

## V. Les produits céramiques de base

### V.1 Introduction

Utilisés depuis des millénaires dans le bâtiment, Les céramiques, soient industrielles ou artisanales, se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, Leurs caractéristiques leur permettent d'être employés avec efficacité dans toutes les parties de la construction.

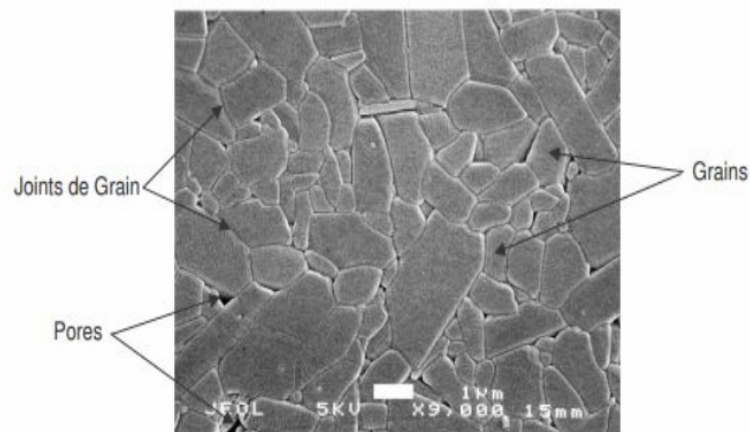
La céramique présente une grande variété d'utilisations et d'aspects finis. En fonction des matières premières choisies, des types de cuissons et de fabrication, elle peut être utilisée en extérieur comme en intérieur, sur un support vertical ou horizontal, en milieu sec ou humide, etc. Sur le plan technique, l'innovation n'est pas en reste car il existe aujourd'hui des carreaux anti-bactériens, anti-pollution...

### V.2 Définition

Le terme céramique a pour origine le mot grec *keramikos*, qui fait référence à la poterie et à la « terre brûlée ». Les céramiques sont des matériaux inorganiques et non métalliques, nécessitant de hautes températures lors de leur fabrication.

Dans le langage courant, les céramiques sont généralement associées à la poterie, à la faïence culinaire ou sanitaire et aux carrelages. Aujourd'hui, par céramique, on entend une grande famille de matériaux inorganiques caractérisés par des liaisons fortes ioniques et/ou covalentes. Cette famille regroupe: les roches, les bétons, les verres, les carbures, les nitrures...

La plupart des céramiques sont des matériaux polycristallins, c'est à dire comportant un grand nombre de microcristaux bien ordonnés (grains) reliés par des zones appelées (joints de grains) comme illustré en figure.



*Microstructure typique d'une surface céramique*

### V.3 Propriétés générales des céramiques

Les céramiques possèdent trois avantages importants par rapport à d'autres matériaux concurrents (acier, béton, ...):

- 1- Les matières premières utilisées pour leur fabrication sont relativement disponibles et peu onéreuses,
- 2- Elles sont peu denses et résistent à des températures très élevées, là où la plupart des métaux perdent leur résistance,
- 3- Elles ont des propriétés optiques, électriques, chimiques, magnétiques, thermiques, etc. qui les rendent irremplaçables dans de nombreuses industries.

#### Avantages et inconvénients des matériaux céramiques

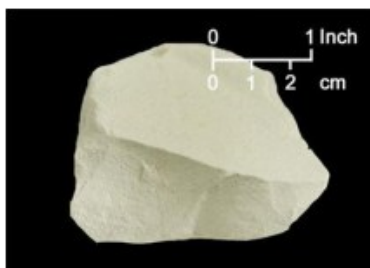
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ Haute résistance : à la compression, à la corrosion, à l'usure, à la chaleur, et aux attaques chimiques (gaz et liquides)</li> <li>☛ Dureté (Rigidité) élevée</li> <li>☛ Très bon isolant électrique et thermique</li> <li>☛ Matériau relativement léger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ Absence de ductilité et de plasticité-Faible</li> <li>☛ Ténacité (peut être rayée)</li> <li>☛ Résistance médiocre aux chocs mécaniques (faible résilience)</li> <li>☛ Vulnérabilité aux dilatations différentielles = Chocs thermiques</li> <li>☛ Faible résistance en traction (matériau fragile).</li> </ul>

