

LA TECHNOLOGIE DES MATERIAUX



LE VERRE

18 LE VERRE



LE VERRE

Cycle
central

PRESENTATION

Page 2

Le Verre

Les premiers récipients en verre translucide connus ont été retrouvés en Égypte, dans les tombes de prêtres et de membres de la famille royale et datent du XVI^e siècle av. J.-C. C'était un matériau très précieux.

De nos jours étant donnée l'abondance et la diversité du verre dans notre vie quotidienne, il est difficile de prendre du recul et de prendre conscience du caractère exceptionnel de cette matière qu'est le verre.

Celui-ci sert à faire des récipients pour les aliments et les boissons, ainsi que pour des produits ménagers, de beauté et de santé; des appareils d'éclairage et du matériel scientifique, médical et industriel; des objets pour les activités de loisirs, et des œuvres d'art purement décoratives.

Objectifs

- Étudier l'histoire de ce matériau
- Étudier la méthode de production
- Étudier le recyclage de ce matériau
- Étudier les différentes utilisations
- Étudier la production de ce matériau



LE VERRE

ACTIVITE

Page 3

A

HISTOIRE DU VERRE

- A-1 Parmi les verres naturels quel est le nom du plus connu ?
- A-2 Dans quelle région ont été découverts les premiers objets en verre (perles, statuettes, etc...) et de quelle époque datent-ils ?
- A-3 A quelle époque et comment la fabrication du verre s'est-elle répandue en Occident ?
- A-4 Qui a fondé la compagnie Saint-Gobain et pourquoi ?
- A-5 Quand ont été fabriquées les premières lunettes pour la correction de la vision ?
- A-6 Quel procédé permet de réaliser des glaces de grande dimension ?
- A-7 A quelle époque le verre a-t-il été introduit dans l'architecture ?

B

LA FABRICATION ET RECYCLAGE DU VERRE

- B-1 Quels sont les trois principaux composants du verre ?
- B-2 Quels sont les trois étapes pour le recyclage du verre ?
- B-3 Quel est le nom du produit obtenu par recyclage du verre ?
- B-4 Quelle est la température de fusion du verre ?
- B-5 A quoi sert la soude ?
- B-6 Quel est le pourcentage de silice dans le verre ?

C

A CHAQUE VERRE SON USAGE

- C-1 Quelles sont les différentes propriétés du verre exploitées dans l'industrie ? Citez un exemple pour chaque propriété
- C-2 Quelle est la composition du cristal ?
- C-3 Qu'est-ce que le verre feuilleté ?
- C-4 A quoi sert la fibre optique ?

D

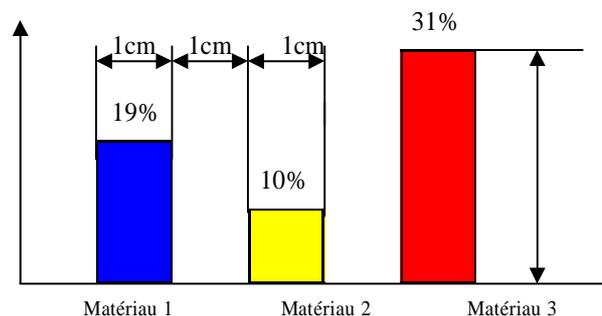
LE VERRE EN CHIFFRES

- D-1 En 2000 combien y avait-il de salariés dans l'industrie du verre ?
- D-2 En 2000 dans quelle spécialité de l'industrie du verre la France est-elle très compétitive ?
- D-3 En 2000 quels étaient les trois principaux produits verriers fabriqués en France ? Indiquez les quantités produites
- D-4 En 2000 quel est le rang mondial de la France pour l'exportation de verre ?
- D-5 Quel est le 1er exportateur mondial de verre ?

E

REPARTITION DES EMBALLAGES

- E-1 Tracez sous forme d'histogramme : la répartition des emballages ménager en France en 2000
Chaque barre de l'histogramme fera 1cm de large, et vous laisserez 1cm entre chaque barre. La hauteur des barres sera de 1mm pour 1%. Voir l'exemple ci-dessous





LE VERRE

HISTOIRE DU VERRE

Page 4



A L'origine des temps

Il existe des verres naturels d'origine météoritique (tectites), en particulier le verre appelé libyque, issu de l'action de la foudre (fulgurites) et surtout d'origine volcanique (obsidienne, basalte). L'obsidienne était travaillée par les civilisations précolombiennes au Pérou pour fabriquer des objets, miroirs, pointes de flèches (2000 avant J.C.).



