Chapitre 4 : Les Verres

1. **Introduction :**

I.es verres Depuis sa création le verre a servi dans le bâtiment, pour faire des fenêtres bien sûr mais aussi comme matériau même de construction. On l'a utilisé pour son esthétisme au début du siècle pour faire des halls de gare ou en 1988 dans la construction de la Pyramide du Lousre ou encore à l'extérieur de la plupart des nouvelles tours de bureaux.

On l'utilise aussi pour ses autres caractéristiques phoniques ou thermiques pour la fabrication de serre par exemple, les verres représentent jusqu'à 80% de la surface d'un immeuble. Le verre est un matériau recyclable et qui a un faible impact sur l'environnement.

Les matières premières entrant dans sa composition sont disponibles en abondance. Ce materiau est en outre facilement recyclable.

**2.Matières premières :**

Les principales matières premières entrant dans la fabrication du verre sont le sable (apportant de la silice Si02), le carbonate de soude et le calcaire, qui constituent généralement plus de 85 % du mélange. Entrent également dans la composition des additifs pour dégazer le verre (comme par exemple le sulfate de soude) ou accélérer la température de fusion. D'autres additifs peuvent aussi apporter une propriété particulière comme la couleur qui est donnée par les oxydes métalliques présents comme impuretés dans les matières premières ou apportées intentionnellement. Les oxydes de fer et de chrome apportent une couleur verte, ceux de nickel : grise, ceux de manganèse : violette, ceux de cobalt : bleue, ceux de cuivre : rouge ou verte... La couleur ambre, qui protège des rayonnements UV, est donnée par des sulfures de fer (III), en milieu réducteur.

**3.Types de verre :**

Il existe deux grandes familles de verre comme l'indique le tableau suivant :

|  |  |
| --- | --- |
| Verre ordinaire ou  **sodo-calcique** | Verre **boro-silicaté**  (résistant aux hautes températures) |
| 70%SiO2  10%CaO  15%Na2O | 80% SiO2  15% B2O3  5%Na2O |
| Vitres  Bouteilles (mise en forme aisée) | Bonne tenue aux chocs thermiques  Verrerie à usage alimentaire ou chimiqu Pyrex |

Le tableau ci-dessous donne la composition (en %en masse ) de quelques verres industriels.

SiO2 B2O3 Al2O3 Na2O K2O CaO MgO PbO

**Verre plat** 72.5 1.5 13 0.3 9.3 3

**Verre à** 73 1 15 10

**bouteilles**

**Pyrex**  80.6 12.6 2.2 4.2 0.1 0.05

**Fibre de verre** 54.6 8.0 14.8 0.6 17.4 4.5

**Cristal**  55.5 11 33

**Verre de lampe** 73 1 16 1 5 4

**4.Propriétés générales des verres :**

Les verres sont donc essentiellement des solides non cristallins obtenus par figeage desliquides surfondus. De nombreuses substances peuvent se solidifier sous cette forme. Ceci a conduit à postuler l'existence d'un état vitreux.

Les trois modes d'obtention d'un solide non cristallins sont :

* + 1. En conservant (bloquant) le désordre structural d'une phase liquide (par trempe)
    2. En profitant du caractère désordonné d'une phase aqueuse
    3. En désorganisant la phase cristalline

**5.Propriétés des verres :**

5.1Propriétés optiques :

La transparence du verre constitue l'une de ses propriétés les plus importantes. Cettetransparence est due à sa structure amorphe La coloration des verres peut être obtenue par :

* + - L'introduction d'ions métaux de transition
    - L'introduction de particules dispersées dans le verre.

5.2 Propriétés thermiques :

Les propriétés thermiques des verres sont directement liées aux changements de température.On a trois paramètres essentiels caractérisant les propriétes thermiques des verres qui sont:

* La chaleur spécifique: elle notée par (Cp) c’est la mesure de la quantité d’énergie thermique nécessaire pour changer la température d’un corps.
* La conductivité thermique: notée par (K), c’est l’aptitude d’un corps à dissiper l’énergie thermique
* Le coefficient de dilatation : noté par (α), il renseigne sur la contrainte d’origine thermique , quand α diminu de valeur , la résistance au choc thermique augmente .

5.3 Propriétés mécaniques :

**5.3.1 Résistance à la traction et résistance à la compression :**

Les verres sont réputés pour être des matériaux fragiles. Ceci se vérifie lors de la mesure du comportement en traction où l'on observe une déformation élastique jusqu'à rupture du matériau sans déformation plastique.

Le verre tire sa dureté et sa résistance de sa base de silicate, mais également sa fragilité connue et indésirable. C'est une propriété à laquelle il faut dédier toute l'attention qui lui est due, quel que soit le type d'application. Contrairement aux métaux, le verre n'a pas de plage plastique : il est élastique jusqu'à salimite de rupture. La rupture est soudaine, sans signe préalable visible.

**5.3.2 Dureté superficielle :**

Par comparaison à d'autres matériaux comme le bois, les métaux et le plastique, le verre présente unedureté superficielle très élevée.

