

Corrigé

I- Activité documentaire.

D'après Hachette PS 2011 et Nathan Spé PC 2012.

Voici quelques pistes de réflexion sur des matières très connues, mais finalement assez méconnues !

« Le verre est une matière transparente, dure et cassante.

Comment fabrique-t-on le verre ? Quelle est sa structure microscopique ? »

« Traditionnellement, une céramique est un objet fabriqué à partir de terre cuite. Mais, au cours du XXème siècle, des céramiques « techniques » sont apparues.

Que sont les céramiques aujourd'hui ? Quelles sont leurs propriétés ? »

- ➡ Etudier les 4 documents suivants et répondre aux questions posées à la suite de chacun. Une question suivie d'une arobase @ nécessite éventuellement une recherche internet pour pouvoir y répondre.

II- Questions.

1) Le verre.

- 1.1 Qu'est-ce qu'un fondant ? Quel est son rôle dans la fabrication d'un verre ? @
- 1.2 Qu'appelle-t-on état vitreux ?
- 1.3 Quelle différence fondamentale existe-t-il entre un matériau amorphe et un matériau cristallin ?
- 1.4 A partir des structures de la silice, justifier le caractère amorphe du verre.
- 1.5 Pourquoi le verre est-il qualifié de liquide figé ?
- 1.6 Le verre cristal est-il un solide cristallin ? Quel est son usage ? @
- 1.7 Quel est l'usage des verres sodocalciques et borosilicatés ? @
Citer le nom d'un verre borosilicaté très connu.
- 1.8 Que sont la fibroscopie et l'endoscopie ? @

2) Les céramiques.

- 2.1 Rechercher la signification des termes irréversible, plasticité, frittage, ductile, faïence, bouclier thermique. @
- 2.2 Quels sont les principaux avantages et inconvénients des céramiques ?
- 2.3 Quel est le « matériau » de base des céramiques domestiques utilisées, notamment en poterie ?
Quels matériaux sont utilisés pour les céramiques techniques ?
- 2.4 Les céramiques sont-elles des matériaux à structure amorphe ou cristalline ?
- 2.5 Quels types de liaisons existent dans les céramiques ?
- 2.6 Quel est l'avantage d'une vitrocéramique par rapport à une céramique classique ?

III- Documents.

Doc 1 : le verre, matériau solide ou liquide figé ?

Le verre est une matière transparente, dure et cassante.

Comment fabrique-t-on le verre ? Quelle est sa structure microscopique ?

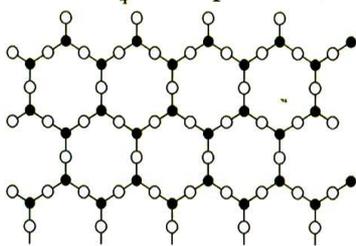
État vitreux

Un verre est formé à partir de silice SiO_2 à laquelle le verrier ajoute, entre autres, des *fondants* (comme l'oxyde de sodium Na_2O) et des stabilisants (comme l'oxyde de calcium CaO). Le mélange est chauffé jusqu'à obtenir une pâte de verre que le verrier peut façonner par soufflage avant que sa température diminue.

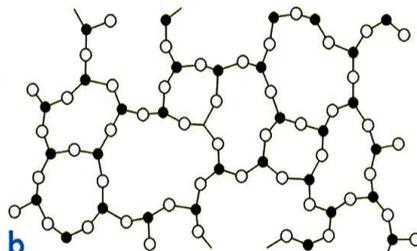
Lors du refroidissement, la pâte de verre devient de plus en plus visqueuse, puis se solidifie dans un état appelé état vitreux.

Structure microscopique de l'état vitreux

D'un point de vue microscopique, un verre est un réseau tridimensionnel, dans lequel chaque atome de silicium Si est lié à quatre atomes d'oxygène O. Le tétraèdre SiO_4 constitue une « brique » de l'édifice final. Les schémas ci-dessous montrent, respectivement, les représentations schématiques bidimensionnelles simplifiées de la silice cristalline et de la silice vitreuse (verre). Seules trois des quatre liaisons des tétraèdres SiO_4 sont représentées.



a



b

■ Silice cristalline (a) et silice vitreuse (b)

● : Atome de silicium

○ : Atome d'oxygène

Dans un solide cristallin, les atomes sont organisés selon une structure régulière à grande distance : cet agencement est responsable, entre autres, de sa solidité. Mais, dans un verre, les atomes sont positionnés sans ordre particulier : le verre est un matériau *amorphe*. Dans un liquide, les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres sans se disperser : l'état liquide est un état *condensé*, mais *désordonné* de la matière.

