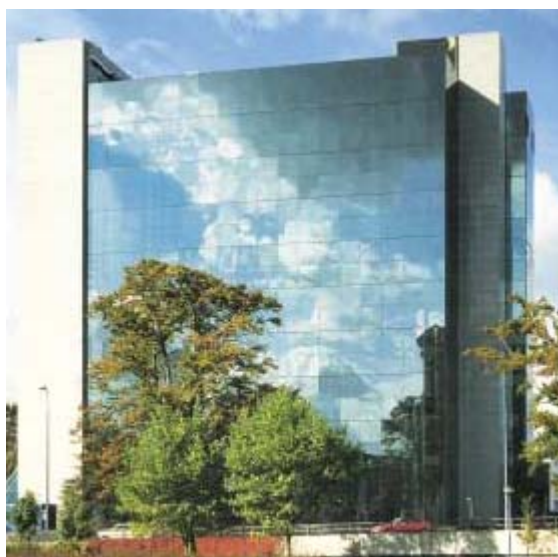




**FEDERATION DE L'INDUSTRIE DU VERRE asbl**  
**VERBOND VAN DE GLASINDUSTRIE vzw**  
avenue Louise 89, Bte 1/Louizalaan 89, Bus 1  
1050 BRUXELLES/BRUSSEL  
Tel : 02/542.61.20 - Fax : 02/542.61.21  
e-mail : [info@vgi-fiv.be](mailto:info@vgi-fiv.be) - Internet : [www.vgi-fiv.be](http://www.vgi-fiv.be)

## RENSEIGNEMENTS SUR LE MATERIAU « VERRE »



Le verre est un matériau connu depuis plus de 5000 ans. Toutefois, ce n'est qu'aux environs de 1920 que la mécanisation est apparue dans les processus de production.

Le processus de fabrication comprend essentiellement trois phases :

1. L'élaboration du verre proprement dite, au départ de matières premières, comprenant :

- la fusion aux environs de 1.500 ° C et
- l'affinage aux environs de 1.400° C

Cette dernière opération consiste essentiellement à débarrasser le verre fondu des gaz pouvant apparaître sous forme de bulles.

2. Le façonnage, c'est-à-dire la mise en forme des produits verriers, souvent précédée d'un conditionnement qui amène le verre dans un état où il peut être travaillé.
3. La recuisson, traitement thermique particulier qui, en réduisant les contraintes internes, rend le verre utilisable.



## I. LA COMPOSITION DU VERRE

Les principales matières premières utilisées se classent en trois catégories : les vitrifiants, les fondants et les stabilisants. A ces matières s'ajoutent les affinants, les colorants et les opalisants.

La principale fonction de ces diverses catégories s'explique par leur désignation :

- les vitrifiants sont les éléments de base qui créent la structure vitreuse ;
- les fondants permettent de fondre les vitrifiants à des températures acceptables ;
- les stabilisants permettent d'empêcher la détérioration dans le temps des verres fondus ;
- les affinants facilitent l'élimination des gaz provenant des réactions chimiques ;
- les colorants apportent les éléments nécessaires à la coloration du verre ;
- les opalisants sont utilisés lorsque les verres ne doivent pas être transparents .



A ces matières premières sont ajoutés des déchets de verre récupérés appelés « groisil » ou « calcin ». Ils facilitent la fusion des matières premières et contribuent à des économies d'énergie et à l'élimination des déchets.

En effet, il faut savoir que les ordures ménagères contiennent 8 % en poids de verre qui peut être récupéré et recyclé, contribuant ainsi à la lutte contre le gaspillage des ressources naturelles tout en créant des emplois. Dans ce cadre, il convient également de signaler que le secteur verrier recycle  $\pm$  95 % de des déchets industriels et que la Belgique se place en tête des pays européens en ce qui concerne le recyclage du verre.

Le silice et, dans une moindre mesure, l'anhydrite borique sont les principaux vitrifiants utilisés. La silice est introduite sous forme de sable. Des caractéristiques strictes de pureté et de granulométrie doivent être respectées. Le sable de Campine les possédant, il est largement utilisé en Belgique et apprécié à l'étranger.

