

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf

FACULTE DE CHIMIE

Département : Génie des Matériaux

Master I Génie des Polymères

Cours

Classes des Matériaux et des Polymères

Année universitaire: 2019/2020

I. GENERALITES SUR LES MATERIAUX

I.1. Introduction

LES SCIENCES DES MATERIAUX Sont l'étude des relations entre :

- La **structure** (organisation atomique et moléculaire) ;
- Les **propriétés** des différents matériaux dans leur état physique (solide, liquide ou gaz) qui définissent leur comportement.

Et l'étude complétée par :

- Le **génie des matériaux** (procédés de fabrication et mise en forme).

Au cours de l'histoire, l'utilisation directe de matières premières naturelles (Pierre, bois, bronze et fer) étaient leurs outils et armes.

Cette utilisation s'est progressivement étendue à des matériaux de plus en plus perfectionnés, comme le choix des aciers pour la construction mécanique ou le choix du silicium pour la fabrication des circuits intégrés.

I.2. Qu'est-ce qu'un matériau

Un matériau est une matière d'origine naturelle ou artificielle que l'homme façonne pour en faire des objets.

A nos jours, il y a environ 50000 à 80000 matériaux disponibles pour l'ingénieur et 3000 procédés de fabrication et de mise en œuvre de ces matériaux.

