

Principes d'obtention des matières plastiques

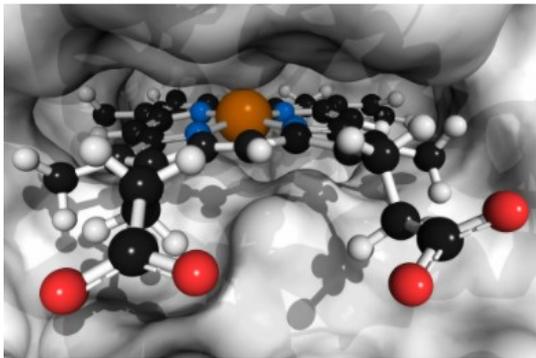
1. Définition

1.1 Plastique pourquoi ce nom ?

Au début du XVI^e siècle, on désignait sous le mot de « plastique » toute matière, comme la cire ou l'argile, susceptible de reproduire par modelage ou moulage un objet type. C'est donc tout naturellement que ce mot s'est imposé dès le début du XX^e siècle pour désigner les premiers polymères synthétiques. En effet, pour se voir qualifier de plastique, un matériau doit pouvoir être déformé à une température relativement basse afin de prendre une forme désirée. Contrairement à l'acier, qui doit être chauffé à 1 500 °C pour être mis en forme, la plupart des matières plastiques sont malléables au-dessous de 200 °C. Moulées ou effilées, elles peuvent prendre presque toutes les formes possibles. Cette propriété est à l'origine de leur succès phénoménal.



1.2 Le carbone source de vie...et de plastiques



Sans le carbone, point de vie ! En effet, les scientifiques nous apprennent que sans le carbone, la vie est tout simplement impossible. C'est pour cette raison que les différents robots qui explorent la planète Mars en ce moment sont notamment à la recherche de traces de carbone. Pour les plastiques, c'est à peu près la même chose : sans carbone, ils n'existeraient pas ! Le carbone est en effet leur constituant essentiel. Les plastiques sont une substance polymère – un ensemble de molécules de

masse élevée – constituée par la répétition de plusieurs molécules à base de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote. Un polymère peut être naturel, comme la cellulose, ou synthétique après polymérisation d'un monomère, tel le propylène qui donne le polypropylène.

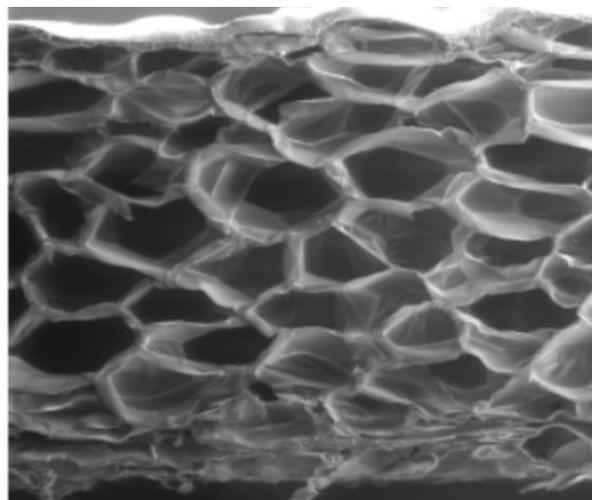
2. Les deux types de polymères bases de fabrication des plastiques

Il y a deux catégories de polymères : les thermoplastiques et les thermodurcissables

Pour les **thermoplastiques** (polyéthylène haute densité (PEhd), polyéthylène basse densité (PEbd), polypropylène (PP), polystyrène (PS), polyéthylène téréphtalate (PET), polychlorure de vinyle (PVC)), polyméthacrylate de méthyle (PMMA), polyamide (PA), on part de poudres, de granulés ou de produits semi-finis sous forme de plaques ou de films. En chauffant la matière on la fait passer d'un état solide à un état plastique. Elle peut alors être mise en forme dans un moule ou par un autre procédé.



Pour les **thermodurcissables** (mélamine-formaldéhyde (MF), urée-formaldéhyde (UF), phénol-formaldéhyde (PF), exemples : colles époxydes, polyester insaturés (UP), polyuréthane (PUR)), les produits de base sont livrés à l'état de polymérisation partielle. Cette dernière va s'achever dans le moule sous l'action de catalyseurs, d'accélérateurs voire de chaleur. Le démoulage arrive quand la polymérisation est déjà assez avancée pour que l'objet conserve les propriétés souhaitées.



