

Séance 1 (environ 1h) : découverte d'un matériau aux multiples usages

Volet de l'exposition principalement concerné : « Le verre dans tous ses états » (Accustica Reims)

1^{ère} phase : nature et variété du verre

Questions :

L'exposition se focalise sur un matériau : le verre.

À partir des informations données dans la première série de panneaux pédagogiques, faites une présentation orale permettant de répondre aux questions suivantes (chaque élève ou groupe d'élèves prend en charge une question) :

1) Qu'est-ce que le verre ? Comment le définir ?

Panneaux « qu'est-ce qu'un verre ? », « le verre, une histoire de recette » et « un verre, des verres »

2) Pourquoi parler de « verres » au pluriel plutôt que du « verre » au singulier ? Quel est malgré tout le point commun de tous les verres ?

Panneau « Un verre, des verres »

3) Quelles sont les deux manières de distinguer le verre et le cristal (d'un point de vue chimique et au sein des types de verre) ?

Panneau « Un verre, des verres »

4) Selon vous, le verre existe-t-il à l'état naturel ou est-il seulement un matériau qui est produit artificiellement par l'homme ?

Panneau « origine, création et premiers verres »

5) Quels sont les différents types de fabrication du verre ?

Panneau « des techniques en évolution »

Éléments de réponse :

1) Qu'est-ce que le verre ?

Au sens courant du terme, le verre est considéré comme un matériau dur, cassant et transparent.

Il est le plus souvent **produit à partir d'un composant du sable, la Silice (dioxyde de silicium - SiO₂), de fondants** (comme la soude ou la potasse) **et de stabilisants** (comme la chaux).

- **Les fondants** permettent d'**abaisser la température de fusion d'un matériau**. En effet, la température de fusion de la silice est de 1720 degrés, alors qu'un feu de bois permet d'atteindre seulement 600 degrés ! L'utilisation de soude ou de potasse permet d'atteindre une température de fusion de 1000 degrés environ. Pendant longtemps, les fondants provenaient de cendres de végétaux et notamment de cendre de fougères. Des avancées significatives ont été permises en matière de fusion au XV^{ème} siècle grâce à l'apparition de fours plus puissants et de l'utilisation de matériaux réfractaires.

- Les stabilisants permettent de rendre le verre plus résistant, notamment à l'eau.

Les composants du verre sont chauffés à haute température, ils passent à l'état liquide et du fait d'un refroidissement très rapide et de la viscosité du mélange, le liquide n'a pas le temps de cristalliser et devient ce que l'on appelle du verre (phénomène de la « transition vitreuse »). Souvent, on procède à une recuisson du verre (autour de 600 degrés) pour éviter les effets des tensions internes liées aux différences de refroidissement du verre.

De façon plus générale, ce qui définit le verre, c'est que c'est un matériau dit « amorphe » ou « non cristallin » : sa structure atomique est désordonnée/irrégulière (par opposition à un cristal comme le quartz). Les scientifiques désignent de verre tout matériau de structure atomique désordonnée qui résulte du phénomène de transition vitreuse (refroidissement d'un mélange qui ne laisse pas la possibilité d'une cristallisation).

Remarque : il y a des verres qui ne sont pas transparents mais opaques (ex : obsidienne), des verres qui ne sont pas très durs (ex : verres organiques), et à l'inverse certains matériaux sont transparents et très durs (comme le quartz) mais ne rentrent pas dans la catégorie des verres (ce sont des cristaux ou des céramiques).

2) Pourquoi faut-il parler de « verres » au pluriel ?

Il faut parler de « verres » au pluriel car le verre existe sous des formes multiples et différentes qui évoluent au fil du temps : chaque type de verre se caractérise par sa composition, la proportion de ses composants, ses propriétés (adaptées à différents usages) et sa technique de fabrication. Un verre est nommé en fonction de son composant principal et de son fondant.

Exemples de catégories de verre :

- Les verres sodo-calciques

Le type de verre le plus courant, déjà connu dans l'Antiquité.

Usages : vitrages, bouteilles, bocaux...

Composition : Silice, soude et chaux.

Propriétés

- Peut s'utiliser jusqu'à environ 80-90 °C
- Bonne stabilité chimique mais sensible aux chocs thermiques
- Bon isolant électrique
- Transparent

- Les verres borosilicates

Le verre borosilicate est couramment utilisé pour des applications en chimie et en ingénierie. Le plus connu est le Pyrex (1915). On en fait des ustensiles de laboratoire et de cuisine (résistance à la chaleur et aux agents chimiques). Il sert aussi pour l'isolation (fibres de verre) et le stockage de déchets radioactifs.