Parmi les fondants qui favorisent le passage de la silice à l'état vitreux, on compte les alcalis qui sont principalement utilisés sous forme de carbonate de sodium ou de potassium.

Les stabilisants qui doivent conduire à une diminution de l'altération des verres par les agents atmosphériques consistent essentiellement en chaux, magnésie et alumine.

On choisit comme affinants des substances qui dégagent, par échauffement, une quantité relativement importante de gaz et qui entraînent par ce fait même les bulles, tout en favorisant l'homogénéisation du verre. On emploie principalement le sulfate de sodium et le nitrate de sodium et de potassium.

Les colorants jouent un grand rôle dans la fabrication du verre. Pour la fabrication des verres clairs, ils doivent être éliminés ou bien la teinte qu'ils apportent doit être « compensée ». Ils sont, en général, typiques des teintes souhaitées. Parmi eux, on peut citer le soufre, les oxydes de manganèse, fer, nickel, cobalt, chrome, cuivre, uranium, vanadium. C'est la teneur en fer, par exemple, qui limite l'utilisation de certains sables pour la fabrication de verres clairs car elle donne une coloration verdâtre aux produits finis.

Parmi les opalisants, on doit citer le fluor et les phosphates.

D'autres matières premières sont toutefois utilisées pour obtenir des verres à propriétés particulières. Les oxydes de plomb par exemple sont utilisés pour la fabrication du verre cristal et les oxydes de bore, de baryum et de zinc, dans celle de certains verres de gobeletterie ou de laboratoire.

Le tableau en annexe donne, en pourcents, quelques compositions types de verres commerciaux.

Après avoir été soigneusement pesées, les différentes matières doivent être mélangées minutieusement de façon à rendre le mélange très homogène ; c'est également au cours de cette opération que l'on adapte le taux d'humidité au taux le plus favorable à la fusion.

Dans les verreries qui sont amenées à fondre des centaines de tonnes de matières premières par jour, les installations de pesée, d'homogénéisation et de transport, depuis les halls de préparation des compositions jusqu'aux fours de fusion, sont entièrement automatisées.

## II. LES FOURS

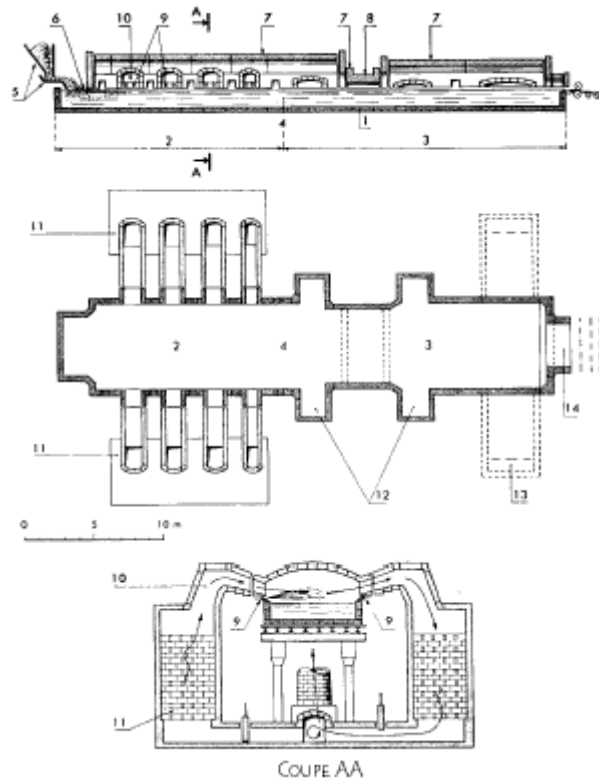
Les mélanges vitrifiables sont enfournés de façon continue à l'entrée de four à bassin, c'est-à-dire comportant essentiellement une cuve en matériaux réfractaires destinée à contenir le verre. Ladite cuve est recouverte d'une voûte, également en matériaux réfractaires. Le chauffage se fait de façon directe, essentiellement

par des brûleurs alimentés au mazout, lourd ou extra-lourd, ou au gaz naturel. Les flammes circulent au-dessus du verre en fusion, auquel s'incorporent progressivement les nouvelles matières premières. Il existe également des fours de faible ou moyenne capacité, chauffés à l'électricité par Effet Joule. On utilise aussi cette source d'énergie comme appoint en incorporant directement des électrodes dans le verre en fusion. Pour des capacités de production réduites, ou

à des fins artistiques, il existe encore des fours à pots dans lesquels les matières premières sont introduites de façon discontinue et de petits fours à bassin dont le cycle est journalier.