### V.4 Classification des céramiques

On distingue deux grandes classes des céramiques :

#### V.4.1 Céramiques traditionnelles (céramiques vitrifiées)

Les céramiques traditionnelles sont obtenues par la mise en forme à l'état **plastique** par addition d'eau et ensuite **cuison** (température de **900° à 1000 °C** ). L'argile est une des principales matières constituant les céramiques traditionnelles. Le Quartz et le feldspath (fondant) sont ajoutés aux meilleures qualités de céramiques.



*Kaolin*



*Quartz*



*Feldspath*

Les céramiques traditionnelles sont destinées à usage **alimentaire**, pour le **bâtiment** ou **l'ornementation** :

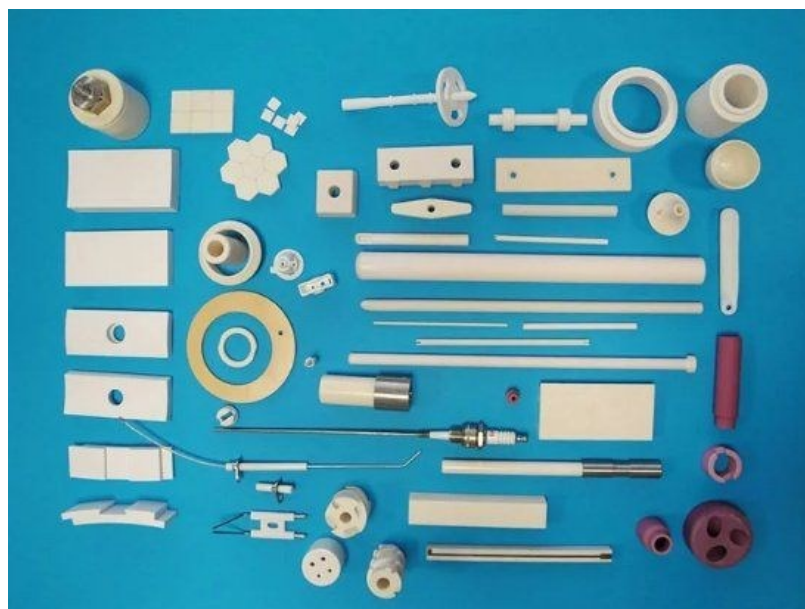
- Terre cuite (Briques, tuiles, poteries, conduits de fumée, tuyau de drainage, etc.) ;
- Faïence (Équipement sanitaire, vaisselle, carreaux, etc.) ;
- Grès (Carreaux de sol, appareil de chimie, équipement sanitaire, etc.) ;
- Porcelaine (Vaisselle, appareil de chimie, isolateur électrique, etc.);



#### V.4.2 Céramiques techniques ou industrielles :

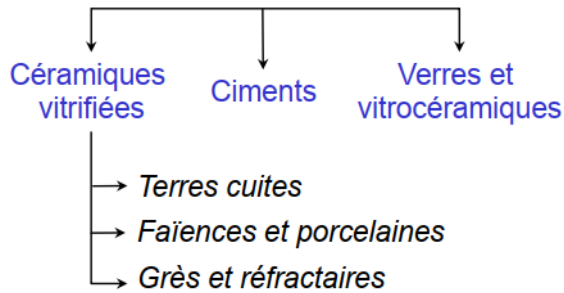
Les céramiques techniques avancées se distinguent des céramiques traditionnelles par la nature de la matière première : poudres micrométriques obtenues par synthèse chimique ; on parle souvent de « céramiques fines » et par la température de mise en forme plus élevée pouvant aller jusqu'à 2600 °C, un contrôle plus précis des éléments constitutants et des procédés de mise en forme particuliers et plus rigoureux.