Pline l'Ancien

L'origine du verre élaboré par l'homme se situe dans la région du Moyen Orient (Phénicie, Assyrie, Mésopotamie, Egypte).

Selon l'histoire de Pline l'Ancien le verre aurait été découvert sur une plage, près de l'embouchure du fleuve Belus. Des caravaniers (Phéniciens) auraient introduit du natre (carbonate de soude, employé pour la conservation des momies) de leur cargaison dans le brasier. Le sable et le natre auraient formé des perles de verre retrouvées, le lendemain, dans les centres du feu.

La découverte du verre est probablement liée à d'autres activités comme la métallurgie (résidus vitrifiés apparaissant lors de l'élaboration des métaux) et la poterie (vitrification des poteries en surface).



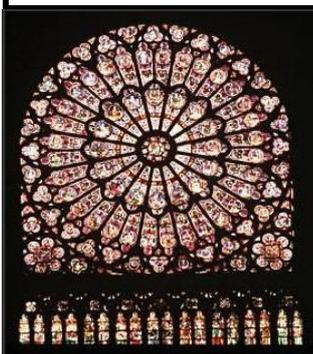
Les premiers objets en verre sont des perles, des colliers ou de petites statuettes en pâte de verre et ils datent environ de 3000 avant J.C. Les plus anciens documents relatifs au verre sont des tablettes mésopotamiennes à écriture cunéiforme qui donnent des recettes de fabrication de verre (7^e siècle avant J.C.) L'invention du verre, vers -1600, fut l'une des plus remarquables réalisations des artisans mésopotamiens. Ce vase provient de Tell al Rimah et date du 15^{ème} siècle avant Jc



50 avant JC Découverte du soufflage. Une masse de verre est prélevée dans le creuset de fusion au bout d'un tube puis on souffle dans le tube pour fabriquer des objets creux

Entre 50 av JC et +50 Les Egyptiens, Syriens, et les Juifs suivent les légions romaines en Grèce, en Italie, en Gaule, en Germanie et répandent la fabrication du verre en Occident

Jusqu'au IX^{ème} siècle, la technique du soufflage est perfectionnée et fournit des vases et des récipients à parois minces et de surfaces polies. Le soufflage est soit libre, soit effectué dans des moules de forme (rond, carré, hexagonal, avec motifs en relief)



Entre le X^{ème} et XI^{ème} siècle le Concile de TRIBUR interdit de mettre des objets dans les tombes, c'est la disparition du mobilier funéraire, en conséquence il ne subsiste presque rien de cette époque.

C'est le début de l'art du vitrail (verre plat coloré)

Le verre devient aussi utilitaire (plats, ustensiles, ...)



LE VERRE

HISTOIRE DU VERRE

Page 5



Au XIII^{ème} siècle fabrication des premières lunettes pour la correction de la vision. C'est aussi l'âge d'or du vitrail coloré (un exemple très connu la cathédrale de Chartres)

L'art verrier s'est développé à Venise, qui, avec son cristallo et ses miroirs domine l'Europe jusqu'au XVI^{ème} siècle. Le savoir-faire verrier se disperse à travers toute l'Europe, au cours de cette période.



Au XVI^{ème} siècle apparition de la bouteille. Peu à peu le verre remplace, sur les fenêtres, le papier huilé, les toiles cirées ou les plaques minces d'albâtre



Au XVII^{ème} siècle début de la perte de suprématie de Venise (après 6 siècles de monopole)

Découverte du verre au plomb en Angleterre par Ravenscroft, appelé «cristal»

Fabrication des premières lentilles pour télescope et microscope

Vers 1680 : apparition du coulage du verre sur table par le Français Louis Lucas de Nehou, de la Manufacture royale des glaces. Ce procédé permet de réaliser des glaces de grandes dimensions.