Les températures des fours sont proches de 1.500 ° C dans la zone de fusion. A cette température, le verre est relativement fluide et pour l'amener à une consistance qui en permette le façonnage, il est nécessaire d'en abaisser la température vers 1.000 °C. Ceci se fait, soit sur place, pour les fours à pots ou journaliers, soit progressivement, au cours du cheminement du verre vers les machines de façonnage, dans les procédés continus.

Actuellement, les fours de verrerie sont très isolés thermiquement de manière à réduire au maximum leur consommation énergétique. Par voie de conséquence, ils respectent l'environnement par l'émission de fumées dont la composition répond aux prescriptions européennes et nationales.



### III. LA RECUISSON

Après avoir été mis en forme (voir plus loin), les produits doivent être amenés progressivement à la température ambiante en vue de leur utilisation. Les différences de températures qui se créent dans la masse de produits lors de leur refroidissement entraînent des retraits inégaux qui provoquent la naissance de tensions internes.

La recuisson consiste à refroidir les produits de façon à n'entraîner que des tensions compatibles avec leur utilisation. Elle s'opère généralement dans des tunnels appelés arches, galeries ou étenderies dans lesquels les produits cheminent, sur des rouleaux ou des tapis, vers des zones conditionnées à des températures bien spécifiques. Suivant le profil thermique des arches, les produits « recuits » présentent plus ou moins de « tensions résiduelles ».

Les verres d'optique et ceux réservés, par exemple, à la fabrication des thermomètres, doivent être pratiquement exempts de tensions internes et



spécialement stabilisés afin d'éviter toute évolution dans le temps des propriétés optiques et mécaniques des verres.

Lorsque les produits doivent, par contre, pouvoir résister à certaines sollicitations mécaniques, on procède à un traitement thermique plus brutal appelé trempe thermique qui confère au verre une résistance accrue, tant à la flexion, à la pression et à la torsion qu'aux chocs mécaniques ou thermiques. Le même résultat peut également être obtenu en faisant subir au verre un traitement chimique approprié qui en modifie superficiellement la composition, c'est la trempe chimique.

La trempe chimique résulte d'un échange entre des ions de faible diamètre du verre avec des ions beaucoup plus gros d'un bain de sel fondu. Cet échange qui se passe dans les couches superficielles a pour conséquence de mettre en compression toute la surface de la feuille de verre.

La trempe chimique est plus coûteuse et plus délicate que la trempe thermique. Son application très spécifique s'indique principalement pour les verres minces et à des produits de haute valeur ajoutée.

## **IV. LES PRINCIPAUX SECTEURS DE L'INDUSTRIE DU VERRE**

### **1. LE VERRE PLAT**

#### a) Production de verre plat

##### 1) Le verre à vitres et la glace

Depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, le verre à vitres est fabriqué par étirage continu suivant les procédés Fourcault, Pittsburgh, Libbey-Owens.

Les étireuses sont alimentées directement par des conduits venant du compartiment de travail des fours à bassin.

Ce sont les modes de génération de la feuille et de son cheminement qui différencient les principaux procédés de fabrication des verres à vitres.

Après formage, le ruban de verre plat est, suivant le procédé, entraîné ou supporté par des rouleaux. On le refroidit progressivement comme signalé plus haut jusqu'à un endroit où il pourra être découpé. On obtient des verres d'épaisseurs différentes (de quelque 0,5 mm à 20 mm) en modifiant la vitesse d'étirage.

En Belgique, le procédé n'est plus utilisé que pour les verres extraminces. Actuellement, la totalité du verre plat est produite par le procédé « float », permettant d'obtenir un produit de qualité optique équivalent à la glace polie dont les faces sont parfaitement parallèles et polies, exemptes d'irrégularités de surface, marques de rouleaux, traces de frottement.

