

UNIVERSITÉ DE BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR F.S.I
DEPARTEMENT GENIE DES MATERIAUX

Procédés et mise en forme des matériaux: Les produits céramiques

Mr. SAFI Brahim

1. **Définition** : La racine grecque du mot céramique est « **Kéramos** » qui signifie « **argile** ». C'est un produit issu de la cuisson d'une terre argileuse qui peut être émaillée ou vitrifiée en surface pour donner des produits céramiques: la faïence, de la porcelaine...etc.

Une céramique est un matériau solide de synthèse et qui nécessite souvent des traitements thermiques pour son élaboration.

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 (joins de grains) comme illustré en figure 1.

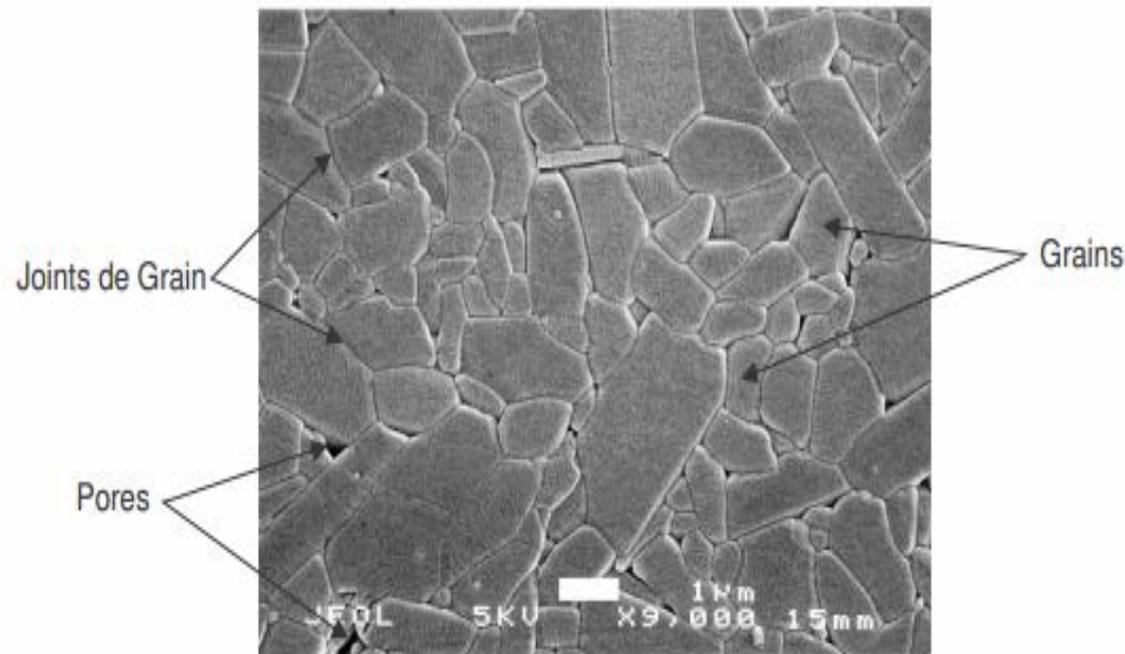
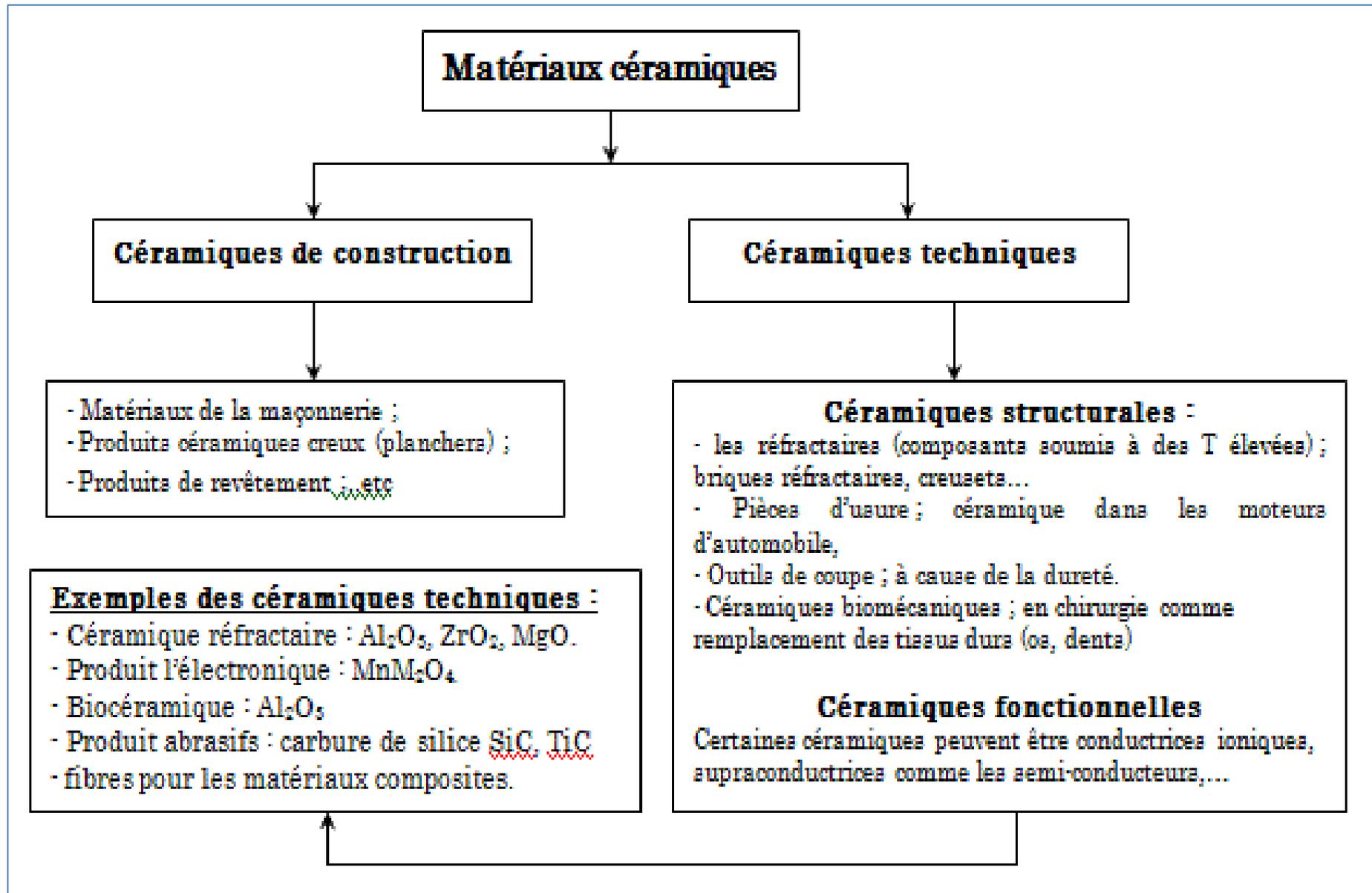