**5.3.3 Résistance aux chocs thermiques :**

Les verres (contrairement aux céramiques) présentent généralement de faibles résistances aux chocs thermiques. Une variation brutale de température de 800C provoque la rupture d'un verre ordinaire.

Afin de quantifier la résistance aux chocs thermiques des matériaux, on laisse tomber des échantillons chauffés à des températures croissantes dans de l'eau. L'écart maximum de température (en K) auquel survivent les échantillons sans se rompre donne une valeur de résistance aux chocs thermiques.

**6.Elaboration et mise en forme des verres :**

La mise en forme des verres peut se séparer en trois étapes :

**6.1Fusion:** la composition est chauffée progressivement à 1300-14000C, dans des fours continus (fours à bassin). La cuve est constituée de blocs réfractaires posés sans

liant,l'étanchéité étant assurée par le verre se figeant dans les joints. La durée de vie du four est d'environ une dizaine d'années.

**6.2 affinage et homogénéisation :**afin d’éliminer les bulles de gaz présentes dans le verre fondu , la température est élevée à 1450-1600C pour diminuer sa viscosité. L'ajout de sulfate de sodium améliore l'affinage. Une agitation mécanique ou l'insufflation d'air sont parfois utilisées pour homogénéiser.

**6.3 Braise :**la viscosité du verre est augmentée en diminuant la température vers 1000-1200C pour faciliter la mise en forme.

**6.4 Mise en forme et assemblage du Verre :**

Le verre se liquéfie aux alentours de 1000 C, on peut alors le mouler (comme un métal).

Le verre est un fluide visqueux vers 700C ou il peut ètre laminer, forger, ou soufflé .

**6.5 Produits finis :**

On distingue trois types principaux de produits fabriqués :

* Le verre plat (vitre, glace, ...etc) :

Le verre plat est principalement élaboré par flottage (procédé float glass). Ce procédé a été mis au point, en 1959, par la société Pilkington. Le verre est coulé sur une surface d'étain fondu maintenu dans une atmosphère neutre ou réductrice (à l'aide de dihydrogène). L'équilibre des forces de gravité et detension superficielle produit une feuille d'épaisseur uniforme voisine de 6,5 mm quelle que soit la largeur de la bande. Divers dispositifs permettent de faire varier l'épaisseur (en général, de 2 à 25 mm). La longueur d'une unité de production est de plus de 400m

Le verre flotté a rapidement supplanté le verre étiré (ancien verre à vitre) et le

verre laminé (appelé verre coulé). Par exemple, le "float" d'Aniche (St Gobain,59) a produit en 9 ans (de 1978 à 1987) 200 millions de m2 de verre. Il utilise1500 t d'étain.

* Le verre creux (bouteille, ampoule) :

II est formé par pressage, soufflage ou combinaison des deux. Une quantité déterminée de verre fondu est appliquée contre les parois d'un moule par action d'un poinçon ou d'air comprimé. La production de bouteilles peut atteindre jusqu'à 700 000 unités par jour. En 1977, une bouteille de Bordeaux pesait 800g, en 1996, elle pèse 300 g.Les bouteilles, pour améliorer leur résistance mécanique, sont revêtues d'un dépôt d'oxyde d'étain ou de titane (obtenu par hydrolyse, au contact de la bouteille chaude, des chlorures correspondants) qui permet l'accrochage d'un film organique (polyéthylène, acide oléique ou stéarate alcalin). Les flacons destinés à l'industrie pharmaceutique peuvent subir, intérieurement, pour diminuer la solubilité du verre, un traitement de désalcalinisation par action du dioxyde de soufre à 500 C.

* Les fibres de verre :

On distingue les fibres textiles ou de renforcement (fil continu) des fibres pour isolations

(courtes et enchevêtrées).Les fibres ont de 5 à 24 mm de diamètre et les vitesses d'étirage sont

de 12 à 30m/s. Les fibres pour isolation sont obtenues par centrifugation d'un filet de verre tombant sur un disque réfractaire tournant à 3000-4000 tours/min.

* Le verre de table :

Le verte de table comprend les verres à boire (gobeleterie qui représente 60 % en valeur de la production des verres de table et qui est regroupée, dans Ies statistiques, avec le verre creux), les assiettes, les plats, les bocaux... Dans la composition du verre de table entre souvent du borax qui donne des verres présentant une bonne résistance aux chocs thermiques. Le verre opale contient du fluorure de calcium.

Dans le cristal et le verre cristallin, lors de sa fabrication, le calcaire est remplacé, en grande partie, par des carbonates de baryum, zinc ou plomb et le carbonate de sodium par du carbonate de potassium. Un verre cristal doit contenir plus de 24 % de PbO.

**7. Recyclage du verre :**

Lors d'un recyclage le verre récupéré, appelé calcin, est ajouté en proportions variables à la composition. Le calcin fond à 1000 C au lieu de 1500C pour les matières premières habituelles du verre. Ainsi, 10 t de calcin permettent d'économiser 1 t , en plus des matières premières minérales.