La fabrication des glaces apparut vers 1850. Au début, les glaces étaient fabriquées en déversant le contenu de pots sur de grandes tables avant d'être dressées et polies par des moyens mécaniques à l'aide de sable de plus en plus fin et finalement de polissoirs en feutre imbibés d'oxyde de fer. Par la suite, on réalisa des procédés de coulée continue en alimentant directement un laminoir à partir de fours à bassin.

Depuis les années soixante, ces divers procédés ont été progressivement détrônés par le procédé « float ». Celui-ci doit son nom à la technique de formage du ruban de verre. Fondu dans un four à bassin, le verre s'écoule sur un bain d'étain fondu, sa faible densité par rapport à celle du métal lui permettant de flotter. Des mollettes, placées sur les bords du ruban, permettent d'en maintenir la largeur aux dimensions voulues. Toutes les irrégularités d'épaisseur sont nivelées automatiquement. La qualité des surfaces est excellente car le verre n'entre en contact avec aucun matériau solide, réfractaire ou métallique. Le ruban est ensuite séparé du



bain d'étain par un train de rouleaux qui l'entraîne dans la galerie de recuit au bout de laquelle s'opère la découpe.

## 2) Les verres coulés

Pour agrémenter les verres plats de différents motifs, on procède au laminage du verre entre deux rouleaux dont l'un, au moins, porte un motif décoratif qui s'imprime dans le verre au moment où il se trouve encore à une température telle qu'il est susceptible d'être réformé.

Le verre armé est un verre coulé dans lequel on a incorporé un treillis métallique au cours du laminage. Ce treillis a pour but de retenir les morceaux en cas de rupture. Il est utilisé comme verre de sécurité.

### b) Transformation du verre plat

#### 1) Verres de sécurité trempés et feuilletés

Comme signalé précédemment, le verre peut subir un traitement thermique qui renforce sa résistance mécanique superficielle. On obtient du **verre dit trempé**. Pour ce faire, le verre est amené aux environs de 650 °C avant d'être refroidi brutalement par des jets d'air.



Suivant la répartition et la disposition des busillons de soufflage, il est possible d'obtenir différents états de trempé. Le verre trempé ne peut plus se découper ou se façonner. Lorsque pour une raison quelconque, le verre se brise, il se fragmente en de multiples petits morceaux, pratiquement non coupants, dont la grandeur dépend de l'état de trempé.

Les principales applications de ce verre se retrouvent dans le bâtiment (portes, balustrades, allèges, cabines-douches, parois, etc...) et dans le secteur de l'automobile (pare-brise de véhicules de chantier, lunettes arrières, glaces latérales, etc....).

Le verre trempé peut être recouvert, avant traitement, d'un émail qui se vitrifie aux températures atteintes lors de l'échauffement précédent la trempe. La variété et l'inaltérabilité des colorants utilisés permettent de multiples utilisations de ce produit comme matériaux de construction.

On peut assembler deux ou plusieurs feuilles de verre entre elles sur toute leur surface par l'intermédiaire d'une ou plusieurs couches de matériaux plastiques. On obtient alors du **verre dit feuilleté**. En cas de bris, la plupart des fragments restent en place et adhèrent à l'intercalaire limitant ainsi les risques de blessures et permettant au vitrage de conserver un effet d'écran. L'assemblage des feuilles se fait dans des autoclaves.

Suivant le nombre de feuilles et leur épaisseur, on obtient des produits qui résistent à la pénétration accidentelle ou volontaire de personnes ou d'objets, c'est-à-dire qui offrent une réelle protection contre les risques de chutes, une résistance à l'effraction ou même une protection contre les projectiles d'armes à feu de divers calibres. Ils sont donc utilisés dans le secteur de la construction comme garde-corps ou lorsqu'une protection particulière doit être assurée (vitrines de magasins de luxe, guichets de banques, dans les asiles, prisons, etc...).