Structure alvéolaire (mousse) de polystyrène expansé

3. Les principaux procédés pour obtenir les plastiques

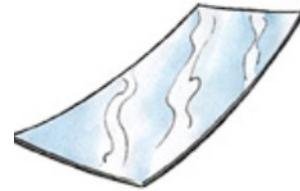
Le plastique peut être obtenu à partir des produits pétroliers appelé plastique pétrosourcé, mais aussi à partir des matières organiques naturels ou synthétisés comme la cellulose, l'amidon ou de gaz naturel ou l'acétate de cellulose ou le nitrate de cellulose, appelé plastique biosourcé.

Il y a plusieurs manières d'obtenir les plastiques.

- **thermoformages** : c'est un procédé de seconde transformation. La matière arrive sous forme de plaques, feuilles, tubes ou profilés, puis est ramollie par chauffage avant d'être mise en forme par application sur un moule géométrique simple. Cette technique est utilisée pour produire toutes sortes d'objets aux formes creuses, comme les pots de yaourts ou le nez du TGV !

Comment ça marche ?

Une plaque en plastique est placée dans un cadre qui la maintient au-dessus du moule.



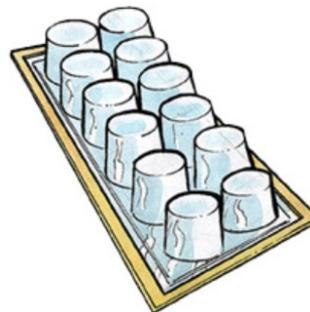
La plaque de plastique est chauffée.



Le moule s'approche de la plaque plastique qui s'est ramollie.



On fait le vide entre le moule et la plaque pour que la plaque de plastique colle parfaitement au moule.



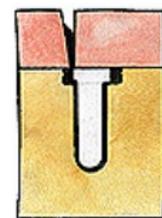
Après refroidissement du moule, la plaque ainsi formée est démoulée.



La partie de plastique qui reste dans le cadre est découpée. Une nouvelle plaque peut alors être placée dans le moule.

- **injection soufflage** : C'est avec cette méthode que l'on produit la plupart des bouteilles, flacons, biberons, fioles... C'est un procédé discontinu

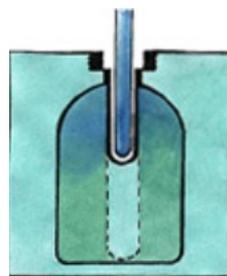
Dans une première étape, on fabrique une préforme par injection, c'est ainsi que le goulot de la bouteille est déjà formé.



Dans une deuxième étape, on chauffe le corps de la préforme.

Avec une tige, on étire la préforme jusqu'au fond du moule.

On envoie dans cette préforme un jet d'air très puissant qui va plaquer le corps de la préforme contre les parois d'un moule. La préforme va donc parfaitement prendre la forme du moule.



Le moule est refroidi puis s'ouvre pour faire sortir la bouteille.

Comme pour l'injection, pour changer la forme de la bouteille, il suffit de changer de moule.

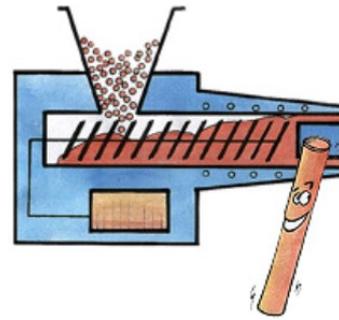
On reconnaît au fond de la bouteille le point d'injection de la préforme.



- **l'extrusion** : c'est un procédé continu qui sert à fabriquer des pièces de grande longueur comme des tubes, des tuyaux, ou des produits semi-finis comme des profilés (pour les fenêtres par exemple), des baguettes, des fibres optiques, des plaques ou des feuilles...

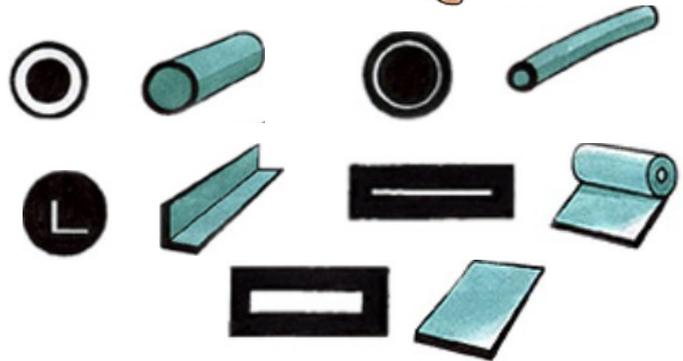
Comment ça marche ?