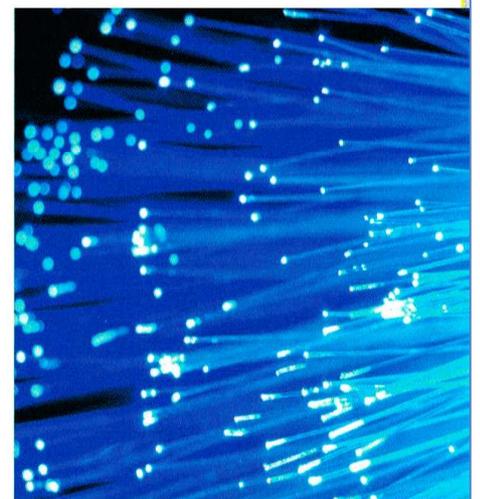
À haute température, les constituants du verre ont une énergie suffisamment importante pour pouvoir se déplacer les uns par rapport aux autres. Le verre fondu est donc dans un état désordonné proche de l'état liquide. Si on abaisse rapidement la température, les constituants du verre se déplacent de moins en moins facilement. Le verre fondu devient de plus en plus visqueux et se fige finalement dans un état désordonné : l'état vitreux. Cette parenté de structure entre liquide et verre permet d'assimiler un verre à un *liquide figé*.



■ Pâte de verre

L'avenir du verre est dans ses fibres

Les fibres optiques sont constituées de fils de verre très fins, obtenus par étirage de verre fondu. Elles ont la propriété de conduire la lumière et sont utilisées dans le domaine médical (*fibroscopie* et *endoscopie*) ou pour le transfert d'informations à haut débit (données informatiques, télévision, téléphone, etc.).



■ Fibres optiques.

Doc 2 : les différents types de verre.



Avec le verre ordinaire, selon le procédé de fabrication, on obtient des vitres (verre plat) ou des récipients (soufflage du verre). En le filant, on obtient des fibres utilisées dans l'isolation, les textiles incombustibles, les plastiques armés et les fibres optiques.



Le nom « Pyrex® » est une marque d'une qualité de verre pouvant être cafetières, « Cristal » est le nom commercial d'un verre de qualité.



Le nom « Pyrex® » est une marque d'une qualité de verre chauffé (plats allant au four, récipients pour la chimie ...).



Composition de quelques verres :

Nom des composants	Formule	Verre ordinaire	Verre « Pyrex »	« Cristal »
silice ou oxyde de silicium	SiO ₂	68 à 74 %	80 %	55 %
alumine ou oxyde d'aluminium	Al ₂ O ₃	0,3 à 3 %	2 %	
oxyde de sodium	Na ₂ O	12 à 16 %	4 %	
oxyde de potassium	K ₂ O	0 à 1 %	0,6 %	14 %
chaux ou oxyde de calcium	CaO	7 à 14 %	0,3 %	
magnésie ou oxyde de magnésium	MgO	0 à 4,5 %	0,3 %	
oxyde de bore	B ₂ O ₃		12 %	
oxyde de plomb	PbO			30 %

Doc 3 : les céramiques traditionnelles et techniques.



Qu'est-ce qu'une argile ? On nomme communément argiles toutes les roches constituées par des éléments très fins (plus fins que le sable) et qui présentent une plasticité à l'état humide. En fait, il y a plusieurs sortes de matériaux argileux, mais ils sont tous composés de silicates hydratés d'aluminium et parfois de magnésium ou de fer. Les



silicates contiennent des ions SiO₄²⁻ dérivés de la silice.

Le kaolin est une argile de couleur blanche. Le feldspath est une variété de silicate et le quartz, une variété de silice (SiO₂).



couleur blanche. silicate et le quartz,



Composition de quelques céramiques traditionnelles :

Matériaux céramiques	Matières premières	Utilisations
terre cuite	marnes et argiles	tuiles, briques ...
faïences	argiles siliceuses	vaisselles, carreaux
porcelaines	argiles, kaolins, feldspath, quartz ...	vaisselles de table, isolateur électrique
grès	argiles grésantes, kaolin ...	carreaux de dallage, instruments de chimie, poteries utilitaires et décoratives
céramique sanitaire	argiles et silice pour l'émail : argiles, kaolin, feldspath, silice	éviers, lavabos, cuvettes de WC, baignoires ...