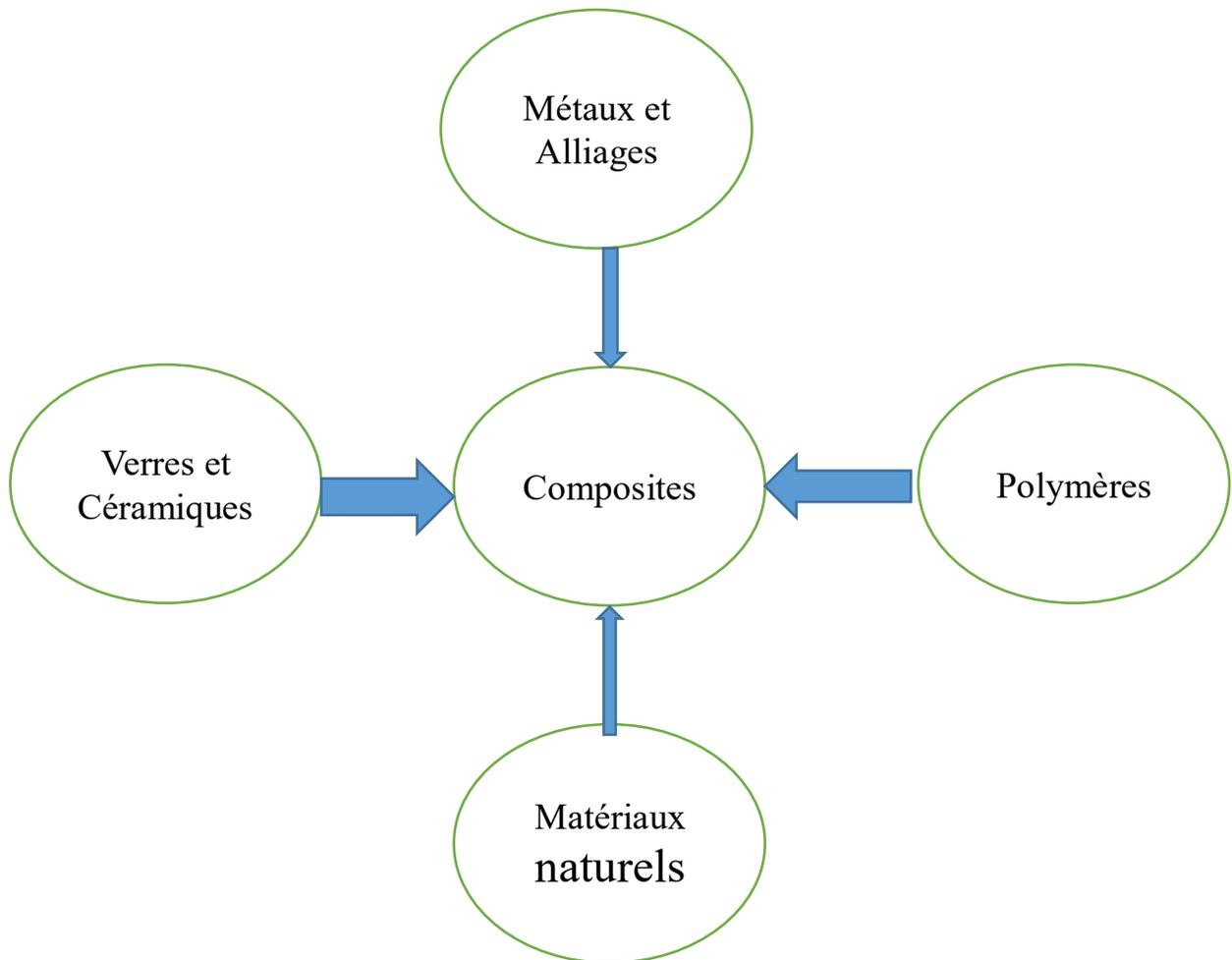
I.3. Classification des matériaux

Les matériaux peuvent être classés de plusieurs manières selon les critères qu'on veut prendre en considération (résistance, légèreté, mise en œuvre, applications,...), le classement qu'on va considérer est celui qui se base sur l'interaction entre atomes ou molécules.

Ainsi les matériaux sont classés en cinq familles :

- **Les matériaux métalliques** qui regroupent les métaux : fer, cuivre, bronze et les alliages métalliques : acier inoxydable.
- **Les matériaux organiques** qui sont issus d'êtres vivants, plantes ou animaux (bois, coton, papier...)
- **Les matériaux minéraux ou inorganiques** : roche, céramique, verre.
- **Les matériaux plastiques** : polymères.

- **Les matériaux composites** qui combinent plusieurs matériaux de famille différente pour obtenir de multiples propriétés (exemple : fibre de carbone).



I.3.1. Les matériaux métalliques

Ce sont des métaux ou des alliages (mélange) de métaux. (Fer, acier, aluminium, cuivre, bronze, fonte, etc.). On peut distinguer deux sous-groupes qui sont :

- Les matériaux ferreux** : Ce sont des alliages à base de fer (aciers et fontes) ; ils jouent un rôle capital sur le plan technologique. ils ont un fort module d'élasticité E et une forte limite d'élasticité , parmi eux on trouve :

- *les aciers d'usage général*, En fonction de leurs utilisations, ces aciers sont produits sous la forme de profilés (produits longs : les poutrelles, les profilés de sections diverses, les fers marchands, les tubes, les fils, les câbles et les rails.)

ou sous la forme de tôles (produits plats : comprennent les tôles fortes, les plaques (épaisseurs supérieure à 5 mm), les tôles minces pour l'emboutissage).

- **les aciers de traitement thermique**, ce sont des aciers au carbone, destinés à subir des traitements thermiques pour aboutir à des caractéristiques bien déterminées selon leurs utilisations.

- **les aciers à outils**, ce sont en général des aciers fortement alliés de chrome (entre 5 et 12 %) pour éviter la corrosion. Ils doivent posséder la dureté la plus élevée possible, une très bonne résistance à l'usure et une grande ténacité.

- **les aciers inoxydables**, Les aciers inoxydables comprennent un ensemble de familles d'alliages à base de fer dont la principale propriété est la résistance à la corrosion généralisée, ils sont utilisés en visserie, pour les ressorts, pour les arbres de pompes, la coutellerie, les soupapes ...

- **les fontes**. ce sont des alliages fer carbone de très forte teneur en carbone (> 2 %), ce qui les rend fragiles et interdit toute déformation plastique. On les utilise donc principalement en fonderie.(bâtis, la petite quincaillerie, les raccords de plomberie, la fabrication des carters de pompes, des vannes, des vilebrequins, des engrenages ...

b) Les matériaux non ferreux : ils possèdent une masse volumique faible, de bonnes propriétés électriques et résistance à la corrosion et à l'oxydation, ainsi qu'une facilité de mise en œuvre. parmi eux on trouve:

- **l'aluminium et ses alliages** : ce sont des alliages à base d'aluminium principalement utilisés en aéronautique, dans l'industrie alimentaire et cryogénique, pour les articles de sport et les structures utilisées en atmosphère marine.