- Céramiques électroniques (faibles courants), ou céramiques fonctionnelles : céramiques diélectriques (isolantes), conductrices, magnétiques...etc.
- Pour applications électrotechniques (fortes puissances),
- Céramiques réfractaires, pour applications thermiques,
- Pour les applications mécaniques : céramiques structurales, pour l'usinage : abrasif (polissage), outils de coupe (plaquette de carbure),
- Pour les applications optiques : transparence, émission de lumière,
- Pour le nucléaire : combustible nucléaire.



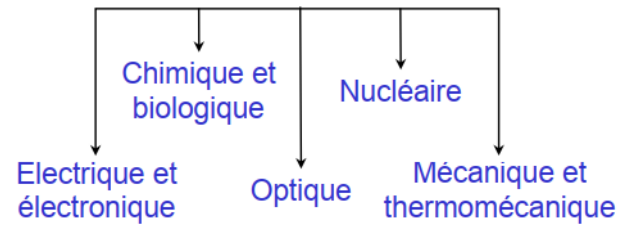
**Céramiques « silicatées »**




Usage de techniques traditionnelles



**Céramiques « techniques »**

Exploitation d'une propriété spécifique

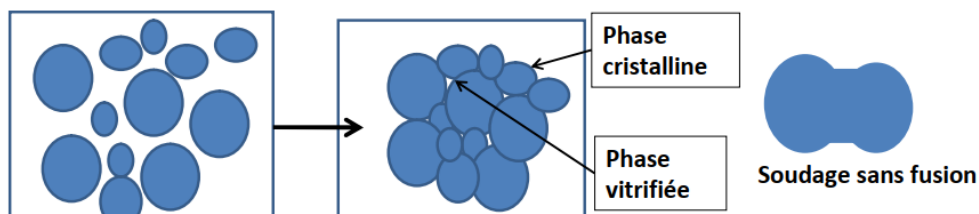


	 <p>Tuiles</p>	 <p>Conduits de fumée : Boisseau terre cuite</p>	 <p>Tuyau</p>

**V.5 Modes de fabrication d'une céramique**

La plupart des céramiques modernes sont préparées à partir de poudres consolidées (mise en forme) et sont densifiées par un traitement thermique (le frittage).

**Frittage:** est un procédé (thermique) qui consiste à chauffer une poudre sans atteindre la fusion. Sous l'effet de la chaleur, les grains sont soudés, ce qui forme la cohésion de la pièce.



**Fig.2 frittage des particules de céramiques**

**Les avantages du frittage:**

Il permet de:

- 1/ Maîtriser la densité de la matière ;
- 2/ D'obtenir des matériaux durs mais fragiles, à porosité contrôlée, et inertes chimiquement (bonne tenue à la corrosion);
- 3/ Obtention du matériau de bonne tenue à la température;

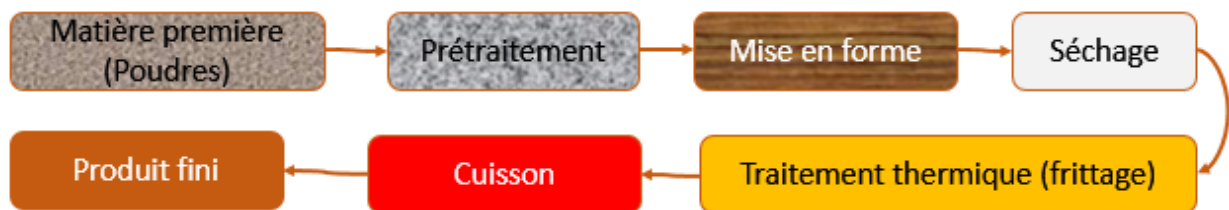
- 4/ Maîtriser les dimensions des pièces: absence de changement d'état, des variations de volume et de dimensions (absence du retrait);

Généralement, on distingue trois types de *frittage* :

- **en phase solide**: tous les constituants restent à l'état solide tout le long du frittage. La densification passe par un changement de forme des grains. Le transport de matière se fait par diffusion en phase solide et aux joints de grains.
- **en phase liquide**: formation d'un liquide visqueux qui remplit plus ou moins complètement les espaces poreux du compact initial. La densification se produit principalement par mise en solution et précipitation du solide, permettant un transport de matière rapide.
- **Réactif**: Deux ou plusieurs constituants entrent en réaction pendant le frittage. La densification se fait par précipitation du nouveau composé.