Les céramiques techniques n'utilisent que très peu les substances minérales naturelles. Leur fabrication se fait à partir de matières premières élaborées par la chimie. Ce sont des oxydes métalliques qui prédominent, en particulier ceux de l'aluminium, du silicium, du baryum, du titane et du zirconium.



Doc 4 : Les céramiques, matériaux amorphes ou organisés ?

Traditionnellement, une céramique est un objet fabriqué à partir de terre cuite. Mais, au cours du xx^e siècle, des céramiques « techniques » sont apparues. **Que sont les céramiques aujourd'hui ? Quelles sont leurs propriétés ?**

Les poteries en céramique

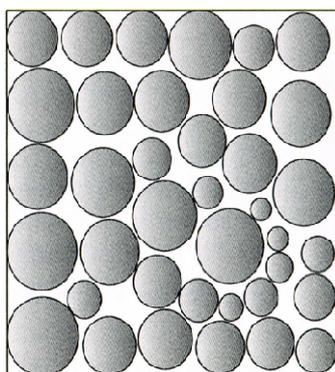


Pour fabriquer une poterie en céramique, de la terre argileuse est broyée, humidifiée, mise en forme par des techniques diverses comme le modelage, le colombin, le tournage, etc., puis placée dans un four à haute température.

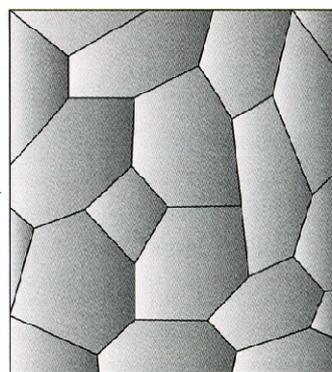
Sous l'effet de la chaleur, des transformations *irréversibles* se produisent dans le matériau : il perd de sa *plasticité* et ne peut plus se réhydrater.

Microstructure et propriétés des céramiques

Actuellement, on appelle céramique tout matériau solide ne présentant pas de caractère organique ou métallique.



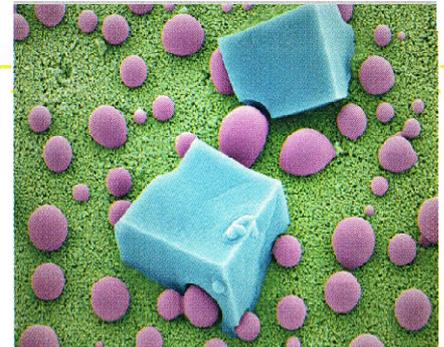
Frittage



Frittage d'une poudre.

On distingue deux types de céramiques :

- les **céramiques ioniques** : alumine (Al_2O_3), oxyde de titane (TiO_2), oxyde de zirconium (ZrO_2). Leur cohésion est due aux interactions entre les ions ;
- les **céramiques covalentes** : diamant (C), carbure de silicium (SiC), nitrure de bore (BN). Leur cohésion est due aux liaisons covalentes entre atomes voisins. Certaines céramiques sont fabriquées par *frittage* de poudres sèches à haute température. Au cours d'un frittage, les grains sont fortement liés les uns aux autres. Chaque grain est un monocristal, plus ou moins parfait, accolé à ses voisins. Les céramiques ont ainsi une structure polycristalline. Les céramiques sont résistantes à l'usure et ont une dureté élevée. En revanche, elles sont fragiles, non *ductiles* et présentent une grande sensibilité aux chocs thermiques.



Croissance de silice sur alumine Al_2O_3 frittée.

Les céramiques techniques

Les vitrocéramiques sont des céramiques techniques obtenues par un traitement thermique de verres amorphes, qui provoque la formation de microcristaux dispersés dans une phase vitreuse. Cette structure

particulière améliore la résistance aux chocs thermiques, et permet leur utilisation, par exemple, comme plaque de cuisson.



Les céramiques techniques englobent une vaste gamme de matériaux dans de nombreux domaines :

- habitat : *faïence*, carrelage ;
- biomédical : couronne dentaire, prothèse ;
- aéronautique, spatial : volet de tuyère, *bouclier thermique* ;
- militaire : blindage de tanks et d'hélicoptères, etc.



1) Le verre.