Fig. 1. Microstructure typique d'une surface céramique [1]

[1] J. DEJOU Société Francophone de Biomateriaux Dentaires ; 2009-2010.

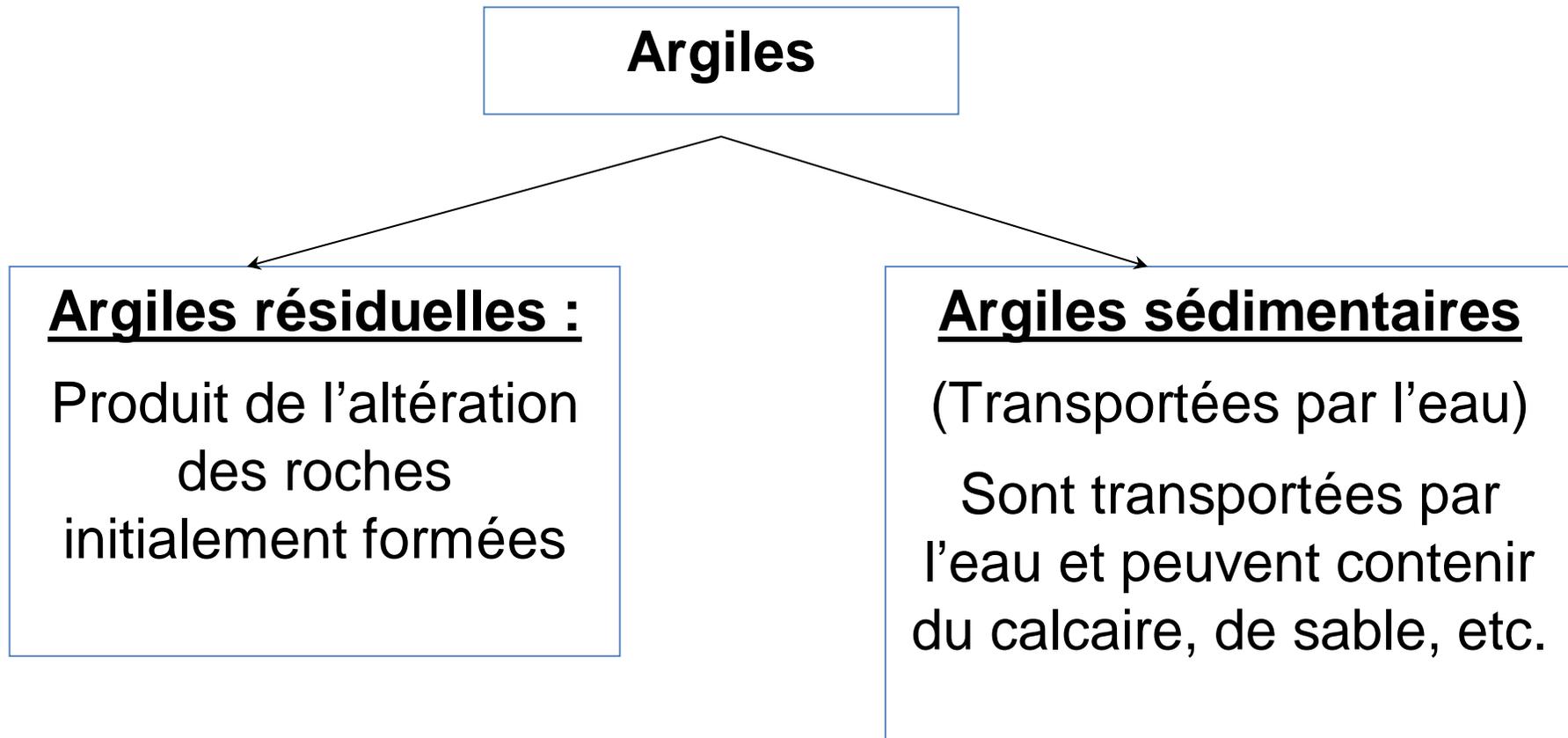
2. Classifications des matériaux céramiques :

On distingue deux grandes classes des céramiques



3. Matières premières:

Les variétés : les argiles sont subdivisées comme suit :



- Parmi les oxydes rentrant dans la composition des argiles sont :
- Oxyde de silice SiO_2 ;
- Oxyde d'alumine Al_2O_3 ;
- Oxyde ferrique Fe_2O_3 ;
- Oxyde de Calcium CaO ;
- Oxyde de sodium Na_2O ;
- Autres (MgO , K_2O , ...).

4. Les grandes caractéristiques des céramiques :

Les céramiques sont caractérisées par des liaisons fortes, ce qui se traduit dans la pratique par ;

- Une très bonne tenue en température ;
- Une excellente rigidité élastique ;
- Une bonne résistance à la corrosion ;
- Une bonne résistance à l'usure.