- **le cuivre et ses alliages** : ce sont des alliages à base de cuivre : parmi eux on trouve les laitons utilisés en fonderie, le cupro-aluminium (construction navale), les cupro-nickels (construction navale), les bronzes (fonderie).

- **le zinc et ses alliages** : ce sont des alliages à base de zinc ayant une faible température de fusion (420°C), et sont largement utilisés dans l'automobile (carburateur, pompe à essences...), dans l'électroménager, en quincaillerie et en mécanique de précision (appareils photographiques, horlogerie...).

- **le titane et ses alliages** : Ce sont des alliages à base de titane, utilisés dans le domaine aéronautique.

I.3.1.1. Les propriétés des matériaux métalliques

- Ils sont solides à la température ambiante.
- Ils sont relativement denses.
- Ils sont généralement de très bon conducteurs de l'électricité.
- Ils sont généralement de très bons conducteurs de la chaleur.
- Ils sont souvent durs, rigides et déformables plastiquement.
- Leurs températures de fusion sont généralement élevées.

I.3.2. Les verres et les céramiques

I.3.2.1. Les verres

➤ Introduction

Le verre s'est formé naturellement à partir d'éléments présents dans la croûte terrestre bien avant qu'on ne songe à en analyser la composition, à le façonner ou qu'on le destine aux innombrables usages que nous lui connaissons aujourd'hui. L'obsidienne, par exemple, est une forme naturelle d'oxydes fondus sous l'effet de la chaleur intense des volcans et vitrifiés (transformés en verre) par un refroidissement rapide à l'air. C'est à sa teneur relativement élevée en oxyde de fer qu'elle doit sa couleur noire opaque. Sa résistance aux agents chimiques et sa dureté sont tout à fait comparables à celles de bon nombre de verres commerciaux.

La technologie du verre a une histoire vieille de 6 000 ans et certaines applications modernes remontent à la plus haute Antiquité. L'origine des premiers verres synthétiques se perd dans la nuit des temps et dans la légende. Les Egyptiens savaient fabriquer la faïence : ils façonnaient des figurines à partir de sable (SiO_2), l'oxyde le plus courant pour la formation du verre. On le recouvrait de natron, résidu abandonné par le Nil lors de ses crues, et composé principalement de carbonate de calcium (CaCO_3), de carbonate de sodium (Na_2CO_3), de chlorure de sodium (NaCl) et d'oxyde de cuivre (CuO). En chauffant à une température inférieure à 1 000 °C, on obtenait un enduit vitreux grâce à la diffusion des fondants CaO (oxyde de calcium) et Na_2O (oxyde de sodium) dans le sable puis à leur solidification au contact du sable. L'oxyde de cuivre donnait à l'objet une belle couleur bleue.

➤ Définitions

Selon **Morey**, «le verre est une substance inorganique qui dérive d'une façon continue de l'état liquide et lui est analogue, mais qui, conséquence d'un changement inverse de viscosité

pendant le refroidissement, atteint un tel degré de viscosité qu'on peut la considérer comme rigide pour toutes les applications pratiques».

La Société américaine pour l'essai des matériaux (**American Society for Testing and Materials** (ASTM)) définit le verre comme «un produit inorganique de fusion qui, en refroidissant, a atteint l'état rigide sans cristalliser». Organiques ou inorganiques, des substances peuvent se transformer en verre si leur structure n'est pas cristalline — c'est-à-dire sans caractère ordonné à longue distance.

➤ **Historique**

D'abord coloré à cause de la présence d'impuretés comme les oxydes de fer et de chrome, il faut remonter à environ 1 500 ans pour voir le premier verre quasiment incolore.

C'est à cette époque que l'industrie du verre commence à se développer à Rome. Elle se répand ensuite à travers l'Europe. Venise devient un important centre de verrerie. Au XIII^e siècle, nombre de ses fabriques s'installent sur l'île toute proche de Murano. De nos jours encore, Murano est un centre de production artisanale de verrerie d'art en Italie.