Cette compagnie, fondée par Colbert en 1665 pour réaliser les glaces du château de Versailles, porte maintenant le nom de Compagnie Saint-Gobain.



A partir du milieu du XVIII^{ème} siècle, les verres de Bohême, plus épais, gravés, taillés et dorés influencent la France. Création de l'industrie des glaces, en France, avec la Glacerie de Saint Gobain. Les miroirs remplacent les tableaux qui étaient traditionnellement au dessus des cheminées

La fabrication du cristal débute en France (Saint-Cloud) puis Saint-Louis (1790), Baccarat (1823), Sèvres (1870). cela entraîne le développement de la verrerie de table, des fioles et bouteilles.



XIX^{ème} siècle découverte de la soude artificielle et son usage pour l'industrie du verre marque la première révolution industrielle de la fabrication du verre

Les verreries se localisent près des sites riches en charbon (Charleroi, en Belgique, Aniche en France, la Ruhr en Allemagne et Pittsburgh aux USA).

Démocratisation de l'usage des récipients de verre

Introduction du verre dans l'architecture (exemple : le Cristal Palace) et son architecture de verre et d'acier



C'est au XX^{ème} siècle qu'elle deviendra une industrie de masse. Ceci à travers la mise en place des fours à feu continu et les progrès réalisés dans l'automatisation de la production. Ils permettront le développement d'une production en grandes séries. Elle ne cessera au cours du siècle d'intégrer les avancées technologiques et en particulier, depuis maintenant plusieurs années, l'informatique.

