

Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Les polymères synthétiques sont majoritairement issus de la pétrochimie et sont omniprésentes dans notre vie quotidienne:

- Matière plastiques

- Caoutchouc artificiel

- Film d'emballage

- Tuyauterie en PVC

- Isolant électrique

-Pot de yaourt.

-Les fibres artificielles (Nylon)



Néanmoins les premiers polymères sont historiquement issus de matière organique naturelle:

Le Bois → La cellulose

Le Maïs → le polypropylène

La canne à sucre → PVC et polyéthylène

L'Hévéa, le pissenlit → le caoutchouc naturel



Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Dans le langage courant, il est habituel d'utiliser le terme «plastiques » pour désigner les polymères.

En réalité, il faudrait parler de thermoplastiques. Suivant leurs propriétés physiques, les polymères peuvent être classés en trois grands groupes : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

Les thermodurcissables, une fois mis en forme (réaction chimique, température) ne peuvent être remodelés sous l'effet de la température.



Les thermoplastiques se ramollissent sous l'effet de la température et leur mise en forme est réversible.

Les élastomères peuvent être étirés et reprendre leur taille initiale à l'arrêt de la traction.



Le polypropylène (PP), le polyéthylène(PE), le polychlorure de vinyle (PVC), et le polystyrène (PS) font partie des thermoplastiques les plus utilisés.

Les Caractéristiques des plastiques : Les Avantages

Légèreté : En général une densité comprise entre 1 et 2 mais les matériaux alvéolaire peuvent descendre jusqu'à 0.01

Inaltérabilité: La résistance aux agents chimiques et à l'humidité est meilleure que celle des métaux.

Isolant: Electrique: Tous les matériaux plastiques sont de bons isolants.

Acoustique : Les produits plastiques alvéolaires sont des pièges à son.

Thermique: Les coefficients de transmission de la chaleur les plus bas sont obtenus par les mousses plastiques.

Imperméabilité: Les plastiques sous forme de film constituent une bonne barrière aux gaz ou à l'eau

Esthétique: Des qualités esthétiques remarquables de la part des formes possible, un grand choix de couleurs et agréable au toucher.

Transparence: Certains matériaux plastiques peuvent avoir un coefficient de transmission de la lumière supérieur au verre.

Facilité d'entretien: Les plastiques ne nécessitent pas d'entretien. Il n'y a pas de traitement de surface à prévoir. Les produits sont teintés dans la masse.

Amortissement: Les mousses souples et semi-rigides sont d'assez bons amortisseurs.

Facilité d'usinage :

Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Les Caractéristiques des plastiques : Les inconvénients



Inflammabilité: Les plastiques sont inflammables.

Sensibilité à la rayure: Certains thermoplastiques sont sensibles à la rayure.

Résistance thermique limitée: Les plastiques sont facilement attaquable par la chaleur.

Dilatation: Les plastiques sont de 5 à 10 fois plus dilatable que les métaux.

Rigidité: Nettement moins grande que celle des métaux.

Stabilité dimensionnelle: Une tendance à la déformation.

Electricité statique: Avec le frottement les plastiques sont générateurs d'électricité statique.

Humidité: Certains plastiques ont tendance à absorber l'eau (1 à 4%) et gonfler.

Vieillessement: Dégradation des plastiques par rupture mécanique des chaînes moléculaires.

Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation

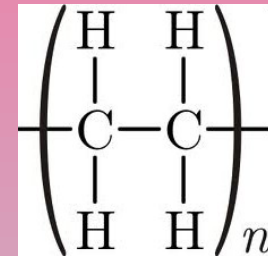
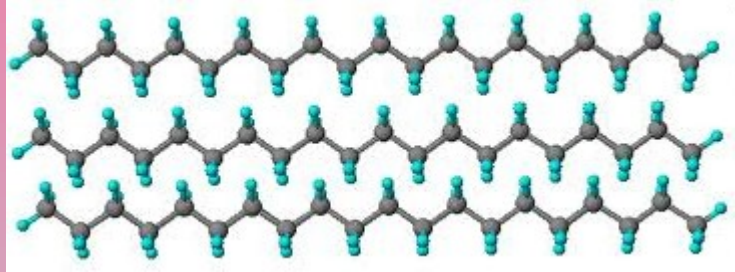
Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Structure atomique des polymères

Les polymères sont principalement constitués de macromolécules. **Les macromolécules sont de longues chaînes d'atomes assemblés par des liaisons covalentes.** La formation de ces longues chaînes est appelée polymérisation. A titre d'exemple, une chaîne de PE peut contenir en moyenne 50000 atomes.



