

Les matériaux minéraux

On trouve le quartz à même le sol et dans des mines; on trouve l'obsidienne au voisinage des volcans et dans les plages frappées par la foudre... Mais qu'est-ce qui différencie les verres des cristaux? L'organisation de la matière pardi! Les constituants des cristaux sont ordonnés, alors que ceux des verres sont désordonnés : lorsqu'il s'agit d'agencer la matière, la nature regorge de ressources. Mais les êtres humains ne sont pas en reste lorsqu'ils réalisent des céramiques. Oui, des céramiques! Vous savez, ces matériaux obtenus par concrétion de grains plus ou moins grossiers, irréversiblement liés ensemble par une cuisson? Cette fois-ci, la matière doit ses propriétés à une organisation à l'échelle de grains de sable!

Dans ce chapitre, la section 1 présente des généralités sur les verres, leur mode de fabrication, et leur coloration. La section 2 quant à elle présente les céramiques, leur mode de fabrication et leur coloration.

1 Les verres

1.1 Généralités

Au niveau microscopique, les solides peuvent présenter deux structures : la structure *crystalline* et la structure *amorphe*.

- Les constituants (atomes, ions, molécules...) des cristaux sont agencés de manière régulière, par la répétition d'un motif élémentaire voir figure 10.3.
- Les constituants des matériaux amorphes sont agencés de façon désordonnée, c'est à dire qu'on n'y trouve pas de motifs répétés à l'infini, voir fig 10.3.

Par exemple, le quartz est un solide cristallin, mais l'obsidienne (un matériau volcanique, utilisé dans les pointes de flèches à la préhistoire) est



FIGURE 10.1: Le quartz, solide cristallin, se brise le long de facettes régulières.

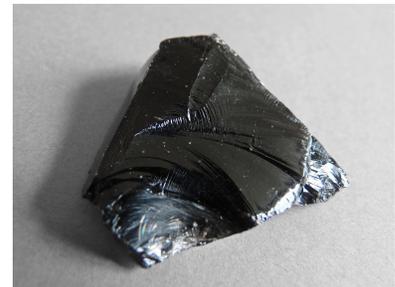


FIGURE 10.2: L'obsidienne est un matériau amorphe, qui se brise le long de lignes courbes.

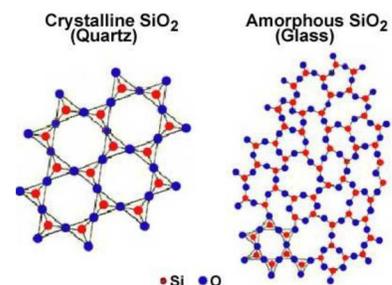


FIGURE 10.3: À gauche : structure d'un cristal de quartz. À droite : structure d'un matériau amorphe Crédits Photo : Bryce Lawrence

un solide amorphe. Ceci a des répercussions sur la propagation des fractures dans ces matériaux : le quartz se brise le long de facettes régulières. Au contraire les fissures de l'obsidienne sont peu délimitées (voir fig 10.1 et 10.2).

Définition 10.1: Verre

Une verre est un matériau amorphe qui présente le phénomène de transition vitreuse. Au contraire de la transition liquide-solide qui se produit de façon brutale à une température donnée, la transition de vitreuse est continue, progressive. Le verre devient progressivement une pâte, d'autant moins visqueuse que la température est élevée. Pour souligner cette différence, on parle de vitrification de la pâte de verre, et non de solidification. La température de transition varie fortement avec la composition du verre (plus de 1000°C pour la silice vitreuse, moins de 40°C pour le sélénium amorphe), le verre se présente à l'état vitreux.

Définition 10.2: Verre organique, verre minéral

On distingue les verres *organiques* des verres *minéraux*. Les verres minéraux se trouvent à l'état naturel, ils sont constitués de silice (présente dans le sable). Les verres *organiques* sont constitués d'un polymère thermodurcissable (plastique), voir [ici](#).

Les verres organiques possèdent de meilleures propriétés optiques que les verres minéraux, ils sont légers et résistants à la casse. En revanche ils protègent peu des rayons UV, et sont plus sensibles aux rayures.