- 1.1 Un fondant est un oxyde alcalin : oxyde de sodium Na_2O , oxyde de potassium K_2O , oxyde de magnésium MgO , etc. Il est mélangé à la silice pour en abaisser sa température de fusion.
- 1.2 L'état vitreux caractérise un état de la matière dans lequel ses constituants sont figés dans une structure ne présentant pas d'organisation spatiale régulière.
- 1.3 Un matériau cristallin est caractérisé par une structure spatiale régulière et organisée de ses constituants, alors qu'un matériau amorphe ne présente pas de structure organisée à grande échelle.
- 1.4 Le schéma de la silice vitreuse (b) montre une organisation spatiale irrégulière des atomes d'oxygène et de silicium, ce qui justifie le caractère amorphe du verre.
- 1.5 La structure du verre est la même que celle d'un liquide puisque ses constituants sont dans un état désordonné. Mais, comme ces constituants sont figés les uns par rapport aux autres, on peut considérer le verre comme un liquide figé.
- 1.6 Le cristal n'est pas un solide cristallin. C'est un verre, donc sa structure est amorphe. Il est riche en plomb, sous forme d'oxyde de plomb PbO . Le nom de cristal ne peut être utilisé que si la teneur en oxyde de plomb est supérieure à 24 % en masse. L'oxyde de plomb abaisse la température de fusion de la silice (rôle de fondant) et stabilise la composition du verre (rôle de stabilisant). Le verre est alors plus facile à travailler et à tailler. Le verre cristal est limpide, très sonore, très résistant à la dévitrification. Il est utilisé en gobeletterie et en verrerie d'art.

Complément : Avec une teneur en plomb plus élevée (au moins 60 % en masse), on obtient un verre très dense utilisé en vitrage de protection des rayons X (radiologie, par exemple).

- 1.7 Les verres sodocalciques contiennent de la silice ($\approx 70\%$), de la soude (oxydes de sodium en fait) ($\approx 11\%$) et de la chaux (oxydes de calcium) ($\approx 10\%$). Ce sont des verres courants, de grande stabilité chimique, mais sensibles aux chocs thermiques. Ils sont utilisés pour la fabrication des bouteilles, des plats, des ampoules électriques, etc.

Les verres borosilicatés contiennent de la silice ($\approx 80\%$), de l'oxyde de bore B_2O_3 ($\approx 12\%$), de la soude ($\approx 4\%$), de l'alumine ($\approx 2\%$). Ces verres présentent une grande stabilité chimique et une grande résistance à la chaleur. Ils sont utilisés pour l'isolation thermique (fibres de verre) et pour le stockage de déchets radioactifs.

Le verre Pyrex[®] est un exemple de verre borosilicaté.

- 1.8 L'endoscopie est une méthode d'exploration médicale et industrielle permettant de visualiser l'intérieur de conduits ou de cavités inaccessibles à l'œil. Un endoscope est constitué d'un tube flexible, d'un système d'éclairage et d'une caméra placés à l'extrémité.

La fibroscopie est une endoscopie dont le tube flexible est constitué de fibres optiques.

2) Les céramiques.

- 2.1 **Irréversible** : qualifie un phénomène qui ne se déroule que dans un seul sens, sur lequel on ne peut pas revenir.
- Plasticité** : caractère de ce qui est plastique, qui peut être modelé.
- Frittage** : fabrication de céramiques consistant à chauffer une poudre sans atteindre la fusion. Sous l'effet de la chaleur, les grains se soudent, ce qui assure la cohésion de la céramique.
- Ductile** : qui peut être étiré sans se rompre.
- Faïence** : poterie à base d'argile, recouverte d'émail ou de vernis.
- Bouclier thermique** : dispositif destiné à protéger un engin contre l'échauffement cinétique (en astronautique). Ils permettent de protéger les engins spatiaux des températures très élevées atteintes par frottement avec l'atmosphère, lorsque l'engin est entouré par un plasma.
- 2.2 Les avantages des céramiques sont la résistance à l'usure et la dureté élevée. Les inconvénients sont la fragilité (matériau cassant), la non-ductilité et la sensibilité aux chocs thermiques.
- 2.3 Le matériau de base des céramiques domestiques est l'argile (exemple : le kaolin). Les céramiques techniques sont obtenues à partir d'oxydes (oxyde d'aluminium, oxyde de zirconium, etc.) ou de non-oxydes (carbure de titane, carbure de tungstène, nitrure de bore, nitrure d'aluminium, nitrure de silicium, etc.).
- 2.4 Les céramiques sont des matériaux à structure cristalline, plus exactement polycristalline.
- 2.5 Les liaisons dans les céramiques, sont soit ioniques, soit covalentes.
- 2.6 Une vitrocéramique est particulièrement résistante aux chocs thermiques, ce qui n'est pas le cas des céramiques classiques.