Les macromolécules sont reliées entre elles par des liaisons secondaires d'énergie plus faibles. L'énergie des liaisons secondaires est comprise entre 4 et 40 kJ/mol.

(Pour comparaison, l'énergie d'une liaison covalente C-C est de l'ordre de 345-355 kJ/mol. Ces liaisons secondaires assurent la cohésion du matériau et lui confèrent ses propriétés.)

Ainsi, un polymère solide ayant des liaisons secondaires de grande énergie et des chaînes rigides pourra être un verre organique amorphe ou un polymère semi cristallin.

Lorsque ces liaisons secondaires sont faibles, si les chaînes sont très flexibles, le matériau obtenu est un élastomère dont les propriétés mécaniques d'utilisation sont apportées par la vulcanisation (introduction d'un faible taux de ponts covalents entre les chaînes).

Les macromolécules peuvent être définies comme la répétition d'une unité constitutive (UCR ou monomère). L'UCR est le plus petit motif représentatif contenant un nombre entier de groupements.

Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Les principaux polymères

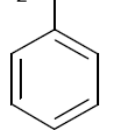
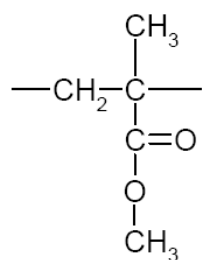
- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

Formule développée du motif monomère	Appellation courante et abréviation normalisée	Noms commerciaux Applications
$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	Polyéthylène (PE)	Lactène, Hostalen, Dowlex Sacs plastique (PEHD/PEBD) Réservoirs de voitures, bouteilles, flacons, bidons, films d'emballage, minidoses
$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ CH ₃	Polypropylène (PP)	Appryl, Novolen Films d'emballage alimentaire, bouteilles rigides, intérieur de lave vaisselle, cordes et ficelles
$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ Cl	Polychlorure de vinyle (PVC)	Lacovyl, Vinidur, Vinnolit Tuyauterie, pots de margarine, blisters, bouteilles d'eau minérale, barrières extérieures, films d'emballage alimentaire

Un polymère répète une structure de monomère un nombre considérable de fois.

Les principaux polymères

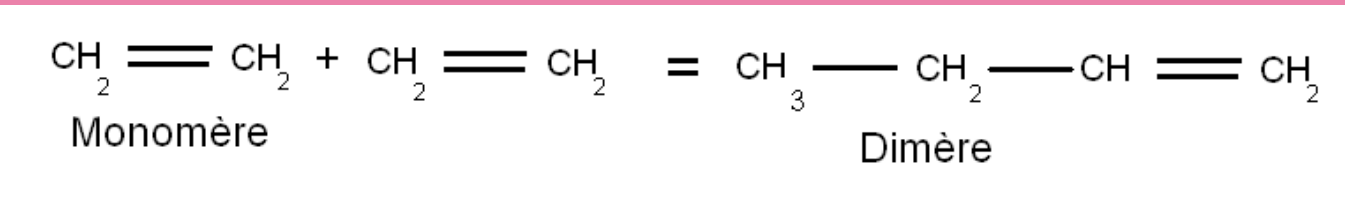
- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

Formule développée du motif monomère	Appellation courante et abréviation normalisée	Noms commerciaux Applications
$\text{---CH}_2\text{---CH---}$ 	Polystyrène (PS)	Lacqrene, Novodur, Styrol PS : emballages, pots de yaourt, armoire de toilette, cassettes audio, brosses à dents. PS expansé : emballage, boites à oeufs, isolants
$\text{---CH}_2\text{---C---}$ 	Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	Plexiglas, Altuglas, Lucryl... Plaques pour vitres, globes, feux arrière de voiture, lentilles d'appareils photo
$\text{---CF}_2\text{---CF}_2\text{---}$	Polytétrafluoroéthylène (PTFE)	Téflon, Hostaflon Tuyaux, joints et raccords. Robinet et vannes pour matériel de laboratoire, revêtements anti-adhérents

- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

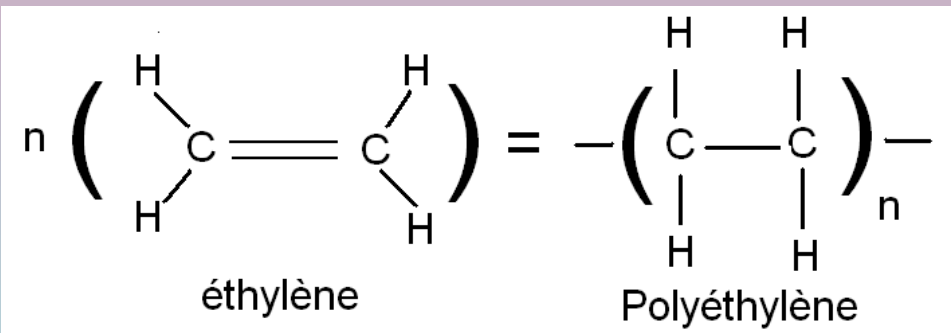
Les mécanismes de Polymérisation

La polyaddition



L'éthylène possède une liaison double qu'il est capable de libérer pour s'associer avec l'autre molécule d'éthylène. L'association des 2 monomères permet d'obtenir un dimère qui lui aussi possède une liaison double.

Si cette liaison double est sollicitée par une molécule d'éthylène on obtient un trimère. De proche en proche on obtient un polymère. La réaction consiste à ajouter des molécules de même nature : c'est une polyaddition



Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:

-la polyaddition

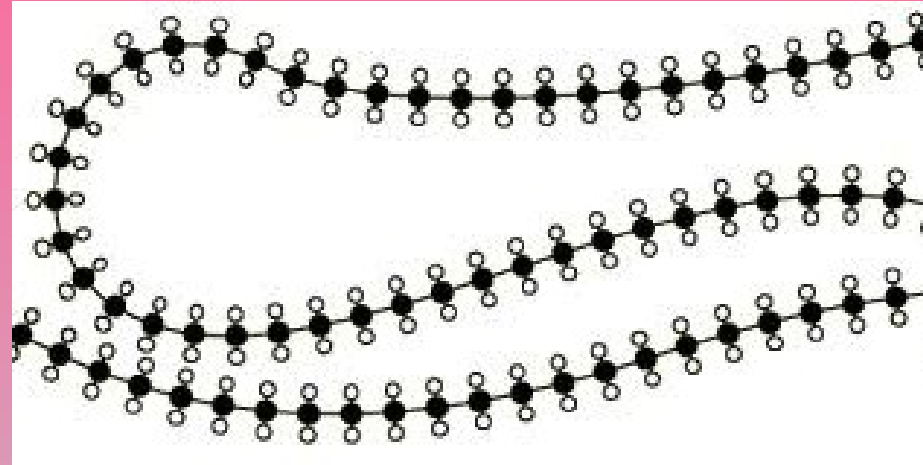
-la

polycondensation

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques



Le polyéthylène

Un polymère contient n motifs élémentaires. On dit que n est le degré de polymérisation. Industriellement, les degrés de polymérisation peuvent atteindre plusieurs dizaines de milliers.



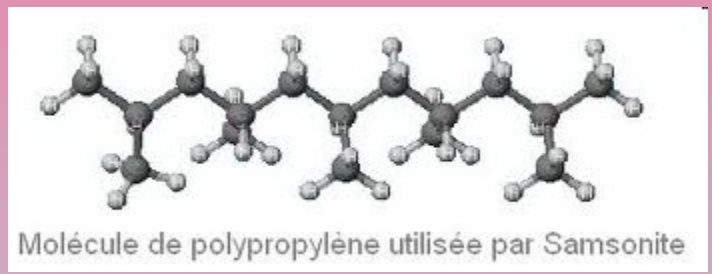
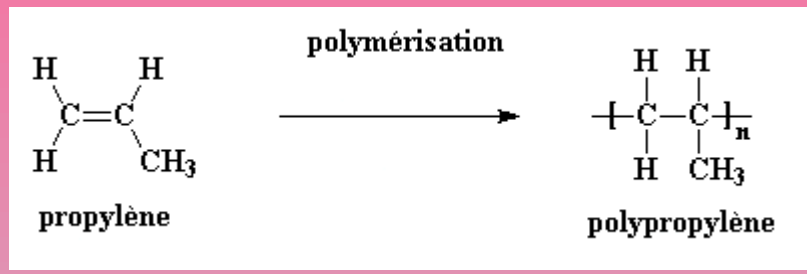
Le polyéthylène est le polymère de synthèse le plus employé. Il compose notamment la moitié des emballages plastiques (films à usage alimentaire, agricole...).

