont empilés sur les wagonnets du four tunnel.

Parallèlement aux glaçures feldspathiques opacifiées au zircon, on utilise, pour certains produits rustiques, des glaçures à base de basalte ou de phonolite. L'extrusion unitaire simplifie l'émaillage qui s'effectue alors comme pour les carreaux pressés.

■ Cuisson

● Carreaux extrudés par paires

Elle est réalisée en four tunnel, les produits étant disposés en enfournement dense sur les wagonnets réfractaires traversant les trois zones de traitement thermique (échauffement, palier de cuisson, refroidissement). La durée totale du cycle de cuisson est de l'ordre de 50 h pour une température maximale de $1\,200 \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les opérations d'enfournement et de défournement sont mécanisées. C'est à l'issue de ce dernier que les carreaux sont dédoublés par application d'un choc.

■ Carreaux extrudés unitairement

Les carreaux peuvent être traités en four à rouleaux et en cycle court à une température de l'ordre de $1\,200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

■ Tri et emballage

Similaire à celui des carreaux pressés.

2.2.2 Terres cuites

■ Composition

En règle générale, les carreaux de terre cuite sont réalisés à partir d'argiles communes à prédominance illitique ou illitique calcaire, éventuellement additionnées d'éléments dégraissants (chamotte, sable, etc.) et de colorants minéraux essentiellement sous forme de poudres de minerais ou d'oxydes métalliques élaborés (oxydes de fer, de manganèse et de titane). Certains fabricants utilisent cependant des pâtes composées plus complexes comportant des argiles plus fines et parfois des éléments fondants classiques (poudre de verre, borate, etc.).

■ Préparation des pâtes

Dans les cas les plus courants, les argiles de base sont préparées à leur taux d'humidité de carrière avec broyage fin aux cylindres lamineurs. Plus rarement, lorsque les caractéristiques des argiles de base et l'aspect souhaité pour les produits finis l'exigent, une préparation à sec avec broyage au broyeur à percussion et tamisage, ou encore une préparation par voie humide (mise en barbotine, tamisage, raffermissement au filtre-presse) sont appliquées. Les adjuvants éventuels sont ajoutés à l'argile à l'aide de distributeurs classiques (à vibrations, à plateau tournant, etc.) disposés au-dessus des bandes transporteuses conduisant l'argile laminée jusqu'au malaxeur dans lequel, avec un éventuel apport d'eau, elle est transformée en pâte plastique.

■ Façonnage

Le façonnage par extrusion sur mouleuse désaéreuse 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 coupeur à fil, soit découpé suivant une forme spécialement choisie (hexagone, fuseau, trèfle, écaille, etc.) par coupeur spécial fonctionnant suivant le principe des emportepièces. Dans certains cas, les éléments ainsi découpés subissent un repressage, généralement en moules d'acier ou de plâtre. La technique de l'extrusion par paires est également appliquée, spécialement pour les éléments de grandes dimensions usuellement désignés comme dalles plutôt que comme carreaux.

■ Séchage

Les précautions de séchage des pâtes plastiques sont naturellement impératives. La pratique d'un séchage rationnel comportant un programme d'élévation de température et d'évolution hygro-

métrique de l'air bien étudié permet pourtant, dans certaines usines, des traitements relativement rapides (quelques heures). Les séchoirs tunnels, les séchoirs à chambres et les séchoirs à balancelles sont utilisés.

■ Émaillage

Les carreaux émaillés en terre cuite reçoivent généralement leur émail sur tesson sec. Il existe pourtant des cas d'émaillage avant séchage ou, au contraire, après une première cuisson. Les techniques classiques de pose d'émaux sont appliquées (pulvérisation, arrosage à la nappe).

■ Cuisson

La cuisson s'effectue dans la majorité des cas en four cellule intermittent ou en four tunnel classique, ces fours étant chauffés électriquement ou à l'aide de combustibles liquides ou gazeux. L'utilisation de four à passage est relativement peu répandue. Il faut encore noter que certains fabricants, spécialement pour la production de carreaux rustiques, utilisent des fours à bois de grande capacité permettant d'obtenir des effets de flammage très recherchés. Les températures maximales de traitement varient suivant les fabrications et spécialement en fonction de la nature des terres de 900 à $1\,100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans les cas les plus courants. Les durées de cuisson sont très variables (de 1 à 48 h et plus).

3. Fabrication des pièces sanitaires

3.1 Types de matériaux

Toute pièce sanitaire est constituée par un tesson recouvert, là où cela est nécessaire (usage, esthétique), d'une couche d'émail colorée. Selon le format des pièces, le tesson est :

— en vitréous

Il s'agit d'un matériau non poreux à très forte teneur (60 à 80 %) en phase vitreuse.

— en grès fin

La teneur plus faible en phase vitreuse (d'où une légère porosité rendue inoffensive par la couche d'émail) limite les déformations à la cuisson et permet donc la fabrication, outre des mêmes pièces qu'en vitréous, de produits de plus grand format (évier, bac à douche...).

— en gros grès

Sa structure, plus rigide à la cuisson, conduit à l'utiliser pour la fabrication des pièces de grand format mais l'écarte des précédents produits (lave-mains, lavabos, cuvettes...).

3.1.1 Composition des tessons

3.1.1.1 Vitreous

La masse à l'état cru se compose d'une phase plastique et d'une phase dite dégraissante. La phase plastique, qui représente 45 à 60 % de la composition, est constituée par un mélange d'argiles et de kaolins. Les argiles, qui confèrent plasticité et cohésion au tesson cru, peuvent aussi participer au développement de la phase vitreuse au cours du traitement thermique. Les kaolins améliorent le comportement au coulage et renforcent la blancheur sur cuit du tesson.

Quant à la phase dégraissante, elle comprend les feldspaths (sodiques et mixtes) et les silices sous des granulométries bien définies qui, lors du traitement thermique, vont être à l'origine de la formation de la phase vitreuse. La fraction la plus grossière des silices constitue, après cuisson, l'ossature du matériau et confère à celui-ci un comportement dilatométrique en accord avec celui de la couche d'émail. Un auxiliaire de vitrification tel que le talc est

souvent utilisé pour améliorer la cinétique de vitrification et abaisser la température de cuisson.

3.1.1.2 Grès fin et gros grès

À côté de la phase argileuse (avec présence ou non de kaolins) qui permet le façonnage et la céramisation du matériau, sont présentes des chamottes sous différentes répartitions granulométriques. Le grès fin se distingue par l'utilisation de chamotte à granulométrie fine (avec présence possible de talc comme auxiliaire de vitrification).

3.1.2 Composition des émaux

La composition des émaux adaptés à ces différents types de tesson ne diffère guère en son principe, quelle que soit l'application. Elle comprend :

- une **base**. Il s'agit d'une composition qui, sous l'effet de la cuisson, forme un verre. Elle est constituée par des feldspaths plus purs que ceux destinés au tesson, de craie, wollastonite, silice et frites ;
- un **opacifiant**. Le zircon sous une granulométrie fine joue ce rôle ;
- des **colorants**. À base d'oxydes métalliques, de complexes de ceux-ci, ils développent, par leur action ionique et pigmentaire, les effets de couleurs et d'aspect visés.

