

Contenu du chapitre :

- 1 : définition de la matière plastique
- 2 : histoire des matières plastiques
- 3 : les polymères synthétiques et réaction de synthèse
- 4 : Rappel sur la chimie organique
- 5 : Origines de la matière plastique
- 6 : Les composants du Matière Plastique
- 7 : Le cycle de production des matières plastiques
- 8 : Présentation de la matière plastique dans le marché
- 9 : Les grandes familles de la matière plastique
- 10 : Le plastique industriel, désignation et caractéristique

1 : définition de la matière plastique

Qu'est-ce qu'une matière plastique ?

Un matériau est dit « plastique » s'il peut être déformé à une température relativement basse pour prendre une forme désirée. Contrairement à l'acier, chauffé à 1 500 °C pour être mis en forme, la plupart des matières plastiques sont ainsi malléables au-dessous de 200 °C. En les moulant ou en les effilant, elles peuvent prendre presque toutes les formes possibles. Cette propriété est à l'origine de leur succès dans le domaine des emballages ou de l'industrie automobile, par exemple.

Quelques matières plastiques existent à l'état naturel, tel le caoutchouc ou la cellulose des plantes, mais le terme désigne surtout les produits de synthèse dérivés du pétrole. En ajoutant différentes substances, comme des colorants ou des molécules ignifugeantes, ces produits sont à l'origine d'objets aussi divers que des sacs « plastiques » polyéthylène, des boîtes de CD polystyrène, des bouteilles de shampoing polychlorure de vinyle ou PVC, des colles résines époxy, cyanoacrylate ou Superglu, des peintures acryliques ou des fibres synthétiques Nylon, polyester.

Le plastique, ou une matière plastique est une substance polymère contenant un grand nombre d'atomes (ou groupes) de carbone, oxygène, hydrogène ou azote. S'il existe une grande variété de plastiques, on peut les regrouper en deux catégories : les thermoplastiques et les thermodurcissables.

Une matière plastique est souvent obtenue par la transformation du pétrole ou du gaz naturel. Les thermoplastiques fondent sous l'effet de chaleur et se solidifient sous l'effet d'un refroidissement. Pour les thermodurcissables, la transformation est irréversible. Une fois formé, le plastique ne se déforme plus.

Les "plastiques" ou "matières plastiques" sont définis par la norme ISO 472 comme étant "toute matière contenant, comme ingrédient essentiel, un "haut polymère". Une matière plastique ou en langage courant un plastique est un mélange contenant une matière de base (un polymère) qui est susceptible d'être moulé, façonné, en général à chaud et sous Pression, afin de conduire à un semi-produit ou à un objet. Les matières plastiques couvrent une gamme très étendue de matériaux polymères synthétiques ou artificiels. On peut observer aujourd'hui sur un même matériau des propriétés qui n'avaient jamais auparavant été réunies, par exemple la transparence et la résistance aux chocs. Les textiles (fils et fibres) ainsi que les élastomères ne sont pas des matières plastiques proprement dites.

Généralement, les polymères industriels ne sont pas utilisés à l'état « pur », mais mélangés à des substances miscibles ou non dans la matrice polymère. Structure typique d'une formule :

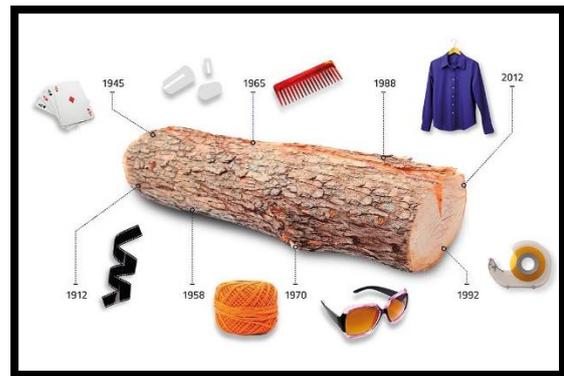
Matière plastique = polymère(s) brut(s) (résine(s) de base) + charges + plastifiant(s) + additifs

On distingue alors :

- les **polymères naturels** (l'os, le cuir...),
- Les **polymères artificiels**, (modification chimique des polymères naturels)
- les **polymères synthétiques**, issus de la chimie macromoléculaire



Polymère naturel



Polymère artificiel



Polymère synthétique

2 : histoire des matières plastiques

Depuis quand s'en sert-on ?

Les Mayas sont vraisemblablement les premiers à avoir utilisé les propriétés du caoutchouc naturel pour mettre en forme des objets simples, comme des balles ou des sandales. Ce caoutchouc provient de la coagulation de la sève extraite de plusieurs arbres, principalement de l'hévéa. En 1839, l'inventeur américain Charles Goodyear développe un procédé industriel permettant de transformer le caoutchouc naturel en une matière plus élastique et plus résistante : c'est la « vulcanisation », qui s'effectue en présence de soufre et à température élevée. Des procédés utilisant une autre substance naturelle, la cellulose, seront mis au point vers la fin du XIXe siècle, afin de mimer les propriétés mécaniques de matériaux rares, tels que l'ivoire et la soie.

C'est en cherchant un produit de substitution aux bois exotiques que le chimiste belge Leo Baekeland élabore, en 1907, la première matière plastique totalement synthétique. Elle est fabriquée à partir d'une résine liquide, qui durcit rapidement en prenant la forme de son contenant. Baptisé « bakélite », ce matériau conserve sa forme, mais il ne peut être fondu pour être remodelé. Une vingtaine d'années plus tard, l'industrie plastique connaît un formidable essor grâce à la découverte de matières plastiques bon marché et faciles à utiliser, comme le polyéthylène, le polychlorure de vinyle ou le polypropylène. Aujourd'hui, près de 5 millions de tonnes de matières plastiques sont consommées en France chaque année.

Quelques dates clés

De 1880 à 1913 : le celluloïd s'ajoute au buis et à la corne, matériaux utilisés depuis 2 siècles pour la fabrication des boîtes à ouvrages, des boutons et des peignes... le nombre de façonniers passe de 120 à 310

De 1914 à 1929 : la galalithe, le rholoïd permettent l'extension de l'offre produits aux aiguilles à tricoter, aux broches, aux fermailles, monture de lunettes... en 1929, le chiffre d'affaires de la profession est multiplié par 7.

1929 : le téléphone Siemens fabriqué à partir de Bakélite est construit à grande échelle.

Dans les années 1930, les premières presses à injecter démarrent en France à Oyonnax notamment pour la production de lunettes. Les premiers jouets et articles ménagers en plastique arrivent sur le marché.

1938 : Les laboratoires Dupont découvrent le Téflon et l'utilisent entre autres en 1951 aux Etats-Unis dans des ustensiles de cuisine. Marc Grégoire et Louis Hartmann, deux ingénieurs français associe le Téflon et l'aluminium pour créer la marque Téfal et dépose le brevet de la première « poêle qui n'attache pas ».

Dans les années 1950 arrivent la couleur, la consommation de masse et la diversification.
1956 : Le designer finlandais Eero Saarinen, conçoit sa chaise emblématique « Tulip Chair » en courbant à la chaleur une coque de résine de polyester renforcé par une solide armature de fibres de verre.

1958 : Lego lance sa fameuse brique emboîtable toujours utilisée aujourd'hui.

Dans les années 1960 et 1970, les recherches scientifiques se poursuivent et développent des matières plastiques résistantes et légères.

1965 : Stéphanie Kwolek et Herbert Balades, chercheurs pour la firme Dupont de Nemours développent le Kevlar utilisé dans les gilets pare-balle, les vestes de sapeur-pompier, les amarres de pétroliers...

1969 : Bob Gore développe le textile Gore-Tex qui va être utilisé dans les vêtements pour se protéger du feu ou du froid.

1969 : Le drapeau américain que plante Neil Armstrong sur la lune est composé en nylon.

1973 : Martin Cooper, chercheur chez Motorola crée le 1er téléphone mobile.

1976 : en raison de leur grande variété, les plastiques deviennent le matériau le plus utilisé au monde.

Dans les années 1980, les recherches s'orientent vers le recyclage des matières plastiques et les premiers symboles pour les répertoire apparaissent.

En 1982, le 1er cœur artificiel implanté à un humain est fabriqué principalement de polyuréthane.

En 1983, Swatch lance sa montre fine composée de 51 composants principalement plastiques.

En 1987, BASF en Allemagne produit le polyacétylène qui est 2 fois plus conducteur d'électricité.

En 1989, le mot Plasturgie apparaît dans le Petit Larousse.

Dans les années 1990, matière plus noble que le polystyrène, le terpolymère ABS remplace peu à peu les résines « mélamine-formol » et est utilisé dans l'habillage d'équipements électroménagers, de jouets, d'enjoliveurs, dans l'emballage alimentaire ou encore dans l'industrie. Les recherches sur les matières, leur aspect et leur devenir continuent.

En 1990, ICI commercialise « Biopol » le 1er sac plastique biodégradable.
En 1994, la voiture Smart est lancée conçue en intégrant des panneaux de carrosserie en polycarbonate colorés interchangeables.

Dans les années 2000, 3 900 entreprises de Plasturgie sont répertoriées en France. Les recherches se concentrent sur les nano-technologies et les composites.

En 2000, pour le développement des polymères conducteurs intrinsèques, les chercheurs Alan Heeger; Alan MacDiarmid et Hideki Shirakawa sont récompensés par le prix Nobel de chimie. Cette découverte voit apparaître de nombreux développements dont l'une des plus concerne l'optoélectronique et plus exactement la fabrication de diodes électroluminescentes qui, une fois excitées électriquement, émettent de la lumière.
En 2001, Apple développe l'iPod selon les rêves d'un inventeur indépendant Tony Fadell.
En 2008, l'Airbus A 380 est conçu à partir de 23% de matériaux composites ce qui allège considérablement l'appareil et le rend moins gourmand en énergie.

Depuis 2010, de nouveaux plastiques toujours plus respectueux de l'environnement (Recyclage et biodégradabilité améliorés), moins dépendants du pétrole (réduction de coût), thermostables, plus transparents, incassables, ininflammables ou originaux sont en voie de développement.

