



Université de Relizane
Faculté des Sciences et Technologie
Département de Génie Mécanique



-2021/2022-

Technologie de Base
2^{ème} Génie Mécanique
Cours 04

Chapitre I : Matériaux (suite2)

I.2. Polymères

2.4. Définition

Le mot polymère vient du grec « polus » plusieurs, et « meros » partie. Un polymère est une macromolécule, organique ou inorganique, constituée de l'enchaînement répété d'un même motif, le monomère (du grec monos: un seul ou une seule, et meros ; partie), reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes. Les chaînes de polymères interagissent entre elles avec des forces plus faibles comme les liaisons de van der Waals. Les propriétés des polymères dépendent notamment du type de monomère(s), de la nature de leur assemblage et du degré de polymérisation.

Dans la macromolécule suivante**M-M-M-M-M-M**..... = **[-M-]_n** l'unité constitutive est **M**; elle est formée d'un groupe d'atomes qui se répète. A l'échelle moléculaire, quelques centaines de **nm**, la plupart des macromolécules se présentent sous forme de « fils long et souples ». Les réactions chimiques permettant de passer d'un monomère **M** à la macromolécule **[-M-]_n** s'appellent polymérisation.

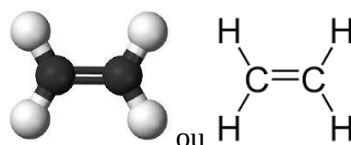
M= motif monomère (motif de répétition)

n=degré de polymérisation ; nombre de fois que l'on rencontre M dans la macromolécule

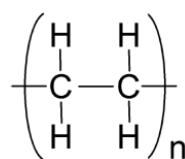
Exemple :

Le polyéthylène

Molécule d'éthylène :



Polyéthylène :



2.5. Classifications des polymères

Les polymères peuvent être classés en différentes familles.

2.5.1. Suivant leurs origines

2.5.1.1. Polymères naturels : Cellulose ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), le cuir, l'os, le caoutchouc naturel...

2.5.1.2. Polymères artificiels : pour lesquels on modifie chimiquement les polymères naturels tout en préservant le squelette moléculaire.

2.5.1.3. Polymères synthétiques : issue de la chimie macromoléculaire.

2.5.2. Suivant leur architecture

Les procédés modernes utilisés pour la synthèse des polymères permettent de leur conférer des structures variées (Fig. I.1).

2.5.2.1. Polymères linéaires

Les monomères sont joints bout à bout en chaînes simples. Ces longues chaînes flexibles qui font penser à une masse de spaghettis. Dans le cas des polymères linéaires, les liaisons de Van Der Waals entre les chaînes peuvent être prononcées.

Parmi les polymères courants qui adoptent une structure linéaire figurent : le Polychlorure de Vinyle

2.5.2.2. Polymères ramifiés

Les Polymères ramifiés se caractérisent par la présence de chaînes latérales qui sont raccordées aux chaînes principales.

2.5.2.3. Polymères à liaisons transversales

Des liaisons covalentes joignent en divers points les chaînes linéaires adjacentes. Ces liaisons apparaissent au cours de la synthèse du polymère ou à la suite d'une réaction chimique irréversible et résultent souvent de l'ajout d'atomes comme par exemple : le caoutchouc naturel comporte des liaisons transversales d'atomes de S.

2.5.2.4. Polymères réticulés

Les monomères à liaisons covalentes forment des réseaux tridimensionnels et sont plus rigides. Les époxydes appartiennent à ce groupe.