Au XVI^e siècle, on fabrique du verre dans toute l'Europe. La République tchèque est toujours renommée pour son verre de Bohême ; le Royaume-Uni ainsi que l'Irlande produisent des articles de table en cristal au plomb de haute qualité. La Suède fabrique également des objets d'art en cristal.

En Amérique du Nord, la toute première usine fut une verrerie. Les colons anglais, en effet, commencèrent la production du verre au début du XVII^e siècle à Jamestown en Virginie.

Aujourd'hui, presque tous les pays du monde fabriquent du verre. De nombreux articles proviennent de chaînes de production entièrement automatisées. Bien que le verre soit un matériau très ancien, ses propriétés, uniques, ne sont pas encore entièrement comprises.

➤ **Les procédés de fabrication**

Le verre est un produit inorganique résultant d'une fusion, suivie d'un refroidissement, jusqu'à l'état rigide sans cristallisation. Dur et cassant. En faisant varier les matériaux amorphes ou cristallins qu'il contient, on obtient du verre coloré, translucide ou opaque.

Refroidi à partir de son état de fusion, le verre augmente peu à peu en viscosité sans cristallisation dans une plage de températures étendue jusqu'à acquérir sa forme caractéristique dure et cassante. Son refroidissement doit s'effectuer dans des conditions bien déterminées pour éviter la cristallisation ou l'apparition de trop fortes tensions internes.

Si, en théorie, tout composé possédant ces propriétés physiques est du verre, la plupart des verres du commerce, qui peuvent avoir des compositions chimiques très différentes, entrent dans l'une des trois catégories ci-après :

1. *Les verres sodocalciques* (contenant principalement de la silice, de la soude et de la chaux) se classent au premier rang par l'importance de leur production et la diversité de leurs utilisations ; presque tout le verre plat, les récipients en verre, la verrerie domestique à bon marché produite en grande série et les ampoules électriques sont en verre de ce type.
2. *Les verres de silice (et potasse) au plomb* contiennent une proportion variable, mais souvent importante, d'oxyde de plomb. Leur indice de réfraction élevé est mis à profit dans l'industrie du verre optique. La facilité avec laquelle ils se laissent couper et polir en fait un matériau tout indiqué pour la verrerie domestique ou décorative soufflée. Leur haute résistivité électrique et la protection qu'ils offrent contre les rayonnements les désignent pour des applications électriques et électroniques.
3. *Les verres borosilicatés* ont un faible coefficient de dilatation thermique et sont résistants aux chocs thermiques, ce qui en fait d'excellents matériaux pour la verrerie de laboratoire, les ustensiles de cuisine allant au four et la fibre de verre renforçant les matières plastiques.

I.3.2.2. Les céramiques

➤ Introduction

La céramique, qui fut l'un des premiers arts utilitaires inventés par l'homme, est encore aujourd'hui l'une de ses activités maîtresses.

➤ Définition

Le mot "céramique" vient du grec "Keramos" signifiant "poterie". Ce mot grecque est lui-même originaire d'une vieille racine Sanskrite désignant "faire brûler".

Bien que les céramiques soient généralement perçues comme servant à fabriquer des services de tables des figurines, des vases ou des objets d'arts, la définition englobe une classe de matériaux beaucoup plus large. De manière générale, les céramiques sont définies comme des produits inorganiques qui ne présentent pas une de propriétés métalliques.

➤ **Historique**

Les céramiques, bien présentant un comportement fragile, ont été utilisées en tant que matériaux de structure depuis l'antiquité. Exemples :

- Pyramides de Gizeh = 1 000 000 de tonnes de céramique massive.
- Parthénon
- Muraille de Chine

Ce sont des matériaux constitués essentiellement d'oxydes, dont la cohésion est assurée par des liaisons ioniques et/ou covalentes.

