

**Polymères et Elastomères**

samedi 15 mai 2021

**U4 Conception préliminaire d'un système microtechnique****COMPETENCES :**

- C1.2.** Décrire, caractériser, classer
- C3.2.** Dimensionner les éléments, évaluer les performances d'une solution en phase de conception préliminaire
- C4.1.** Rechercher, Imaginer, Adapter en phase de conception préliminaire
- C5.2.** Représenter une solution technique

. *BO ou Référentiel* : **BTS CIM 2003**

**SAVOIRS / Niveau 2 et 3 : Expression et Maîtrise d'outils****4.4.1. Caractéristiques :**

- Désignations normalisées ;
- Les principes de mise en forme ;
- Propriétés :
  - générales (coût, densité) ;
  - mécanique (élasticité, limite d'endurance, énergie de rupture, ténacité, résistance mécanique) ;
  - thermique (conductivité, chaleur spécifique, coefficient de dilatation, température de fusion, résistance au choc thermique, résistance au fluage, température de transition vitreuse) ;
  - usure et corrosion (coefficient d'usure, vitesse de corrosion, constante d'oxydation).

Pour :

**a. Les métaux :**

- Les aciers ;
- L'aluminium et ses alliages ;
- Le cuivre et ses alliages ;
- Les métaux à usages spécifiques (horlogerie, médical...).

**b. Les céramiques et les verres ;****c. Les polymères et les élastomères ;****d. Les composites.**

- **Décrire, caractériser et classer les matériaux « plastiques »**

**Objectif Opérationnel**

**Polymères et Elastomères**

samedi 15 mai 2021

- . **SITUATION** : Classe de Première Année de BTS CIM
- . **PREREQUIS** :
  - Essais mécaniques
  - Les matériaux métalliques
- . **DONNEES DU PROBLEME, CONDITIONS DE REALISATION** :
  - **DUREE** : 1 heure
- . **TRAVAIL DEMANDE** :
  - Visualiser les vidéos Nathan 1 et 2
  - Classer les polymères par procédé de polymérisation
  - Classer les polymères par comportement thermique
  - Classer les polymères par conditions d'utilisation et emploi

**PLAN ET DEROULEMENT DE L'ACTIVITE** :

- . **METHODE** :
  - **ACTIVITE** (de Groupe, d'Equipe, Individuelle) : - Classe entière
- . **MOYENS DIDACTIQUES** :
  - **DOCUMENTS** : - Poly cours,
  - **AUDIO-VISUELS** : - Vidéo Nathan : Les matières plastiques 1 - 11'03  
- Vidéo Nathan : Les matières plastiques 2 - 11'08
  - **AUTRES** : - /
  - **BIBLIOGRAPHIE** : - Mémotech Matières Plastiques  
- Source : Lycée Vauban, Brest – classe de PTSI –  
- Source : Lycée Les lombards - Technologie - Procédés de mise en forme  
- Techniques De L'ingénieur - Symboles Normalisés Des Plastiques
  - **LIENS** : - <http://www.plasturgieducation.org/>

**EVALUATION DE L'ACTIVITE** :

- . *Evaluation Formative*
- . *Evaluation Sommative*



## Introduction

Les **polymères** ou *matériaux plastiques* sont constitués d'un grand nombre d'unités fondamentales, appelées monomères, molécules organiques dont le noyau est essentiellement constitué d'un atome de carbone.

Les polymères, *substances organiques macromoléculaires*, sont donc obtenus par l'assemblage des monomères de base. Cette opération s'appelle la **polymérisation**.

On distingue parmi les polymères ceux issus d'éléments naturels tel que le latex, le bois, le coton, ceux obtenus par synthèse à partir d'éléments tels que le charbon, les hydrocarbures ...

Aujourd'hui, la plupart des polymères sont synthétisées à partir de **produits pétrochimiques** de façon abondante et bon marché.

## 1 Classification

Les matériaux plastiques sont classés selon :

- leur procédé de polymérisation.
- leur comportement thermique.
- leur nature chimique.
- leur type d'usage.

### 1.1 Procédé de polymérisation

Il existe deux types de polymérisation :

- Par addition
- Par condensation

Selon le mode de polymérisation, la structure des polymères peut prendre plusieurs formes.

La polymérisation par addition entraîne la formation de macromolécules linéaires qui peuvent se ramifier, alors que la polymérisation par condensation peut engendrer en général un réseau tridimensionnel.

Le comportement des matières plastiques dépend en grande partie du type de structure obtenue et de son degré de réticulation (*réticulation : transformation d'un polymère linéaire en polymère tridimensionnel par création de liaisons transversales*).

En général, on classe les matières plastiques en trois groupes, les **thermoplastiques**, les **thermodurcissables** et les **élastomères**.

### 1.2 Comportement thermique

Les propriétés mécaniques des polymères dépendent fortement de la température. A basse température, la plupart des polymères présentent un état vitreux : ils sont rigides.



Lorsque la température augmente, ils passent par un état de transition : pour une plage de températures spécifique du polymère, les chaînes macromoléculaires glissent les unes par rapport aux autres et le polymère se ramollit. Cette plage de température s'appelle **transition vitreuse**, notée **T<sub>v</sub>** ou **T<sub>g</sub>** (*g pour glass en anglais*).

A une température plus élevée, le polymère passe par un plateau « **caoutchoutique** » : son comportement est **viscoélastique**. Certains polymères présentent un point de fusion **T<sub>f</sub>** supérieur à T<sub>g</sub>.

Les polymères étant utilisés à température ambiante, on dit qu'ils sont élastomères si leur température de transition vitreuse est inférieure à la température ambiante (comportement « caoutchoutique ») ; ils sont plastomères (comportement rigide) dans l'autre cas.