### V.5.1 Fabrication des briques et des tuiles

Les procédés de fabrication des produits de construction en terre cuite sont sensiblement les mêmes.



### V.5.2 Extraction de la terre

Les matières premières nécessaires à la fabrication des produits terre cuite sont matières premières naturelles (terre glaise, argile, kaolin), roches sédimentaires formées à partir de la décomposition de roches anciennes. L'argile est extraite dans des carrières, puis transportée vers les usines. Parmi les oxydes rentrant dans la composition des argiles sont :

- Oxyde de silice  $\text{SiO}_2$  ;
- Oxyde d'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ;
- Oxyde ferrique  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ;
- Oxyde de Calcium  $\text{CaO}$  ;
- Oxyde de sodium  $\text{Na}_2\text{O}$  ;
- Autres ( $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , ...).

### V.5.3 Préparation

Les argiles sont déposées dans des trémies. Pour obtenir la qualité souhaitée, elles peuvent être mélangées avec du sable, de la sciure de bois ou certains résidus de l'industrie papetière.

La préparation comprend deux opérations principales :

- **Broyage et malaxage** pour homogénéiser le mélange argileux et de lui conférer la plasticité nécessaire au moulage.

- **Dosage et mélange** qui s'effectuent dans des machines constituées de réservoirs contenant les divers ingrédients. Ils alimentent régulièrement, et dans les proportions requises, un ou plusieurs mélangeurs qui assurent la mixture homogène de la pâte.

Enfin, pour que l'argile soit de qualité optimale, elle sera stockée quelque temps dans un lieu humide appelé « Cave à terre ».

#### V.5.4 L'extrusion ou façonnage

L'extrusion est un procédé qui consiste à pousser le mélange argileux à travers une filière de géométrie donnée à l'aide d'une vis sans fin.

A la sortie de l'extrudeuse, les pièces sont découpées transversalement avec un fil pour les briques. Pour les tuiles et certains carreaux, une préforme est d'abord obtenue par extrusion appelée « galette ». Cette préforme acquiert sa forme finale dans une presse avec des moules en plâtre, en caoutchouc ou en acier selon le produit.

#### V.5.5 Séchage

Le séchage a pour but d'éliminer la presque totalité de l'eau qui a permis le façonnage. A la sortie de la filière, les produits sont entreposés sur des wagonnets composés de claies métalliques afin de sécher pendant 6 à 78 heures. La mise au point du programme de séchage est une opération délicate car elle doit être adaptée aux matières premières, à la forme du produit et aux types de séchoir. La consommation énergétique est faible. De plus, l'air chaud venant de la zone de refroidissement d'un four tunnel peut être récupéré et utilisé dans le séchoir. On limite ainsi la consommation énergétique.

Au sortir des séchoirs, les produits sont dépilés, contrôlés et de nouveaux empilés sur des wagons du four.

#### V.5.6 Cuisson

La cuisson se fait en trois phases : le préchauffage, la cuisson proprement dite, le refroidissement. Un cycle de cuisson dure de 12 à 48h. La cuisson des tuiles et des briques nécessite une température du four de 900°C à 1200°C. Le matériau a atteint alors ses propriétés de résistance mécanique, porosité, résistance au gel, absorption d'eau, ...

Les fours les plus utilisés sont les fours tunnels. Ils permettent une production en continu. Leur longueur varie de 50 à 210 m et leur largeur d'1 à 10 m. Des fours intermittents sont réservés à des productions de petite série où le cycle de cuisson est adapté aux types de produits traités.

Le combustible le plus utilisé est désormais le gaz naturel, source énergétique très peu polluante ; celui-ci représente de l'ordre de 96% de la consommation énergétique totale.