Le verre feuilleté est également utilisé comme vitrage pour l'automobile. En effet, les pare-brise en verre feuilleté sont obligatoires en Belgique. Ils présentent l'avantage de conserver une protection contre les intempéries et une visibilité pratiquement totale en cas de bris. De plus, en y incorporant de très fins fils électriques entre les feuilles, ils s'intègrent dans des systèmes d'alarme, de chauffage ou d'antenne.





## 2) Les vitrages isolants

Dans ce cas, les feuilles de verre sont assemblées en double ou triple vitrages en laissant entre elles un espace pouvant contenir de l'air ou un gaz à caractéristique particulière.

Ces vitrages ont des propriétés d'isolation thermique et acoustique qui procurent de nettes économies d'énergie et permettent de



prévoir de grandes fenêtres sans en avoir les inconvénients.

La non-altération de la vision par formation de condensation ou par dépôt de poussières sur les faces internes est garantie.

Le mode de scellement caractérise les différents types que l'on rencontre sur le marché : collage, à l'aide d'adhésifs, d'un intercalaire tubulaire en aluminium ou en acier galvanisé ou inoxydable renfermant un déshydratant – soudure directe d'un profilé au verre – collage à l'aide d'adhésif sans intercalaire métallique – soudure verre par rabattement d'un des verres.

Par le dépôt, à chaud ou à froid, de couches métalliques ou diélectriques sur l'une des faces internes des vitrages, on améliore encore leurs propriétés d'isolation thermique, ce qui permet d'accroître les économies d'énergie.

### 3) Miroirs

Les miroirs sont actuellement produits de façon continue sur des convoyeurs associés parfois directement à la ligne de production du verre de base.

La préparation du verre, le nettoyage, le traitement chimique, le dépôt des couches d'argent, de cuivre et des vernis protecteurs, ainsi que leur conditionnement, s'effectuent de façon continue.

Les miroirs destinés à l'ameublement sont façonnés (découpés, rodés, biseautés, ...) et s'intègrent parfaitement dans le mobilier ancien ou contemporain.



Bombés et insérés dans un cadre, ils améliorent la mauvaise visibilité aux carrefours, à la sortie des usines, des parkings ....., ils permettent également l'observation dans les magasins.

## 2. LE VERRE CREUX

### a) Gobeletterie – cristallerie

La gobeletterie comme la cristallerie a quasi entièrement perdu son caractère manuel, du moins pour ce qui concerne la production d'objets à usage courant.

Comme signalé antérieurement, c'est essentiellement la composition (pourcentage en éléments lourds, notamment en plomb) du verre qui procure au cristal son poids et son éclat.

Après façonnage, les verres peuvent être taillés ou décorés, soit à l'aide d'émaux, soit par doublage avec des verres colorés. Certains produits sont obtenus par moulage et pressage.

La taille manuelle ou automatique se pratique grâce à l'emploi de meules diamantées.

## b) Verre d'emballage

Le verre d'emballage (bouteilles, flacons, pots, bocaux) est produit de façon automatique à l'aide de machines alimentées d'une manière continue au départ du bassin de fusion. Un four alimente généralement plusieurs machines qui peuvent travailler à des cadences différentes en fonction du type de produits. Elles atteignent des cadences de fabrication de cent bouteilles – voire plus – par minute, en fonction de la capacité et du poids de celles-ci.



La fabrication automatique des bouteilles et flacons s'effectue en deux temps : formation d'une ébauche dans un premier moule – l'ébaucheur –, par soufflage ou pressage de la goutte de verre appelée paraison, suivie du transfert de l'ébauche dans un second moule – le finisseur – où s'effectue le soufflage final.

Les pots et jarres à large ouverture se fabriquent, quant à eux, au départ d'une ébauche pressée dans l'ébaucheur à l'aide d'un mandrin, sorte de « contre-moule » avant d'être soufflée.

Les bouteilles sont souvent décorées à l'aide d'émaux vitrifiants, habituellement à des températures proches de 600°C.

## 3. LE VERRE TECHNIQUE

### a) Fibres de verre textiles et non-textiles

On doit distinguer la fibre textile utilisée pour la confection de tissus ininflammables et comme fibre de renforcement (notamment des matières plastiques) de la fibre non-textile utilisée pour des applications d'isolation thermique ou acoustique et les techniques de filtration.