1.2 Mode d'obtention, coloration

Pour obtenir un verre de silice, on chauffe à 1500°C un mélange de sable, de carbonate de sodium (chaux) et de calcaire. La silice contenue dans le sable passe alors à d'un état solide cristallin à l'état liquide. Vers 700°C, on met en forme la pâte de verre. Ensuite, un refroidissement rapide permet de conserver le désordre microscopique de la silice à température ambiante, la recristallisation étant un processus lent. On obtient alors un verre!

On peut rajouter au sable :

- Des *fondants* qui perturbent la structure microscopique de la silice pour conserver l'état amorphe, et qui abaissent la température de fusion de la silice cristalline.
- Des *additifs* capables de colorer le verre. Ce sont souvent des oxydes métalliques : les oxydes de chrome et de fer donnent du vert, les oxydes de cobalt du bleu etc...



FIGURE 10.4: L'ajout d'additifs permet de colorer la pâte de verre chaude.

Crédits photo : Petr Kratochvil



FIGURE 10.5: La connaissance des additifs de verrerie permet d'obtenir les couleurs chatoyantes des vitraux. Plus de renseignements [ici](#).

Crédits photo : Bernard Gagnon (Mosquée Nasir-ol-Molk (Mosquée rose), Chiraz, Iran)

Le verre peut être refondu pour recyclage, on économise alors de l'énergie par rapport à la fabrication, car on ne monte plus alors qu'à 1000°C.

2 Les céramiques

2.1 Présentation

Définition 10.3: Céramique

Les céramiques sont des matériaux *non métalliques et non organiques* obtenus par l'action de fortes températures. Ce sont ces fortes températures qui induisent, au cœur de la matière première, une transformation irréversible qui confère à la céramique produite, des propriétés nouvelles : solidité et résistance à l'usure, résistance à la chaleur, propriétés isolantes, etc. On distingue les céramiques traditionnelles des céramiques techniques

- La *céramique technique* est une branche de la céramiques qui traite des applications industrielles.
- La *céramique traditionnelle* concerne les créations artisanales (poterie) et artistiques (carrelages des palais, sculpture etc...)

2.2 Mode d'obtention, coloration

Les céramiques peuvent être réalisées avec les mêmes matières premières que les verres, mais s'en distinguent dans le mode de fabrication. La mise en forme des céramiques se fait cependant à froid, avant l'étape de chauffage. Le chauffage est aussi moins poussé car il ne requiert pas le passage à total du matériau à l'état liquide : ce sont les granules de matière, en contact les uns avec les autres, qui s'agglomèrent après des réactions de surface.

Pour réaliser des céramiques, on effritte le matériau jusqu'à la finesse souhaitée dans l'objet final. On forme ensuite une pâte pour le modeler, puis on fait cuire (voir figure 10.8), ce qui lie les grains entre eux de façon irréversible. Cette agglomération se fait par le biais de réactions de surface entre les amas, qui se produisent en dessous de leur température de fusion. (Pour en savoir plus *C'est Pas Sorcier* !)

Plusieurs procédés permettent de colorer les céramiques :

- On peut les peindre avant cuisson, à l'aide d'une peinture résistante à la chaleur.
- On peut utiliser un pigment céramique, qui colore la céramique en surface.



FIGURE 10.6: Céramiques d'art : bol d'argile imitant le végétal, par Barry Guppy



FIGURE 10.7: Céramiques techniques utilisées dans l'industrie des roulements. Crédits photo : David W. Richerson and Douglas W. Freitag; Oak Ridge National Lab.

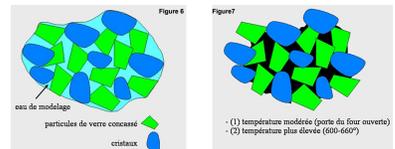


FIGURE 10.8: Le frittage (cuisson) d'une céramique, permet d'agglomérer des amas pour former un tout.