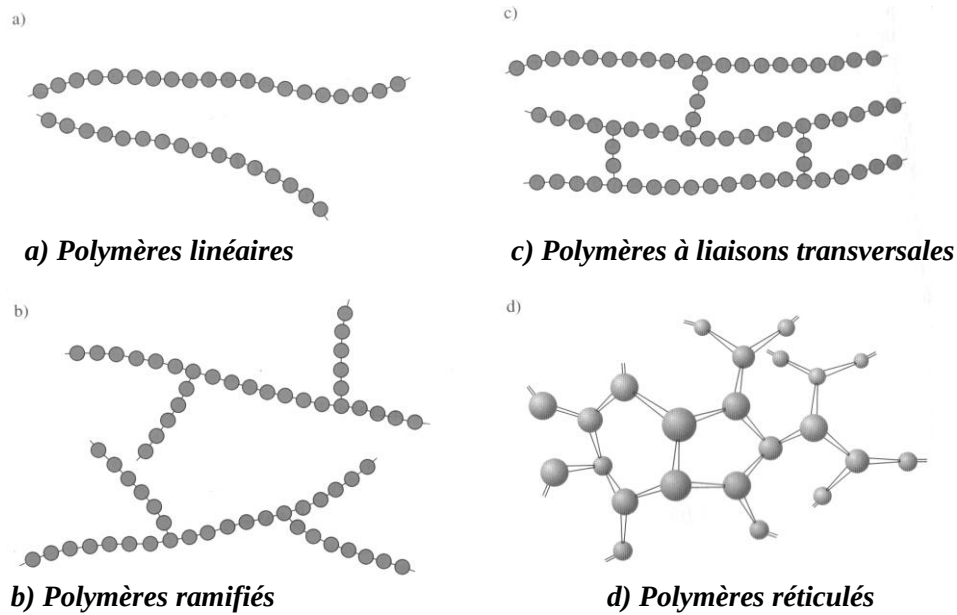


Figure I.1: Classification des polymères suivant leur architecture

2.5.3. Suivant leurs propriétés

En général, les polymères formés à partir de chaînes linéaires non réticulées et flexibles sont souples (à certaines températures) tandis que les polymères très réticulés, formant un réseau tridimensionnel sont plus rigides. Les premiers donnent lieu à des polymères thermoplastiques, les seconds à des polymères thermodurcissables. A ces deux familles s'ajoute celle particulière des élastomères.

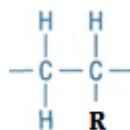
a. Thermoplastiques

Très nombreux, ils sont les plus utilisés. Ils sont des polymères linéaires ou ramifiés. Ils ramollissent à la chaleur. Ils peuvent être refondus et remis en œuvre plusieurs fois. Cette matière conserve de façon réversible sa thermoplasticité initiale. Les thermoplastiques sont plus faciles à fabriquer et permettent des formes plus complexes que les thermodurcissables.

Exemples :

Polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polystyrène (PS), polychlorure de vinyle (PVC) ...

Beaucoup ont pour unité de base :



Répétée plusieurs fois. Le radical **R** peut être tout simplement de l'hydrogène (comme pour le polyéthylène), ou CH₃ (polypropylène) ou Cl (polychlorure de vinyle), ou C₆H₄ (polystyrène);

Polychlorure de vinyle (Sa limite élastique est de 40.7-44.8MPa, sa résistance à la traction est de 40.7-51.7MPa et son allongement à la rupture est entre 40-80%)

Polypropylène (Sa limite élastique est de 31-37.2MPa, sa résistance à la traction est de 31-41.4MPa et son allongement à la rupture est entre 40-80%)

b. Thermodurcissables

Ils commencent par se ramollir sous l'action de la chaleur. Les molécules sont réticulées pendant le durcissement pour atteindre un état solide qu'elle conservera sous forme irréversible.

Exemple : Epoxyde (sa résistance à la traction est de 27.6-90MPa et son allongement à la rupture est entre 3-6%)

c. Elastomères

Ce sont des matériaux amorphes, mais avec quelques pontages entre les chaînes macromoléculaires linéaires, ces liaisons sont assurées par des atomes C, S ou O. La réaction permettant d'établir ces liaisons covalentes est la vulcanisation. Cette opération confère aux élastomères une structure tridimensionnelle très souple et très déformable, car le taux de réticulation est faible. Ils se distinguent par leur grande capacité de déformation réversible qui peut atteindre 1000%. Les pontages assurent la mémoire de l'état initial.

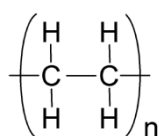
Exemple : Silicone (sa résistance à la traction est de 10.3MPa et son allongement à la rupture est entre 100-800%)

i. Suivant le mode de synthèse

1. Polyaddition : Les unités (motifs ou monomères) constitutives ne comportent que quelques atomes. Les monomères s'ajoutent par addition lors de la polymérisation engendrant ainsi les polymères thermoplastiques.

a.1) Homopolymère : est un polymère issu de la polymérisation d'un seul monomère.

Exemple: (C₂H₄)_n



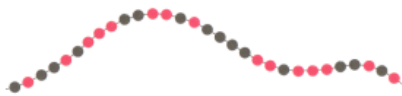
Où n est l'indice de polymérisation. Il peut prendre une valeur entre 10^3 et 10^6 et la longueur de chaîne peut atteindre $10\mu\text{m}$.

a.2) Copolymère : est un polymère issu de la polymérisation d'au moins deux types de molécules, chimiquement différentes appelées comonomères. Il est formé d'au moins deux motifs de répétition. On distingue deux types de copolymères :

a.2.1) Copolymère à structure homogène : comporte une seule phase amorphe.

- **Aléatoire** : -A-A-A-B-A-B-B-A-B-A-A-B-B-B-B-A-B-A-A-B-

aléatoires



- **Périodique** : -A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-



alternés

- **Statistique** : Obéit aux lois statistiques connues.