#### V.5.7 Conditionnement (Emballage)

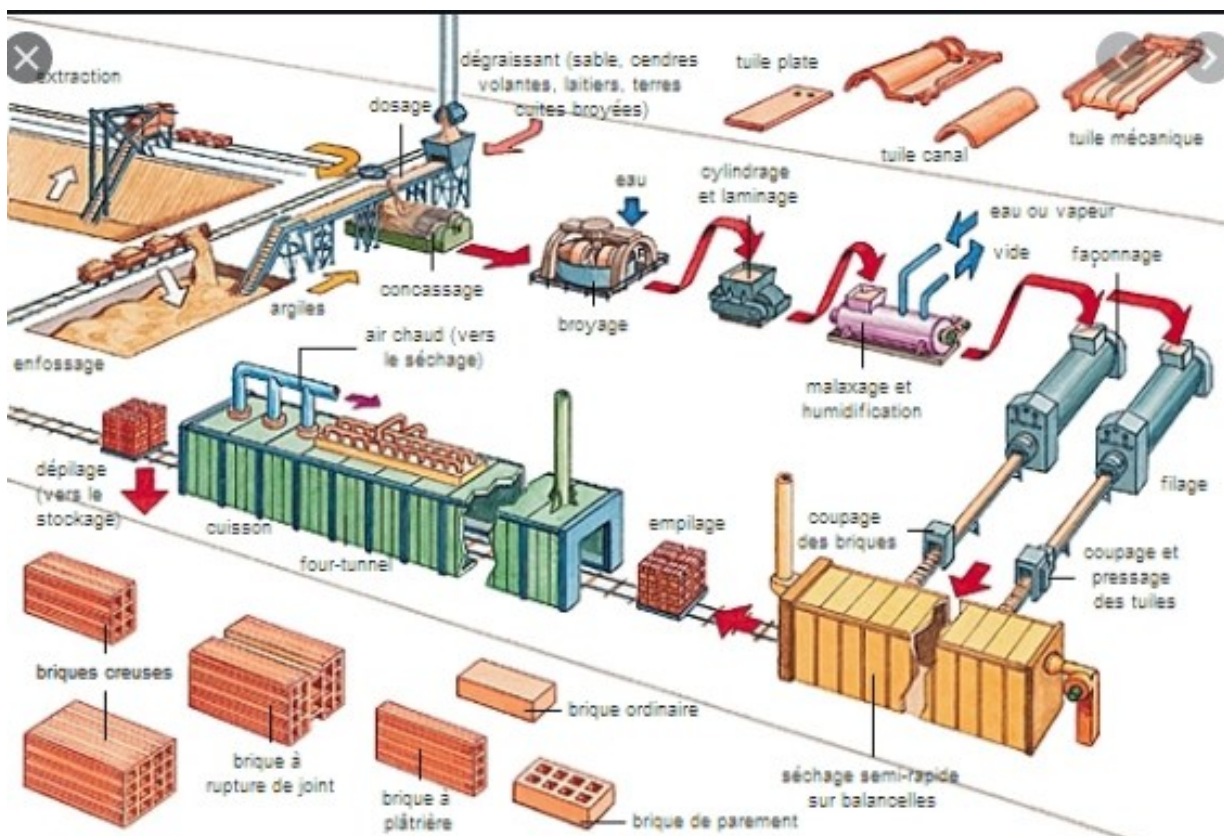
Les produits sortis du four après refroidissement sont palettisés, cerclés, houssés et chargés sur camions ou mis sur le parc de stockage. Des robots sont utilisés pour ces manutentions intermédiaires.

Les produits qui, pour des raisons d'imperfections, ne peuvent être commercialisés sont recyclés pour le remblaiement des carrières ou la réfection des chemins de carrière. Ainsi, on ne génère pas de déchets de production.

### V.5.8 Laboratoire de contrôle

A tous les stades de fabrication, de nombreux contrôles sont effectués pour veiller à la régularité de la qualité des mélanges et des process :

- Les matières premières argileuses sont contrôlées lors de la constitution des stocks (granulométrie, teneur en carbonate, humidité, ...).
- Des tests précis sont effectués sur les produits finis pour vérifier la conformité aux normes, aux référentiels de marque de qualité et aux avis Techniques.