5. Procédés de Fabrication :

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**

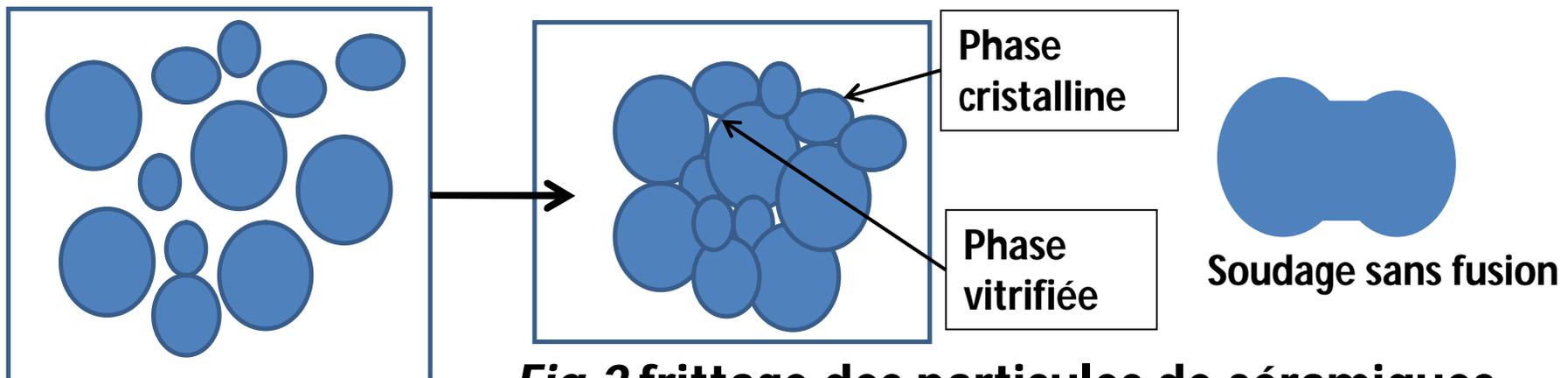


Fig.2 frittage des particules de céramiques

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;

Un frittage incomplet de produit céramique provoque l'apparition des pores.

6. Classification des céramiques :

Classification traditionnelle:

- Haute fusion : 1289 à 1390°C ; Moyenne fusion : 1090 à 1260°C
- Basse fusion : 870 à 1065°C ; Très basse fusion 660 à 780°C

Classification actuelle:

- **la composition chimique:** Céram. feldspathiques ; vitrocéramiques ; Céram. hydrothermaux ; Céram. alumineuses ; Céram. à base d'oxyde de zirconium
- **la microstructure:** Matrice vitreuse avec charge dispersées ; matrice hautement voire totalement cristalline; sans phase vitreuse
- **les procédés de mise en forme:** avec armature métallique; sans armature métallique

7. Etapes de fabrication et mise en forme

L'élaboration des produits céramiques comprend six (6) étapes qui sont ;

- 1.Choix de la matière première (naturelle ou synthétique) ;
- 2.Broyage et homogénéisation ;
- 3.Compactage et mise en forme (introduction d'un liant organique) ;
- 4.Obtention de la chamotte : élimination du liant ($T^{\circ} < 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ;
- 5.Frittage : cycle thermique pour densifier l'agglomération de la poudre jusqu'à obtention d'un matériau ayant un minimum de porosité.
- 6.Habillage – Métallisation.

Les procédés de mise en forme peuvent être classés en :

1. Procédés à « sec » ou applicables aux matières grenues ;

Compactage et façonnage sous forme de poudre dans le moule.

Utiliser pour des pièces complexes .

