



Figure V: Différent type de frittage.

## IV. Propriétés des céramiques structurales

### IV.1. Réfractarité et propriétés thermiques

Les céramiques sont connues pour leur bon comportement aux températures élevées. Pour commenter leur comportement thermique, il faut introduire les notions de **conductivité thermique**, dilatation thermique et résistance **aux chocs thermiques**.

Il y a deux possibilités d'utilisation des céramiques pour les applications thermiques: le matériau peut avoir à subir des **chocs thermiques**. Dans ce cas, il faut qu'il possède un **coefficient de dilatation thermique** le plus faible possible et une **conductivité thermique** élevée, mais il peut être utilisé aussi en tant qu'isolant thermique. Pour cela, il doit avoir une faible conductivité thermique.

Les céramiques sont essentiellement connues pour leur **réfractarité**, c'est à dire leur bon comportement aux températures élevées. En général, on admet qu'une céramique est réfractaire quand sa **résistance pyroscopique** est au moins de 1500°C. La **résistance pyroscopique** d'un réfractaire est la température à laquelle une éprouvette conique faite du matériau à étudier s'affaisse d'une valeur donnée.

On a représenté, dans le tableau ci-dessous, des valeurs pour plusieurs céramiques.

Céramiques	Formule	Température de fusion (en °C)	Densité (en kg/dm <sup>3</sup> )
Aluminate de baryum	Ba O - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2000	3.99
Aluminate de baryum	Ba O - 6Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1860	3.64
Aluminate de béryllium	Be O - 6Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1870	3.76
Aluminate de cobalt	Co O - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1955	4.38
Aluminate de magnésium	Mg O - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2135	3.58
Aluminate de nickel	Ni O - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2015	4.45
Aluminate de strontium	Sr O - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2010	
Aluminate de zinc	Zn O - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3890	4.58
Carbure de hafnium	Hf C	2160	
Chromate de calcium	Ca O - Cr O <sub>3</sub>	2000	3.22
Chrome magnésie	Mg O - Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2170	4.39
Chromite de calcium	Ca O - Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2030	4.8
Lanthanate de magnésium	Mg O - La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1760	
Magnésio ferrite	Mg O - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2570	4.48
Oxyde d'aluminium	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (99,8%)	2600	3.97

Oxyde de béryllium	Be O (99,8%)	3050	3.03
Oxyde de calcium	Ca O (99,8%)	1840	3.97
Oxyde de magnésium	Mg O (99,8%)	2000	3.02
Oxyde de thorium	Th O <sub>2</sub> (99,8%)	1860	10.5
Oxyde de titane	Ti O <sub>2</sub> (99,5%)	1870	4.96
Oxyde de zirconium	Zr O <sub>2</sub> stabil. (92%)	2550	5.6
Oxyde d'uranium	U O <sub>2</sub> (99,8%)	2800	4.5
Oxyde d'yttrium	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (99,8%)	2410	3.14
Phosphate de calcium			
Phosphate de calcium	3 Ca O - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1730	4.53

La **conductivité thermique**  $\lambda$  (unité S.I. : W / m.K) est la propriété d'un matériau de transmettre un flux de chaleur par unité de surface. Elle est proportionnelle à la capacité calorifique  $c$ , la quantité et la vitesse des porteurs thermiques (électrons ou phonons)  $v$ , et leur libre parcours moyen  $l$ .

Pour les céramiques, les fortes **conductivités** seront obtenues pour les structures composées d'éléments simples ou constituées d'atomes de poids voisins. Le *graphite* aura une excellente conductivité thermique. *SiC*, *BeO* et *B<sub>4</sub>C*, matériaux composés d'éléments de poids atomiques voisins, présenteront de même de très bonnes conductivités thermiques. Les céramiques ayant des structures plus complexes ont une conductivité faible. Par exemple, *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* a une conductivité de 25 W/ m.K.

La structure des céramiques ioniques, comme les **oxydes**, est compacte. Cette structure est la cause d'une forte dilatation thermique. *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*, *Zr<sub>2</sub>O*, *MgO* ont donc une forte dilatation due à la température. Ceci explique leur très mauvaise tenue aux chocs thermiques. Par contre, cette dilatation sera beaucoup plus faible pour les *céramiques covalentes* (non oxydes). Pour la même amplitude, on aura absorption de ces vibrations dans les cages interstitielles et par les déviations angulaires.