3.2 Schéma général de fabrication

Si le principe général est similaire quel que soit le type de matériau, chaque unité de production présente des traits particuliers, résultat de son histoire, du chemin de son développement, de la nécessité où elle se trouve de s'adapter à son marché.

La colonne dorsale comprend cinq séquences (figure 3) :

- préparation de la masse sous forme d'une barbotine ;
- coulage des pièces en moule plâtre ou sous pression ;
- séchage des pièces par air chaud ;
- émaillage manuel ou par robot ;
- cuisson en four continu ou intermittent ;

sur lesquelles viennent se greffer la préparation des bains d'émaux et la fabrication des moules de coulage.

Des contrôles sont effectués en permanence depuis les matières premières jusqu'aux produits finis afin d'assurer un haut niveau de qualité.

3.2.1 Préparation des masses

3.2.1.1 Tesson : barbotines de coulage

La préparation comporte deux phases (toutefois, certaines barbotines de grès fin sont préparées par cobroyage en alsing des argiles et des chamottes) :

- **constitution d'un jus d'argiles**. Argiles et kaolins sont successivement mis en suspension aqueuse dans la cuve d'un déliteur. La dispersion des particules assurée mécaniquement est stabilisée par la présence de dispersants anioniques, le plus souvent constitués par le couple carbonate-silicate de sodium. Un tamisage élimine les particules dangereuses ;
- **élaboration de la barbotine complétée**. Silices et feldspaths (ou chamottes préalablement broyées) sont introduits dans le jus d'argiles. La barbotine est alors réglée en densité et en

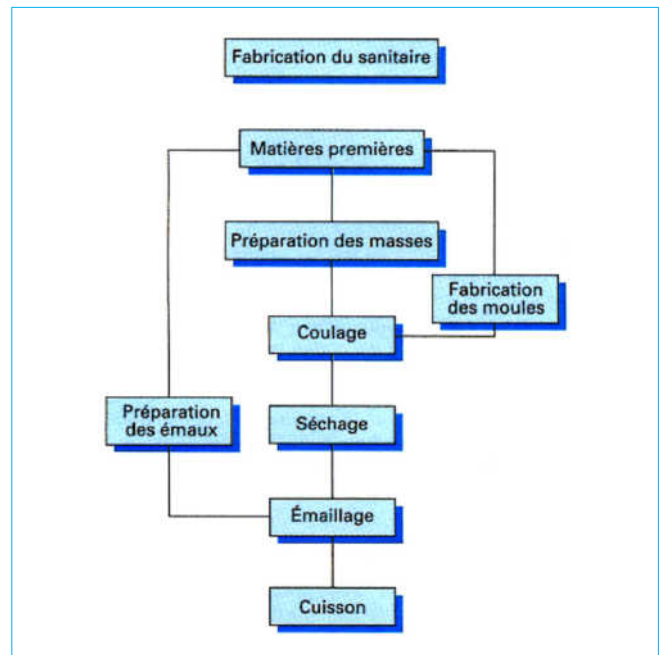


Figure 3 – Fabrication des pièces sanitaires

comportement rhéologique (par ajout de dispersants) afin d'assurer le bon comportement tant lors des transferts et stockages que lors du coulage.

Chaque lot de barbotine est souvent stocké trois jours avant son emploi ; emploi qui est précédé par l'ajout d'un certain volume de barbotine dite de retour (barbotine issue du revidage des moules).

La pratique d'une défloculation anionique tient au caractère globalement négatif des charges électriques préexistantes sur les particules argileuses. En augmentant ce potentiel négatif, on favorise la formation d'une double couche évitant que chaque particule argileuse n'entre dans le champ des forces d'attraction de Van der Waals.

Toutefois, les barbotines n'étant pas constituées uniquement de particules colloïdales, il est indispensable de mettre celles-ci dans un état de sous-défloculation, tant pour assurer leur stabilité que pour obtenir de bonnes performances lors du coulage. Alors que les barbotines de vitreux ont une masse volumique généralement comprise entre 1 800 et 1 840 g/L, celle des barbotines de gros grès dépasse 2 000 g/L.

3.2.1.2 Émail : bains d'émaux

En règle générale, la base est préparée par broyage en alsing des composants minéraux en présence d'une partie ou de la totalité des adjuvants nécessaires.

La suspension obtenue sert à la préparation des différents bains d'émaux qui se distinguent par la nature des colorants utilisés (certains bains d'émaux nécessitent une préparation particulière).

Les adjuvants (dispersants, épaississants, colles) permettent de régler le comportement rhéologique des bains d'émaux, les caractéristiques de la couche d'émail projetée. Les bains peuvent être stockés plusieurs mois grâce à la présence de bactéricides. On évite ainsi, la multiplication des mises au point de chaque lot d'émail préparé en petites quantités.

3.2.2 Façonnage

3.2.2.1 Coulage classique en moule plâtre

3.2.2.1.1 Principe

La barbotine est introduite (remplissage) dans un moule en plâtre, réplique en négatif de la forme à façonner. En aspirant l'eau de la barbotine grâce à son réseau de capillaires, le plâtre provoque la formation (prise) d'un dépôt (tesson). Deux procédés sont utilisés en association ou non selon le type de pièce :

- le **coulage dit en revidage**. L'épaisseur du tessou atteinte, le surplus de barbotine est évacué (revidage) ;
- le **coulage dit en entre-deux**. Le tessou se forme simultanément sur deux parois de plâtre se faisant face ; la prise se poursuit jusqu'à disparition complète de toute trace de barbotine.

À l'issue de la prise, le plâtre continue à absorber l'eau du tessou (raffermissement) qui, en devenant plus rigide et en prenant du retrait, permet le démoulage progressif ou non de la pièce.

Après démoulage, la pièce subit les opérations de finissage (perçage de trous, collage des parties rapportées, finissage de la surface...).

La durée du cycle de coulage de l'ordre de 3 à 4 h pour les pièces en porcelaine peut atteindre 24 h pour les pièces les plus grandes en grès chamotté.

L'eau absorbée par les moules en plâtre est évacuée par un séchage ménagé de ceux-ci, effectué soit dans l'atelier de coulage (coulage sur banc et en batterie), soit en séchoir tunnel (coulage sur chaîne).

Pour mener à bien les différentes séquences du façonnage, il est indispensable de contrôler de façon stricte les points suivants.

■ Caractéristiques de la barbotine

- **densité** ;
- **comportement rhéologique**. Dans la majorité des cas, il est encore défini par un contrôle au viscosimètre à absorption d'énergie Gallenkamp. C'est à partir du tracé de la courbe donnant, en fonction de la teneur en dispersant, tant la viscosité apparente que celle après un temps de repos défini (comportement thixotrope), que l'on définit la teneur en défloculant correspondant à une vitesse de prise et à un comportement rhéologique du tessou formé compatibles. La plage de réglage est aussi conditionnée par les conditions de stockage et de transport de la barbotine ;
- **température**. Par l'élévation de la température de la barbotine, on joue sur deux paramètres favorables à l'accélération de la prise :
 - diminution de la viscosité de l'eau,
 - augmentation du comportement thixotropique de la barbotine (dans le cas d'une défloculation classique carbonate, silicate de sodium) qui provoque la formation d'un tessou plus perméable.