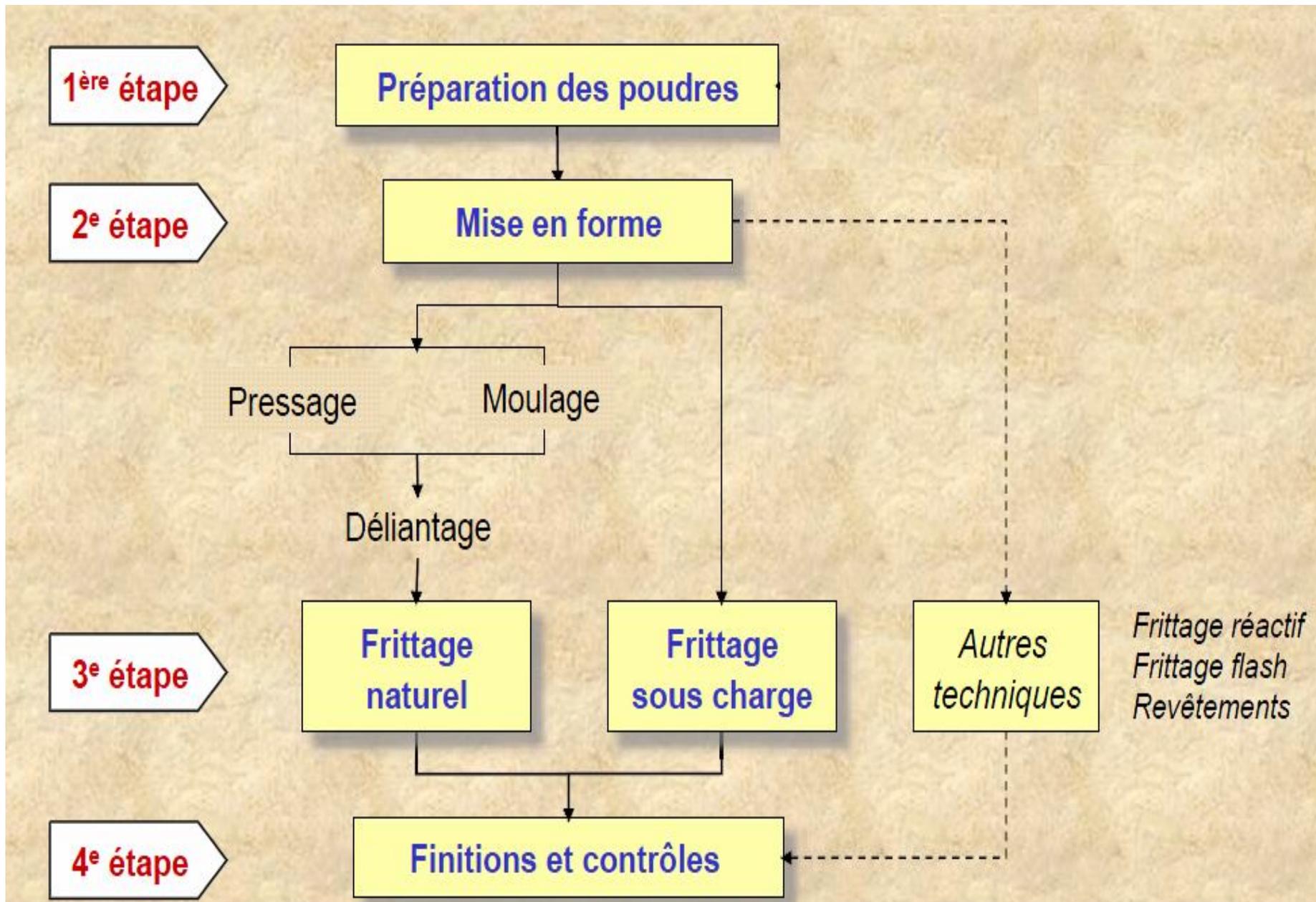
2. Procédés applicables aux pâtes plastiques ;