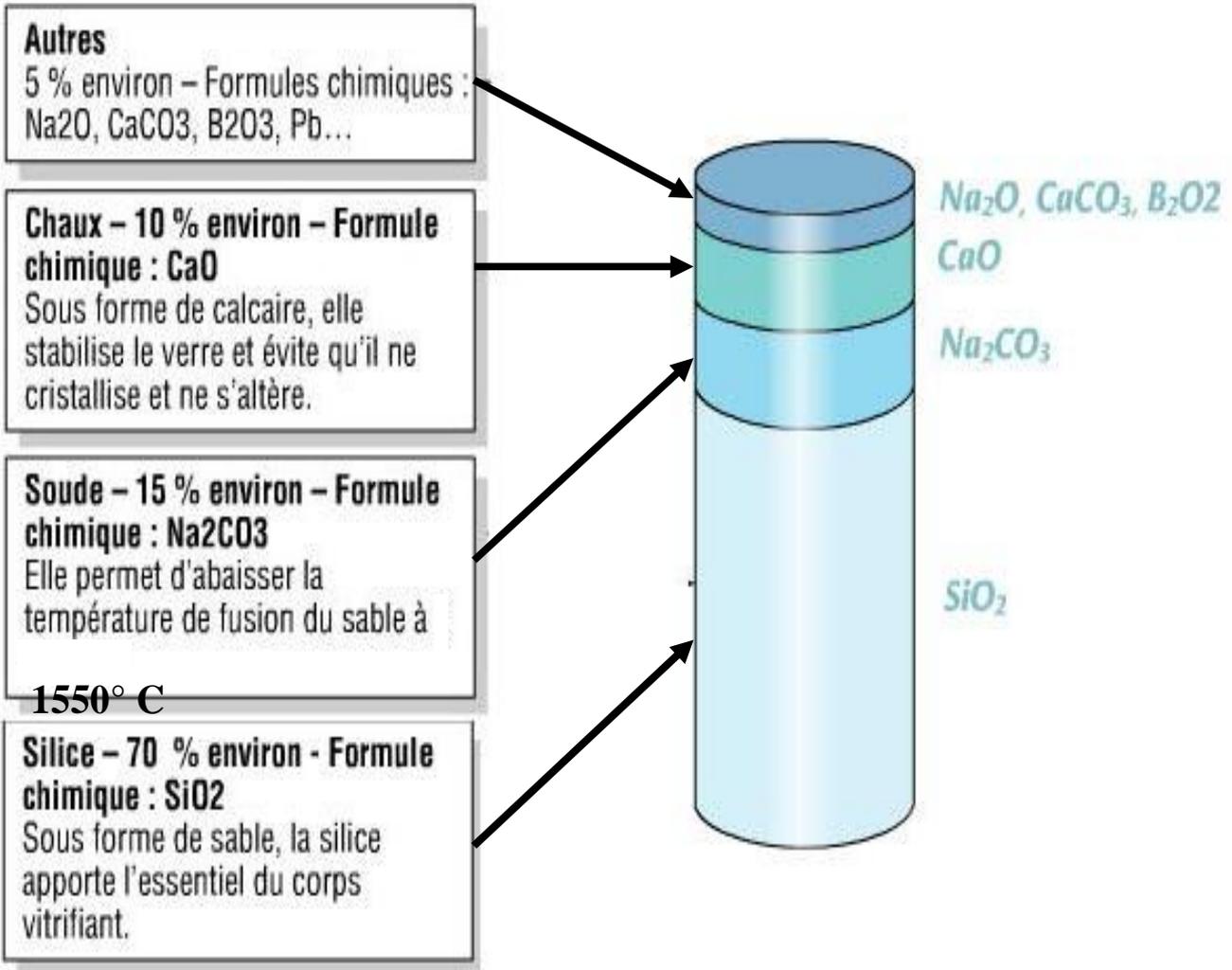


LE VERRE

COMPOSITION DU VERRE

la composition du verre

Le verre se forme naturellement à très haute température, en fondant de la silice. Mais la température de cuisson peut être abaissée et les qualités du verre améliorées en associant au sable des adjuvants.





LE VERRE

LA FABRICATION DE BOUTEILLE EN VERRE

Page
7

1. Stocker et peser

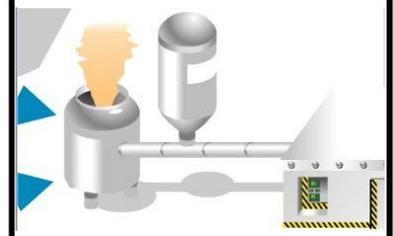
La matière première se compose soit du seul mélange traditionnel, soit est associée à du verre recyclé. Le silo de stockage regroupe et pèse le mélange traditionnel, avant l'incorporation de verre récupéré.

Le verre collecté passe par trois étapes tri automatique puis manuel, lavage et broyage. Ce verre épuré et brisé se nomme calcin. Aujourd'hui, on pourrait produire des bouteilles avec ce seul calcin.



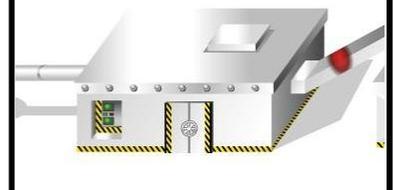
2. Mélanger

Le calcin est ajouté à la silice pour former une nouvelle matière première.



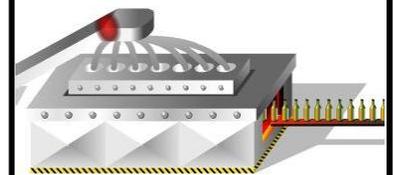
3. Cuire

Le four en briques réfractaires fait fondre le mélange à 1550 °C. Il fonctionne au gaz, au fuel ou à l'électricité. Les tapis roulants nommés *feeders* acheminent le verre fondu.



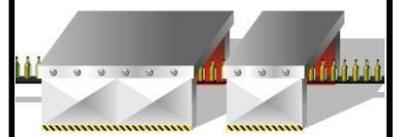
4. Mouler

La machine de fabrication coule la substance liquide dans des moules pour réaliser les bouteilles. Ces dernières subissent ensuite un traitement de surface à chaud pour parfaire la résistance du verre.



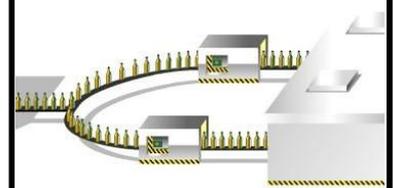
5. Recuire

La 5e étape consiste à recuire les produits réalisés, toujours dans le but d'augmenter la qualité du verre. Suit l'étape du traitement de surface à froid qui consiste à pulvériser de l'air froid ou de l'eau froide.