■ Paramètres du coulage :

- **durée** ;
- **conditions d'exécution** :
 - état d'humidité des moules,
 - température des moules,
 - remplissage et revidage,
 - démoulage.

3.2.2.1.2 Unités de coulage

Selon leur type et leur cadence de production, les pièces sont coulées :

- **sur banc** :
 - **manuel** : le « couleur » procède à l'exécution des différentes séquences du coulage, les moules étant alignés sur des supports,

- **assisté** : des dispositifs mécaniques assurent une partie ou la totalité des opérations (manipulation des moules, remplissage, revidage...). On passe ainsi d'unité à simple assistance à des unités totalement automatisées (jusqu'à la desserte des pièces) ;
- **en batterie** : plusieurs dizaines de moules sont accolés parallèlement et maintenus par un système mécanique ; chaque séquence du cycle s'effectue simultanément (y compris le séchage des moules entre deux coulages).

3.2.2.1.3 Fabrication des moules en plâtre

Les moules en plâtre dit de modelage sont fabriqués par coulage dans des mères en résine organique. Avant leur emploi ils sont soumis à un séchage ménagé à basse température (40 °C) dont la durée est comprise entre 3 et 5 j. Chaque moule permet le coulage d'une centaine de pièces.

■ Remarque

Chaque opération de coulage entraîne l'humidification du moule et donc une dégradation de son aptitude à l'absorption d'eau. Pour que le processus de coulage reste stable, il est nécessaire de maintenir à un niveau optimal son humidité. Plusieurs solutions ont été étudiées et développées pour maîtriser cet état de siccité dans un temps suffisamment court, afin de permettre un nombre élevé de coulages journaliers.

3.2.2.2 Coulage sous pression

3.2.2.2.1 Principe

La formation du tessou (prise) s'identifie à un processus de filtration. Le moule n'est plus qu'une structure poreuse destinée à évacuer l'eau et à donner les formes du produit. Sous pression constante, la filtration peut être modélisée et ainsi le volume du filtrat, en fonction du temps, est exprimé par la relation :

$$V = S \left(\sqrt{\left(\frac{R_s}{\alpha W} \right)^2 + \frac{2P}{\eta \alpha W} t} - \frac{R_s}{\alpha W} \right)$$

avec	V (cm ³)	volume du filtrat,
	R_s (cm ⁻¹)	résistance à la filtration du support,
	α (cm . g ⁻¹)	résistance spécifique à la filtration du tessou formé,
	η (mPa . s)	viscosité de l'eau,
	P (mPa)	pression de filtration,
	S (cm ²)	surface de filtration,
	W (g . cm ⁻³)	masse sèche déposée par unité de volume de filtrat,
	t (s)	temps.

Le raffermissment ne peut plus porter que sur les zones en revidé par l'application d'une pression d'air après revidage. Dès sa formation le tessou en entre-deux doit avoir une teneur en eau compatible avec sa bonne rigidité.

Le démoulage est assuré par l'application d'une contre-pression d'air.

3.2.2.2.2 Unités de coulage

Elles se distinguent selon que les pièces peuvent être façonnées dans des moules en deux (lavabos, réservoirs...) ou plusieurs parties (cuvettes...).

■ Unités avec moules en 2 parties

● Coulage sous haute pression (15 à 20 bar)

Le moule (à une ou plusieurs empreintes) est disposé dans une presse hydraulique horizontale. Les différentes séquences sont automatisées. Les pièces qui en sont issues ont un plus bel aspect de surface qu'en coulage classique et, moins humides, peuvent être séchées plus rapidement.

Pour être rentable, une unité doit comporter trois presses et fonctionner en continu sur 7 j. La durée d'un cycle est de l'ordre de 10 min. Chaque moule permet le coulage d'au moins 30 000 pièces.

● Coulage sous moyenne pression (12 bar)

L'unité est similaire à un filtre presse où les plateaux sont remplacés par des moules. Elle permet un rendement supérieur au précédent procédé (6 pièces toutes les 20 min), mais l'automatisation du démoulage est difficile.

● Coulage sous basse pression (6 bar)

D'un principe identique au coulage sous moyenne pression, l'abaissement de la pression permet d'alléger la structure métallique et la multiplication des moules et d'atteindre des rendements équivalents.

■ Unités avec moules en 4 ou 5 parties

Elles permettent le façonnage de pièces telles que les cuvettes. Les développements se font dans deux voies.

● Coulage sous haute pression (12 bar)

Les différentes parties du moule en résine de synthèse sont intégrées dans une presse hydraulique. Les séquences sont exécutées automatiquement. Le rendement de la machine est amélioré par un double équipement en moule.

● Coulage sous basse pression (2 bar)

L'abaissement de la pression permet la réalisation d'unités à 8 moules avec automatisation des différentes séquences.

3.2.2.2.3 Fabrication des moules

Chaque fabricant de matériel a développé un matériau poreux pour la réalisation des moules. Dans la majorité des cas, ce matériau est à base de polymère acrylique. La structure poreuse est obtenue par la polymérisation contrôlée d'une émulsion inverse (eau dans monomère) en présence de particules sphériques d'un ou de plusieurs polymères.

3.2.3 Séchage

3.2.3.1 Principe

Avant émaillage et cuisson, la teneur en eau des pièces doit être abaissée à moins de 0,5 % (elle est, au démoulage, de l'ordre de 20 % pour les pièces en vitreux et de 15 % pour celles en grès).

Dans une première phase, l'évaporation de l'eau s'effectue à la surface extérieure des pièces en contact avec l'air de traitement. Ce processus, qui se poursuit tant que la structure poreuse du matériau assure la migration de l'eau jusqu'à la surface, est contrôlé par le pouvoir séchant de l'air et son mode de circulation.

Dans la seconde phase, le front d'évaporation se déplace vers l'intérieur du tesson. L'enthalpie de l'air de traitement, la pression de vapeur qui y règne constituent les facteurs prédominants du processus de séchage. Contrairement à la précédente phase, une structure à « gros » pores est favorable. En fin de traitement, la teneur en eau de la pièce est en équilibre avec les caractéristiques de l'air (température sèche, humidité relative).

La formation de gradients d'humidité et l'existence de variations dimensionnelles (jusqu'à des teneurs en eau de l'ordre de 10 à 12 %) rendent nécessaire un strict contrôle des conditions de séchage pour éviter toute dégradation des pièces dans la première partie du traitement.

3.2.3.2 Séchoirs

Deux types de séchoirs sont utilisés :

— les **séchoirs à chambres**. Les pièces sont disposées sur des chariots métalliques immobilisés au cours du traitement qui consiste à les soumettre à un air brassé dont les caractéristiques (température, teneur en eau) évoluent selon un cycle bien défini ;

— les **séchoirs tunnels**. Les pièces y circulent soit de façon « massée » (sur des chariots), soit individuellement (bande transporteuse) et traversent ainsi les différentes zones qui constituent les diverses étapes du séchage. Les réalisations les plus récentes permettent des durées de cycle réduites de l'ordre de 4 h.

L'air chaud à humidité contrôlée est fourni par des générateurs avec, souvent, apport d'énergie thermique de la zone de refroidissement des fours. La température maximale de l'air de traitement, qui reste souvent de 80 °C, peut, dans les réalisations récentes, dépasser 120 °C.