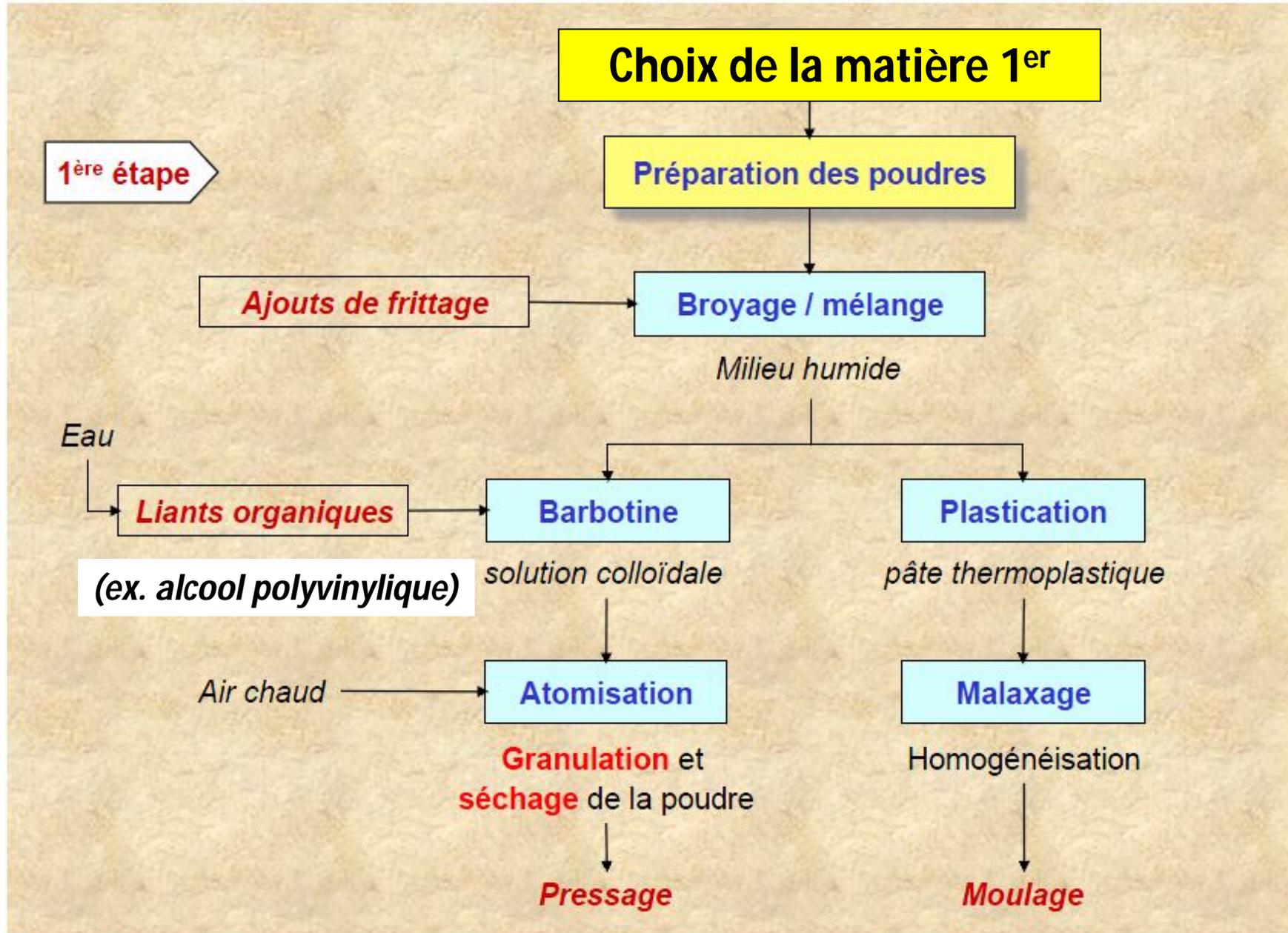
Façonnage par extrusion de la pâte à travers une grille. Utiliser pour les briques.