Les procédés de fabrication se distinguent par le mode de fibrage au départ du verre provenant du bassin de fusion.

Pour les fibres textiles :

- étirage mécanique à travers des filières et enroulement sur tambour ; le verre fondu est parfois obtenu au départ de billes de verre ou de



baguettes plutôt que directement au départ de matières premières.

Pour les fibres non-textiles

- étirage centrifuge : le verre fondu coule sur un disque tournant à très grande vitesse ; il est projeté par la force centrifuge sous forme de fines fibres qui sont recueillies sur un tapis transporteur ;
- étirage par soufflage : les filets de verre s'écoulent par des filières en platine, traversent une plaque d'étirage et sont étirés à très grande vitesse par un fluide chaud soufflé axialement. Les fibres peuvent alors être reçues sur un convoyeur comme pour le processus précédent en vue de la fabrication de plaques ou de matelas de fibres ;
- étirage centrifuge et soufflage axial combinés : un filet de verre à haute température alimente une plaque tournant à grande vitesse et comportant un bord perforé d'un grand nombre de trous de faible diamètre. La force centrifuge crée un premier étirage, puis les fils subissent l'action dynamique de gaz chauds ou de vapeur d'eau surchauffée agissant perpendiculairement à la plaque de centrifugation.

Les fibres de verre textiles sont fabriquées initialement à partir de fibres continues et ont un diamètre de 5 à 10 millièmes de mm tandis que les fibres d'isolation sont des fibres courtes d'un diamètre d'environ 25 millièmes de mm, sauf pour le dernier procédé où elles peuvent atteindre le diamètre des fibres textiles.

Les fibres textiles subissent généralement, au moment de leur étirage, un traitement superficiel d'ensimage par des résines appropriées en vue d'accroître leur résistance à l'abrasion où en vue de leur association, par exemple aux matériaux plastiques : ainsi les tissus de verre composés de fibres textiles ont l'avantage d'être



résistants au feu et leur utilisation pour la décoration des salles de spectacle est très recommandée, sinon obligatoire ; lorsqu'elles sont liées au plastique en tant qu'élément de renforcement, les fibres de verre textiles permettent la réalisation d'objets les plus divers : coques de bateau, carrosseries de voiture, tuyaux, cannes à pêche, etc...

Les fibres textiles sont également utilisées pour le renforcement des pneumatiques de voiture.

Les fibres d'isolation, constituées de fibres de verre non-textiles, reçoivent un traitement superficiel en vue de leur préparation sous forme de plaques isolantes ou de matelas. En fin de chaîne de fabrication, les matériaux sont conditionnés sous forme de rouleaux ou sont découpés sous forme de coquilles isolantes pour l'isolation des tuyauteries.

En raison de leurs caractéristiques de résistivité thermique particulièrement intéressantes, les fibres de verre sont utilisées pour l'isolation des bâtiments. Dans le cas de rénovation, on peut également injecter la laine de verre à l'intérieur de murs creux.



#### b) Fibres optiques

Dans le domaine des fibres, il faut également signaler les fibres optiques qui, grâce à des compositions particulières et des assemblages appropriés, permettent des applications particulièrement spectaculaires dans le domaine de la médecine pour l'observation interne du corps humain et dans le domaine des télécommunications à courte et longue distance.

#### **4. LE VERRE CELLULAIRE**

Au départ d'un verre de composition spécialement étudié et fondu en bassin, on fabrique un tube qui sera broyé avant d'être mélangé à des agents moussants. La poudre ainsi obtenue est placée dans des moules qui passent dans des fours-tunnels. Les conditions d'expansion et de refroidissement sont contrôlées automatiquement. Les blocs ainsi confectionnés sont sciés sur toutes les faces aux dimensions requises.