Tableau 1 : Avantages et inconvénients généraux des matériaux céramiques

Avantages	Inconvénients
Résistance à la corrosion Résistance à l'usure Résistance à l'endommagement Résistance à la dégradation thermique Résistance à la chimique Résistance en compression Isolation thermique & électrique	Ténacité (<< Métaux)

Le terme de céramique étant très large, il englobe une vaste gamme de matériaux :

- Céramiques traditionnelles
- Oxydes purs
- Verres
- Carbures et Nitrures
- Ciment et Bétons
- Matériaux à base de Carbone

Ces matériaux possèdent alors une très large gamme d'applications :

- Matériaux de construction
- Bureautique
- Energie solaire
- Produits de consommation

I.3.3. Les matériaux naturels

Les matériaux naturels sont, comme leur nom l'indique, issus de la nature. Ils sont ensuite utilisés directement par l'homme.

On peut distinguer quelques grandes familles, de par leur origine :

- Origine végétale : bois (habitat, construction navale..),
- Origine animale : laine de mouton, soie, ...
- Origine minérale : roches, graviers, argile...

I.3.4. Les matériaux composites

Ce sont des assemblages d'au moins deux matériaux non miscibles.

L'association la plus commune est faite à partir de renforts fibreux noyés dans une matrice :

- Le renfort (ou l'armature) joue le rôle de squelette, il assure la tenue mécanique (rigidité et résistance).
- La matrice joue le rôle de liant, elle fige la forme finale de la pièce. Elle assure aussi le transfert des efforts vers les fibres.

Les composites trouvent leur application dans tous les domaines tels que : l'aéronautique, l'automobile, bâtiment et travaux public, industrie et sport et loisirs.

I.3.5. Les polymères

Un plastique est un mélange dont le constituant de base est une résine ou polymère, à laquelle on associe des adjuvants (plastifiants, anti-oxydants,...) et des additifs (colorants, ignifugeants). On peut considérer 3 grandes familles de plastiques :

- Thermoplastiques : les plus nombreux (90% de la production) et les plus faciles à mettre en œuvre, ils ramollissent et se déforment sous l'effet de la chaleur. Ils peuvent, en théorie, être refondus et réutilisés plusieurs fois. Exemples : PMMA, PP.
- Thermodurcissables : plus difficiles à mettre en œuvre, ils ne ramollissent pas sous l'effet de la chaleur mais se rigidifient et durcissent. Une fois créés, il n'est plus possible de les remodeler par chauffage. De nombreuses colles et revêtements font partie de cette famille. Exemples : EP (araldite), UP (polyester).
- Élastomères : naturels (caoutchouc) ou synthétiques, on peut les considérer comme une famille supplémentaire de polymères aux propriétés très particulières. Ils sont caractérisés par une très grande élasticité.

II. Les polymères

II.1. Introduction

Les polymères sont devenus des matériaux familiers, on les rencontre de plus en plus dans notre vie quotidienne. Ils constituent la principale composante des matières plastiques, des fibres textiles naturelles et synthétiques, des biomatériaux, ... etc.

Les polymères sont largement utilisés dans plusieurs industries : chimiques, électroniques, optiques, pharmaceutiques et médicales ceci grâce à leurs diverses propriétés tels que leurs résistance au changement de la température, la facilité de fabrication, leur élasticité et leur compatibilité avec d'autres milieux.

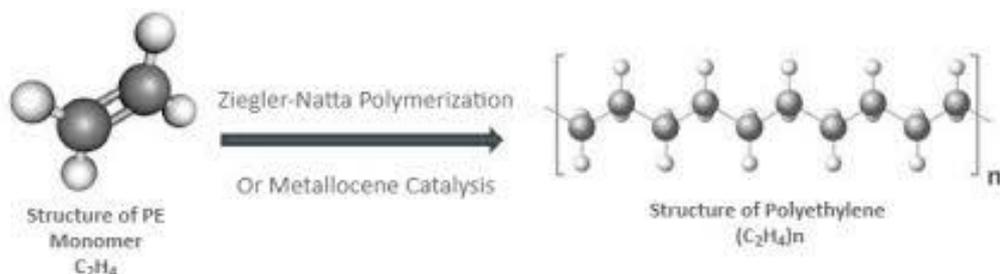
Les polymères peuvent être utilisés pour protéger l'environnement des déchets industriels. Les effluents industriels issus des industries de textile de **la tannerie** ou aussi de l'imprimerie présentent une charge polluante colorante biodégradable.

