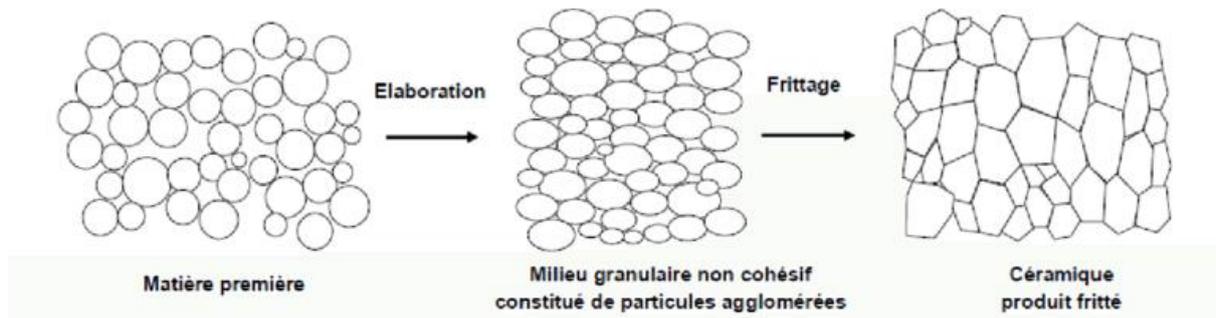


### III. Elaboration des céramiques

#### III.1 Elaboration des céramiques par frittage

La céramique traditionnelle est une industrie dont les savoirs faire sont très anciens, Toutefois et bien que les deux types d'industrie soient très différents, ils ont en commun le fait de mettre en œuvre le même schéma de fabrication :



**Poudres ----->prétraitement -----> mise en forme -----> séchage-----> traitement thermique (frittage) -----> produit fini**

**Figure II-** Représentation schématique du processus de frittage des céramiques.

Ce schéma est le même pour les carreaux de salles de bain que pour les supra-conducteurs ou les piézoélectriques les plus innovants.

#### III.2 Différentes étape de frittage

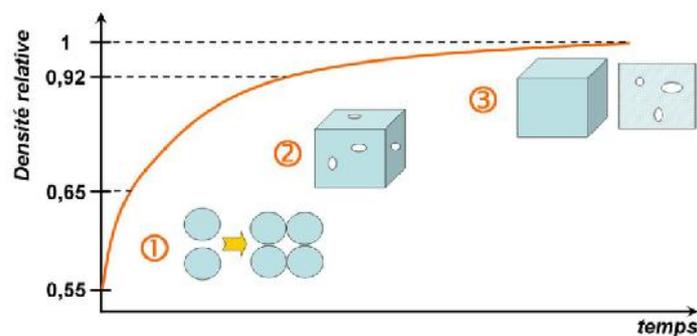
Tout commence par la poudre qui se doit d'être sélectionnée suivant des critères précis et de **subir des prétraitements** facilitant sa mise en forme, avec **adjonction d'adjuvants**, souvent organiques. Différents processus **de mise en forme** peuvent être utilisés pour obtenir des pièces : **pressage uniaxial ou isostatique, coulage, extrusion, moulage par injection, usinage à cru...** Après compactage, **les poudres doivent subir un déliantage** (élimination des adjuvants qui peuvent, tout simplement, être l'eau, dans le cas des poteries par exemple).

Puis ensuite, il faut procéder à une « cuisson », **terme populaire qui correspond au frittage**. C'est au cours de cette opération que l'on réalise le passage de la pièce crue, constituée de grains disjoints, à la pièce massive densifiée, constituée de grains plus ou moins bien soudés, avec une porosité résiduelle plus ou moins importante. Les pièces doivent ensuite, en général, être usinées (usinage) et contrôlées.

**Le frittage est un traitement thermique qui permet de passer d'un système de particules individuelles vers un état solide de compacité plus ou moins aboutie.** La conversion de la poudre en un solide dense a lieu par changement de la forme des grains de poudre, par le remplacement des interfaces solide-gaz par des interfaces solide-solide et par la disparition de la porosité.

### III.3 Différent type de frittage

Si aucune phase liquide n'apparaît, le frittage est dit « en phase solide » avec deux cas : le frittage non réactif (un constituant chimique au départ ; une pièce composée du même constituant à la fin) ; le frittage réactif (la densification est accompagnée d'une ou de plusieurs réactions chimiques entre les constituants).

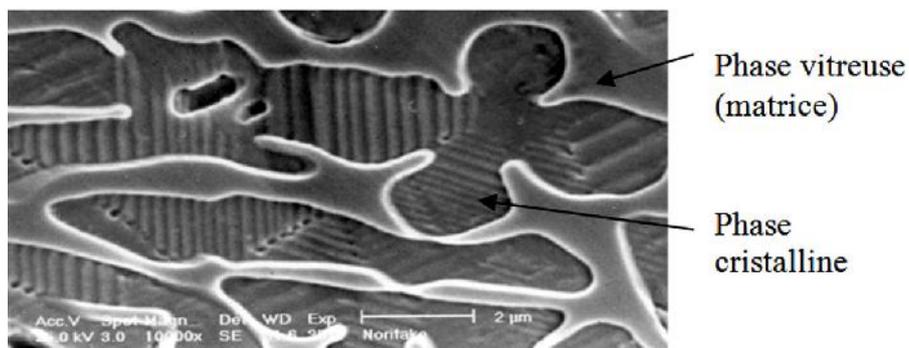


**Figure III** -Évolution de la microstructure d'une céramique au cours du frittage.

Si une phase liquide apparaît, le frittage est dit « en phase liquide » : la phase liquide (minoritaire pour conserver la tenue mécanique de la pièce) peut provenir de la simple fusion d'un deuxième constituant présent (adjuvant de frittage ou impureté) ou d'une réaction eutectique entre différents constituants.

La densification lors du frittage peut être étudiée par dilatométrie, ce qui permet de suivre l'évolution de la densité de la céramique. Des mesures de densité et de porosité permettent d'évaluer le taux de porosité ouverte ou fermée obtenue lors du frittage. Les paramètres importants qui contrôlent le processus du frittage sont :

- ▶ La température et la vitesse de chauffage ;
- ▶ Le temps ;
- ▶ La taille des particules de poudre ;
- ▶ La composition des poudres ;
- ▶ éventuellement, la pression appliquée.



**Figure IV :** Microphotographie en MEB d'une céramique