3.2.4 Émaillage

L'émail est appliqué par pulvérisation sur les surfaces sèches et poreuses des pièces. Cet émaillage est effectué à l'aide de pistolets de pulvérisation spécifiques de façon soit manuelle, soit automatisée à l'aide de robots adaptés. La robotisation de l'émaillage, qui assure une meilleure constance de la qualité de la pose, ne trouve sa justification économique que dans le traitement de séries importantes de pièces. Il exige une parfaite maîtrise des caractéristiques rhéologiques des bains d'émaux (d'où, en particulier, le maintien à une température stable des bains).

3.2.5 Cuisson

3.2.5.1 Principe

C'est le traitement thermique à haute température (1 200 à 1 280 °C) qui confère au tesson ainsi qu'à l'émail leurs propriétés définitives. Au cours de ce traitement, le tesson est le siège de réactions physico-chimiques complexes qui se traduisent par la formation d'une phase vitreuse plus ou moins importante cimentant entre eux les autres constituants alors formés ou présents dès l'origine (chamottes). Quant à l'émail, ses composants réagissent pour former un verre qui, opacifié par les très fins cristaux de zircon, est teinté par les oxydes métalliques du colorant. Il est primordial de souligner le rôle capital joué par les réactions intergranulaires puisqu'il débouche sur la notion de finesse des constituants et de son impact sur la cinétique de céramisation. Ainsi, à l'accroissement de la finesse des feldspaths dans le tesson vont correspondre une accélération de la vitrification, un abaissement de la température de traitement.

La courbe de cuisson se décompose en trois parties : l'échauffement, le palier, le refroidissement.

Il est bien entendu possible d'ajuster la courbe d'échauffement pour inhiber les dangers des dégagements gazeux issus du tesson, mais cet ajustement dépend du matériau, des formes et dimensions des pièces, du type de four. Par ailleurs, la pratique de la cuisson accélérée décale vers le haut les températures de départ des dégagements gazeux, rapprochant celles-ci de la zone de température où la couche d'émail devient non poreuse. Le palier et le début du refroidissement pourront alors être insuffisants pour assurer un bon aspect à la couche d'émail (ou pour éviter la formation de coeurs noirs). Cela ne peut rendre que plus sévère la sélection des matières premières. Quant au refroidissement, il ne doit pas entraîner de contraintes excessives et dangereuses pour une recuisson.

Une notion importante liée au traitement thermique est celle du palier de cuisson, plage du traitement (température, durée) qui permet au produit de répondre aux spécifications, aux normes du marché. Plus cette plage est étroite, plus elle exige un four à faibles gradients thermiques. Dans cette optique, l'emploi d'argiles grésantes, de fondants fins pour l'élaboration de produits vitrifiés constitue des facteurs favorables.

Outre l'aspect de l'émail (absence de piqûres, coloration), la cuisson confère au matériau ses caractéristiques finales qui peuvent se classer en trois catégories :

- accord avec la couche d'émail ;
- texture et solidité ;
- coloration.

3.2.5.2 Fours

Le gaz naturel constitue le principal combustible. L'électricité n'est utilisée que pour certains fours intermittents lorsque leur fonctionnement est possible dans la fourchette des heures à tarif réduit.

Schématiquement, on peut distinguer trois types d'unités.

■ Parc de fours intermittents

La totalité de la production est traitée en un ou plusieurs fours intermittents, qu'il s'agisse de la cuisson ou de la recuisson (traitement de pièces cuites après élimination de défauts).

L'utilisation de plusieurs fours permet d'ajuster le traitement thermique au type de pièces et d'émail.

Les revêtements en fibres céramiques offrent la possibilité de cycle court (≈ 12 h).

Souples sur le plan de leur utilisation, de telles unités rendent difficile l'automatisation de la production.

■ Parc mixte : ajustement à la production

Ici la production courante est traitée en four tunnel (wagonnets légers pour les plus récents) et les pointes de production (ainsi que la recuisson) en fours intermittents.

■ Parc mixte : différenciation de la production

Il s'agit d'une philosophie différente de la précédente, puisque l'unité se scinde en deux parties :

- une **production en ligne**. Automatisation, cycle court, flux tendu sont les critères de développement d'une telle unité. Elle doit traiter les pièces produites en quantité « suffisante » et ne faisant pas appel à des tours de mains. Ici, le four à rouleaux est un outil valable, puisqu'il facilite l'automatisation des manipulations, la simplification des transferts ;

- une **production artisanale**. Elle traite les productions restreintes, la fabrication des pièces complexes. La cuisson en four intermittent permet d'ajuster les traitements thermiques. L'automatisation est exclue.

3.2.6 Contrôles

Outre un contrôle rigoureux des matières premières par le laboratoire de l'usine, chaque séquence de la fabrication est l'objet d'une surveillance constante. Cette surveillance porte tant sur le contrôle du maintien des paramètres que sur celui des produits aux divers stades de leur élaboration. Le traitement par ordinateur des informations ainsi recueillies permet un pilotage efficace de la production.

4. Caractéristiques des carreaux céramiques

4.1 Classification

On subdivise les carreaux céramiques en quatre catégories.

4.1.1 Carreaux vitrifiés ou très peu poreux non émaillés

Les carreaux vitrifiés non émaillés sont, dans leur grande majorité, les carreaux de grès cérame fin vitrifié ou **carreaux dits porcelainés**.

De caractère traditionnel ou rustique, les carreaux de grès cérame fin vitrifié ont pour principales propriétés :

- une ingélivité totale ;
- une porosité pratiquement nulle ou très faible ;
- une résistance mécanique très élevée, particulièrement adaptée au grand trafic.

La vitrification développée au cours de la cuisson leur assure un parfait état de surface et une grande facilité d'entretien.

Parmi les carreaux vitrifiés et très peu poreux, on distingue également les carreaux de grès étiré. Le procédé de fabrication et l'humidité nécessaire au façonnage ne permettent pas d'avoir des tolérances dimensionnelles aussi rigoureuses que pour les produits pressés.

4.1.2 Carreaux vitrifiés ou très peu poreux émaillés

Pour des raisons d'ordre esthétique ou décoratif, les carreaux de grès cérame fin vitrifié et les carreaux de grès étiré peuvent être émaillés.

4.1.3 Carreaux poreux non émaillés

Ce groupe est essentiellement constitué par les carreaux de terre cuite. Selon le degré de cuisson, ils présentent une dureté plus ou moins grande. Ils subissent généralement, après pose et périodiquement ensuite, un traitement de surface devant faciliter leur entretien et préserver leur bon aspect.

4.1.4 Carreaux poreux émaillés

L'élément principal de ce groupe est formé par les carreaux de faïence fine d'une variété considérable, tant du point de vue de la forme que de celui des coloris. Ces carreaux sont surtout réservés aux revêtements muraux.

Les carreaux de terre cuite émaillés font également partie de cette catégorie. Le tesson et l'émail sont généralement cuits à basse température, au voisinage de 980°C , parfois moins pour l'émail qui, de plus, est moins dur que celui de la faïence fine.

4.2 Normalisation

Les qualités remarquables des carreaux céramiques sont garanties par des normes nationales et maintenant par des normes européennes.