(Une **tannerie** est un atelier où le tannage est effectué. Le tannage est un procédé chimique, consistant à transformer les peaux en cuir en les rendant plus durables et plus souples.)

II.2. Notions sur les polymères

En chimie et biologie, un polymère est une molécule constituée d'une chaîne de molécules semblables, appelées monomères ; un polymère est une macromolécule résultant de l'assemblage de nombreux motifs identiques (monomères), un composé chimique avec des unités structurales répétitives.

Plus simple un polymère est un enchainement de monomères.



Motif de base (monomère)

Macromolécule de polyéthylène

Synthèse par réaction de polyaddition



Ex : Synthèse du polyéthylène



C a 4e^e de valence:
 Dans le monomère double liaison C=C (alcène).
 Pour former le polymère, ouverture de la double
 liaison pour former une longue chaîne de 10³ à 10⁶
 monomères. (longueur de chaîne jusqu'à 10 μm)

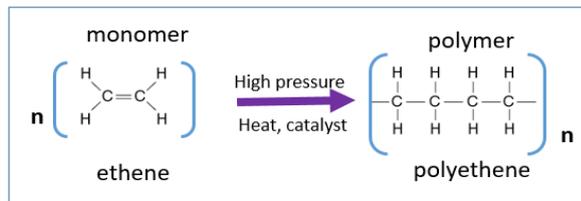
Voir film
polyéthylène

n est le Degré de polymérisation (Dp)

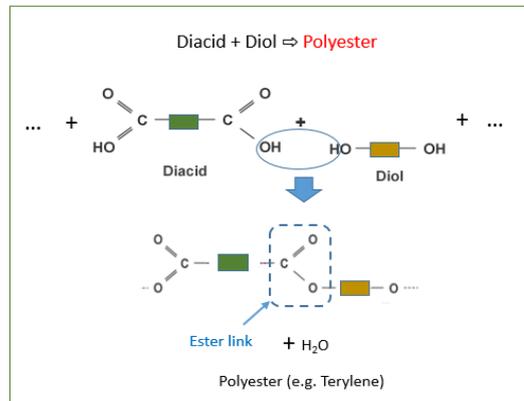
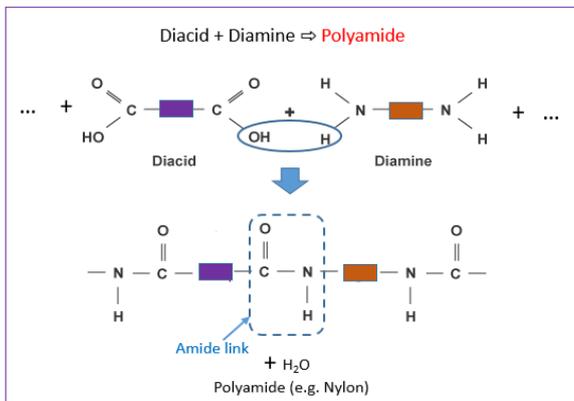


Pas de résidus donc c'est Polyaddition

Addition Polymerisation



Condensation Polymerisation



Il y a Résidus donc c'est Polycondensation

➤ **Masse Moléculaire : M**

<p>Ethylene</p> $\begin{array}{c} H & H \\ & \\ C=C \\ & \\ H & H \end{array}$	<p>Polyethylene</p> $\left[\begin{array}{c} H & H \\ & \\ -C & -C- \\ & \\ H & H \end{array} \right]_n$	$M_{\text{Ethylène}} = M_E = 2M_C + 4M_H$ <p>28 g/mole</p> <p>n monomères Ethylène</p> $M_{\text{polyéthylène}} = M_{PE} = nM_E$
--	--	--

II.3. Classification des polymères

II.3.1. Selon leur origine

On peut les classer en trois catégories

- Les **polymères naturels** sont issus des règnes végétaux à l'animal, leur importance est considérable. On peut cependant mentionner, dans cette catégories, la famille des polysaccharides (cellulose, amidon...), le caoutchouc naturel, etc. ;
- Les **polymères artificiels** sont obtenus par modification chimique de polymères naturels, de façon à transformer certaines de leurs propriétés ; l'ester cellulosique (nitrocellulose, acétate de cellulose...) ont toujours connu une certaine importance économique.
- Les **polymères synthétiques**, totalement issus du génie de l'homme, sont obtenus par polymérisation de molécules monomères. Leur variété est extrême et ce sont eux qui seront le plus souvent considérés par la suite.