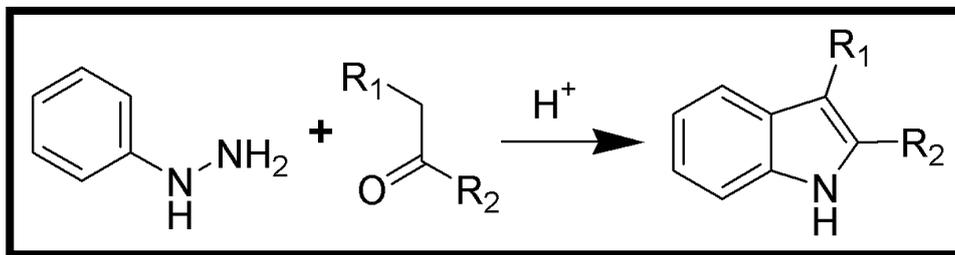
3 : les polymères synthétiques et réaction de synthèse

Définition d'une réaction de synthèse

Une *réaction de synthèse* est une réaction chimique au cours de laquelle des atomes, des ions ou des molécules se combinent de manière à former une nouvelle molécule plus grosse. Aussi appelée réaction d'addition.

Une synthèse chimique est un enchaînement de réactions chimiques mis en œuvre volontairement par un chimiste pour l'obtention d'un ou de plusieurs produits finaux, parfois avec isolation de composés intermédiaires. Les synthèses chimiques peuvent avoir lieu à toutes sortes d'échelles : du laboratoire de recherche (de l'ordre du gramme ou moins) à l'industrie chimique (souvent de l'ordre de la tonne ou plus).

Réaliser la synthèse d'un composé chimique, c'est obtenir ce composé à partir d'autres composés chimiques grâce à des réactions chimiques. La planification de l'enchaînement des réactions afin de maximiser l'efficacité de la synthèse (nombre d'étapes, rendement, simplicité des réactions, considérations toxicologiques et environnementales) est la stratégie de synthèse.



Réaction de synthèse (réaction de polymérisation)

La polymérisation désigne la réaction chimique ou le procédé par lesquels des petites molécules (par exemple des hydrocarbures de deux à dix atomes de carbone) réagissent entre elles pour former des molécules de masses molaires plus élevées. Les molécules initiales peuvent être des monomères ou des pré-polymères ; la synthèse conduit à des polymères.

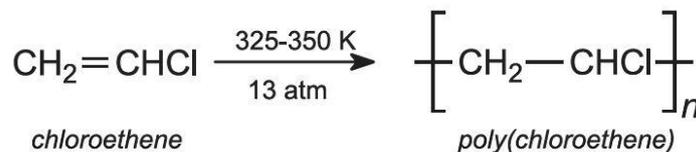
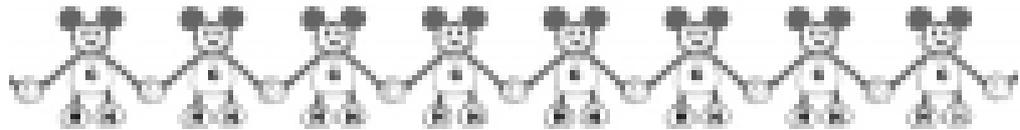
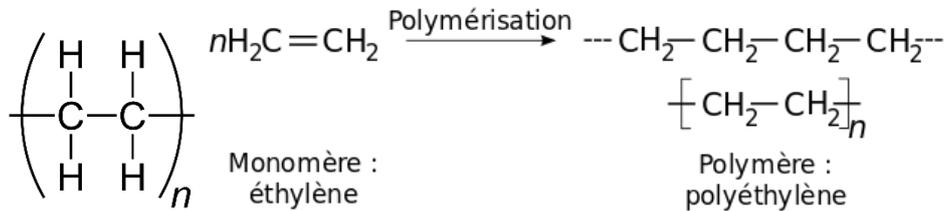
En général, en présence de réactifs et de catalyseurs, et sous l'action de la chaleur et de la pression, il se forme des chaînes macromoléculaires constituées de motifs de répétition identiques (homopolymère synthétisé) ou différents (copolymère obtenu), liés de façon covalente.

On obtient des polymères, de masses molaires éventuellement élevées :

- monodimensionnels (linéaires ou ramifiés) car issus de monomères bivalents ;
- ou tridimensionnels, issus de la polymérisation de monomères dont la valence moyenne est supérieure à deux¹, ou de la réticulation de polymères monodimensionnels.

On distingue les polymères synthétiques comme le polyéthylène 2, par opposition aux polymères d'origine naturelle tels la cellulose et les artificiels (comme l'acétate de cellulose) qui sont préparés par modification chimique de polymères d'origine naturelle.

En industrie textile, la polymérisation est le processus chimique par lequel des résines ou des plastiques sont fixés à des matières textiles au moyen de la chaleur



Les matières plastiques ou « plastiques » sont constitués d'une résine appelée « polymère » additionnée ou non de composants auxiliaires.

Dans la synthèse de cette résine, le produit de base mis en œuvre par les producteurs est appelé « monomère ». C'est une molécule simple de faible poids moléculaire généralement inférieur à 100.

Les transformateurs utilisent un composé macromoléculaire : le polymère. C'est une molécule géante de haut poids moléculaire constituée par l'enchaînement, linéaire ou spatial, d'un grand nombre de petites molécules.

Réaction de synthèse polymérisation (degré de polymérisation)

Le degré de polymérisation (DP) définit la longueur d'une chaîne polymère. DP est le nombre d'unités monomères (unités répétitives) constitutives de cette chaîne. Le degré de polymérisation est directement proportionnel à la masse molaire du polymère. Il est exceptionnel qu'un polymère synthétique soit formé de chaînes de même degré de polymérisation, on a plutôt une distribution de chaînes de longueurs différentes ; on parle plus précisément de degré de polymérisation moyen en nombre, \overline{DP}_n ou \overline{X}_n

Il est égal au rapport de la masse molaire moyenne en nombre du polymère à la masse molaire de l'unité monomère, soit :

$$\overline{DP}_n = \frac{\overline{M}_n}{M_0}$$

Si le degré de polymérisation est compris entre 2 et quelques dizaines, les chaînes sont appelées oligomères.

Un polymère peut être caractérisé par son degré de polymérisation ou sa masse moléculaire. Le degré de polymérisation est le nombre total de monomères contenus dans une macromolécule.

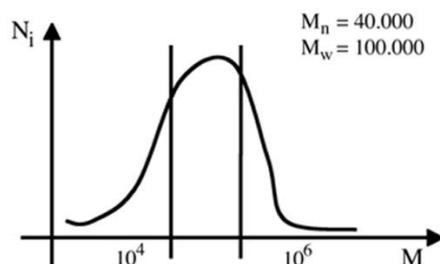
Lorsque ce degré de polymérisation (DP) est inférieur à 30, on parle d'oligomère et lorsqu'il est supérieur à 30, c'est un polymère.

Lorsqu'on observe un polymère de synthèse ou un polymère naturel, il est souvent constitué d'un mélange de chaînes macromoléculaires de tailles différentes avec des degrés de polymérisation différents.

La masse moléculaire M d'un matériau polymère est calculée de deux façons :

M_w : est la masse moléculaire moyenne de toutes les macromolécules présentes dans le matériau,

M_n : est la masse moléculaire majoritaire dans le mélange.



$$M_n = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i}$$

$$M_w = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i}$$

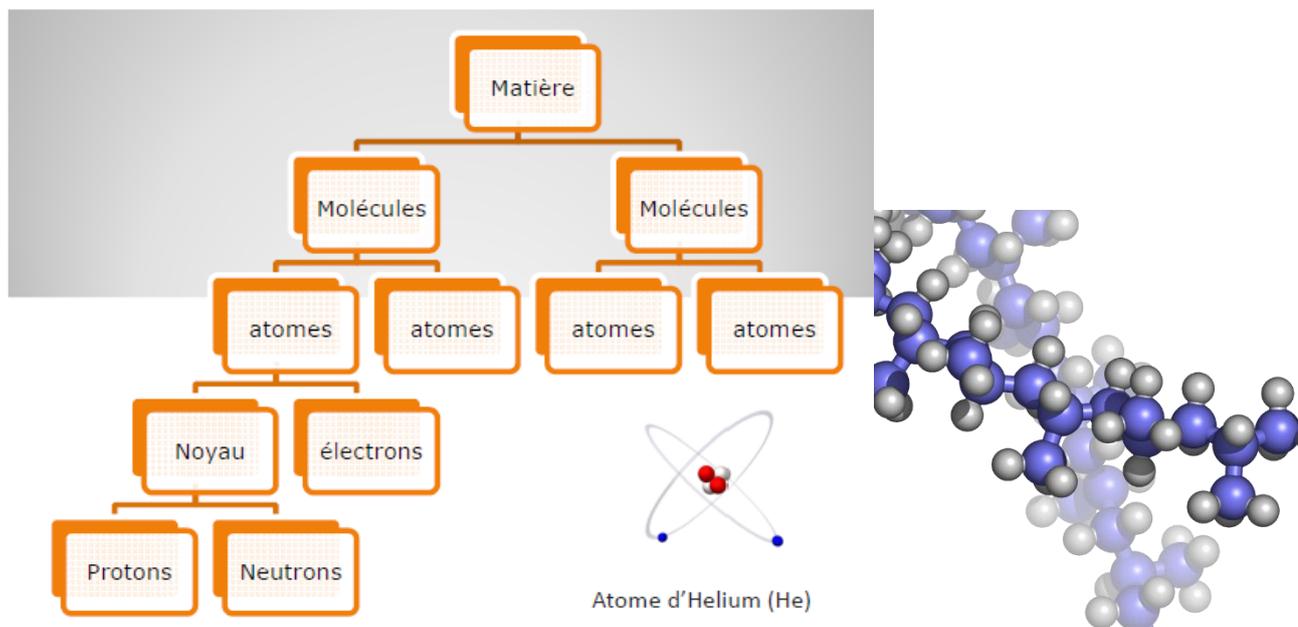
4 : Rappel sur la chimie organique

La chimie organique est la chimie des composés du carbone « C »

Haut polymère : plus généralement "polymère", on entend : "produit constitué de molécules caractérisées par un grand nombre de répétitions d'une ou plusieurs espèces d'atomes ou de groupes d'atomes (motifs constitutionnels), reliés en quantité suffisante pour conduire à un ensemble de propriétés qui ne varient pratiquement pas avec l'addition ou l'élimination d'un seul ou d'un petit nombre de motifs constitutionnels".

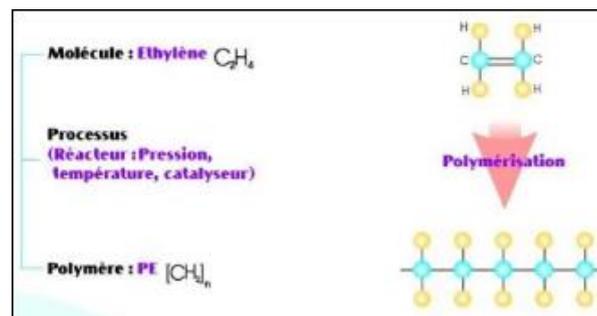
Monomères : sont les unités chimiques de base, ou molécule des matières plastiques, ils sont construits autour des atomes de carbone © et contiennent des atomes d'hydrogène (H), d'oxygène (O), d'azote (N), du chlore (Cl), du soufre (S) et fluor (F)

La structure hiérarchique de la matière



Les plastiques prêts à l'emploi sont souvent constitués de longues chaînes carbonées. Ils sont en général dérivés de combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon).