L'utilisation la plus visible du polyéthylène sont les sacs plastiques.

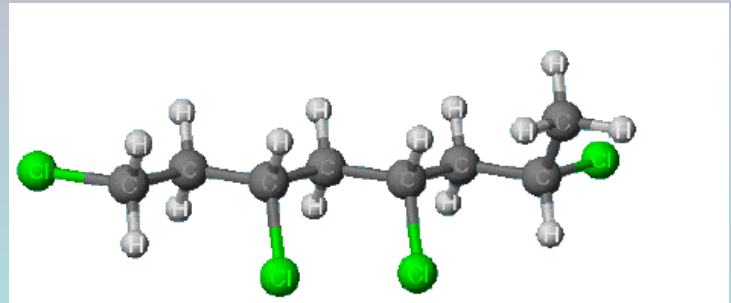
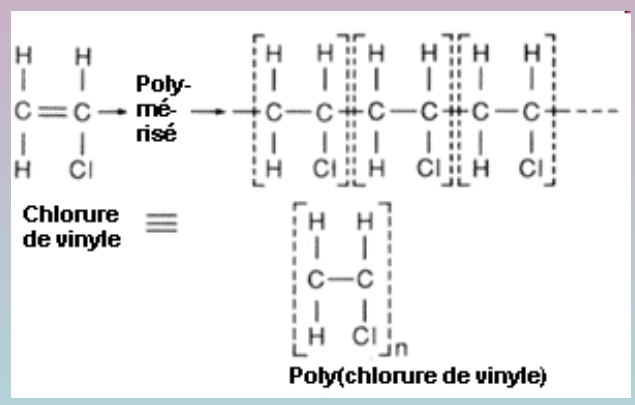
Lorsque le sac se froisse facilement sous la main, avec un bruit craquant, un touché « mécanique » et revient plus ou moins spontanément à sa forme d'origine, il s'agit du HDPE (PE haute densité).

Les principales applications du HDPE sont des produits rigides : flacons (détergents, cosmétiques...), bouteilles,, jerricans, réservoirs de carburant d'automobiles etc. (wikipédia)

Le polypropylène est aussi obtenu par polyaddition

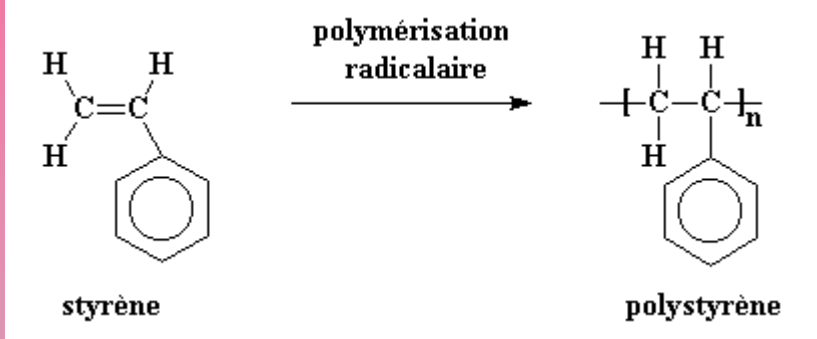


Le PVC (polychlorure de vinyle) est lui aussi issu d'une polyaddition



- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

Le polystyrène



Le monomère appelé styrène est composé aromatique contenant un noyau benzénique (C₆H₅) on le nomme aussi Phényléthylène Vinyl benzène.

Le polystyrène est léger sous sa forme expansée, on s'en sert comme emballage et comme isolant thermique (glacière), comme flotteur. Il entre aussi dans la composition du Napalm...



Lorsqu'il brule le PS produit une fumée noire extrêmement toxique

- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

La polycondensation est une réaction qui permet d'obtenir des macromolécules avec élimination de petites molécules (en particulier l'eau, le HCl, le NaCl).