La matière plastique arrive à l'entrée de l'extrudeuse sous forme de granulés et est versée dans la trémie pour alimenter la vis de l'extrudeuse.



Dans l'extrudeuse, elle est chauffée et ramollie, grâce à une vis sans fin qui se trouve dans un fourreau (tube) chauffé pour rendre le plastique malléable. La vis entraîne le plastique vers la sortie.

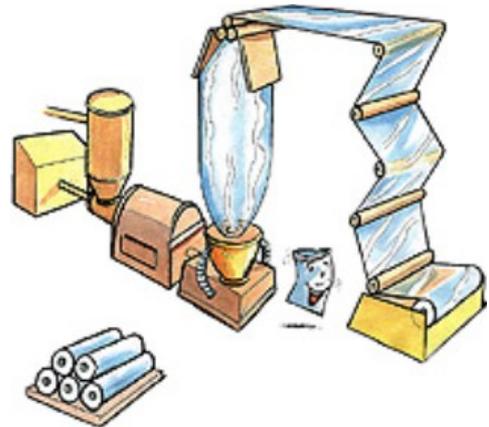
La tête de sortie de l'extrudeuse donne sa forme à ce qui en sort. Le tube, ou le profilé sort en continu, il est refroidi pour être ensuite coupé à la longueur voulue.



- **extrusion gonflage** : c'est une variante de l'extrusion qui permet de fabriquer des films plastiques et des sacs poubelle par exemple.

Comment ça marche ?

La matière plastique arrive à l'entrée de l'extrudeuse sous forme de granulés et est versée dans la trémie pour alimenter la vis de l'extrudeuse. Dans l'extrudeuse, elle est chauffée et ramollie, grâce à une vis sans fin qui se trouve dans un fourreau (tube) chauffé pour rendre le plastique malléable. La vis entraîne le plastique vers la sortie. En sortie de la tête verticale de l'extrudeuse, on insuffle de l'air comprimé dans la matière fondue qui se gonfle et s'élève verticalement en une longue bulle de film. Après refroidissement, des rouleaux aplatissent le film en une gaine plane qui s'enroule sur des bobines.



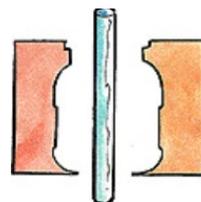
- **extrusion soufflage** : c'est une variante de l'extrusion qui permet de fabriquer des corps creux comme les bouteilles, les flacons et même les réservoirs d'essence.

Comment ça marche ?

Encore chaud, il est coupé et on l'enferme dans un moule froid.



Cela commence par l'extrusion d'un tube.



On injecte de l'air dans le moule pour que le tube se plaque contre les parois où il est très rapidement refroidi.



La bouteille ou le flacon est ensuite démoulé. Ce système permet d'obtenir des formes très diverses.



-Expansion moulage : Cette technique est surtout utilisée pour fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé : caisses à poissons, barquettes...

Comment ça marche ?

Avant d'être expansé, le polystyrène se présente sous forme de petites billes qui renferment des micro-inclusions de gaz (à l'état liquide).



Préexpandeur

Au contact de la vapeur d'eau, la matière plastique se ramollit et le gaz qu'elle contient se dilate. Les petites billes gonflent, comme le pop-corn gonfle grâce à l'air qu'il contient, en gardant une forme plus régulière.



Chaudières

Cette première expansion est réalisée en usine dans de grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial des petites billes de polystyrène.



Silos de maturation

Après séchage des billes pré-expansées dans un silo, cette matière est introduite dans un moule fermé et est soumise à une nouvelle injection de vapeur d'eau.



Presses à mouler

Les billes reprennent leur expansion, occupent tout l'espace du moule et se soudent entre elles pour obtenir la forme désirée de l'emballage.



Presses à mouler en action

4. Les ingrédients de base du plastique

4.1 Le naphta

Le naphta est un mélange liquide d'hydrocarbures légers issu du raffinage du pétrole qui se condense entre 40 et 180 °C. Il constitue la matière première des plastiques. Avant d'être utilisé par les plasturgistes, le naphta doit subir une opération de craquage.

Craquage : sous l'effet d'un chauffage (800 °C) puis d'un refroidissement brutal (400 °C), les grosses molécules d'hydrocarbures qui constituent le naphta se voient fragmentées en molécules plus facilement exploitables.