Diverses substances (charges, plastifiant(s) et additifs), dont la proportion en masse peut être majoritaire, sont incorporées lors de la fabrication.



5 : origines de la matière plastique et origine des monomères :

Les différentes matières plastiques sont fabriquées principalement à partir d'hydrocarbures, du composé organique présent notamment dans le pétrole brut.

On découvrira dans cette partie en détails les aspects relatifs à la transformation du pétrole en plastique.

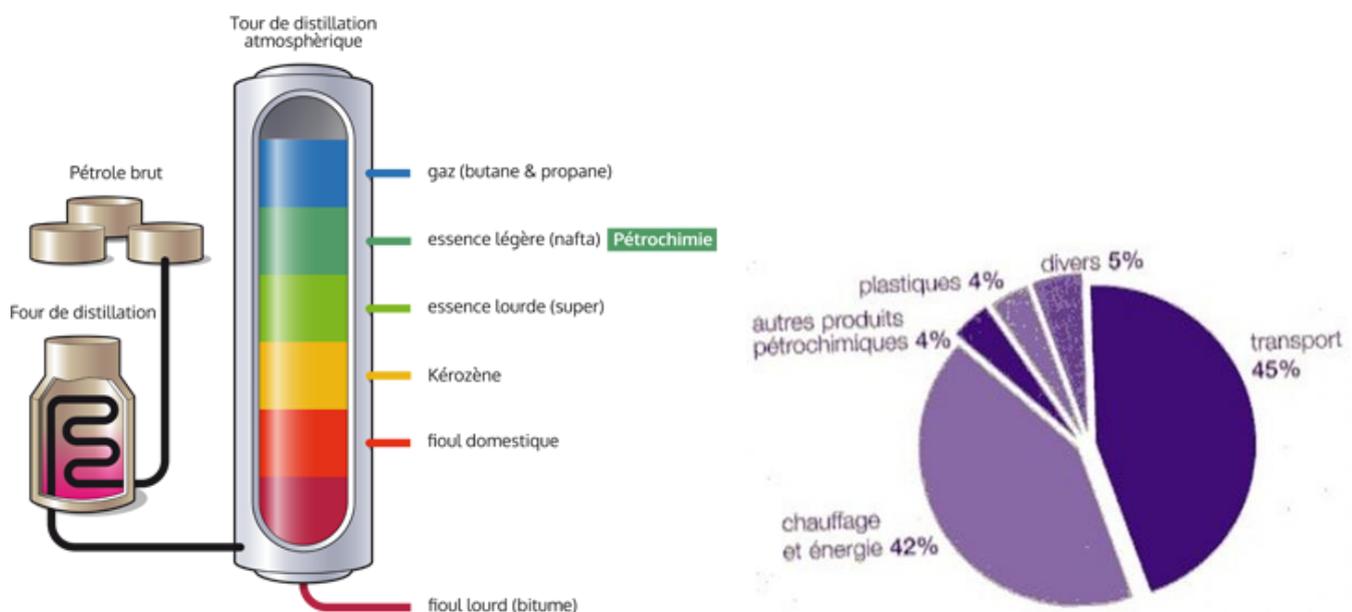
Le pétrole (du latin « *petra* » et « *oleum* » : « huile de pierre ») est une huile minérale naturelle utilisée comme source d'énergie. Il est issu d'un mélange d'hydrocarbures (molécules composées de carbone et d'hydrogène) associé à d'autres atomes. Certains de ses composants peuvent être gazeux, liquides et parfois solides, en fonction de la température et de la pression. Dense, facilement stockable et transportable, le pétrole fournit la grande majorité des carburants liquides. Il est aussi utilisé, dans le domaine de la pétrochimie, pour la production des plastiques, entre autres.

✓ Du pétrole au nafta

Après avoir été extrait du sous-sol, le pétrole brut est envoyé dans une raffinerie. Le pétrole brut est un mélange de milliers de constituants, qu'il faut séparer pour pouvoir les exploiter. En raffinant le pétrole, on obtient du :

- Fioul pour le chauffage
- Gazole, du kérosène et de l'essence pour les moyens de transport
- Nafta, transformé dans les usines chimiques.

Le NAPHTA C'est ce dernier composant obtenu grâce au raffinage qui constitue la matière première des matériaux plastiques.



La première étape consiste à séparer les constituants du pétrole, grâce au procédé de distillation fractionnée, car les constituants du pétrole ont des masses différentes et donc des points d'ébullition différents. Sous l'action de la chaleur, les molécules se transforment en gaz et s'élèvent dans la tour de distillation. Elles se condensent progressivement car plus elles s'élèvent et moins il fait chaud. Le naphta se condense entre 180°C et 40°C. Il doit ensuite être transformé, lors de la phase de craquage (chauffage puis refroidissement brutal). Par ce traitement, on obtient de petites molécules (solides ou liquides), qui contiennent entre 2 et 7 atomes de carbone : les monomères, produits chimiques de base pour fabriquer les matières plastiques.



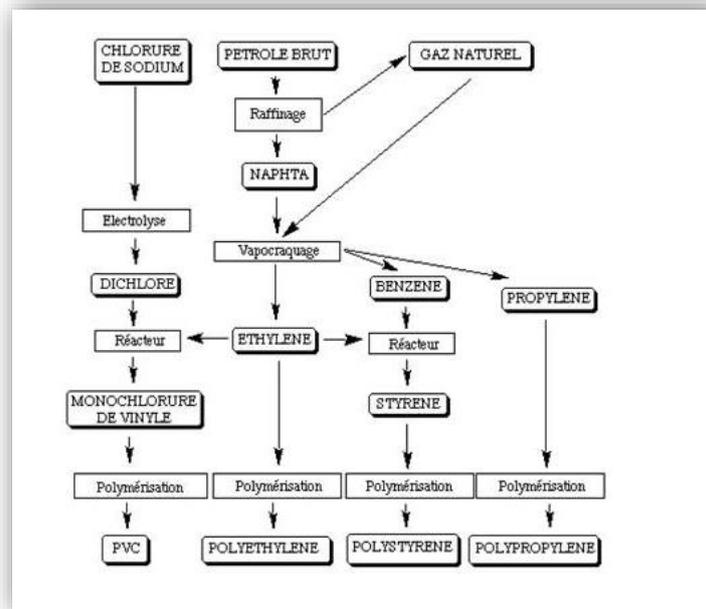
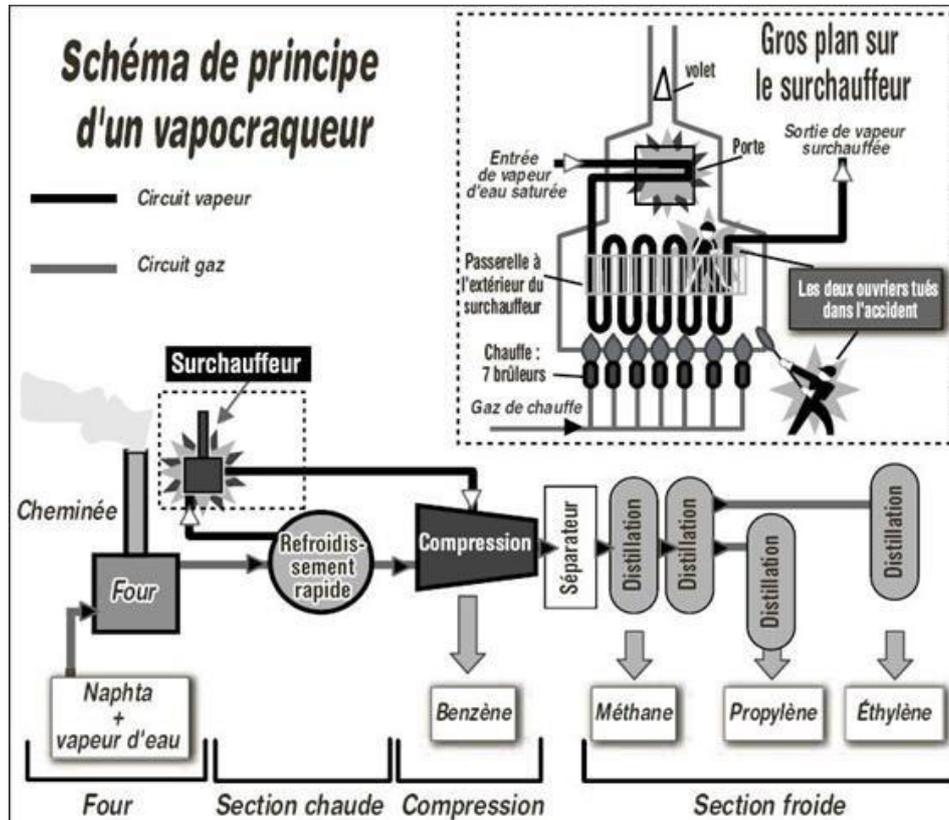
✓ Du naphta aux monomères (traitement par vapocraquage)

Le vapocraquage est un procédé pétrochimique qui consiste à obtenir, à partir d'une coupe pétrolière telle que le naphta, ou d'alcane légers, des alcènes (éthylène, propylène) mieux valorisés. Ces alcènes sont principalement à la base de l'industrie des matières plastiques (polyéthylène, polypropylène, etc.).

Le naphta est ensuite transformé par craquage. C'est un procédé thermique qui permet de fractionner les molécules composant les essences en des molécules différentes de plus faibles tailles (hydrocarbures légers). On obtient ainsi de nouveaux corps gazeux comme l'éthylène (éthène), C_2H_4 , le propylène (propène), C_3H_6 , le butylène (butène), C_4H_8 , et d'autres hydrocarbures.

Avec l'éthylène, on obtient par réaction chimique avec d'autres corps, d'autres hydrocarbures comme le styrène et le chlorure de vinyle qui sont aussi des produits de départ pour différentes matières plastiques. Pour cela, on essaie d'augmenter le rendement en éthylène en utilisant une température de craquage de 850° C. Ainsi on obtient un rendement de plus de 30%.