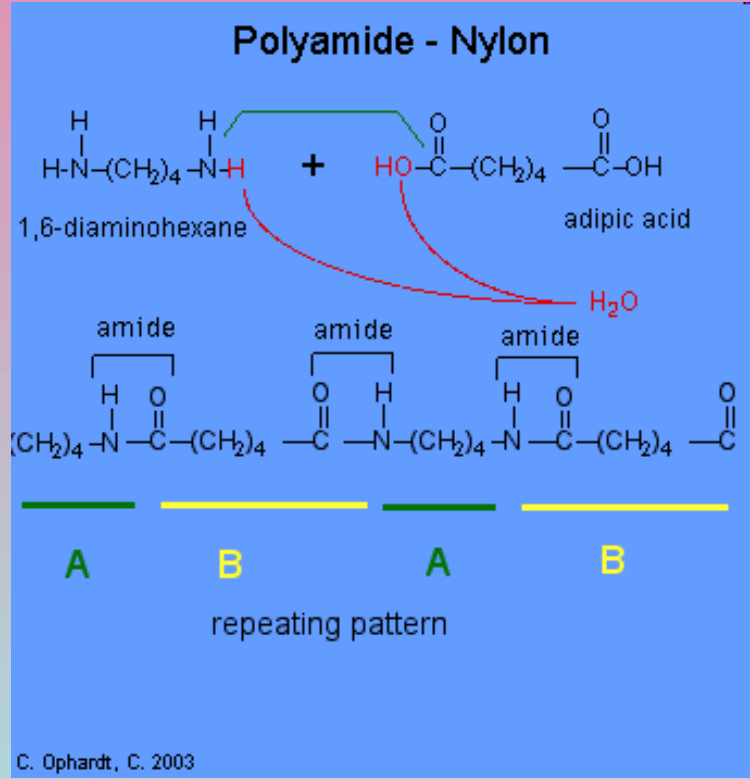
La réaction se produit par simple chauffage (avec catalyseur) Le degré de polymérisation dépasse rarement 500.

Les polymères obtenus sont (en autres):

- Les polyamides
- Les polyesters
- les poluréthanes

Exemple:

Le Nylon est un polyamide obtenu par polycondensation de 2 monomères avec production d'une molécule d'eau



Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition

-la polycondensation

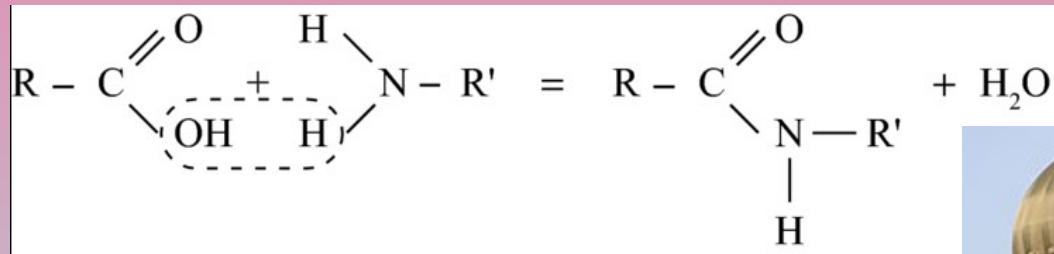
Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Le Nylon

En 1937, W.H. Carothers, de la société Dupont de Nemours, déposait aux États-Unis le brevet du nylon. Le nylon est un polyamide obtenu par une réaction chimique appelée polycondensation. C'est une réaction de polymérisation entre motifs monomères avec élimination de petites molécules. Une application industrielle est le « bas nylon » ou « soie synthétique ». Cette fibre est insoluble dans l'eau et les solvants organiques usuels, elle se dissout dans le phénol et fond à 263 °C. Elle présente une meilleure élasticité que les fibres naturelles. Le nylon-6,6 est produit par la réaction entre l'hexane-1,6-diamine et l'acide hexanedioïque. Le polymère a pour formule :



Une légende tenace veut que **le mot "nylon" associe les initiales des épouses des inventeurs de cette fibre**, une autre qu'il résulterait de **l'association de New York (NY) et Londres (LON pour London)...**

En fait c'est un comité de l'entreprise DuPont de Nemours qui dut trouver en 1939 un nom à ce polyamide ; **partant de "norun" ("no run", c'est-à-dire : "ne file pas")**, il serait passé par **"Nuron"** (inversion pour éviter des attaques judiciaires de concurrents) **puis "Nylon"**, plus facile à prononcer et rappelant deux autres matières textiles, le coton et la rayonne (rayon en anglais).