En effet, depuis plus de quinze ans, les fabricants français, par l'homologation de normes concernant les carreaux de grès cérame fin vitrifié et les carreaux de faïence, ont fait savoir qu'ils s'engageaient à ne mettre sur le marché que des produits conformes aux critères fixés.

À l'issue de compromis successifs, un accord a été obtenu en 1985 avec la publication de normes européennes où les différents types de carreaux sont définis selon leur procédé de façonnage (étrépage, pressage, coulage) et selon leur porosité définie par l'absorption d'eau ($E\%$).

Le tableau 1 schématise la classification européenne des différents types de carreaux normalisés.

Ainsi les carreaux céramiques ne sont plus désignés sous leur vocable habituel mais selon le code suivant :

A1 : carreaux étirés, $E \leq 3 \%$, émaillés et non émaillés ;

B1 : carreaux pressés, $E \leq 3 \%$ (pour la France, il s'agira de carreaux de grès cérame fin vitrifiés, émaillés et non émaillés) ;

B3 : carreaux pressés, $E > 10 \%$ (toujours pour la France, il s'agira des carreaux de faïence).

La normalisation européenne est donc constituée de huit normes de produits concernant les carreaux des groupes :

A1 A2a A2b A3

B1 B2a B2b B3

Le cas des carreaux façonnés par coulage a été prévu dans la grille européenne pour le cas où une fabrication industrielle nécessiterait d'être normalisée. Actuellement, aucune production de ce type n'a été signalée par les différentes délégations ayant participé à l'élaboration de ces documents.

Les huit normes particulières de produits sont introduites par une norme, dite de base, traitant de la définition des carreaux céramiques, de leur classification, de leurs caractéristiques et des conditions de marquage.

Pour chaque groupe de produits sont indiquées les caractéristiques dimensionnelles, d'aspect, physiques, chimiques et mécaniques, auxquelles les carreaux visés doivent répondre. Pour définir avec précision chacune de ces caractéristiques, on dispose de quatorze normes décrivant les méthodes d'essais à utiliser.

On trouvera en [Doc. C 940] la liste des documents constituant la normalisation européenne des carreaux céramiques et leur correspondance dans la normalisation française.

À noter qu'en 1985, à la demande des États-Unis, l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a confié au comité technique n° 89 la préparation d'une norme sur les carreaux céramiques.

S'appuyant d'une part sur les normes européennes (normes CEN), et d'autre part sur les normes américaines (normes ASTM), le comité technique a achevé ses travaux en juin 1992.

Cependant, avant d'être rendus applicables, les projets de norme sont soumis à différentes enquêtes nationales et internationales.

Lorsque cette procédure sera achevée, les normes ISO remplaceront les actuelles normes européennes et, par conséquent, les actuelles normes françaises.

4.3 Domaine d'emploi. Classement UPEC

4.3.1 Domaines d'emploi des carreaux céramiques

Pour tirer le meilleur parti des carreaux de grès (émaillés ou non) ou de faïence, il ne faut pas les employer indifféremment en revêtements extérieurs ou intérieurs, de sol ou de mur. En effet, les exigences à satisfaire sont variables selon leur destination.

■ **Pour un revêtement de sol posé en extérieur**, il faut pouvoir assurer :

- une ingélivité totale ;
- une imperméabilité à l'eau et, dans certains cas, aux huiles et graisses ;
- une excellente résistance mécanique et à l'usure.

Dans certains cas, pour les marches d'escalier notamment, il faut également pouvoir se déplacer en toute sécurité sans risque de glisser.

Peuvent convenir les carreaux vitrifiés non émaillés et parfois émaillés :

- les carreaux de grès cérame fin vitrifié ;
- les carreaux de grès étiré, sous réserve que leur porosité soit faible.

■ **Pour un revêtement de sol posé en intérieur**, à l'exception de l'ingélivité, les exigences demeurent identiques. Par conséquent, peuvent convenir tous les produits (attention : ne sont pas visés les revêtements des plans de travail des cuisines, les étals alimentaires et les paillasses de laboratoires). Cependant, dès à présent, il faut noter que l'emploi des carreaux de faïence au sol est limité à la salle de bains. Les classifications sont des guides qui doivent être utilisés avec bon sens et s'adapter aux cas d'espèces qui peuvent se présenter.

■ **Pour un revêtement mural extérieur**, la qualité primordiale requise est la parfaite ingélivité en tout pays où le gel a le moindre risque de survenir. Donc, tous les carreaux vitrifiés non émaillés et émaillés sont à conseiller.

■ **Pour un revêtement mural intérieur**, le gel n'étant plus à redouter, les contraintes mécaniques étant peu importantes s'il n'y a pas de défaut de construction, tous les matériaux conviennent, qu'ils soient poreux ou non, émaillés ou non.

Les différentes exigences présentées ci-avant sont résumées dans le tableau 2.

Le tableau 3 définit les divers domaines d'emploi préférentiels des différents types de carreaux.

Tableau 1 – Classification des carreaux en fonction de leur poids d'eau absorbée E et de leur mode de fabrication

Procédé de façonnage	Absorption d'eau			
	Groupe 1 $E \leq 3 \%$	Groupe 2a $3 < E \leq 6 \%$	Groupe 2b $6 < E \leq 10 \%$	Groupe 3 $E > 10 \%$
A (carreaux étirés)	A1	A2a	A2b	A3
B (carreaux pressés)	B1	B2a	B2b	B3
C (carreaux coulés)	C1	C2a	C2b	C3

4.3.2 Classement UPEC

Malgré ces précisions, le choix d'un carreau céramique peut parfois demeurer délicat.

Pour vaincre cette difficulté, on a recours au classement UPEC.

Le classement UPEC est fondé sur quatre critères symbolisés par les quatre lettres qui désignent :

- U : Usure due aux effets de la marche ;
- P : Poinçonnement dû au mobilier fixe ou mobile ;
- E : Comportement à l'égard de l'eau ;
- C : Résistance aux agents chimiques et tachants domestiques.

Les locaux sont définis par l'association des quatre lettres affectées d'un indice croissant suivant la sévérité de l'utilisation. Les revêtements à mettre en œuvre sont caractérisés de la même façon.

Ce classement a été créé, en 1959, à la demande des fabricants de produits de revêtements de sols souples.

En 1979, il a été étendu aux matériaux céramiques. De ce fait, compte tenu des différences fondamentales existant entre les produits « souples » et « durs », il a été nécessaire d'imaginer d'autres critères d'appréciation de l'usure, de la résistance mécanique et de la résistance aux acides et produits tachants.

Les avantages du classement UPEC pour les carreaux céramiques apparaissent immédiatement. Persuadés de l'intérêt que ce système présentait pour les prescripteurs, les professionnels l'ont spontanément adopté.

Ainsi, il suffit de choisir des matériaux dont les caractéristiques de classement UPEC répondent aux exigences d'un local défini.

Les méthodes de caractérisation UPEC sont décrites ci-après. Il est bon de préciser que la plupart de ces méthodes sont normalisées à l'échelon national et européen.

Ces méthodes simulent, en laboratoire, les conditions d'utilisation et les travaux pratiqués depuis plus de quinze ans ont permis de vérifier la bonne corrélation existant avec le comportement réel en service des carreaux céramiques.