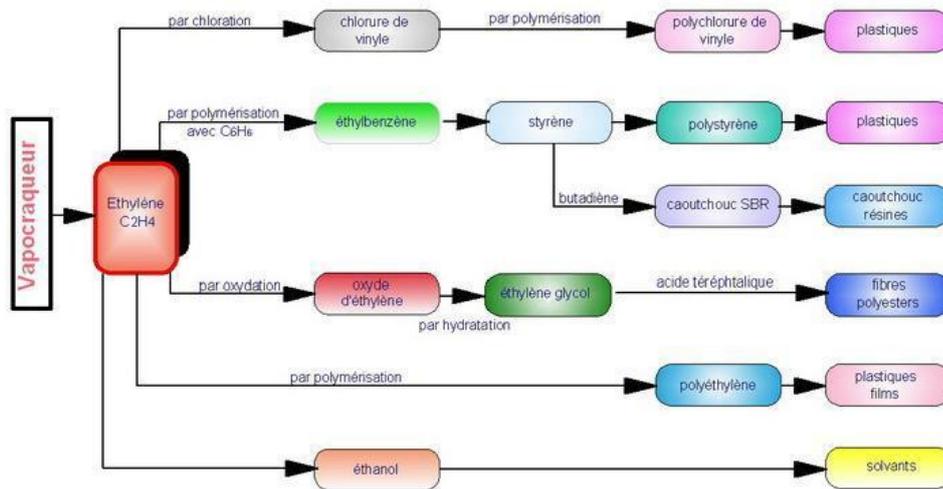
✓ **Du monomères aux polymères**

Pour fabriquer les matières plastiques, on met en réaction les monomères, afin de former un polymère. Cette deuxième étape s'appelle la polymérisation.

Il existe deux types de réactions pour produire des polymères.

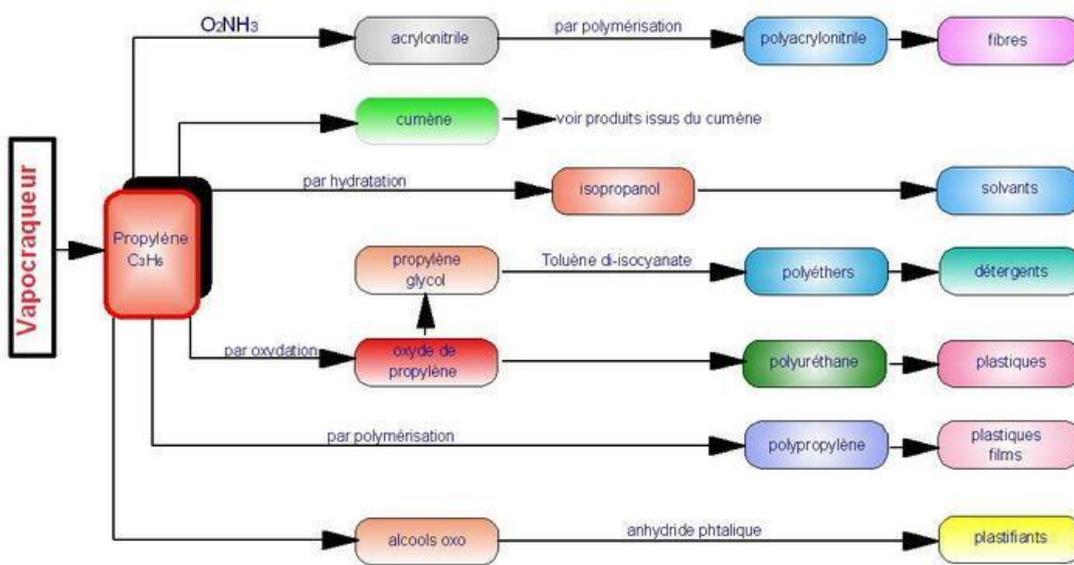
- Dans les réactions « d'addition », le polymère est constitué d'une chaîne du même monomère. C'est la réaction qui permet la fabrication du polyéthylène (PE) des sacs plastiques ou le polypropylène (PP) des flacons souples.

- Dans les réactions de condensation, le polymère est constitué d'une chaîne de deux monomères. Elles sont utilisées dans la fabrication du polyéthylène téréphtalate (PET) des bouteilles d'eau et de sodas.
- À la sortie du vapocraqueur, on obtient surtout des oléfines telles que l'éthylène, le propylène, le butadiène, l'isobutène, le n-butène et l'isoprène. Ce sont des produits intermédiaires qui, par des traitements appropriés (chloration, oxydation, polymérisation, etc.) donnent naissance à toute une gamme de produits nouveaux. Les schémas ci-après montrent toutes les possibilités de fabrications à partir de ces grands intermédiaires.
- Ci-dessous, les dérivés de l'éthylène :



TRANSFORMATION DE L'ÉTHYLÈNE

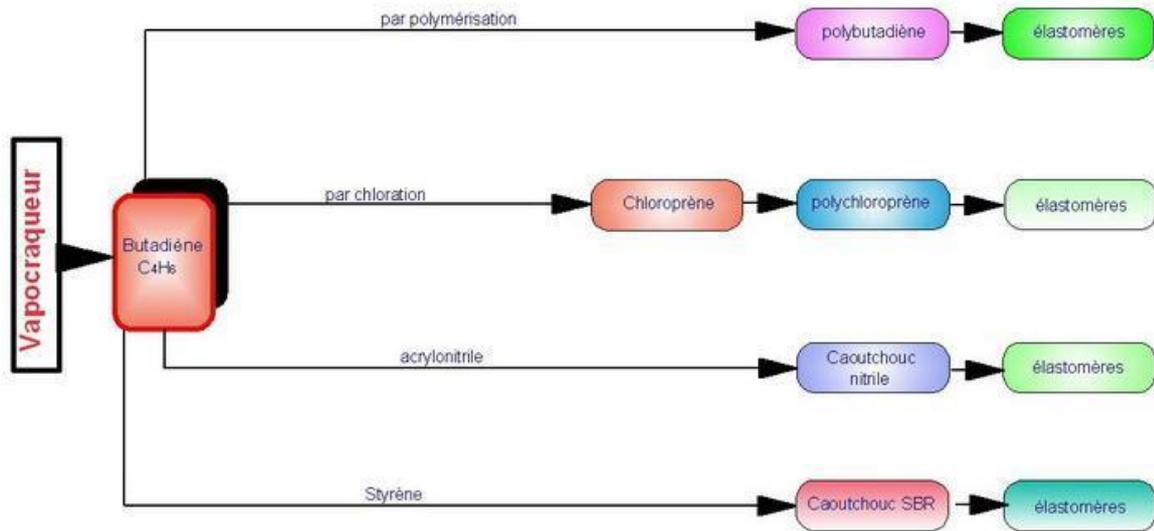
Le schéma suivant donne les transformations du propylène :



TRANSFORMATION DU PROPYLÈNE

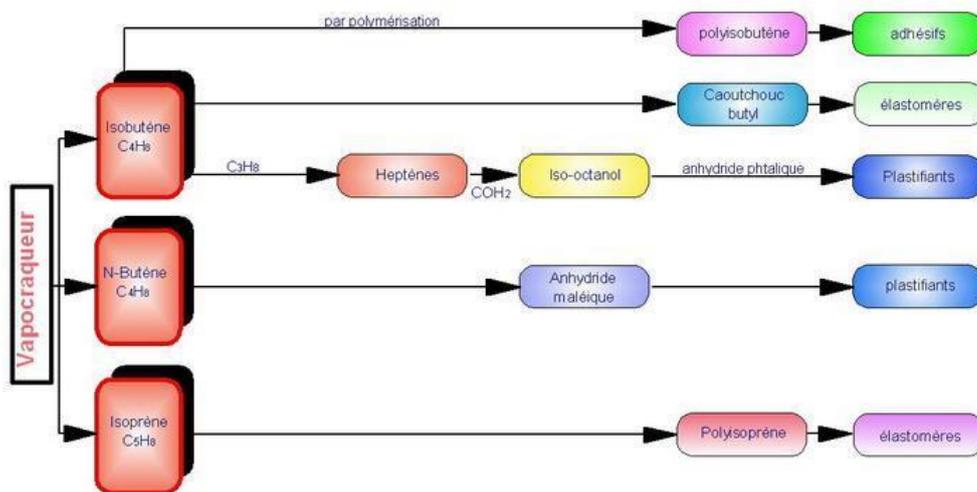
30/05/2005

Le schéma ci-après montre les transformations du butadiène :



TRANSFORMATION DU BUTADIÈNE

Enfin, les transformations de l'isobutène, du n-butène et de l'isoprène sont indiquées dans le schéma ci-après :



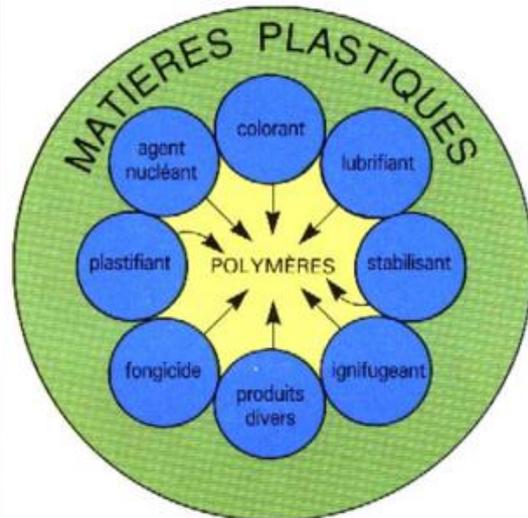
TRANSFORMATION

- DE L'ISOBUTÈNE
- DU NORMAL BUTÈNE
- DE L'ISOPRÈNE

30/05/2005
Paris TTD

6 : Les composants du Matière Plastique

Une résine à mouler est composée en général d'un nombre important de produit : la matière de base (le polymère), les charges (0 à 60%), le colorant (1 à 5%), les adjuvants (0 à 3%), les stabilisants (1 à 2%), les plastifiants (0 à 50 %). Il est donc indispensable d'être très prudent sur les propriétés des plastiques qui peuvent variés dans des proportions importantes suivants le taux de résine pure. (Baisse des propriétés mécaniques, migrations des plastifiants etc....)



a. Les additifs

Les additifs sont :

- Les charges
- Les renforts
- Les plastifiants
- Les agents gonflants (structure allégé)

Ce sont des composés qui sont introduits dans les polymères afin d'améliorer les propriétés physiques (mécaniques, thermiques...), les propriétés chimiques et leurs mise en œuvre.