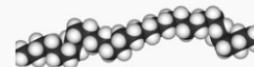
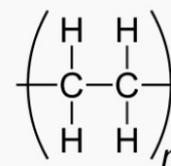
Polymérisation : les monomères obtenus après craquage contiennent entre 2 et 7 atomes de carbone chacun. Grâce à des réactions dites d'addition (chaîne de monomères identiques) ou de condensation (chaîne de monomères différents), ils se lient entre eux pour former des polymères

Mise en forme : À la sortie de la raffinerie, les polymères se présentent sous forme de granulés, de liquides ou de poudres. Les différents matériaux plastiques que nous connaissons sont obtenus grâce à l'ajout d'adjuvants et d'additifs. Ils sont ensuite mis en forme par moulage, par extrusion, par injection ou encore par thermoformage.



raffinage du pétrole

Polyéthylène



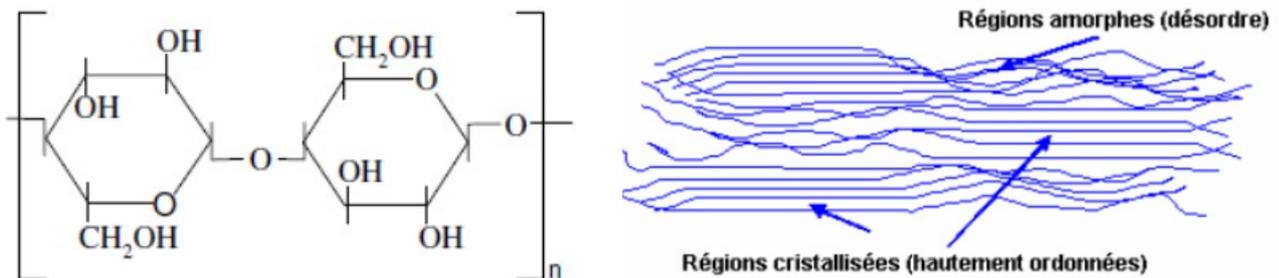
granulé de PE basse densité thermoplastique



films et objets moulés

4.2 La cellulose

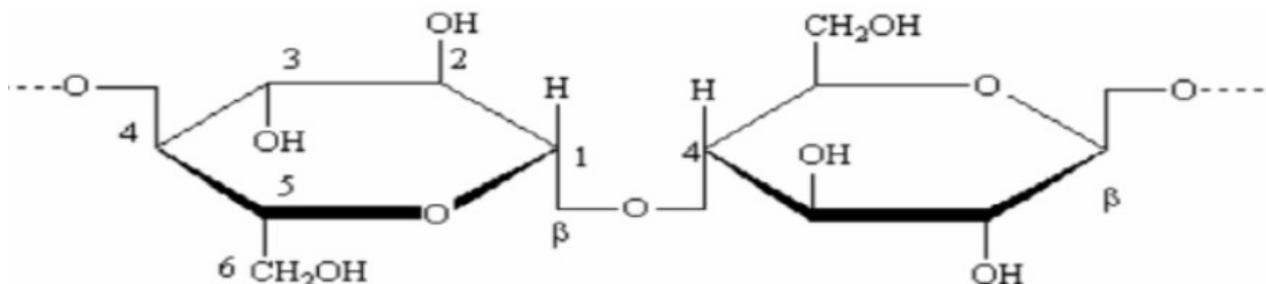
La cellulose est un des constituants polysaccharidiques de la paroi des cellules végétales. Elle joue un rôle structurant à la base de l'architecture de la paroi végétale. C'est la substance organique la plus abondante à la surface de la terre. La cellulose est le composant majoritaire des fibres naturelles. Par hydrolyse, la cellulose donne du cellobiose, polymère naturel base de plastique.



Structure de la cellobiose

Ces chaînes macromoléculaires peuvent être disposées, soit régulièrement, dans ce cas on parle de régions cristallines, soit de façon aléatoire et dans ce cas on parle de régions amorphes.

Élément constitutif majeur du bois, la cellulose est également un constituant majoritaire du coton et des fibres textiles telles que le lin, le chanvre, le jute ou la ramie. La cellulose est un homopolymère linéaire de résidus glucose de configuration D, connectés selon une liaison glycosidique β (1 \rightarrow 4). La masse molaire de la chaîne de cellulose varie de 50000 à $2,5 \times 10^6$ g. mol⁻¹, en fonction de son origine et du traitement d'extraction utilisé. La cellulose est très utilisée pour la formation de films flexibles et transparents, présentant des propriétés barrières à l'humidité et à l'oxygène non négligeables.



représentation schématique de chaîne de cellulose

Les plastiques bio-sourcés biodégradables sont obtenus à partir des biopolymères comme la cellulose donc d'origine renouvelable.

utilisation des films sur les fruits et légumes



Par contre, l'acétate de cellulose est obtenu par la réaction de cellulose avec de l'acide concentré. Les plastiques fabriqués sont artificiels.