Crédits photo : Cours "Les céramiques" de J. Dejou 2009-2010

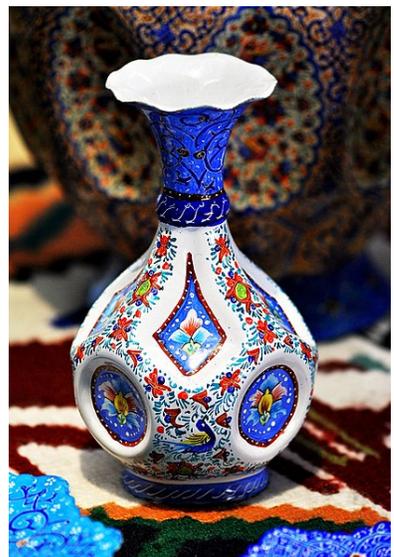


FIGURE 10.9: L'émail remplit une fonction pratique et esthétique : d'une part il étanchéifie l'argile poreuse, d'autre part il la décolore.

Crédits photo : Reza Hajipour (Vase iranien)

- On peut émailler la céramique, c'est à dire y déposer une poudre qui se vitrifie lors de la cuisson. La couche de verre colorée qui se forme permet de surcroît d'étanchéifier le matériau, sinon poreux (voir figure 10.9).

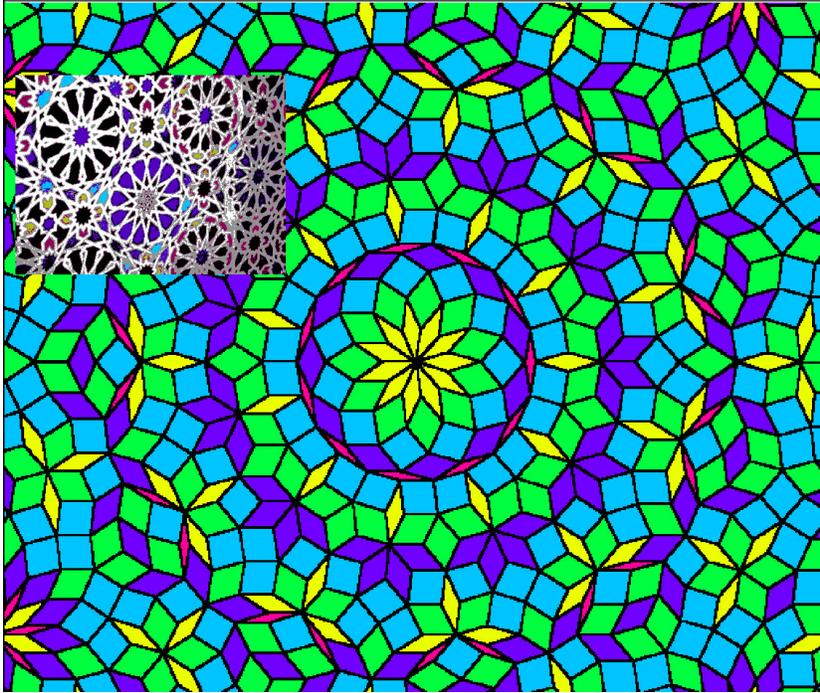


FIGURE 10.10: Concluons ce chapitre avec un fait amusant : les mosaïques islamiques du palais de l'Alhambra en Espagne (Dans le coin) construit $XII^{\text{ème}}$ siècle, présentent un motif similaire à l'agencement des atomes dans les... quasi-cristaux (Dans le fond), à l'origine du Prix Nobel de Chimie en 2011! L'ingéniosité des céramistes maures rivalise avec le génie des plus grands physiciens des solides!

À la fin de ce chapitre, je sais faire (extrait du B.O.) :

- Citer le principal constituant du verre minéral et préciser le sens du mot « amorphe » par opposition à « cristallin ».
- Distinguer verre minéral et « verre organique ».
- Expliquer l'intérêt de l'utilisation d'un fondant.
- Citer des techniques d'obtention des verres colorés.
- Définir céramique traditionnelle et céramique technique.
- Citer des techniques de coloration des céramiques.
- (Activités) Extraire et exploiter des informations sur l'obtention et les propriétés des verres et des céramiques.