Les composés incorporés à moins de 5% sont appelés « adjuvants ». Ceux incorporés à plus de 5% sont appelés « additifs »

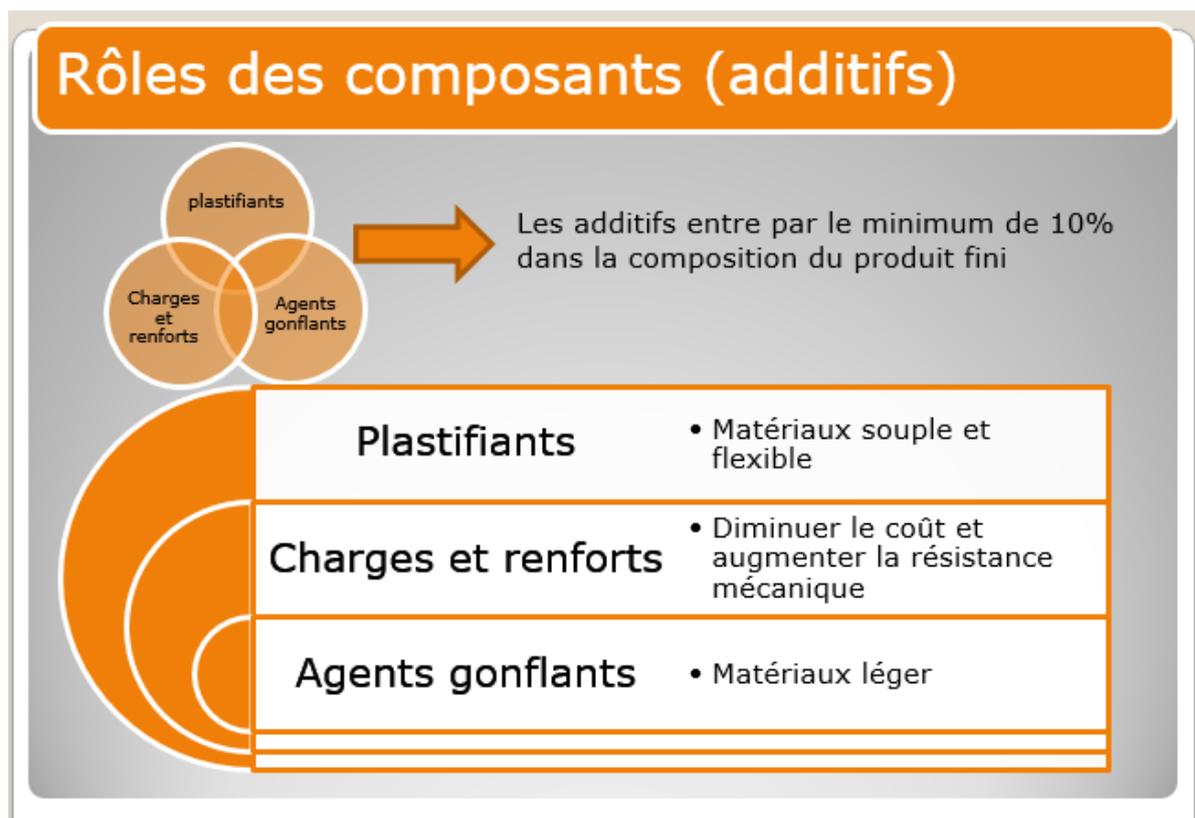
Un polymère sous sa forme brute n'a pas, en général, les qualités requises pour l'application à laquelle il est destiné. Il va donc falloir ajouter au plastique des additifs qui vont jouer essentiellement sur l'esthétique, la stabilité (chimique, UV, chaleur et longévité...), le prix de revient et la plasticité.

80 % du marché des additifs concerne les polyoléfines, les styréniques et le PVC.

Les polyoléfines contiennent en moyenne 1 à 2 % d'additifs et le PVC en contient en moyenne 10 %. Pour les additifs du PVC, voir ce chapitre.

Parmi les additifs, les charges sont des composés inertes, en général minéraux, tels que le carbonate de calcium naturel ou précipité, le talc, le kaolin... destinés à améliorer les propriétés mécaniques, l'état de surface et également à réduire le prix de revient.

Une des fonctions des additifs est aussi de freiner l'oxydation des polymères qui provoque un jaunissement, une perte de transparence éventuelle, l'apparition de craquelures en surface et qui joue sur les propriétés mécaniques en diminuant la flexibilité éventuelle, la résistance à la traction. Cette oxydation est accélérée par la température et les UV. Des additifs vont donc piéger les radicaux formés en réagissant avec eux et/ou en absorbant l'énergie UV. Une famille important d'additifs, les "Hals" (Hindered Amines Light Stabilizers) empêche l'action des radicaux :



b. Les adjuvants

✓ Les adjuvants sont :

- Les colorants ou pigments
- L'anti-ultraviolet (anti UV)
- Les ignifugeants (évite la combustion)
- L'anti oxydant
- Les lubrifiants
- Les antistatiques
- Les agents gonflants (anti retassure)
- Les fongicides (évite la formation de bactéries)

- **Les colorants ou pigments**

Les colorants sont des substances organiques solubles dans la matrice polymère. Du fait de leur solubilité, on a une mauvaise résistance au solvant organique. De plus, ils sont sensibles aux températures élevées de transformation, ce qui peut entraîner un changement de couleur. Grâce à leurs solubilités, on peut réaliser des produits colorés transparents.

Les pigments sont des composés minéraux ou organiques sous forme polyvalent insoluble dans la matrice polymère. Ils sont caractérisés par une bonne stabilité à long terme et une bonne tenue aux températures de transformation dans le cas de pigments minéraux.

- **Les anti UV**

Ces produits sont utilisés lorsque l'on a besoin de protéger la pièce des rayons UV afin d'éviter une décomposition photochimique des chaînes macromoléculaires.

Pour éviter ces phénomènes, on peut utiliser le noir de carbone qui transforme les UV en chaleur. Les pièces seront de couleurs noires.

Les absorbeurs sont des molécules qui absorbent les UV en se mettant à vibrer. On peut également envisager, pour des protections plus faibles, des produits réfléchissants.

Une protection chromage fera barrière aux UV

- **Les ignifugeants**

Sous l'action de la chaleur, le produit se décompose en émettant un gaz qui fait écran entre la matière et l'oxygène de l'air, empêchant ou retardant la combustion.

Ces produits peuvent être des dérivés halogénés, phosphatés... Ils sont souvent toxiques et opaques.

Note : Les recherches actuelles tendent vers la création de polymère répondant aux normes, sans apport d'ignifugeant et dégageant peu ou pas de gaz toxiques.

- **Les anti oxydants**

Ils permettent de retarder l'oxydation thermique au cours de la transformation et de l'utilisation. Ce sont des molécules qui réagissent avec l'oxygène à la place du polymère.

- **Les lubrifiants**

Deux types de lubrifiants peuvent être incorporés aux polymères : les lubrifiants internes ou externes. Les plus utilisés sont internes. Ils améliorent l'écoulement du polymère et peuvent améliorer le démoulage des pièces.

- **Les antistatiques**

Les matières plastiques ayant une grande résistivité électrique, on aura une accumulation d'électricité statique au moment du démoulage. Cette électricité statique entraîne la fixation de la poussière ainsi que des décharges électriques.

Les antistatiques sont des molécules conductrices destinées à augmenter la conductivité électrique en surface pour réduire la tendance à l'accumulation des charges.

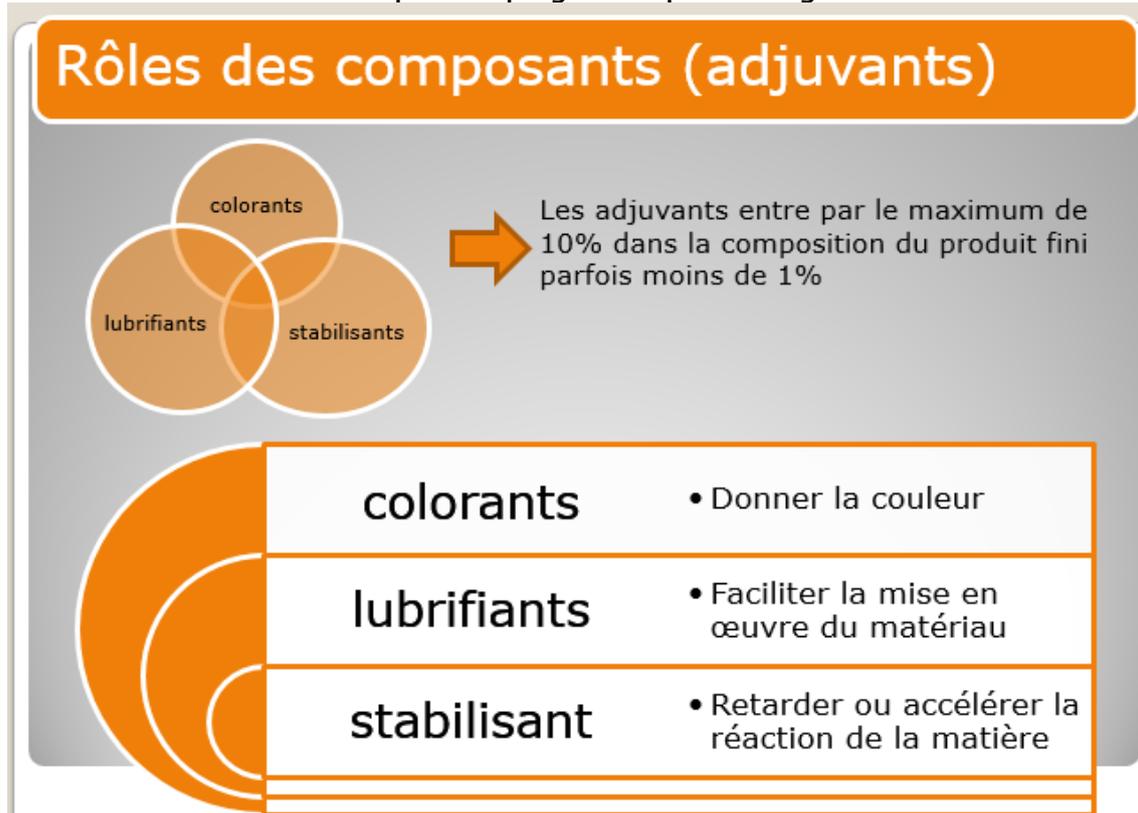
- **Les agents gonflants**

Ils sont utilisés pour apporter une structure cellulaire aux pièces moulées, connues sous les noms de pièces allégées.

Les agents gonflants se décomposent sous l'action de la chaleur ou par réaction chimique en donnant un dégagement gazeux qui empêchera la rétractation de la matière et diminuera la densité du matériau moulé.

- **Les fongicides**

Ils sont destinés à inhiber l'attaque des polymères par les organismes vivants.



7 : Le cycle de production des matières plastiques (obtention du granulé)

Un matériau constitué de granulés plastiques contient au moins un produit thermoplastique et se présente sous forme de petits grains. Les granulés sont fondus, extrudés ou moulés, pour fabriquer des objets en PE, PP, PS, etc...