4.3.2.1 Classement U (résistance à l'abrasion)

La résistance à l'abrasion des carreaux céramiques est caractérisée en fonction de leur état de surface.

■ Pour les **carreaux non émaillés**, elle s'effectue au moyen de la machine Capon, l'essai consistant à mettre le carreau au contact d'un disque d'acier ; un abrasif (du corindon) tombant d'une trémie placée au-dessus du disque est entraîné par ce dernier.

De la longueur d'empreinte créée sur le carreau, on déduit la classe U.

■ Pour les **carreaux émaillés**, l'essai est effectué avec un appareil du type PEI (Porcelain Enamel Institut). Cet appareil se compose d'un support de moteur, muni d'un plateau, sur lequel les carreaux sont fixés. Ce plateau est soumis à des sollicitations horizontales circulaires. Sur chaque carreau repose une cerce métallique contenant une charge abrasive constituée d'un mélange de billes d'acier, de corindon et d'eau.

Les carreaux à contrôler sont utilisés pendant des temps de plus en plus longs, de façon à obtenir une série d'échantillons dont l'usure est progressive (150, 300, 450, 600, 750, 900, 1 200, 1 500 et 12 000 cycles plus la résistance aux taches pour ces derniers).

Le présent tableau 4 donne la nouvelle classification des carreaux vis-à-vis de leur comportement à l'usure.

Tableau 2 – Exigences à satisfaire selon les domaines d'emploi des revêtements de sols et de murs intérieurs et extérieurs

Exigences à satisfaire (1)	Domaines d'emploi			
	Sols extérieurs	Sols intérieurs	Murs extérieurs	Murs intérieurs
Résistance mécanique	oui	oui	oui	oui
Résistance à l'abrasion (2)	oui	oui	non	non
Résistance aux taches et aux produits chimiques (ménagers et industriels)	oui	oui	oui	oui
Résistance au gel	oui	non	oui	non
Résistance au feu	oui	oui	oui	oui
Résistance à la glissance	oui	oui	non	non

(1) Exigences définies selon les spécifications des normes et des textes réglementaires en vigueur.
 (2) Les fabricants français ont adopté une classification des carreaux de sol émaillés en quatre groupes, en fonction de leur résistance à l'abrasion (méthode PEI : Porcelain Enamel Institut). Cette classification est toujours clairement indiquée dans les catalogues ou documents techniques.

Tableau 3 – Domaines d'emploi préférentiels des différents types de carreaux céramiques

	Sols extérieurs	Sols intérieurs	Murs extérieurs	Murs intérieurs
Carreaux de grès cérame fin vitrifié	oui	oui	oui	oui
Carreaux de grès étiré	oui si ingélivité garantie	oui	oui si ingélivité garantie	oui
Carreaux de faïence	non	non sauf dans les salles de bain	non	oui

Tableau 4 – Classification des carreaux vis-à-vis de leur comportement à l'usure

Sévérité d'usage	Classe U	Carreaux non émaillés	Carreaux émaillés	Groupe PEI
		Longueur d'empreinte ℓ (mm)	Nombre de cycles d'usure n	
Privatif	légère		$n \leq 150$	I
	normale	$50 < \ell \leq 65$	$150 < n \leq 600$	II
	élevée	$40 < \ell \leq 50$	$600 < n \leq 1\,500$	III
Collectif	légère	$40 < \ell \leq 50$	$600 < n \leq 1\,500$	III
	normale	$32 < \ell \leq 40$	$n > 1\,500$	IV
	élevée		$n > 12\,000$ (1)	V
	élevée	$\ell \leq 32$		

(1) Produit non taché après l'essai de résistance aux taches

L'appréciation du degré d'usure U est réalisée par un examen visuel.

■ En résumé, le comportement à l'abrasion des carreaux conduit à une classification qui dépend :

- de la sévérité d'usage avec une distinction entre les locaux à usage industriel (privatif) et les locaux à usage collectif ;
- de l'état de surface (émaillée et non émaillée).

Le tableau 4 résume la classification des carreaux vis-à-vis de leur comportement à l'abrasion.

4.3.2.2 Classement P (résistance mécanique)

Plutôt que de définir la résistance au poinçonnement comme pour les dalles plastiques et les moquettes, aucun meuble, aucune machine domestique ne risquant de marquer un carreau céramique, il a été jugé préférable d'évaluer sa résistance mécanique par un essai de flexion.

Sont pris en considération :

- la mesure de la force nécessaire pour provoquer la rupture du carreau placé sur deux couteaux, l'effort étant appliqué au centre de la face opposée ;
- la valeur du module de rupture ;
- le comportement à un essai de roulage.

■ **Sont classés au moins P2** tous les carreaux céramiques s'ils sont conformes aux normes les concernant.

■ **Sont classés P3** les carreaux émaillés répondant simultanément aux quatre exigences suivantes :

- être conformes aux normes ;
- être classés U3 ;
- avoir une force de rupture à la flexion ≥ 600 N ;
- satisfaire avec succès à un essai de choc léger pour les carreaux émaillés. Cet essai consiste à mesurer les fissures engendrées par la chute d'une bille de 90 g d'une hauteur de 1 m sur un échantillon de carreau de 75×75 mm collé sur une maquette béton.

■ **Sont classés P4** les carreaux répondant aux exigences suivantes :

- épaisseur minimale : 7 mm ;
- dimension minimale : 100×100 mm ;
- dimension maximale : 333×333 mm ;
- être classés U4 ;
- avoir une contrainte de rupture $R \geq 27$ N/mm² pour les carreaux pressés et $R \geq 23$ N/mm² pour les carreaux étirés ;
- avoir une force de rupture à la flexion :
 - $F \geq 1\,500$ N pour des carreaux carrés d'une surface $S \geq 100$ cm²,

- $F \geq 1\,200$ N pour des carreaux rectangulaires d'une surface $S \geq 200$ cm²,
- $F \geq 1\,000$ N pour des carreaux rectangulaires d'une surface $S \leq 200$ cm² ;
- satisfaire avec succès à un essai de roulage.

Pour cet essai de roulage, les roues de plastique sont remplacées par un seul galet métallique supportant une charge de 30 kg. Outre l'effet de roulage, des chocs sont engendrés par deux lames d'acier placées sur le parcours du galet (durée : 4 h, distance parcourue : 14 km).

■ **Sont classés P4S** les carreaux classés P4 et répondant aux exigences complémentaires suivantes :

- épaisseur nominale : ≥ 11 mm ;
- longueur nominale du plus grand côté : 250 mm ;
- surface ≤ 400 cm² ;
- force de rupture à la flexion $F \geq 1\,500$ N ;
- satisfaire avec succès à un essai de choc lourd. Cet essai consiste à mesurer la longueur des fissures engendrées par la chute d'une bille de 510 g d'une hauteur de 80 cm sur un carreau entier collé sur une maquette béton.

4.3.2.3 Classement E (comportement à l'eau)

Le classement E, affecté de quatre indices 0, 1, 2 et 3, caractérise les locaux selon que les sols sont peu ou constamment humides ; l'entretien et le lavage sont presque confondus, ils se font par lavage à grande eau. D'une façon générale, tous les carreaux céramiques se comportent parfaitement au contact de l'eau et sont tous classés E3.