## V.6 Les produits céramiques dans la construction

Les produits céramiques prennent une part importante dans le domaine de génie civil, car, suivant leur mode de fabrication, ils ont des propriétés variées, bien différentes les uns des autres. A la base de tous les procédés de fabrication, il y a l'argile, qui, mélangée à l'eau, donne une pâte dont la propriété est de durcir à la chaleur. En faisant varier les différents composants de la pâte, la quantité d'eau et le degré de chaleur, on modifie les caractéristiques du matériau, qui devient plus ou moins dur, plus ou moins poreux, etc.

### V.6.1 Terres cuites

Composé d'argiles légèrement calcaires, le mélange est cuit à une température relativement basse (800 à 1000 °C). La terre cuite ainsi obtenue est un matériau ordinaire, poreux et bon isolant, peu dur qui résiste mal aux chocs.

Elle est utilisée dans la fabrication des saturateurs, des pots de jardinier, pour le gros œuvre sous forme de briques (pleines ou creuses), de tuiles, de hourdis de planchers. Ses teintes variées, dont les couleurs chaudes vont du beige clair au brun-rouge, sont un atout majeur pour réaliser des revêtements de sols ou de murs très décoratifs. On utilise, pour ces revêtements, des carreaux ou des dalles de terre cuite, aux formes et aux dimensions multiples (carré, hexagone, trèfle, losange...) qui permettent d'exécuter un carrelage aux dessins réguliers.



### V.7 Terre cuite vernissée

La surface extérieure des terres cuites est recouverte d'un vernis ou d'un léger émailage (couche de protection vitreuse) qui les rend imperméables aux liquides, d'humidité et facilite leur entretien.



### V.8 Terres cuites réfractaires

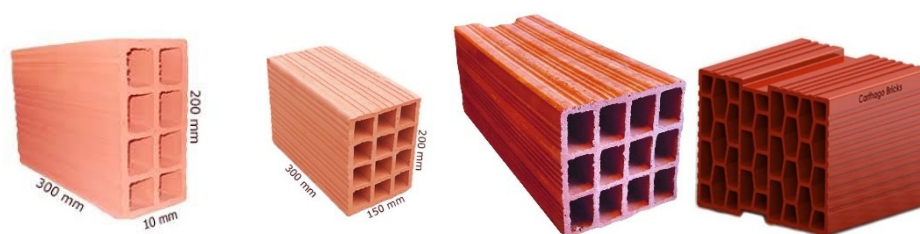
Par une addition de quartz au mélange de base, on obtient un produit résistant aux agents chimiques et aux températures élevées. Les terres cuites réfractaires servent à la fabrication de briques spéciales destinées aux revêtements intérieurs des foyers de cuisinières, fours ou barbecues.



### V.9 La brique

De nos jours, la fabrication en est entièrement mécanisée : traitement de la pâte (autrefois, les ouvriers piétinaient l'argile humide), façonnage, séchage (il durait jadis près de deux ans) et cuisson. Les fours modernes peuvent traiter jusqu'à trois millions de briques à la fois, à une température de 900 à 1000 °C, 1250 °C pour les briques vernissées.