Deux ans plus tard, la société DuPont de Nemours fut obligée de rappeler cette étymologie car, avec l'entrée en guerre du Japon et l'utilisation du nylon pour les toiles de parachutes de l'armée américaine, **les journaux prétendaient que nylon signifiait "Now You've Lost Old Nippons"**



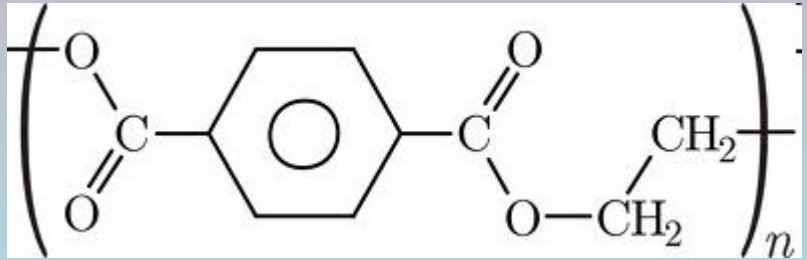
- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Le mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

Les polyesters



Le polyester sert surtout à fabriquer des fibres textiles synthétiques, dont les plus connues sont le Tergal et le Dacron. C'est la fibre synthétique la plus produite dans le monde. Elle représente environ 70 % des fibres synthétiques utilisées dans le vêtement.

Outre son utilisation très répandue dans l'habillement, souvent en mélange avec d'autres fibres, notamment le coton et la laine, ses applications se sont diversifiées dans l'industrie, notamment sous forme de films en agriculture et dans les travaux publics (géotextiles). Il est utilisé dans les emballages pour la conservation de la viande.



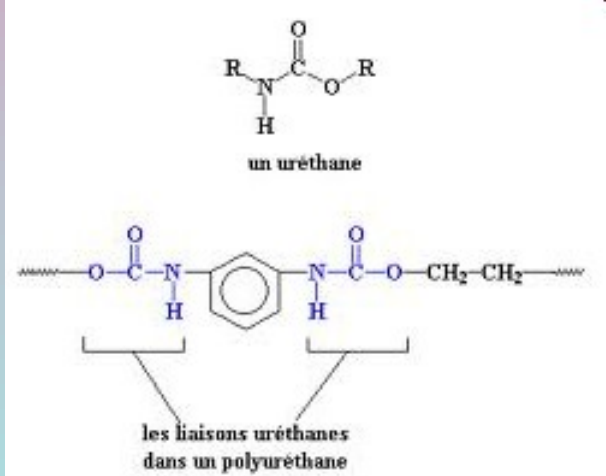
Les polyesters s'obtiennent par polycondensation

- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

Les polyuréthanes

Les polyuréthanes sont les plus connus des polymères utilisés pour faire les mousses. Si vous êtes assis actuellement sur une chaise matelassée, le coussin est plus que probablement fait en mousse polyuréthane. Les polyuréthanes sont plus que des mousses.

Les polyuréthanes sont la famille de polymères la plus polyvalente qui existe. Les polyuréthanes peuvent être des élastomères, et ils peuvent être des peintures. Ils peuvent être des fibres, et ils peuvent être des colles.



Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire.

Les propriétés mécaniques des polymères sont intimement liées à la qualité des liaisons intermoléculaires

A titre d'exemple, une chaîne de PE peut contenir en moyenne 50000 atomes. Les macromolécules sont reliées entre elles par des liaisons secondaires d'énergie plus faibles. comparaison l'énergie des liaisons secondaires est comprise entre 4 et 40 kJ/mol. Pour, l'énergie d'une liaison covalente C-C est de l'ordre de 345-355 kJ/mol.

Ces liaisons secondaires assurent la cohésion du matériau et lui confèrent ses propriétés. **Ainsi, un polymère solide ayant des liaisons secondaires de grande énergie et des chaînes rigides pourra être un verre organique amorphe ou un polymère semi cristallin.**

Lorsque ces liaisons secondaires sont faibles, si les chaînes sont très flexibles, le matériau obtenu est un élastomère dont les propriétés mécaniques d'utilisation sont apportées par la vulcanisation (introduction d'un faible taux de ponts covalents entre les chaînes).