La notion complémentaire de tenue au gel est requise pour tous les carreaux susceptibles d'être placés dans de telles conditions comme les terrasses, les balcons et les loggias.

Pour ce faire, le vieillissement accéléré des carreaux est obtenu dans une enceinte par 50 cycles alternés d'humidification à 20 °C et de refroidissement à -15 °C.

Sont classés comme résistants au gel les carreaux sur lesquels aucune détérioration n'est constatée à l'issue de ce test.

4.3.2.4 Classement C (comportement aux taches et aux produits chimiques)

Les locaux pour lesquels les risques de souillure et les nécessités de propreté sont importants sont les lieux de prédilection des carreaux céramiques.

Pour s'assurer du bon comportement des carreaux qui seront utilisés, on les soumet à l'action de différents produits comme l'huile, le cirage, les acides (citrique et chlorhydrique) et la potasse dans des conditions bien définies.

Tous les carreaux céramiques sont au moins classés C1.

Deux possibilités de classement en découlent :

- 1 = légère altération
- 2 = aucune altération

Quand il y a **légère altération** (subsistance d'une trace de souillure, apparition d'un début d'effet corrosif), les qualités intrinsèques et l'aptitude à l'usage ne sont jamais entamées pour les carreaux céramiques ; il n'existe alors qu'un éventuel préjudice très modéré.

Par convention, sont classés C0 les carreaux destinés à être utilisés dans des locaux non ou peu exposés à des risques de souillure (par exemple : paliers d'étage, escaliers, balcons, loggias).

4.3.2.5 Avantages du classement UPEC

Ils apparaissent immédiatement. En effet, il suffira de choisir des matériaux dont les caractéristiques de classement UPEC répondent au moins aux exigences d'un local défini.

Exemple :

— cuisine de maison individuelle.....	U2S P2 E2 C2
— salle d'eau.....	U2 P2 E2 C1
— séjour.....	U2S P2 E1 C0
— balcon ou loggia.....	U3 P3 E3 C2
— grande surface.....	U4 P4S E3 C2

4.4 Mise en œuvre

La pose des carreaux céramiques peut être effectuée suivant deux techniques :

- la pose traditionnelle ou pose scellée ;
- la pose collée.

4.4.1 Pose traditionnelle

La pose traditionnelle s'effectue à l'aide d'un mortier de ciment et de sable.

Suivant la nature du revêtement à réaliser, les règles techniques de mise en œuvre à appliquer sont différentes :

- DTU 52.1 (Document Technique Unifié) pour les revêtements de sol. À noter que le DTU 52.1 a été récemment complété de prescriptions techniques concernant la pose des revêtements extérieurs de sols scellés (annexe 4 de décembre 1982) ;
- DTU 55 d'avril 1961 pour les revêtements muraux intérieurs.

4.4.1.1 Revêtements de sol (DTU 52.1)

D'une façon schématique, les diverses opérations pour la pose d'un revêtement de sol peuvent se résumer comme suit :

- mise en place d'un mortier de 3 à 4 cm d'épaisseur sur un support qui a suffisamment vieilli ;
- poudrage ou barbotinage ;
- pose et battage des carreaux ;
- jointoiement ;
- nettoyage des carreaux.

Pour chacune de ces étapes, le DTU 52.1 définit les qualités à exiger des matériaux, les conditions de pose de ces éléments ainsi que la préparation du support. Il ne concerne que la pose scellée des revêtements de sol des locaux d'habitation, des bureaux et des locaux recevant du public.

4.4.1.2 Revêtement mural intérieur (DTU 55)

Compte tenu de l'extension importante prise depuis plus de vingt ans par la pose collée, la pose traditionnelle des carreaux céramiques muraux connaît un net recul.

On peut schématiser la mise en œuvre traditionnelle de la façon suivante :

- immersion des carreaux jusqu'à ce qu'ils soient saturés, puis égouttage sur chant. Cette prescription vise particulièrement les carreaux poreux comme les carreaux de faïence qui constituent essentiellement les revêtements muraux intérieurs ;
- mise en place d'un mortier d'une épaisseur de 1 cm environ ;
- barbotinage ;
- pose et battage des carreaux ;
- jointoiement ;
- nettoyage.

Les règles techniques décrivant chacune de ces étapes sont fixées par le DTU 55.

4.4.2 Pose collée

Depuis toujours, la mise en œuvre des revêtements céramiques, qu'ils soient de sol ou de mur, intérieurs ou extérieurs, s'est effectuée par scellement avec un mortier à base de ciment, selon la méthode dite traditionnelle (§ 4.4.1).

Les techniques de construction ayant considérablement évolué ces dernières années, la pose traditionnelle ne s'impose plus du fait que les bâtisseurs arrivent à livrer maintenant des supports, sols et murs, suffisamment plans et dont l'arase est proche de la cote définitive.

Cette évolution de l'état des supports dans le bâtiment a eu pour conséquence de faire apparaître sur le marché de nouveaux types de produits de scellement en couche mince tels que les mortiers-colles, les ciments-colles, les adhésifs sans ciment qui, largement utilisés de nos jours par les carreleurs, ont considérablement simplifié l'opération de pose des carrelages.

4.4.2.1 Définition des produits de collage. Terminologie

Nota : on se reportera à l'article *Colles et adhésifs* [C 960] du présent traité.

Parmi la gamme des produits de collage élaborés pour la pose en couche mince, on distingue les produits suivants.

■ Mortier-colle courant

Il s'agit d'un produit pulvérulent, prédosé en usine, contenant principalement du ciment et des charges (par exemple silice, carbonate, sable) et des constituants secondaires (adjuvants divers, notamment rétenteur d'eau) qu'il suffit de mélanger avec de l'eau sur chantier.

Ce produit s'utilise en couche continue d'environ 1,5 à 5 mm d'épaisseur. La dimension des carreaux est $\leq 10 \times 10$ cm.

■ Mortier-colle épais

Sa composition générale est analogue à celle des mortiers-colles courants, mais sa formulation particulière concernant les ajouts permet une utilisation en plus forte épaisseur que celle des mortiers-colles courants. Il s'utilise en couche continue d'environ 1,5 à 8 mm d'épaisseur.

Ces mortiers se différencient des produits courants par le fait qu'ils autorisent le collage de carreaux de plus grandes dimensions ($> 10 \times 10$ cm). Ils permettent également la pose en sol extérieur.

On distingue deux familles : à prise normale, à prise rapide.

■ Mortier-colle spécial

Plus proche du mortier-colle épais par sa faculté d'utilisation en forte épaisseur, ce produit se différencie par l'impossibilité d'emploi en couche très mince.

Il s'agit d'une formulation particulière utilisable uniquement en épaisseur minimale de 4 à 5 mm, l'épaisseur maximale étant explicitée dans le cahier des prescriptions techniques (§ 4.4.2.2).

Cette famille de produits de collage permet de coller des carreaux de plus grandes dimensions que les mortiers-colles épais, mais n'autorise généralement pas le collage de carreaux de surface inférieure à 100 cm².