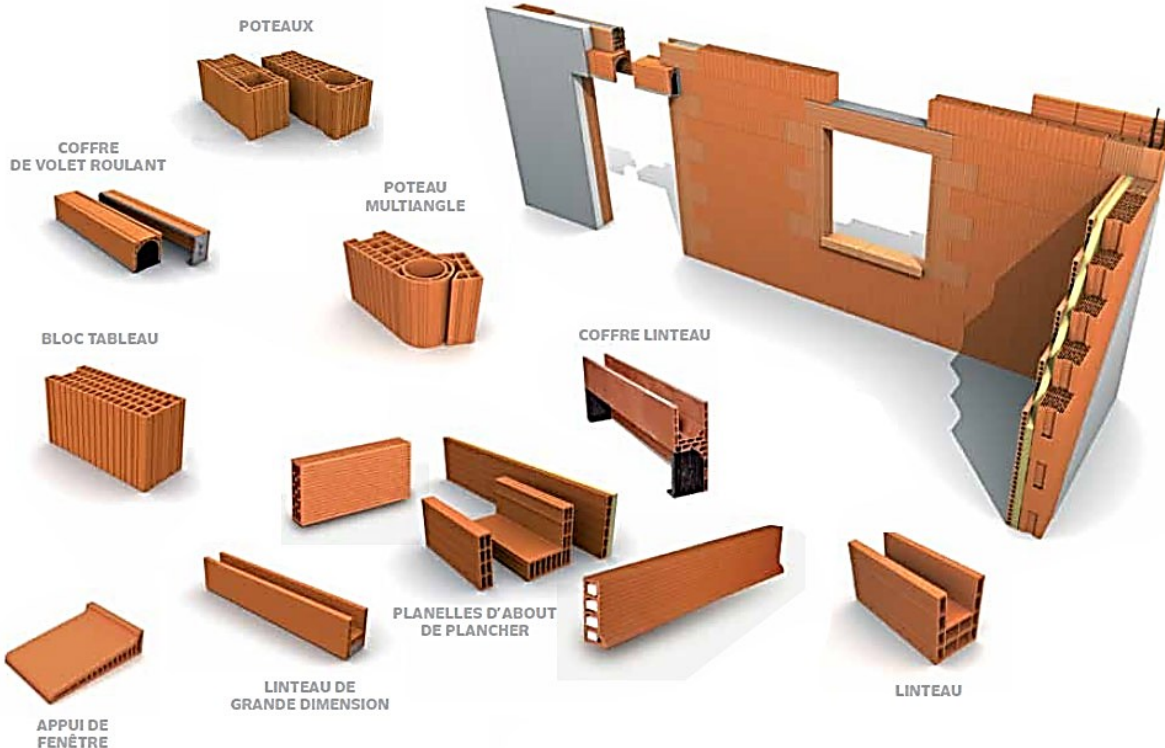




7 x 20 x 40 cm

15 x 20 x 50 cm

20 x 20 x 50 cm. à maçonner..



**LES PRINCIPAUX TYPES DE TUILES PROVENÇALES**

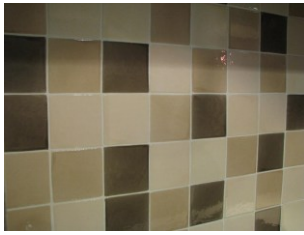


## V.10 Les faïences

La fabrication s'effectue en deux stades : d'abord établissement et cuisson de l'objet, appelé alors "biscuit de faïence", puis émaillage et nouvelle cuisson pour durcir le décor. Suivant la composition de la pâte et la nature de l'émaillage, on obtient des faïences différentes. Elles servent à l'exécution de poteries culinaires, de vaisselle plus ou moins décorée, d'appareils sanitaires ou de carreaux de revêtement.

Les carreaux de faïence, qui offrent un choix de couleurs et de motifs variés, sont utilisés en revêtement mural, pour protéger les murs des locaux humides (salles de bains, cuisines, etc.) ou pour créer une note décorative sur une table ou sur un plan de travail.

Les carreaux de faïence sont en général de forme carrée (150 mm x 150 mm ou 108 mm X 108 mm) ou rectangulaire (100 mm x 150 mm), et d'une épaisseur assez faible, de 4 à 6 mm.



## V.11 Les grès

Le grès est une céramique constituée d'une terre argileuse à forte teneur de silice appelée "argile grésante", qui supporte une température de cuisson voisine de 1300°C environ. Le grès reste donc opaque mais la chaleur intense lui donne une texture très serrée qui le rend imperméable et de bonne résistance aux chocs et aux agents chimiques et sa très grande dureté (il raye le verre). Il est le plus souvent de couleur grise ou marron.