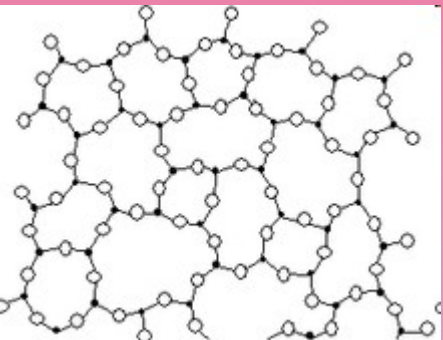
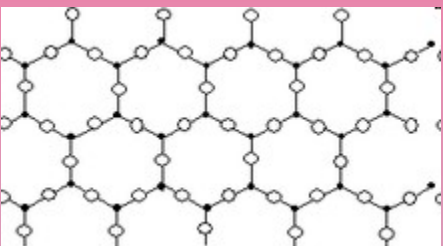


La **vulcanisation** (ou *curage*) est le procédé chimique consistant à incorporer un agent vulcanisant (soufre, le plus souvent) à un élastomère brut pour former après cuisson des ponts entre les macromolécules. Cette opération rend le matériau moins plastique mais plus élastique.

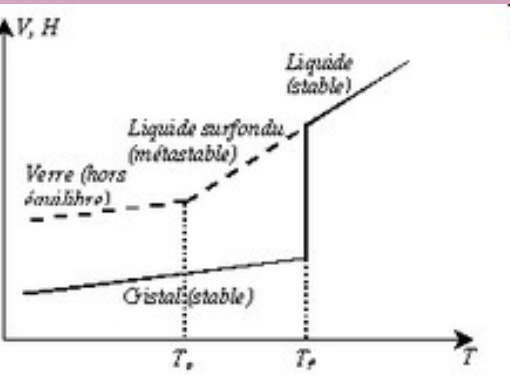
- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques

La température de transition vitreuse.

Contrairement aux solides cristallins, un verre est un solide amorphe.



La silice Si O₄ possède un état ordonné (cristallin) et un état vitreux



Variations thermiques du volume spécifique V et de l'enthalpie H lors du passage de l'état liquide à l'état solide (vitreux ou cristallin).

L'état vitreux est un état transitoire entre le liquide et la phase cristalline qui est la phase de moindre énergie. Néanmoins cet état peut perdurer sur de grandes échelles de temps.

Les verres et les matières plastiques possèdent en commun cet état vitreux dont le paramètre est la température vitreuse. T_g (g comme glass)

Présentation des polymères.

Les Caractéristiques des plastiques.

Structure atomique des polymères.

Les principaux polymères.

Les mécanisme de Polymérisation:
-la polyaddition
-la polycondensation

Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire

La température de transition vitreuse.

Le recyclage des matières plastiques

Importance de Tg.

En dessous de Tg, les matériaux sont rigides, peu ductiles et souvent cassants. Ils peuvent se fissurer ou se briser en éclats.

Les corps purs de faible poids moléculaire tels l'eau n'ont qu'une température de transition à l'état solide : en dessous de celle-ci, ce sont des solides cristallins et au-dessus, ce sont des liquides.

Au-dessus de Tg, les « liaisons faibles » entre les chaînes des polymères deviennent fragiles sous l'action de l'agitation thermique, le polymère devient souple et capable de se déformer élastiquement ou plastiquement sans rupture. Cette propriété justifie en partie l'utilité de la plupart des plastiques.

Un tel comportement n'existe pas pour les plastiques thermodurcissables. Du fait de leur rigidité, ils se briseront en éclats sous l'effet d'une contrainte plutôt que se déformer. Ils ne pourront plus être fondus par un chauffage éventuel.

La connaissance de Tg présente, dans la pratique, un intérêt majeur car elle conditionne la mise en forme des matériaux. En effet, en dessous de cette température, les matériaux sont durs. Les élastomères, tels le styrène-butadiène, sont utilisés au-delà de leur Tg, tandis que les polymères thermoplastiques amorphes, comme le polystyrène, sont utilisés en dessous..