C'est un produit semi-fini souvent utilisé en plasturgie, notamment pour les procédés d'extrusion et d'injection ; cette forme est très pratique à stocker, à manipuler, et bien adaptée aux processus (remplissage aisé des machines et malaxage facilité).

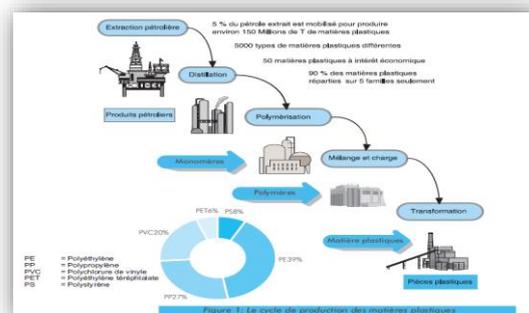
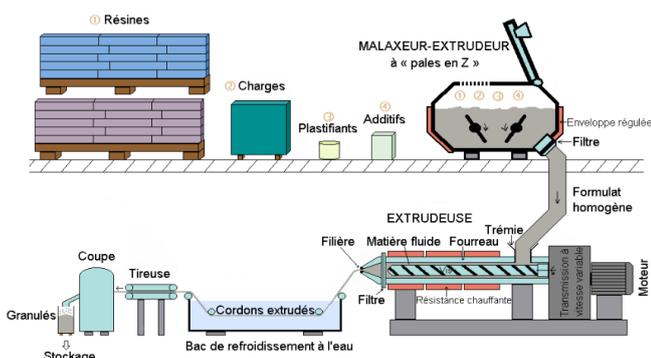
La mise en œuvre d'une matière plastique utilise souvent des granulés plastiques². Elle comprend plusieurs étapes, décrites ci-dessous.

➤ Production des granulés :

- synthèse de la résine, le plus souvent par polymérisation³, puis formulation (ajout de substances telles que charges, plastifiants et additifs en proportions définies) ;
- compoundage⁴ : mise en forme du formulât (se présentant par exemple sous forme de boudins en sortie de malaxeur) par extrusion au travers d'une filière à trous circulaires, puis coupe des cordons refroidis et séchage pour fabriquer des granulés de 1 à 5 millimètres de diamètre.

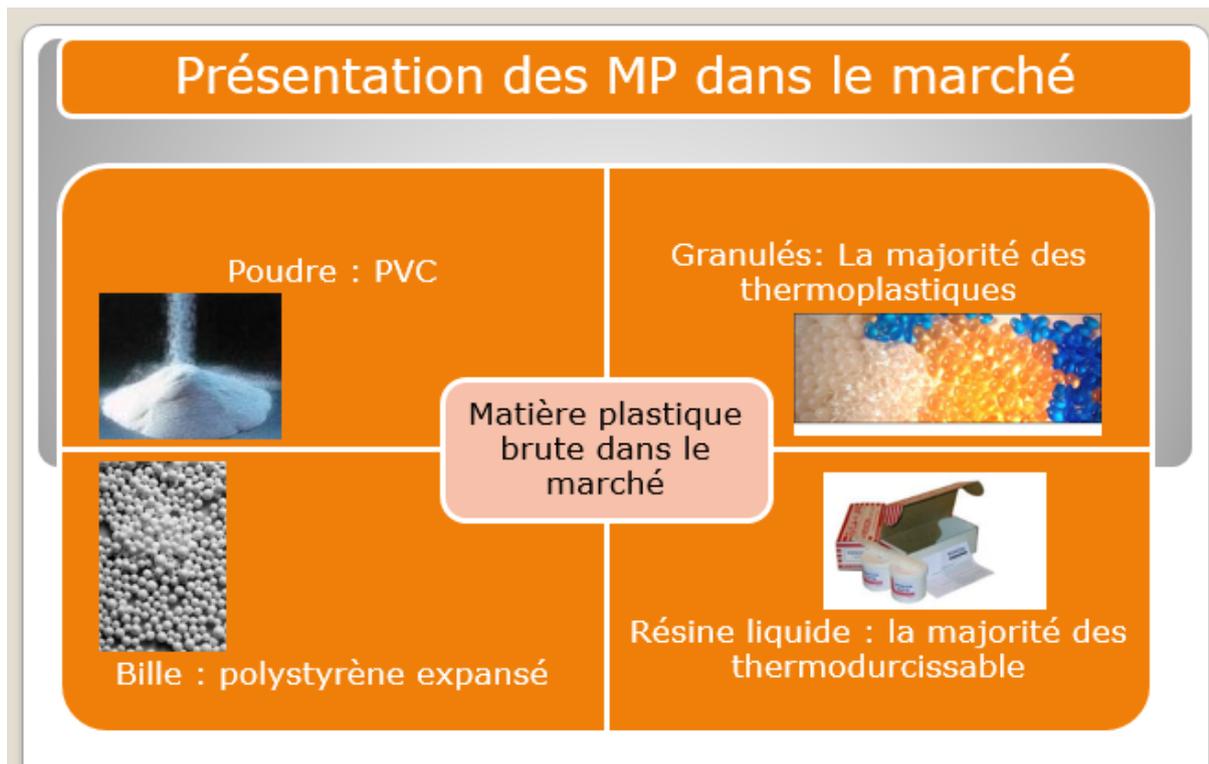
➤ Utilisation des granulés par le transformateur :

- livraison : les granulés peuvent être emballés en vrac dans des sacs plastiques de 25 kg, dans des big-bags ou dans des octabins, placés sur palette. Pour les grosses quantités, l'alimentation automatique des machines se fait à partir d'un silo ;
- les granulés hygroscopiques [PA, ABS, PBT, PMMA, etc.] subissent un pré séchage avant la mise en forme afin d'éviter tout défaut lié à l'humidité sur les pièces plastiques ;
- mise en forme à chaud (la matière est de nouveau fondue) et sous pression pour obtenir le produit fini (l'objet). Une matière plastique recyclable peut subir un broyage pour être ensuite refondue et réutilisée.



8 : Présentation de la matière plastique dans le marché

La



9 : les grandes familles de la matière plastique

LES THERMOPLASTIQUES.

Sous l'effet de la chaleur, les thermoplastiques ramollissent et deviennent souples. On peut alors leur donner une forme qu'ils garderont en refroidissant.

La transformation est réversible et renouvelable un grand nombre de fois, les thermoplastiques sont ainsi facilement recyclables. Cependant ils ne sont pas biodégradables et ont une « durée de vie » de plusieurs centaines d'années.

Ce sont les matières plastiques les plus utilisées (notamment PE et le PVC).

Nom, abréviation	caractéristiques	usages
polyéthylène (PE)	Translucide, inerte, facile à manier, résistant au froid. On distingue deux familles: -le PEBD (polyéthylène basse densité) bonne résistance chimique, olfactivement, gustativement et chimiquement neutre, facilement transformé et soudé. - le PEHD (polyéthylène haute densité)	Utilisé dans la moitié des emballages plastiques et dans les domaines les plus divers. PEBD : produits souples : sacs, films, sachets, bidons, récipients et bouteilles souples (sauces, shampoing, crèmes ...)* PEHD : objets rigides (bouteilles, flacons, bacs poubelles, tuyaux, jouets, ustensiles ménagers, boîtes de conservation, sacs plastiques**)
polypropylène (PP)	Très facile à colorer. N'absorbe pas l'eau. aspect brillant et résistant à la température (160°C). Difficile à recycler surtout s'il est imprimé	Pièces moulées d'équipements automobiles (pare-chocs, tableaux de bord, ...), mobilier de jardin, Film d'emballage, bouteilles rigides, boîtes alimentaires résistantes à la température du lave-vaisselle. Fibres de tapis, moquettes, cordes, ficelles
polystyrène (PS)	Dur et cassant. Trois types: - polystyrène "cristal" transparent - polystyrène "choc" (HIPS) ; acrylonitrile butadiène styrène ABS) - polystyrène expansé (PSE), inflammable et combustible	Usages variés : mobilier, emballages, jouets, verres plastiques, pots de yaourt, ... -"cristal": nombreux types de boîtes, boîtiers CD... -ABS : produits rigides, légers et moulés (bacs à douche...) -PSE : emballage « anti chocs », isolant thermique
polycarbonate (PC)	Excellentes propriétés mécaniques, bonne résistance thermique jusqu'à 120°C, très transparent, physiologiquement neutre Mauvaise résistance aux contacts prolongés avec l'eau, aux agents chimiques et aux rayons ultraviolets.	casques de moto, boucliers de police, CD et DVD, vitres pare-balle, phares, feux arrière et clignotants d'automobile, matériel médical et prothèses, biberons incassables, profilés de toiture, vitres de cabine téléphonique...

polyesters et polyéthylène téréphtalate (PET)	mou à moyenne température.	fabrication de fils textiles, de films et de bouteilles d'eau et de sodas. Usage limité par la température.
polyacétals ou polyoxyméthylène (POM)	Solides et avec des qualités de métaux. Résistant à la plupart des agents chimiques, faible coefficient de frottement. Densité élevée. Assez faible résistance thermique.	pièces à fortes exigences mécaniques : engrenages, poulies. La recherche vise à augmenter leur résistance au choc pour permettre la réalisation de plus grosses pièces.
polychlorure de vinyle (PCV)	Rigide ou souple selon les ingrédients qu'on lui incorpore. PVC rigide : aspect lisse et dur	Dans l'industrie de l'ameublement, bâtiment, le génie civil et dans l'alimentaire : pots de margarine, blisters, bouteilles d'eau, emballage alimentaire ... PVC rigide : utilisé pour les tuyaux de canalisation. PVC souple: recouvre certains manches de pinces...
polyamides (PA)	Différents types de PA (selon la longueur des chaînes) distingués par des chiffres. Bon compromis entre qualités mécaniques, thermiques et chimiques. Hydrophiles.	Pièces moulées dans l'appareillage ménager et automobile, tapis et moquettes, pièces de robinetterie, de serrurerie, engrenages, ... Textiles (lingerie et voilages)...
polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	Transparent, même avec une très grande épaisseur (jusqu'à 33 cm d'épaisseur); à la différence du verre L'ajout de PMMA dissout permet aux huiles lubrifiantes et fluides hydrauliques de conserver leur liquidité au froid (jusqu'à -100°C !)	Nom commercial <i>Plexiglas, Lucite, Altuglas, ...</i> Utilisé pour remplacer le verre pour des vitres incassables, les surfaces des baignoires et des éviers, pour les vitres de grands aquariums résistantes à la pression de l'eau... feux arrière et clignotants, hublots d'avion, fibres optiques, enseignes lumineuses...