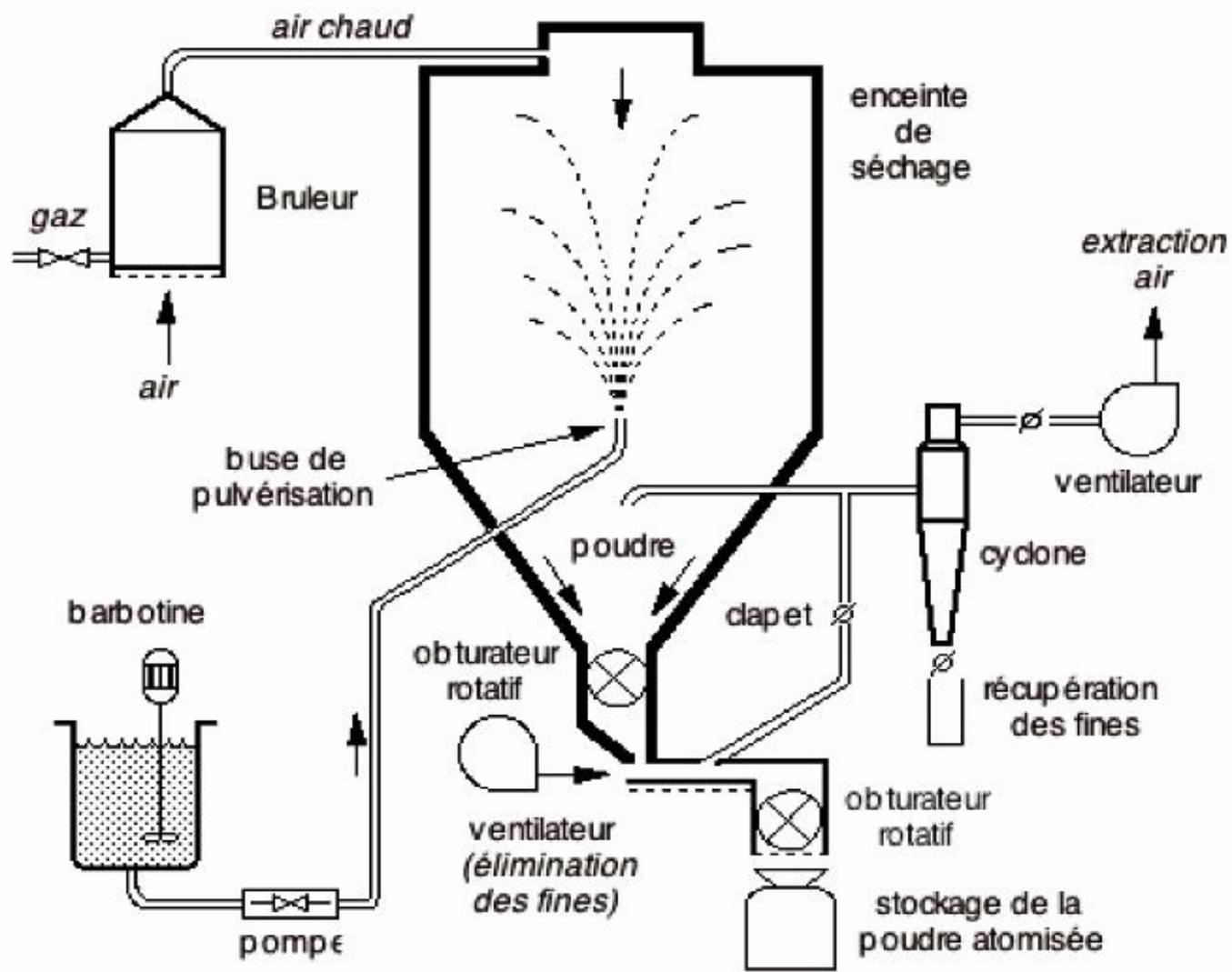
3. Procédés utilisant la barbotine.

Mélanger à l'état liquide (barbotine), puis sécher dans un atomiseur.

Utiliser pour les produits sanitaires.