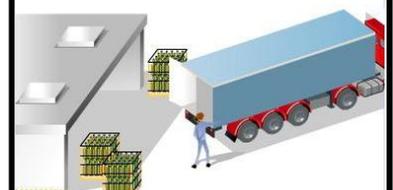
6. Contrôler

La machine de contrôle vérifie la surface, la résistance et donc la qualité des produits.



7. Emballer

La dernière étape consiste à emballer les produits finis, les disposer sur des palettes pour le transport et les faire parvenir aux clients par camions, parfois par voie ferrée.





LE VERRE

A CHAQUE VERRE SON USAGE

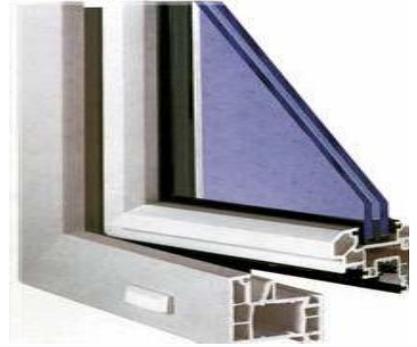
Page 8

Tout l'univers du verre.

Avec l'apparition de nouvelles techniques, le verre se présente sous des aspects très variés : lisse ou travaillé, transparent ou opaque, réfléchissant ou coloré, et surtout résistant à l'environnement extérieur. Ses qualités augmentent et ses usages se diversifient.

1 Isolant thermique.

Les **vitrages isolants** se composent de deux ou plusieurs verres plats séparés par un ou des espaces d'air déshydraté ou de gaz au pouvoir isolant très élevé. Sous forme de laine, la fibre de verre développe des qualités d'isolation phonique et thermique. Autre exemple : laine de verre dans les habitations et notamment sous les toitures.



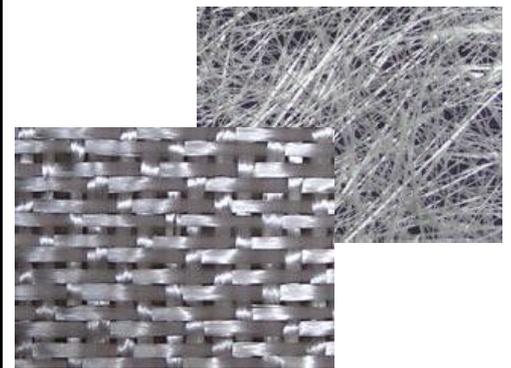
2 Résistance à la chaleur.

L'ajout de borax permet au verre de résister aux températures élevées. On le retrouve dans l'univers de la cuisine, avec notamment les **vitres de four** et les récipients adaptés aux micro-ondes. Sa faible teneur en sodium lui confère aussi une bonne résistance aux produits chimiques. Il peut ainsi être utilisé pour le matériel de laboratoire. Autres exemples : matériel de laboratoire, ustensiles de cuisson.



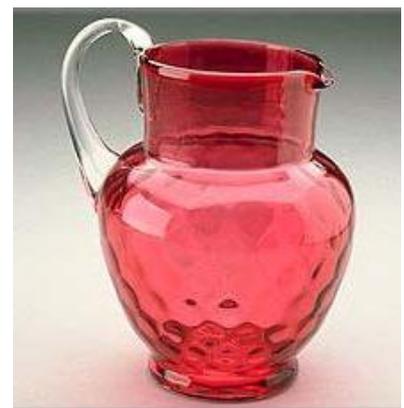
3 Matériau de renforcement.

Une résine organique lie souvent les fils de verre, produits par étirement, pour composer une couche en **fibre de verre** facile d'utilisation. Elle s'emploie dans l'univers du sport, par exemple le **skateboard**, pour renforcer les matériaux de base comme le bois. Autres exemples : planches à voile, cannes à pêche.



4 Esthétique.

Le verre permet de combiner clarté, effets de lumière, finesse et élégance. Un alliage de la silice à 30 % de plomb produit le cristal. Diverses techniques permettent de décorer ou de travailler la surface de l'objet. L'artisan et maintenant la machine, l'imprime, la sable, la dépoli, l'émaille, la laque, en étire la matière, la grave ou la teinte. Les **lampes** d'Émile Gallé, artiste français (1846–1904), fournissent un bel exemple de cet art. Autres exemples : vases, bijoux.