*La température de «ramollissement» étant moins élevée que celle du verre, les thermoplastiques ne peuvent pas être utilisés avec des produits chauds (comme par exemple la confiture qui, encore très chaude, sera mise dans des pots de verre)

**Les sacs plastiques en PEHD se froissent facilement sous la main, avec un bruit craquant et reviennent spontanément à sa forme d'origine, les sacs en PEBD se froissent sans bruit et se percent facilement et ont un toucher plus « soyeux ».

LES THERMODURCISSABLES

Ces plastiques prennent une forme définitive au premier refroidissement : ils deviennent durs et ne se ramollissent plus une fois moulés. La technique de fabrication est difficile à mettre en œuvre mais elle produit des matériaux très solides et très résistants aux agressions chimiques et à la chaleur.

Les aminoplastes sont les plastiques thermodurcissables les plus utilisés.

Nom, abréviation	caractéristiques	usages
polyuréthanes (PUR)	Grande diversité de dureté et textures en fonction des associations chimiques de différents monomères	Mousses souples ou rigides grâce à des agents d'expansion, colles, fibres (<i>Licra</i>) Matelas, sièges de voiture, tableaux de bord, roues de patins à roulettes, chaussures de ski...
polyesters insaturés	Prix peu élevé, durcissement assez rapide sans élimination de produits secondaires. Imprégnation facile des fibres de verre.	Pièces plastiques renforcées par coulée : pales d'éoliennes, coques et cabines de bateaux, piscines, carrosseries d'automobiles,... Textiles (<i>Dacron, Tergal, Térylène...</i>)

phénoplastes (PF)	Bonne résistance aux produits chimiques et à la chaleur et électriquement isolantes. Transformable par moulage et par compression. Souvent colorés en brun foncé	domaines scientifiques et réalisation d'objets: téléphones, postes de radio, pour fabriquer les poignées de casserole, de fer à repasser et des plaques de revêtement.
aminoplastes (MF)	deux types principaux : urée-formaldéhyde (UF) et mélamine-formaldéhyde (MF) dont le plus connu est le <i>formica</i> . Dureté et rigidité exceptionnelles, peu sensibles à l'hydrolyse et à la lumière, résistance à l'abrasion, bonne tenue aux solvants, difficilement inflammables. Peuvent être produits en teintes claires	Usages variés : mobilier de cuisine, plans de travail, liants (adhésifs) dans les contreplaqués, bois agglomérés, mélaminés, etc.), moulage en stratifiés décoratifs de revêtements, pièces moulées d'ustensiles de cuisine (plateaux...), matériel électrique (interrupteurs, prises de courant...), vernis de parquets (vitrification), apprêts pour rendre les tissus indéfroissables ou plastifiés, peintures, etc.

LES ÉLASTOMÈRES.

Les élastomères sont élastiques : ils se déforment et tendent à reprendre leur forme initiale et supportent de très grandes déformations avant rupture. Ce ne sont pas réellement des « plastiques ».

Issu du latex d'Hévéas (arbre d'Amazonie), le caoutchouc naturel est resté longtemps le seul élastomère connu mais les méthodes modernes de fabrication ont permis d'obtenir une grande diversité de matériaux en ajoutant des additifs, accélérateurs, agents protecteurs (anti UV, anti oxygène,...) et en les combinant à d'autres matériaux (métaux, textiles, autres plastiques...).

On distingue trois grandes catégories qui présentent chacune de nombreux produits aux propriétés variées :

Catégories	matériaux	caractéristiques
caoutchoucs	- caoutchouc naturel, cis-1,4-polyisoprène (NR) ; - copolymère styrène-butadiène (SBR) ; - polybutadiène (BR) ; - polyisoprène synthétique (IR)	Chauffés au-dessus de 65 °C, ils commencent à vieillir et deviennent poisseux. Faible résistance à l'huile et à l'ozone. Propriétés d'amortissement et grande extensibilité (jusqu'à 750 % avant rupture). Excellente résistance au déchirement.
élastomères spéciaux	- co- ou terpolymères d'éthylène propylène et diène (EPM et EPDM) - copolymères d'isobutylène isoprène, chlorés ou bromés (IIR, BIIR, CIIR) - copolymères de butadiène acrylonitrile (NBR) - polychloroprènes (CR)	Température maximum d'utilisation : 150 °C. Selon les matériaux : résistance aux produits pétroliers, aux solvants ; à l'oxydation (O ₂ et O ₃), aux intempéries, aux produits chimiques corrosifs et au vieillissement... Certains sont ininflammables et ont une grande imperméabilité aux gaz. Parfois sensible à la lumière et à l'ozone et au stockage (tendance à la cristallisation)
élastomères très spéciaux	- caoutchoucs de silicone (VMQ, FVMQ) - élastomères fluorés (FKM) - polyéthylènes chlorés et chlorosulfonés (CM, CSM) - polyacrylates (ACM)	Très variables en fonction des matériaux :
	- copolymères éthylène acétate de vinyle (EVM) - éthylène acrylate de méthyle (AEM) - caoutchoucs nitrile hydrogénés (HNBR) - épichlorhydrines (CO, ECO, GECO) - polyuréthanes malaxables (AU, EU)	- hautes performances chimiques : résistance aux carburants, à l'ozone, aux huiles, imperméabilité aux gaz et aux produits chimiques agressifs - température de service continu allant de -80°C à 250 °C - Résistance au vieillissement, stabilité de couleur - Propriétés adhésives (colles thermofusibles)

Les élastomères présentent des caractéristiques bien spécifiques : grande élasticité, bonne étanchéité, fort pouvoir amortissant...Employés essentiellement en tant que pneumatiques, on les utilise également sous la forme de joints, de tubes et tuyaux, de membranes, de dispositifs antivibratoires,...dans de nombreux domaines d'activités : automobile, industrie, aéronautique, médecine.

11 : Le plastique industriel, désignation et caractéristique

Afin de mieux définir les variétés qu'offre cette matière, d'autre gamme de matières plastiques sont séparées à l'intérieur de ces trois grandes familles Les thermoplastiques abritent :

11-1- Les Polyoléfines

Composé du Polyéthylène (PE), l'une des matières plastiques la plus courante, de formule chimique C_2H_4 , des copolymères éthylène, l'acétate de vinyle et enfin le polypropylène.



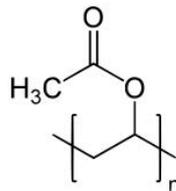
11-2- Les Polyvinyliques

Se dit polyvinyliques les matières plastiques comme le polychlorure de vinyle (PVC) ou encore le polyalcool vinylique (PVAL), résine blanche soluble dans l'eau froid utilisé comme colles industrielles ou encore de liants de couchage pour papier-cartons. Dans cette catégorie on rencontre également le poli-acétate de Vinyle (PVAC) formé d'un polymère à base de résine transparente. Son utilisation se limite à des fins commerciales et entre dans la composition des peintures ou des vernis à séchage rapide. On rencontre le PVAC sous forme de granulés, de berlingots mais aussi sous forme de perles.

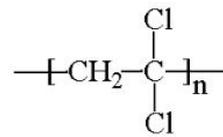
Le polybutyral/polyformal et le polychlorure de vinylidène sont également regroupés sous ce terme. Ils sont utilisés dans les industries, composant principalement les films plastiques ou le papier-aluminium pour le polychlorure de vinylidène et différents vernis pour câbles en cuivre ou d'aluminium.



-Tubes en PVC-



- Formule développé du PVAc -



- Formule développé du polychlorure de vinylilène -

11-3- Les Polystyréniques

Les Polystyréniques ne désignent que deux matière plastiques : le polystyrène (PS) et les copolymères styréniques, amélioration du PS.

Contrairement aux autres gammes de matière plastique, nous pouvons penser que celle-ci abritent peu de matières plastiques mais cette apparence est trompeuse. Il existe différents types de Polystyrène et de copolymère. Commençons par le polystyrène : le polystyrène standard (aussi appelé cristal du fait de sa transparence) très rigide et fragile, le polystyrène choc, plus souple que le précédent, le polystyrène chaleur, plus résistant aux hautes températures et enfin le polystyrène expansé sous forme de bulles de gaz.

Les copolymères styréniques, quant à eux, servent à fabriquer, par exemple, des boîtiers d'ordinateurs, des filtres à café, des bocaux, des emballages cosmétiques, des capots d'aspirateurs et même des brosses à dents. Il regroupe aussi des dérivés comme le styrène-acrylonitrile (SAN) et l'Acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS).



- Polystyrène utilisé comme protection autour des appareils -



11-4- Le polypropylène PP

Le polypropylène est l'un des polymères les plus polyvalents. Il sert à la fois comme thermoplastique et comme fibre. Comme thermoplastique il sert à fabriquer des boîtes à aliments qui résistent au lave-vaisselle. C'est possible parce qu'il ne fond pas en dessous de 160°C. Comme fibre, le polypropylène est utilisé pour faire des revêtements de sol intérieur et extérieur, du type de ceux que l'on trouve autour des piscines et des golfs miniatures. Le polypropylène est bon pour les revêtements extérieurs parce qu'il est très facile à colorer, et parce qu'il n'absorbe pas l'eau. Structuellement c'est une polyoléfine, et il est similaire au polyéthylène, seulement sur un carbone sur deux de la chaîne principale il y a un groupe méthyle attaché. Le polypropylène peut être fabriqué à partir du monomère propylène par polymérisation Ziegler-Natta et par polymérisation par catalyse par un métallocène.



11-5- Les Polyacryliques et polyméthacryliques

Cette famille se compose seulement de deux matières plastiques : le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) et le polyacrylonitrile (PAN). Utilisé comme fibres synthétiques et films alimentaires, ce dernier, peut être filé du fait de sa solubilité dans certains solvants.