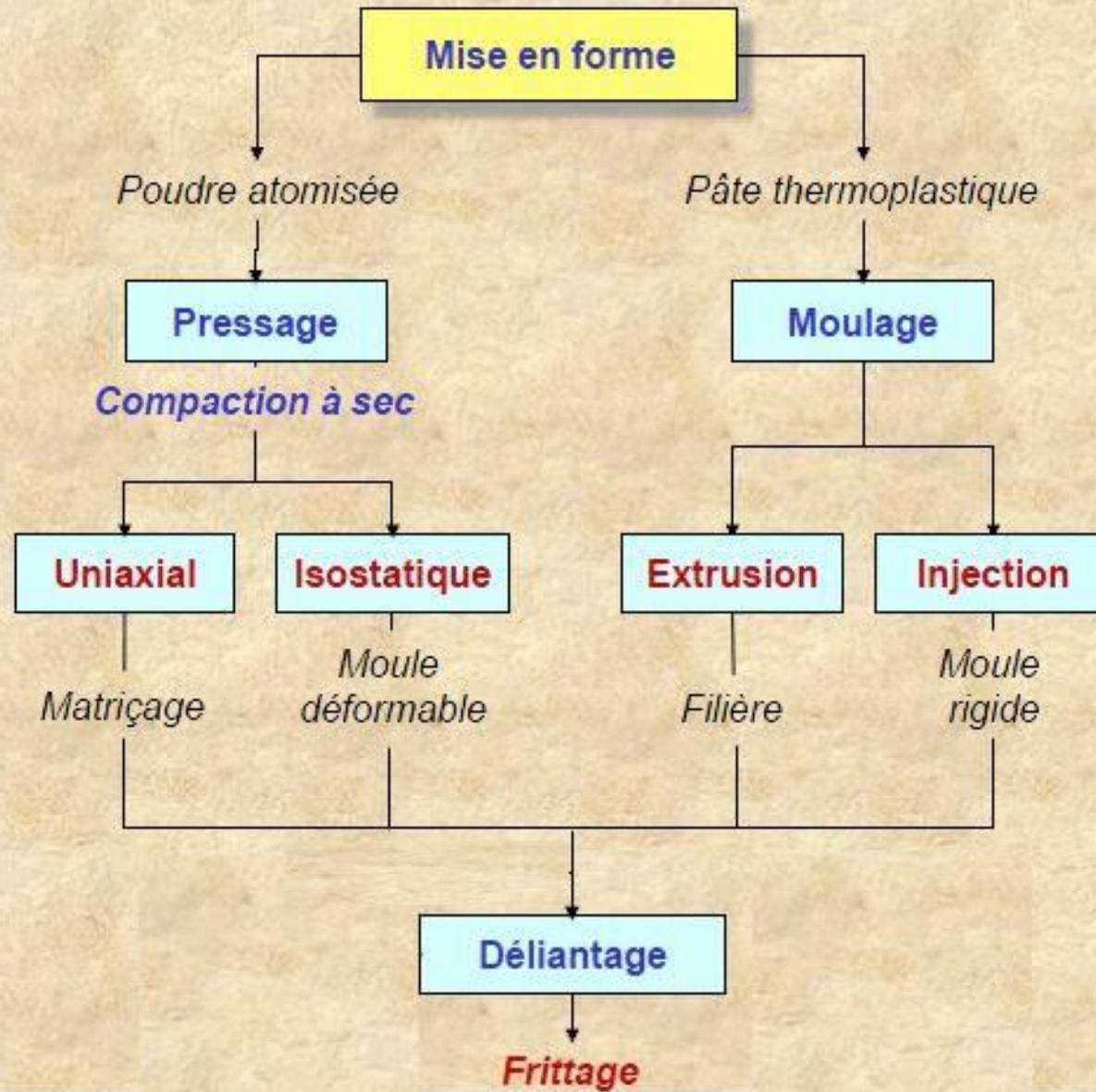






Séchage sous air chaud pendant la trajectoire balistique des gouttelettes

2^e étape



3^e étape

Le FRITTAGE

Traitement
thermique de
densification

Pressage / Moulage

Poudre activée

Frittage naturel

Frittage sous charge

**HIP=hot isostatic
pressing
(pression
isostatique à
chaud)**

Chauffage simple
de la pièce
dans un four

Densification totale

Uniaxial

HIP

Porosité résiduelle
(1 à 3 %)

Moules graphite
20 MPa

Compaction
isostatique à chaud
100 MPa

Finition, contrôles, post traitements

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 joins 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.

Les paramètres qui influent sur la microstructure et par conséquent les propriétés finales du matériau céramique, sont:

- la composition du système
- la granulométrie de la poudre
- la densité de mélange cru
- le cycle thermique (T , dT/dt , t)
- la pression

Les paramètres qui influent sur la microstructure et par conséquent les propriétés finales du matériau céramique, sont:

- la composition du système**
- la granulométrie de la poudre**
- la densité à cru**
- le cycle thermique (T, dT/dt, t)**
- la pression**

Bibliographie

- J.S. REED, "Introduction to the Principles of Ceramic Processing" 2nd Edition, J. Wiley, NY, 1995
- T.A. RING "Fundamentals of Ceramic Powder Processing and Synthesis" Academic Press (1995)
- D.J. Shaw, "Introduction to Colloid and Surface Chemistry", Butterworths, London, 1980
- N.J. Shaw, Densification and coarsening during solid state sintering of ceramics: a review of the models. Powder Metallurgy International, 21 N°3 (1989) 16-29.
- http://www.sf2m.asso.fr/formations/Documents_formation/Ceram_ch2_elaboration.pdf