LE VERRE

A CHAQUE VERRE SON USAGE

Page
9

5 Résistance aux chocs.

Deux types de verre se distinguent par leur résistance : le verre feuilleté et le verre trempé. Le premier, utilisé pour les **pare-brise**, se compose d'au moins deux feuilles de verre plat reliées entre elles par des couches de résine. En cas de choc, la résine maintient en place les éclats. Le verre trempé, sur lequel est soufflé de l'air froid en fin de cuisson, peut résister à des coups de marteau. En cas de choc violent, il éclate en mille fragments inoffensifs. Autres exemples : double vitrage, certains verres de lunettes.



6 Réfraction et clarté.

Le verre de silice pure permet la réalisation de **longues-vues** et autres ustensiles de vue, grâce à sa capacité à dévier les faisceaux lumineux. Cette qualité s'exprime en indice de réfraction. Les lentilles concaves font converger un faisceau de lumière en un point qui est d'autant plus proche que la courbure est forte. Au contraire, les lentilles convexes le font diverger. Autre exemple : tubes de lampes halogènes.



7 Transmission de signaux.

Composée de silice ultrapure et d'oxyde de germanium, la **fibre optique** permet de transmettre les signaux les plus divers à la vitesse de la lumière – et non plus à la vitesse de l'électricité. Par l'intermédiaire de fibres optiques, elles mêmes protégées par des gaines, un laser émet des signaux lumineux à l'abri des perturbations extérieures. L'Internet haut débit fonctionne grâce à la fibre optique.



8 Isolant électrique.

Le verre s'utilise pour isoler des fils électriques sous forme de **plot isolant**. La fibre de verre s'utilise aussi pour isoler les fils électriques à deux conditions :
si la température ambiante est comprise entre 15 et 30°C
et
si la fibre de verre est très dense.





LE VERRE

LE VERRE EN CHIFFRES

Page 10

La production de verre par secteur

En 2000, le secteur du verre compte 48 752 salariés se répartis dans 187 entreprises de plus de 20 personnes. Depuis deux ans la production se stabilise, voire diminue (en 1999). Seules deux spécialités progressent : la cristallerie mécanique et les objets travaillés à la main. La France reste donc très compétitive dans le domaine du luxe.

Production Française d'articles en verre en 2000

Au total en 2000 la France à fabriqué **5 921 000** tonnes de produits verriers, qui se répartissent comme suit :

Bouteilles : **3 326 000** tonnes

Verre plat (glaces, vitres) : **1 022 000** tonnes

Verrerie de table et de cuisine, cristallerie mécanique : **496 000** tonnes

Pots industriels et bocaux en verre : **398 000** tonnes

Flaconnage mécanique : **261 000** tonnes

Fibres de verre : **226 000** tonnes

Verre technique : **188 000** tonnes

Cristallerie, verrerie à la main : **3 000**

tonnes Flaconnage à la main : **1 000**

tonnes

La France 4eme exportateur mondial de verre en 2000

L'industrie verrière française possède une renommée mondiale, avec des entreprises comme Baccarat ou Saint Gobain. La qualité de son savoir-faire stimule l'exportation. En 2000, celle-ci représente 40,5 % de la production française de verre, en valeur, contre 35 % au début des années 1990. La France est le quatrième exportateur de verre après les États-Unis, l'Allemagne et le Japon en parts de marché.

1991 **1 396 033** tonnes

1994 **1 630 842** tonnes

1997 **2 012 037** tonnes

2000 **2 083 240** tonnes

2001 **2 035 154** tonnes

3ème matériau d'emballage après le plastique et la carton

Si le nombre d'emballages ne cesse de croître, la part du verre diminue au profit du papier ou carton et du plastique, plus légers. Le succès des boissons vendues en canettes ou en bouteilles plastiques et la baisse de la consommation de vin de table expliquent aussi le recul du verre. D'autant que les bouteilles représentent 85 % des emballages en verre.

Répartition des emballages ménagers en France en 2000 en pourcentage *

Plastique : **52,6 %**

Papier, Carton :

26,8 % Verre :

10,9 %

Acier : **6,3 %**

Aluminium :

2,7 % Autres :

0,6 %

* hors pharmacie et emballage après achat