II.3.2 Exemples de monomères et des polymères correspondants

éthylène	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	polyéthylène (PE) $-\left(\text{CH}_2 - \text{CH}_2\right)_n$
tétrafluoroéthylène	$\text{CF}_2 = \text{CF}_2$	polytétrafluoroéthylène (PTFE) $-\left(\text{CF}_2 - \text{CF}_2\right)_n$
propylène	$\text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}$	polypropylène (PP) $-\left(\text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}\right)_n$
chlorure de vinyle	$\text{CH}_2 = \overset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}}$	polychlorure de vinyle (PVC) $-\left(\text{CH}_2 - \overset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}}\right)_n$
styrène	$\text{CH}_2 = \overset{\text{C}_6\text{H}_5}{\underset{ }{\text{CH}}}$	polystyrène (PS) $-\left(\text{CH}_2 - \overset{\text{C}_6\text{H}_5}{\underset{ }{\text{CH}}}\right)_n$
acrylonitrile	$\text{CH}_2 = \overset{\text{CN}}{\underset{ }{\text{CH}}}$	polyacrylonitrile (PAN) $-\left(\text{CH}_2 - \overset{\text{CN}}{\underset{ }{\text{CH}}}\right)_n$
méthacrylate de méthyle	$\text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O} = \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3}{ }{\text{C}}}$	polyméthacrylate de méthyle (PMMA) $-\left(\text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O} = \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3}{ }{\text{C}}}\right)_n$

II.4. Place des matériaux polymériques par rapport aux métaux céramiques

Les polymères représentent une classe de matériaux de plus en plus importante.

Ils concurrencent les matériaux traditionnels, métaux et matériaux minéraux, grâce à :

- Leur faible densité alliée à des propriétés thermomécaniques de plus en plus élaborées ;
- Leurs propriétés très spécifiques (cas des polymères fonctionnels) ;
- Leur possibilité de recyclage, au moins en ce qui concerne les matières thermoplastiques.

III. Propriétés des polymères

III.1. Propriétés des matériaux

Les matériaux peuvent avoir des caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques diverses :

➤ **Propriétés physiques**

Elles se rapportent à :

- a) **Couleur** : C'est l'aspect naturel du matériau non oxydé.
- b) **Masse volumique** : notée par la lettre ρ elle exprime la masse par unité de volume et elle est très importante dans toutes les recherches. Exemple
$$\rho_{acier} = 7850 \text{ kg/m}^3$$
- c) **Point de fusion** : C'est la température à laquelle le métal chauffé passe de l'état solide à l'état liquide ; exemples $T_{f \text{ Fer}} = 1530^\circ\text{C}$; $T_{f \text{ acier}} = 1300$ à 1500°C ; $T_{f \text{ cuivre}} = 1080^\circ\text{C}$; $T_{f \text{ Aluminium}} = 650^\circ\text{C}$
- d) **Conductivité électrique** : c'est la capacité d'un matériau à être plus ou moins conducteur de courant électrique ; exemple le cuivre est un matériau bon conducteur, le plastique est un matériau mauvais conducteur (isolant)
- e) **Conductivité thermique** : C'est l'aptitude d'un matériau à véhiculer un flux thermique, c'est-à-dire un flux de chaleur, exemple l'Aluminium et le Cuivre possèdent une conductivité thermique élevée.
- f) **Propriété magnétique (ferromagnétisme)** : C'est l'aptitude d'un matériau à la production d'un champ magnétique, c'est une caractéristique très importante en construction électrique de bobine, moteur, appareils téléphoniques, etc....
- g) **Propriété acoustique** : C'est l'aptitude d'un matériau à transmettre plus ou moins facilement les ondes sonores exemple : la fibre optique possède des propriétés acoustiques élevée.