Composition : Silice-SiO₂ + Anhydride borique-B₂O₃ + Soude-NaO₂ (4%) + Alumine-Al₂O₃ (3%)

Propriétés

- Résistance aux chocs thermiques supérieures à celles du verre sodo-calcique.
- Excellente résistance chimique
- Faible coefficient de dilatation thermique
- Disponible sous de nombreuses formes et en différentes tailles (tiges, tubes, plaques, composants usinés ou formés à chaud).



- **Les verres aluminosilicates**

Le verre aluminosilicate est un type de verre peu connu utilisé en raison de sa température de service élevée et de sa bonne résistance aux chocs thermiques. Il est proposé sous forme de plaque et de tube.

Propriétés

- Température de service maximale supérieure à celle du verre borosilicate
- Bonne résistance aux chocs thermiques
- Doit être utilisé avec un écran en mica car faible résistance chimique.



- **Les verres de silice**

Le verre de silice est un verre de haute pureté (99,9999 %) fabriqué selon des procédés synthétiques. On l'utilise pour la fabrication de tubes de lampe à halogène, des éléments d'optique et des miroirs de télescope. Le verre de silice possède des niveaux de transmission élevés jusqu'à une longueur d'ondes d'environ 190 nm, ce qui le rend adapté aux stérilisations par UV.

Propriétés

- Propriétés thermiques remarquables
- Excellente transmission optique (grande transparence)
- Excellente résistance à l'usure
- Bonnes propriétés électriques
- Bonne résistance à la corrosion

- **Les verres optiques ou verres de chalcogénures**

Le verre optique est un terme qui fait généralement référence à un groupe de matériaux en verre possédant des qualités optiques supérieures à celles des verres sodo-calciq et borosilicate. Le verre optique est particulièrement adapté à la fabrication de composants optiques tels que les lentilles de précision.

- **Les verres au plomb ou cristal**

On l'appelle cristal si la teneur en oxyde de plomb est supérieure à 24 %. Il sert en gobeletterie et en verrerie d'art, pour les téléviseurs et en électronique. Le cristal est limpide, très sonore, très résistant à la dévitrification. En élevant la teneur en plomb (60%), on obtient un verre dense utilisé pour la protection des rayons X. Le verre contient du plomb s'il noircit lorsqu'on le chauffe au chalumeau.

Exemple de composition : Silice-SiO₂ (62%) + Oxyde de plomb-PbO (21%) + Potasse-K₂O (7%)

Propriétés

- Excellente protection contre les rayons X
- Transparence permettant l'observation
- Bonnes caractéristiques électriques
- Température de soudure basse - évite les dégradations des composants électroniques



- **Les vitrocéramiques**

Ce sont des dérivés du verre dont la fabrication est basée sur le principe de dévitrification. Ils sont notamment utilisés en verrerie culinaire résistante au feu (plaques de cuisson). On les utilise aussi pour fabriquer des miroirs de télescope géant d'environ deux mètres de diamètre.

Exemple de composition : Silice-SiO₂ (75%) + Alumine-Al₂O₃ (15%) + Sel de titane (5%) + oxyde de lithium-Li₂O (3%)

Propriétés

- Grande résistance à la rupture
- Très résistants aux chocs thermiques



3) Différences entre le verre et le cristal :

- D'un point de vue chimique, le verre et le cristal sont deux matières différentes : le verre présente une structure atomique désordonnée, contrairement au cristal qui possède une structure atomique ordonnée.
- Dans les arts verriers, on appelle « cristal » un certain type de verre, celui qui est composé avec au moins 24 % de plomb, composant qui lui donne un éclat, une transparence et une sonorité particuliers.

4) Le verre existe-t-il à l'état naturel ?

Exister à l'état naturel : exister par soi-même, sans être le produit d'une activité humaine, volontaire et réfléchie.

Exister de manière artificielle : être le produit d'une activité humaine, volontaire et réfléchie.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le verre existe à l'état naturel, produit par des algues unicellulaires de la famille des diatomées. Celles-ci se protègent par une coque de verre à partir des silicates présents dans l'eau de mer, sans température ni pression élevée. <https://youtube/Mw-aeVsj230>

Le verre existe également sous forme de matériau volcanique (obsidienne).



5) Quelles sont les différents types de fabrication du verre ?

- Verre coulé sur un noyau de sable (Antiquité)
- Verre **coulé dans un moule** (1691)
- Verre **soufflé à la canne** (1^{er} siècle av. J.-C.)
- Verre **flotté** (*float glass*) (fabrication du verre plat par écoulement de matière sur un bain d'étain en fusion)

Compléments : pressage, laminage, étirage, centrifugation.