■ Ciments-colle à base de caséine

Il s'agit également d'un produit pulvérulent, prédosé en usine, à base principalement des constituants suivants : ciment et charges (par exemple silice, sable, carbonate de calcium) et de constituants secondaires, dont des adjuvants divers, notamment avec une proportion relativement importante de caséine, qu'il suffit de mélanger avec de l'eau sur chantier.

La pâte obtenue n'est utilisable qu'en faible épaisseur, de l'ordre de 1 à 3 mm environ, par simple encollage du support.

■ Adhésif sans ciment courant

C'est un produit sans ciment se présentant sous forme de pâte prête à l'emploi et qui se compose d'un liant à base de résine plastique ou élastomère, de charges (par exemple silice, carbonate de calcium) et d'adjuvants divers.

Il s'emploie en film continu de 1 à 3 mm d'épaisseur environ par simple encollage du support.

■ Adhésif sans ciment épais

Sa formulation particulière autorise un emploi en épaisseur continue analogue à celle des mortiers-colles, donc plus élevée que celle des adhésifs sans ciment courant.

Son emploi s'effectue en film continu de 1 à 5 mm d'épaisseur et par simple ou double encollage.

Ces adhésifs se distinguent des précédents par le fait qu'ils permettent le collage de carreaux de plus grandes dimensions sans glissement du carreau lors de la pose.

Depuis le 1^{er} mai 1988, le collage des carreaux céramiques et assimilés en revêtement mural intérieur et extérieur sur des supports en béton banché ou préfabriqué n'est plus admis à l'aide des mortiers-colles courants, épais et spéciaux.

Désormais, la mise en œuvre des revêtements céramiques sur de tels supports doit impérativement s'effectuer à l'aide de produits spécifiques contenant des résines d'adjonction.

Ces nouvelles familles de produits de collage sont de trois types.

■ Mortier-colle modifié par une résine liquide

Il s'agit de mortier-colle dont les caractéristiques ont été notamment améliorées, pour la pose sur des supports verticaux en béton banché ou préfabriqué, par l'emploi d'une résine liquide qu'il suffit d'incorporer à la poudre, avec ou sans ajout d'eau, au moment du gâchage sur chantier. On distingue :

- les mortiers-colles courants modifiés par une résine liquide ;
- les mortiers-colles épais modifiés par une résine liquide.

■ Mortier-colle à liants mixtes incorporés

Il s'agit de mortier-colle prêt au mouillage qu'il suffit de gâcher uniquement avec de l'eau et dont les caractéristiques ont été notamment améliorées pour la pose sur des supports verticaux en béton banché ou préfabriqué, par l'adjonction, au cours de la fabrication en usine, d'une résine en poudre redispersable dans le mortier-colle. On distingue :

- les mortiers-colles courants à liants mixtes incorporés ;
- les mortiers-colles épais à liants mixtes incorporés.

■ Produit de collage à deux composants

Il s'agit d'un système de collage particulier qui se compose d'une partie en poudre et d'une partie liquide qu'il convient de mélanger sur chantier sans aucune adjonction d'eau.

Les possibilités d'application de ces trois systèmes et les conditions particulières de mise en œuvre sont explicitement indiquées dans l'avis technique correspondant au produit utilisé.

Ces systèmes sont des produits de type épais.

Depuis quelques années, certains fabricants de produits de collage ont développé des mortiers-colles spécifiques à haute performance, généralement composés d'une poudre et d'une émulsion de latex, destinés particulièrement à la mise en œuvre de revêtement céramique de sol pour les locaux à très fortes sollicitations mécaniques, comme les grandes surfaces par exemple.

On fait couramment appel à cette famille de produits pour des opérations de « remodeling » du sol d'un hypermarché en raison de leurs hautes performances mécaniques en un temps très court (de l'ordre de 24 h).

4.4.2.2 Réglementation

Depuis 1975, la mise en œuvre des revêtements, qui s'effectue à l'aide d'un des produits de collage en couche décrits précédemment (mortier-colle, ciment-colle et adhésif sans ciment), est réglementée par cinq cahiers des charges spécifiques appelés **cahiers de prescriptions techniques** et par un document relatif à la mise en œuvre sur supports en panneaux dérivés du bois [Doc. C 940].

Ces textes établis par le Groupe Spécialisé n° 13, qui rassemble, outre les représentants du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), des industriels, entrepreneurs, architectes, maîtres d'ouvrages, techniciens, bureaux de contrôle, etc., ont été révisés en 1984 et 1988.

De façon schématique, ces divers documents définissent :

- le domaine d'application ;
- la nature des supports ;
- le type et la dimension des matériaux retenus ;
- les conditions de mise en œuvre préalables à la pose :
 - préparation du support,
 - préparation du produit de collage,
 - préparation du matériau de revêtement,
 - conditions atmosphériques, etc. ;
- la pose proprement dite :
 - matériel nécessaire,
 - mise en place des carreaux,
 - largeur des joints entre carreaux,
 - consommation de colle,
 - dispositions particulières relatives aux joints,
 - finitions,
 - tolérances sur l'ouvrage fini ;
- les dispositions particulières, etc.

5. Caractéristiques des produits sanitaires

5.1 Définition. Classification

Ce sont des produits céramiques destinés aux usages domestiques : cuvettes de WC, lavabos, baignoires, douches, bidets, urinoirs, éviers, etc.

Schématiquement, les matériaux constitutifs des appareils sanitaires peuvent se classer en deux catégories :

- la **porcelaine** (porcelaine sanitaire et vitreuse), qui est un produit à masse compacte, vitrifiée ; la vitrification se traduit par une cassure vitreuse ; elle se définit par le pourcentage d'eau absorbée moyen ;
- le **grès sanitaire**, qui est un produit à masse réfractaire, additionnée éventuellement de chamotte et dont la cassure présente des grains plus ou moins gros.

Un revêtement d'émail est appliqué sur toute ou sur une partie de la surface de l'appareil qui est ensuite cuit à une température appropriée, afin d'obtenir par vitrification une surface imperméable de couleur et de brillant souhaités.

L'émail peut être blanc ou de couleur, opaque ou translucide et doit résister à l'action d'une solution d'acide citrique. Par contre, il ne résiste pas à celle de l'acide fluorhydrique et à ses composés.

Enfin les appareils de céramique sanitaire sont incombustibles et résistent aux solvants.

5.2 Caractéristiques d'aptitude à l'emploi

Quelle que soit leur nature, les appareils de céramique sanitaire doivent satisfaire aux caractéristiques d'aspect, physiques et chimiques fixées par des normes nationales et européennes [Doc. C 940].

Leur aptitude à l'emploi est caractérisée par les méthodes d'essais normalisés suivantes :

- résistance à l'abrasion ;
- résistance aux chocs ;

- résistance aux charges statiques ;
- contrôle dimensionnel et d'aspect ;
- résistance aux acides à température ambiante ;
- résistance aux alcalins à chaud ;
- résistance aux agents chimiques domestiques et aux taches ;
- contrôle de la continuité de la couche d'émail ;
- contrôle de l'étanchéité.

De même, des normes concernant les spécifications des appareils ont été étudiées [Doc. C 940] :

- lavabos ;
- bidets ;
- cuvettes de WC ;
- baignoires ;
- receveurs de douche ;
- réservoirs de chasse.