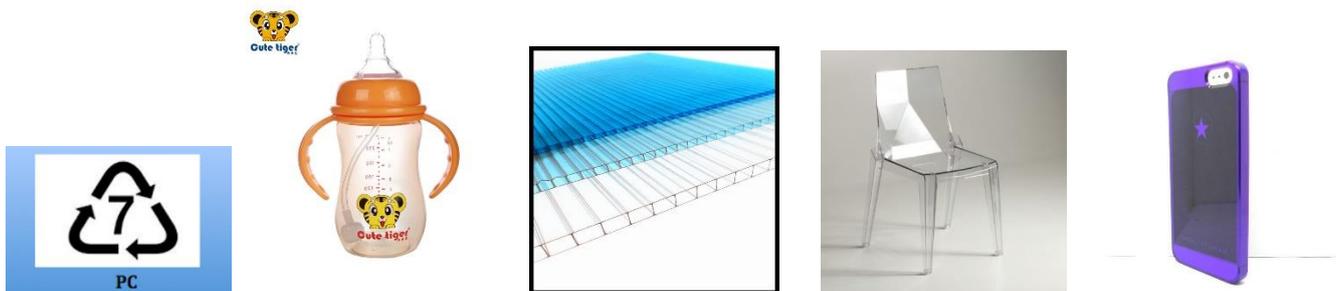
11-6- Les Polyamides

Seuls les polyamides (PA) eux même compose ce groupe. Les polyamides sont des polymères contenant des motifs amides, formant alors une longue chaîne. L'amide est un groupe caractéristique de forme $O=C-NR_1R_2$ que l'on peut voir ci-dessous. Le chiffre suivant leurs différentes abréviations réfère au nombre d'atome de carbone présent dans les monomères d'acide et d'amine qui les composent (PA 6, PA 11, PA 12, etc...). Si les polyamides servent principalement à fabriquer des fibres textiles sous forme de nylon, ils sont également utilisés pour produire des interrupteurs, des prises électriques, des engrenages, des vis, des appareils électro-ménagers, des seringues ou des pièces d'équipement automobile, et peuvent intégrer les cycles de recyclage des matières plastiques.



11-7- LES POLYCARBONATES

Composés obtenus à partir de diphénylolpropane ou de bisphénol A, les polycarbonates (PC) sont des matériaux à usage technique, très rigides et peu combustibles. Livrés sous la forme de granulés, de plaques, de feuilles ou de films, ils entrent dans la composition des disques compacts, des casques de moto ou des vitrages de sécurité et peuvent intégrer une ligne de recyclage plastique.



11-8- LES CELLULOSIQUES

Avec l'acétate de cellulose (CA) les industriels bénéficient d'une matière transparente, souple et stable, qui leur permet de fabriquer notamment des fibres, des vernis ou des films photographiques. Avec le nitrate de cellulose (CN), que l'on utilisait autrefois pour faire du celluloïd (considéré comme trop instable aujourd'hui), ils produisent diverses laques, peintures, encres, colles ou certains revêtements artificiels.

11-9- LES POLYESTERS LINEAIRES

Le polyéthylène téréphtalate (PETP ou PET), le polybutylène téréphtalate (PBTB) et le polytétraméthylène (PTMT) sont trois polyesters linéaires principaux, c'est-à-dire des produits synthétisés à partir d'éthylène-glycol ou de butylène-glycol. Contenant peu d'adjuvants, ils furent d'abord utilisés pour fabriquer des fibres textiles ou des films (comme le terphane), avant que leur résistance à l'abrasion, aux huiles, aux solutions salines et aux chocs ne conduise l'industrie plastique à inclure le PET dans la composition de rubans, de composants électroniques et de bouteilles (PET recyclable), et le PBTB dans celle de pièces mécaniques ou isolantes, soumises à des températures élevées. Le recyclage du PET (ou plus particulièrement le recyclage des bouteilles en plastique) figure parmi les nombreuses activités de Paprec dans le domaine du traitement des déchets plastiques. Recycler des bouteilles en plastique, c'est aussi permettre la fabrication de sacs de couchage, de textiles automobiles, et bien évidemment de nouvelles bouteilles.

11-10- LES POLYFLUORETHENES

Il existe trois types de polyfluoréthènes : le polytétrafluoréthène (PTFE), le polychlorotrifluoréthylène (PCTFE) et le polyfluorure de vinylidène (PVDF). Le PTFE se présente sous la forme d'une poudre blanche granulaire. Sa résistance à la chaleur est très bonne même s'il n'est pas un véritable thermoplastique (au-delà d'une certaine température, il se transforme en gel irréversible), et il s'illustre notamment par une absorption d'eau quasi nulle, des propriétés antiadhésives, une flexibilité élevée et une bonne résistance à la lumière ainsi qu'aux intempéries. On l'utilise pour fabriquer des revêtements antiadhésifs, des tuyaux, des paliers, des coussinets, des joints et des fibres textiles techniques.

Le PCTFE de son côté, est commercialisé sous deux formes distinctes : des hauts-polymères plastiques (sous forme de granulés ou de poudre) et des bas polymères liquides. LE PVDF est quant à lui une matière très récente, encore en développement. Plus stables thermiquement et chimiquement que le PTFE, tous deux servent également à fabriquer certains types de revêtements artificiels.

11-11- LES POLYACETALS

Le polyoxyméthylène (POM) et ses copolymères associés sont seuls au sein de la famille des polyacétals. Rigide, extrêmement résistant, notamment aux solvants organiques et aux fortes charges, et bon conducteur électrique, le POM est livré commercialement sous forme de poudres à mouler, de granulés et de semi-produits (barres, bâtons, tubes etc.). Il sert à fabriquer des engrenages, des vis, des biellettes, des pièces de frottement, des éléments de robinetterie ou des pièces d'outillage portatif

11-12- LES POLYSULFONES

Macromolécules contenant du dioxyde de soufre, Les polysulfones, comme le Sulfover ou le Surfil (noms commerciaux), permettent la fabrication de peintures ou de vernis. Ils offrent une bonne résistance aux bases chimiques, aux acides, aux huiles et aux graisses.

11-13-LE POLYSULFURE DE PHENYLENE

Matière plastique particulièrement sombre et rigide, ce polysulfure résiste bien à la chaleur ou aux produits chimiques. Il est employé pour fabriquer des pièces anticorrosion, des ustensiles culinaires ou des revêtements anti-adhérents.

11-14-LE POLYOXYPHENYLENE MODIFIE (PPO)

Le PPO modifié est une matière plastique délicate à transformer. Il doit donc être altéré, et mélangé avec du polystyrène avant d'être utilisé par les industriels, d'où son nom.

12 : Les propriétés de la matière plastique

Les propriétés des matériaux plastiques ne cessent de s'améliorer.

On constate l'emploi grandissant de pièces en matières plastiques à la place de pièces métalliques, souvent plus onéreuses, plus sensibles à la corrosion, ou plus lourdes. Certaines caractéristiques techniques diffèrent notablement de celles des métaux :

- la densité des matières plastiques non expansées est nettement plus faible que celle des métaux (hors magnésium) : de 0,83 (cas du poly-4-méthyl-pentène-1 désigné par PMP) à 2,15 (PTFE), avec 1,2 comme valeur moyenne. La densité d'un polymère est directement fonction du taux de cristallinité. Par ailleurs, la rigidité et la résistance mécanique augmentent avec ce taux ;
- température de transformation plus basse : couramment comprise entre 100 °C (le PS est facile à travailler : extrudable dès 85 °C) et 300 °C (le PC est injecté vers 300 °C). Les bioplastiques sont transformés de 160 à 200 °C, contre environ 220 °C pour des compounds ordinaires équivalents ;
- élasticité plus élevée (jusqu'à 800 % d'allongement à la rupture pour le PEHD) ;
- thermostabilité des polymères thermoplastiques nettement inférieure à celle des métaux. Rares sont les plastiques résistant à plus de 250 °C pendant de longues périodes dans l'air. Des modifications structurales, particulièrement parmi les matières thermoplastiques, permettent d'élargir le domaine thermique d'utilisation vers les basses ou hautes températures ;
- module d'élasticité plus faible (le module du PEBD est peu élevé : $E \sim 200$ MPa ; à l'opposé, les aminoplastes présentent un module très élevé). Une incorporation croissante de fibres augmente le module d'élasticité et la contrainte à la rupture (ténacité) du composite. La dilatation thermique des matériaux est inversement proportionnelle à leur module de traction. Le coefficient de dilatation des polymères thermoplastiques est supérieur à celui des métaux ;
- tenue (ou résistance) aux agents chimiques : en règle générale, les polymères résistent aux acides et aux bases [grande inertie chimique du PTFE et du PE (en raison de sa structure paraffinique)]. Ils sont cependant sensibles aux solvants (bonne tenue du PTFE, PBT et PA-6,6) ;
- les polymères ont un comportement viscoélastique. En effet, ils démontrent simultanément des propriétés élastiques et un caractère visqueux. Dans ce dernier cas, la matière s'écoule en réponse à une contrainte ;
- certains plastiques sont des amortissants vibratoires ; exemples : ABS, copolymère bloc SIS [ou poly (styrène-b-isoprène-b-styrène)] ; intérêt en vibroacoustique ;
- la plupart des polymères thermoplastiques amorphes non chargés (et non colorés...) sont transparents (PMMA, PC, PS « cristal », etc.) ;
- certains plastiques manifestent une grande résistance à l'impact (PC, PET, PMMA, etc.) ;

- certains sont résistants à l'abrasion (PTFE, PVC rigide, polyamides, PET, aminoplastes, etc.). Le PTFE possède un coefficient de friction particulièrement faible qui lui permet d'être un lubrifiant solide ;
- des déchets plastiques très stables peuvent rester des siècles durant dans l'environnement ; ils peuvent cheminer dans des organismes et ceux qui se fixent ont un effet inconnu.

Les matrices organiques sont des isolants thermiques et électriques, ainsi que les fibres de renfort (sauf fibres de carbone)

- la conductivité thermique des polymères est environ cent fois plus faible que celle des métaux ; ainsi, beaucoup de matières plastiques, en particulier les mousses, sont utilisées comme isolants ;
- conductivité électrique très faible ; les plastiques servent traditionnellement pour l'isolation de fils et câbles électriques (PTFE, PEHD).

Caractéristiques physiques moyennes de quelques polymères thermoplastiques usuels ¹².

Code	Densité	Taux de cristallinité (%)	T _V (°C)	T _f ou T _r (°C) ¹³	T _{maxi} (°C) ¹⁴	Module E (GPa)
ABS	1,04-1,12	0	85-125	105-120	70-85	2,5
PA-6	1,13	50	52	215	85	1
PA-6,6	1,14	50	57	260	90	1,5
PC	1,20	0	150	220-250	120	2,4
PE-HD	0,95	80-95	-110	124-135	90	0,8-1,2
PE-LD	0,92	50-70	-110	100-125	70	0,15-0,3
PET amorphe	1,30	0	65-80	255	100	2,7
PET cristallin	1,40	40	65-80	260	100	4,1
PMMA	1,18	0	105	130-140	60-90	3
PP	0,91	60-70	-10	165	100	1,3
PS « cristal »	1,05	0	80-100	100	60	3,2
PVC rigide	1,38	0-5	80	100-120	65	2,4

CONCLUSION :

Même si les plastiques ont beaucoup d'avantages (rigueur, longévité etc...) ils peuvent avoir de lourdes conséquences sur la biodiversité et la santé. Les plastiques contiennent des matières toxiques qui peuvent être très dangereuses pour la santé donc nous pensons qu'il faut limiter l'utilisation des matières plastiques

Arrêtons d'utiliser les plastiques et de les jeter n'importe où.