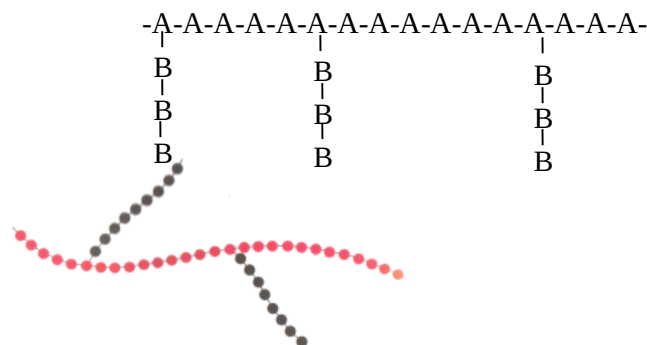
a.2.2) Copolymère à structure hétérogène : Ces polymères comportent deux phases ; amorphe et cristalline.

- **A blocs** : Constitué de blocs, de différentes compositions, connectés entre eux en séquences linaires ;

séquencés par blocs

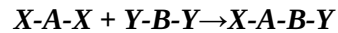


- **A greffons** : Un polymère greffé est constitué de blocs connectés latéralement à la chaîne principale et dont la composition est différente ;

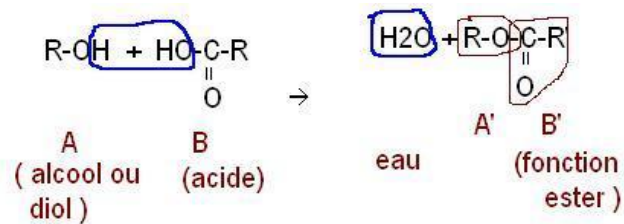


greffés

2. **Polycondensation** : La polymérisation par condensation donne lieu à des réactions par étape. Deux monomères donnent naissance à une molécule intermédiaire, laquelle constitue l'élément fondamental qui se répète dans la super macromolécule du thermodurcissable.



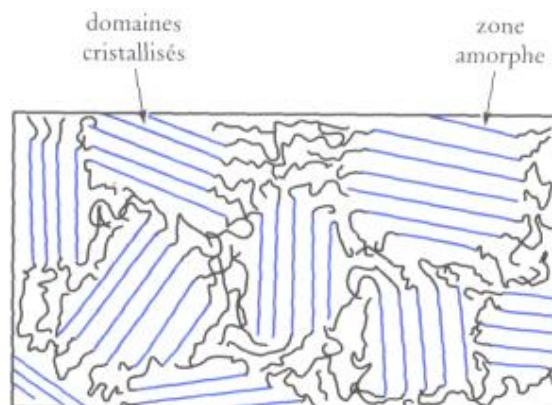
Exemple :



ii. Suivant leurs microstructures (Polymères semi-cristallins ou amorphes)

Lorsque le polymère est fondu, sa structure est celle d'un plat de spaghetti.

Au refroidissement, les spaghettis peuvent se figer sans se réarranger : le polymère est alors amorphe. Mais ils peuvent aussi se déplacer et s'aligner partiellement pour former localement de petits cristaux : le polymère est alors semi-cristallin (Fig. I.2).



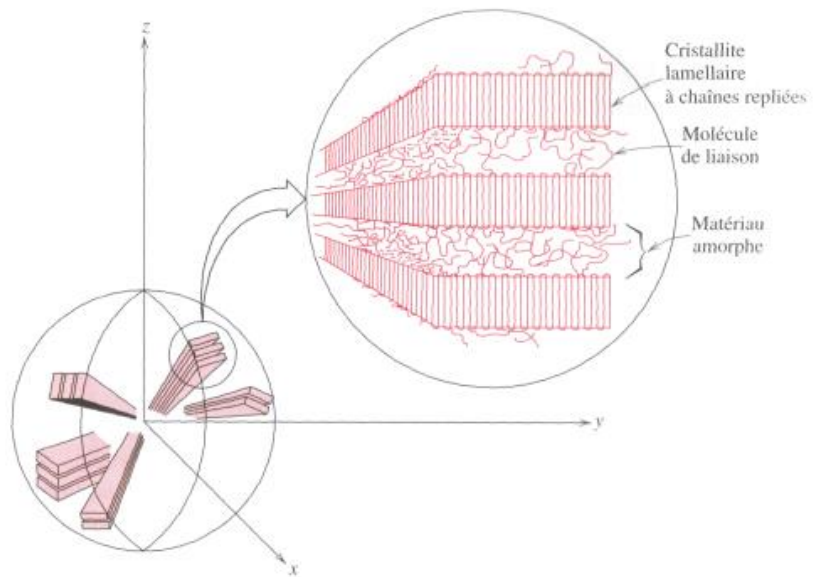


Figure I.2 : Classification des polymères selon leur structure

Le repliement des chaînes conduit à la formation de plaquettes cristallines ($L = 1\mu\text{m}$, $e = 100\text{-}1000\text{\AA}$).