Ces qualités permettent de l'employer dans l'équipement ménager (plats de cuisson, vases, etc.), mais aussi dans l'équipement des habitations : tuyaux d'écoulement d'appareils sanitaires ou revêtements de sols et de murs. Les grès se présentent sous différentes formes :

- ☛ Grès ordinaire ou grès cérame
- ☛ Grès émaillé
- ☛ Demi-grès

Les dimensions des carreaux de grès sont très variables. Suivant le type de revêtement à exécuter (sol ou mur), on peut disposer de petits éléments de 1 à 2 cm de côté, de carreaux ayant sensiblement les cotes d'un carreau de faïence, ou de dalles carrées ou rectangulaires d'une surface plus imposante.



Carreaux en grès cérame



Carreaux en grès cérame émaillé aspect pierre



## V.12 Les mosaïques

Le terme "mosaïque" définit non pas un produit, mais un assemblage d'éléments de petites dimensions formant une fresque ou reproduisant un dessin. Par extension, on désigne par ce terme les carrelages réalisés à l'aide de petits éléments de 1 à 5 cm de côté. Suivant la forme de ces éléments, l'assemblage peut être :

1. une mosaïque simple, constituée à l'aide de ronds, de carrés ou de rectangles formant des rangées symétriques et répétitives sur toute la surface ;
2. une "mosaïque de hasard", réalisée à l'aide de fragments de formes et de couleurs variées, disposés sans tenir compte d'un motif précis.

En général, les revêtements mosaïques conviennent à la plupart des réalisations intérieures et extérieures, car ils sont constitués à l'aide de carreaux de grès cérame, de pâte de verre ou de fragments de marbre, matériaux qui supportent tous parfaitement les différences de température. Les mosaïques en pâte de verre sont notamment très appréciées pour leurs qualités décoratives et leurs très nombreux coloris. Composés en majeure partie de verre opacifié, ces petits carreaux sont presque toujours translucides, parfois même transparents.

Afin de faciliter la pose de ces revêtements, certains fabricants proposent les mosaïques en plaques préassemblées d'environ 30 cm de côté (8 ou 9 plaques couvrent 1 m<sup>2</sup>). Les différents éléments sont collés soit sur une feuille de papier, soit sur un filet de Nylon, suivant un motif ou une composition de couleurs choisis à l'avance pour être ensuite scellés aux murs ou sur le sol comme un carrelage classique.



## V.13 La mise en œuvre des produits céramiques

Les produits céramiques destinés aux revêtements des surfaces forment un assemblage désigné par le terme classique de "carrelage".

Il faut tout de suite distinguer deux utilisations distinctes : le carrelage des sols, le carrelage des murs. L'un et l'autre proviennent d'un assemblage de carreaux ou d'éléments similaires, mais les matériaux et les produits utilisés sont parfois très différents, et il faut savoir les reconnaître.

### **V.13.1 Le carrelage des sols**

L'assemblage s'exécute traditionnellement à l'aide de mortier de ciment. Chaque carreau est scellé au support ainsi qu'au carreau suivant. Un carrelage de sol doit être résistant et parfaitement plan. Cette planéité est obtenue en exécutant au préalable un support rigide sous toute la surface à carrelé : une chape de béton parfaitement dressée est, en général, la meilleure solution. Ensuite, les carreaux sont disposés un à un sur le sol et scellés à l'aide d'un mortier de pose. Utilisez un cordeau pour obtenir une surface parfaitement plane et laissez bien, entre chaque carreau, l'écartement nécessaire aux joints, cet écartement étant fonction de la surface des carreaux.

Tous les carreaux étant scellés, il faut ensuite combler les joints par un ciment liquide qui assurera l'étanchéité entre chaque carreau et nettoyer la surface du carrelage pour enlever l'excédent du ciment avant qu'il ne durcisse.

### **V.13.2 Le carrelage des murs**

Le procédé, sans être tout à fait différent, n'exige pas les mêmes impératifs de solidité. Le carrelage doit cependant être plan et étanche, mais les carreaux utilisés sont moins volumineux et moins difficiles à sceller. Il s'agit en général de carreaux de faïence ou de mosaïque pouvant être scellés avec un ciment-colle ou une colle spéciale.

Comme pour le carrelage d'un sol, la pose s'effectue sur un support plan et lisse, mais il n'est pas impératif de réaliser un enduit au mortier.