2^{ème} phase : les différents usages du verre

Questions :

1) A quand remonte les premiers usages du verre ? Quelles étaient ces premiers usages du verre ? Quelle évolution technique a permis, à partir du XVI^{ème} siècle, une production de verre à grande échelle ?

2) Quelles sont les différents usages du verre aujourd'hui ?

3) Comment le verre est-il utilisé dans ce que l'on appelle les arts verriers ?

Éléments de réponse :

1) Les premiers usages du verre :

Les **premiers usages** du verre datent **d'il y a plus de 100 000 ans** : on utilise et on transforme le verre d'origine volcanique (obsidienne). Plusieurs usages :

- Usages utilitaires : outils, miroirs, vases
- fonction esthétique (bijoux)
- fonction magique/religieuse.

Le verre est **fabriqué par les hommes** à la **fin du 3^{ème} millénaire av. J.-C. en Mésopotamie, Égypte et Syrie**. Le verre a alors essentiellement une fonction esthétique et décoratives (bijoux, statuettes, éléments de décor).

Histoire du verre : <https://madparis.fr/chronologie-du-verre>

L'innovation technique qui a permis une production de verre à plus grande échelle est **l'amélioration des fours au XV^{ème} siècle** et l'utilisation de matériaux réfractaires.

2) Les différents types d'usages du verre aujourd'hui.

▪ En architecture (extérieure et intérieure).

- **Surface vitrée des fenêtres** (à partir du XVII^{ème} siècle surtout) : le verre est utile pour sa transparence et sa légèreté, pour la chaleur qu'il permet d'emmagasiner (effet de serre), pour ses propriétés isolantes (quand on intercale un gaz comme l'argon entre plusieurs feuilles de verre) ; certains verres sont désormais hydrophobes, autonettoyants, chauffants, acoustiques, lumineux... Le verre peut contribuer à un effet esthétique (jeux de lumière, vitraux).
- Verre utilisé pour **renforcer le ciment par des fibres** ou pour **isoler** (fibres de verre, laine de verre).
- Verre utilisé comme **composant d'éléments d'un bâtiment** (poutres, escaliers).

▪ Dans la communication

- **Fibres de verre** (souples, transparentes, capables de transmettre la lumière) utilisées pour diffuser une information. Exemple : en endoscopie.
- **Fibres optiques** : pour transmettre des impulsions lumineuses porteuses de données.

▪ En médecine : verres bioactifs qui font partie des biomatériaux

Le verre est utilisé pour **favoriser la repousse osseuse** : en se dégradant au contact des fluides corporels, il donne lieu à la production d'une couche minérale (alternative aux substituts osseux).

▪ Dans le domaine de la vision

- **Verres de vision, minéraux et désormais organiques** : plus légers, plus confortables et intégrant différentes fonctions selon les couches (durcissante, antireflet, antisalissure, anti-lumière bleue...)
- **Miroir** : plaque de verre recouverte au départ d'un mélange de mercure et d'étain et aujourd'hui d'un métal réfléchissant la lumière.
- **Lentilles d'instruments d'observation** (téléscope, microscope).

- **Dans le domaine du traitement des déchets**

La vitrification permet d'obtenir du verre à partir de la fusion de déchets toxiques comme les REFIOM (Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères : cendres, boues, amiante, laine de verre, métaux lourds, déchets radioactifs, déchets hospitaliers...

- **Arts verriers**

3) L'usage du verre dans les arts verriers.

Les arts verriers utilisent le verre comme matériau d'une production artistique qui peut chercher à avoir plusieurs effets possibles, notamment la beauté, l'émotion, la délivrance d'un message...

Les arts verriers apparaissent dès l'antiquité et se développent au fil des siècles.

Ils travaillent le verre à chaud ou à froid.

- Sous forme de fines couches (émaux, glaçures, décoration de poterie)
- Comme enduit autour d'un noyau (pour former une statuette)
- Moulé
- Soufflé à la canne, avec ou sans moule
- Sculpté à chaud
- À froid, selon la technique de la pâte de verre : un moule en matériau réfractaire est produit à partir d'un modèle sculpté au préalable (par exemple à la cire perdue). On remplit le moule de verre concassé ou broyé, de couleurs différentes, et l'ensemble est chauffé par paliers à haute température pendant plusieurs heures. Les couleurs se mélangent à la cuisson. La sculpture obtenue est alors retravaillée : nettoyée, sablée, brossée, resculptée, assemblée avec d'autres pièces, gravée, peinte...

3^{ème} phase : approche d'une œuvre d'art en verre

Parmi les différentes sculptures qui sont exposées, choisissez-en une, photographiez-là, donnez-lui un titre et expliquez pourquoi vous l'avez choisie.