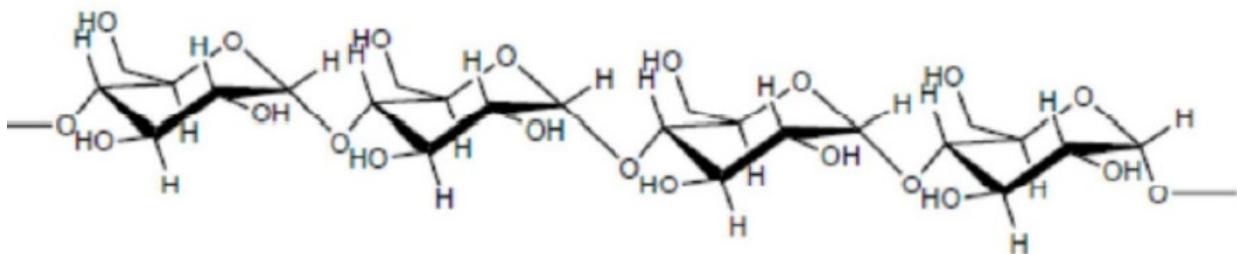
Salade vendue dans un emballage en bioplastique (acétate de cellulose).



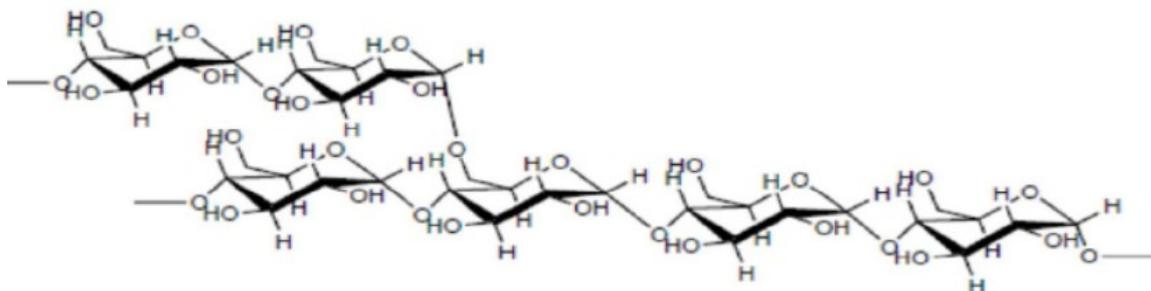
Autres plastiques artificiels obtenus à partir du nitrate de cellulose issu du coton et du camphre

4.3 L'amidon

L'amidon est un composé glucidique bio-synthétisé et la principale source d'énergie pour l'homme et pour la vie animale. L'amidon est un mélange d'amylose, en configuration hélicoïdale, et d'amylopectine très ramifiée. Et à la base, il s'agit d'un polymère dont l'unité de base est le glucose $C_6H_{12}O_6$.



structure hélicoïdale d'amylose



structure d'amylopectine ramifiée

L'acide polylactique PLA résulte de la fermentation de l'amidon. Ce sont des bactéries qui synthétisent l'acide lactique pour le transformer en acide polylactique. Le PLA polymère de base tente à l'heure actuelle de se développer dans de nombreuses applications.

L'amidon est ici issu du maïs.



mousse de polyuréthane PUR fabriqué par Bayer industriel allemand

Vous n'avez jamais entendu parler du bioplastique ? Il s'agit d'un polymère créé à partir d'amidon de maïs, de blé, de féculé de pomme de terre. Les usines transformeront cette matière naturelle en sacs, barquettes, mousses biodégradables.

Les bioplastiques sont considérés comme moins nocifs pour l'environnement car ils peuvent se décomposer par l'action d'organismes vivants, du dioxyde de carbone (CO₂), de la biomasse et de l'eau.

Au Brésil, une équipe de chercheurs a mis au point un plastique biodégradable qui pourrait servir à fabriquer des emballages alimentaires ou des sacs-cabas par application de gaz ozone sur de l'amidon de manioc. Selon les chercheurs, le gaz ozone (O₃) modifie les propriétés moléculaires de l'amidon de ce légume-racine pour produire un bioplastique 30 pour cent plus résistant que celui qu'on obtient avec de l'amidon de pomme de terre, de riz ou de maïs.



extraction de l'amidon de manioc



amidon de manioc en tant que feuille de plastique