Les propriétés d'isolation thermique du verre cellulaire le destinent à des applications aussi bien pour des constructions nouvelles qu'en rénovation. Ses propriétés de non-absorption d'eau, de non-hygroscopicité, de non-perméabilité à la vapeur d'eau, de résistance aux acides, à leur vapeur et

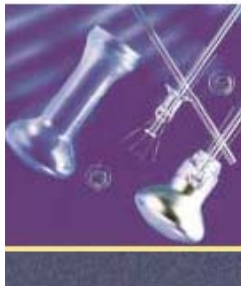


aux rongeurs, d'incombustibilité et de stabilité dimensionnelle, sont très appréciées.

Il existe une forme de verre cellulaire particulière pour les applications où on exige une résistance plus élevée à la compression.

Le verre cellulaire peut également être présenté sous forme de granulés qui peuvent être utilisés comme isolants. Incorporés à du ciment, ils donnent un produit particulièrement léger et isolant. Ces granulés sont fabriqués directement à partir d'un mélange de poudre de verre et d'éléments moussants.

## 5. AUTRES FABRICATIONS



Les **tubes en verre** sont fabriqués par étirage au départ de compositions spéciales. Ils sont destinés, soit à la fabrication de tubes fluorescents, soit au montage d'installations chimiques, soit à la médecine (seringues, ampoules, capsules, ....), etc... Les verres à usage pharmaceutique doivent obéir à des prescriptions officielles de non-réactivité avec les produits avec lesquels ils sont en contact.

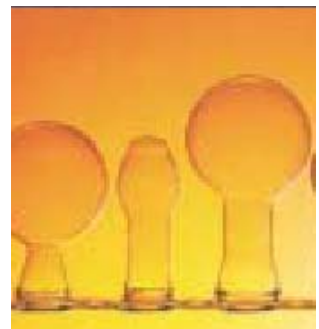


Comme application particulière du verre, signalons aussi les **billes en verre** et spécialement les micro-billes dont les gammes de diamètre se situent entre quelques millièmes et quelques centièmes de millimètre. Elles sont notamment utilisées dans les peintures réfléchissantes pour le marquage des routes et pour le nettoyage des moules et pièces diverses.



Les **verres optiques** présentent des compositions spéciales et ils sont caractérisés par une très grande homogénéité. Leurs propriétés, notamment en ce qui concerne leur indice de réfraction et leur pouvoir dispersif, sont fonction de leur destination.

Les **ampoules pour lampes électriques** en petites séries de formes et teintes multiples, se fabriquent encore à la main. Les grandes séries (plusieurs millions de pièces par semaine) sont fabriquées à l'aide d'une machine particulière appelée « machine-ruban ». Le verre, débité de façon continue au départ d'un four de fusion, est laminé entre deux cylindres dont l'un comporte des cavités qui forment au long du ruban de verre une suite ininterrompue de loupes. Chaque loupe est soumise immédiatement à une pression d'air distribuée par des bêtes de soufflage entraînées par une chaîne sans fin. Après allongement, « les paraisons » se trouvent enfermées dans des moules tournants entraînés en synchronisme par une autre chaîne sans fin.



Les ampoules, toujours suspendues au ruban de verre, sont détachées mécaniquement pour tomber sur un plateau qui les distribue sur le tapis des arches de cuisson. La fabrication est entièrement automatique.

Il existe également des **verres conducteurs de l'électricité, photosensibles, des verres absorbant sélectivement les radiations, des verres à propriétés appropriées pour l'électronique, etc...**

Pour terminer, signalons encore les **vitro-céramiques**, verre de composition très particulière, qui comprennent notamment des agents favorisant la cristallisation sous différentes phases cristallines. Par des traitements divers et spécialement contrôlés, il est possible d'obtenir des produits particulièrement résistants aux chocs mécaniques et thermiques.

Ces produits sont susceptibles de résister, d'autre part, à de hautes températures, ce qui les destine spécialement à des fabrications d'objets culinaires résistants à la chaleur des fours ou à l'action directe des flammes. Ils peuvent être utilisés directement sans devoir en transvaser les aliments.

Certains de ces verres conviennent également pour l'industrie chimique. D'autres sont utilisés pour la fabrication des nez de missiles destinés aux observations dans l'espace. C'est le seul matériau qui résiste au choc thermique dû à la rentrée de ces missiles dans l'atmosphère terrestre.

ooOoo