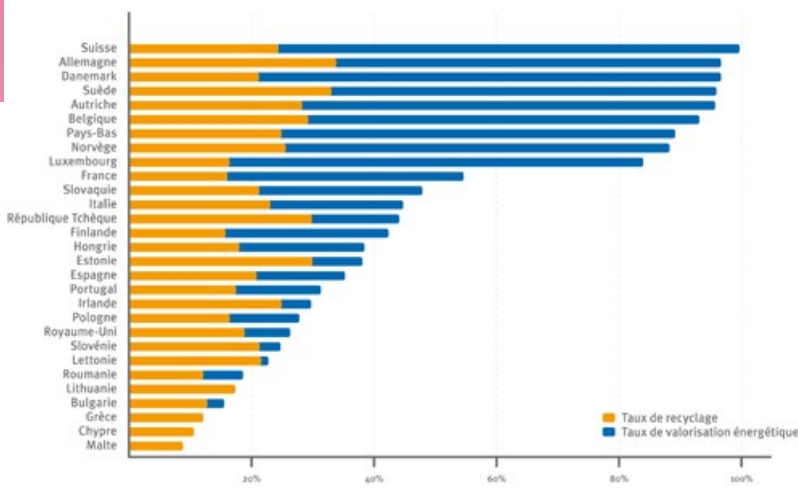
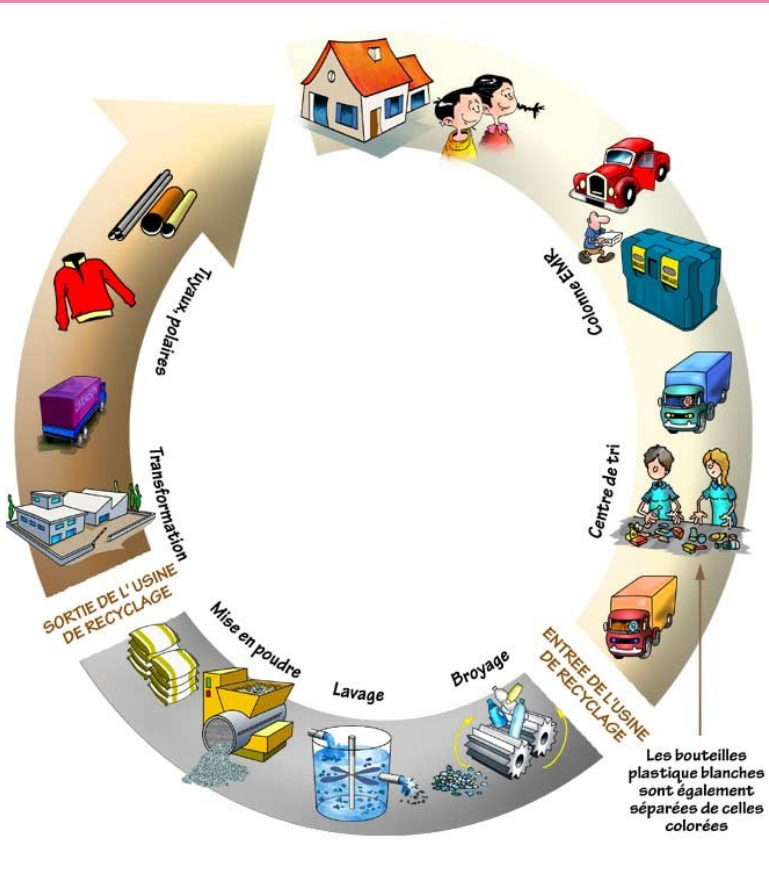
La Tg d'un polymère peut être diminuée par l'ajout de plastifiants.

(Wikipédia)

Le recyclage des matières plastiques

L'Union Européenne (UE27 N/CH) a recyclé 4,6 millions de tonnes en 2009 (2008 : 4,5 millions), soit 30,3% de tous ses emballages plastiques, dépassant facilement l'objectif minimal de l'UE de 22,5%

- Présentation des polymères.
- Les Caractéristiques des plastiques.
- Structure atomique des polymères.
- Les principaux polymères.
- Les mécanisme de Polymérisation:
 - la polyaddition
 - la polycondensation
- Les propriétés mécaniques des polymères et la structure moléculaire
- La température de transition vitreuse.
- Le recyclage des matières plastiques



Les pays européens qui imposent de **fortes restrictions à la mise en décharge** des déchets de post-consommation sont **très performants en matière de recyclage et de valorisation énergétique**. Une stratégie qui intègre la valorisation énergétique n'empêche donc pas de recycler efficacement. Les déchets plastiques peuvent être utilisés dans certaines centrales électriques ou des cimenteries comme combustibles de substitution, ou encore, alimenter les installations classiques de valorisation énergétique des ordures ménagères.