➤ **Propriétés mécaniques**

Elles définissent le comportement du matériau pendant l'utilisation, c'est-à-dire elles permettent à l'utilisateur de connaître si ce matériau va résister ou non aux efforts auxquels il serait soumis.

- a) **Ténacité** : C'est la résistance aux efforts de traction, de compression, et de cisaillement c'est-à-dire la propriété de s'opposer à l'action destructive des sollicitations extérieures.
- b) **Elasticité** : C'est l'aptitude d'un matériau à revenir à son état initial après déformation, autrement dit c'est la résistance à la déformation permanente (déformation plastique)
- c) **Dureté** : C'est la capacité d'un matériau à résister à la pénétration par un autre matériau.
- d) **Résilience** : C'est l'aptitude d'un matériau à résister au choc.
- e) **Fragilité** : C'est la facilité de rupture (cassure) sous l'action de choc, un corps fragile n'est pas résilient (verre).

➤ **Propriétés chimiques**

Elles définissent le comportement d'un matériau dans une ambiance où il y a des agents chimiques en contact (gaz, acide, air, etc...), c'est-à-dire est-ce que le matériau va résister ou non à la corrosion par l'oxygène et les agents chimiques.

➤ **Propriétés technologiques**

Elles expriment l'aptitude d'un matériau à subir les différents procédés de fabrication.

- a) **Malléabilité** : C'est la possibilité de se donner et de se soumettre à la déformation plastique d'un matériau à chaud ou à froid sans se détruire par choc ou par pression.
- b) **Ductilité** : (super malléabilité) c'est l'aptitude d'un matériau à être étiré en fil de faible section.
- c) **Fusibilité** : C'est l'aptitude à passer de l'état solide à l'état liquide.
- d) **Fluidité** : C'est l'aptitude à l'écoulement progressif, un matériau fusible et fluide possède une bonne coulabilité.

- e) **Soudabilité** : C'est l'aptitude d'un matériau à former une liaison intime avec un autre matériau par fusion.
- f) **Usinabilité** : C'est l'aptitude d'un matériau au façonnage par enlèvement de copeaux par outil de coupe.

III.2. Propriétés des polymères

Les propriétés des matériaux polymères sont beaucoup plus sensibles que celles des métaux aux influences extérieures telles que la température, la dureté, l'intensité de la contrainte appliquée, les radiations UV et les agents chimiques.

Les caractéristiques de résistance peuvent différer seulement d'un ordre de grandeur. Hormis les paramètres spécifiques ou matériaux (masse molaire, taux de ramification, mobilité des chaînes, taux de réticulation,....), et les conditions extérieures (humidité, agents chimiques, température, vitesse de sollicitation, type et intensité des contraintes appliquées).

➤ Propriétés thermiques

- a) **La température** : La température de transition vitreuse " T_g " et la température de fusion " T_f " sont les deux températures fondamentales nécessaires dans l'étude des matériaux polymères. La température de transition vitreuse est partiellement importante pour les polymères amorphes, notamment les thermoplastiques amorphes.

Les zones cristallines ne fondent que bien au-delà de la température de transition vitreuse.

Les températures caractéristiques d'un seul et même matériau peuvent alors être classées de la façon suivante :

Température de transition vitreuse < Température de cristallisation < Température de fusion < Température de décomposition thermique.

- Selon leurs **propriétés thermiques**, on trouve 2 types de polymères :
Les polymères **thermoplastiques** Sous l'effet de la chaleur, il se ramollit et devient malléable, en se refroidissant, il se durcit en conservant la forme donnée à chaud. ex : PE, PS, polyamide. Les polymères **thermodurcissables** Sous l'effet de la chaleur, il devient dur et ne peut plus fondre.

Remarque

Il existe aussi les **élastomères** ce type de polymère s'étire sous l'effet d'une action mécanique et reviennent à leur forme initiale lorsque l'action mécanique cesse. ex : caoutchouc, polyester.