## 1.2.1 Les thermoplastiques

Dans les polymères linéaires, ou ramifiés, obtenus par addition, les macromolécules ne sont liées entre elles que par des liaisons de faible intensité. L'élévation de température facilite le déplacement des chaînes les unes par rapport aux autres, le comportement d'abord vitreux, devient « caoutchoutique » entre la température de transition vitreuse T<sub>g</sub> et la température de fusion T<sub>f</sub>. La réversibilité de comportement permet la mise en forme de ces matières à l'état fondu ou « caoutchoutique ».

## 1.2.2 Les thermodurcissables

Les matières plastiques obtenues par condensation de monomères sont constitués d'un réseau tridimensionnel de macromolécules. Ce sont des matériaux **amorphes** (*amorphe : opposé à cristallin*) et infusibles et il ne peut y avoir aucun déplacement de chaînes les unes par rapport aux autres.

Lorsque la température augmente, le matériau ne devient pas visqueux, mais il conserve sa rigidité jusqu'au moment où il se dégrade. On appelle ces plastiques thermodurcissables car, en général, une élévation de température favorise la réaction de polymérisation et le degré de réticulation, donc la rigidité.

## 1.2.3 Les élastomères

Les élastomères sont des matériaux aux propriétés bien particulières. Ce sont des polymères de haute masse moléculaire et à chaînes linéaires. Le déplacement de leurs chaînes les unes par rapport aux autres n'étant limité que par une légère réticulation, on peut obtenir de grandes déformations élastiques totalement réversibles.

Lorsque la contrainte est nulle, ces matériaux sont amorphes, leurs chaînes tendant toutefois à s'aligner au cours de la déformation, il se produit une augmentation de la rigidité. Pour obtenir un tel comportement, il faut utiliser ces matériaux à une température supérieure à leur température de transition vitreuse. Les propriétés des élastomères dépendent de leur degré de réticulation; c'est ainsi que les propriétés du caoutchouc varient en fonction de la quantité de soufre utilisée lors de la vulcanisation (*vulcanisation : opération consistant à incorporer du soufre au caoutchouc afin d'améliorer sa résistance en lui conservant son élasticité*), en vue de lier les chaînes les unes aux autres.



## 1.3 Adjuvants chimiques

Des adjuvants chimiques sont souvent utilisés en faible quantité (quelques %) pour donner aux matières plastiques des caractéristiques souhaitées.

On peut citer :

- les pigments et les colorants.
- les stabilisants et les antioxydants (qui augmentent la résistance du polymère à la chaleur).
- les ultra-violets.
- les ignifugeants (qui permettent d'augmenter la résistance du matériau au feu).
- les charges renforçantes (qui augmentent la résistance mécanique).
- les charges inertes (qui diminuent le prix de revient).
- les lubrifiants (qui augmentent la facilité de démoulage).

## 2 Utilisation

Malgré un ralentissement dû aux effets des chocs pétroliers et à la récession économique qui s'en est suivie, la production mondiale de matières plastiques n'a cessé de croître. Ce domaine demeure porteur. Le tableau ci-dessous présente comparaison des productions d'aciers et de matières plastiques en France

	production pondérale (milliers de t)	densité moyenne	production volumique (milliers de m <sup>3</sup> )
acier	18 000	7,8	2 400
plastiques	4 400	1,1	4 000

### 2.1 Principaux thermoplastiques et leurs emplois

La rapidité de mise en œuvre des thermoplastiques (injection et extrusion notamment), et la possibilité de réutiliser les déchets ont favorisé leur emploi dans tous les cas où on les utilise à des températures inférieures à 100 °C. Ils ont donc souvent, dans ces domaines, remplacé les thermodurcissables, dont la transformation est plus longue. On distingue principalement trois types de thermoplastiques :

- Les thermoplastiques de grande diffusion
- Les thermoplastiques techniques
- Les plastiques thermostables

#### 2.1.1 Les thermoplastiques de grande diffusion

familles	désignations	utilisations
les vinyliques	PVC rigide PVC souple	tubes, profilés, bouteilles revêtements de sol, joints, isolants
les polyoléfines	PEbd PEhd PP	gaines, films, sacs pièces moulées, films fils, films, pièces moulées
les styréniques	PS PSC choc PSE expansé SAN ABS	emballages thermoformés ou injectés, ameublement, TV, HIFI, électroménager isolation thermique pièces moulées pièces moulées
les acryliques	PMMA PAN	plaques transparentes, feux de position corps creux pour cosmétiques



## 2.1.2 Les thermoplastiques techniques

Ils sont nommés ainsi à cause de leurs facultés à remplir les fonctions techniques autrefois réservées aux métaux. Ils se regroupent autour de certaines caractéristiques :

- facilité de mise en œuvre, bonnes propriétés mécaniques et diélectriques,
- ratio « propriétés/densité » très avantageux,
- inertie chimique, absence de corrosion,
- bonne conservation des propriétés en température et en fonction du temps.

On les retrouve soit discrètement dissimulés dans un appareil électroménager (engrenages), soit au contraire bien visibles (feux arrières d'une automobile). Ils sont présents sur les grands marchés comme l'électricité, l'électrotechnique, l'automobile, l'électroménager, l'outillage et les loisirs.

familles	désignations	utilisations
les polycarbonates	PC	vitrage, lanternerie, CD, matériel médical
les polyamides	PA	roues dentées, paliers, ventilateurs
les polyesters saturés	PET, PBT	électrotechnique, électroménager, bouteilles, films, barquettes pour micro-ondes
les polyoxydes de phénylène	PPO	automobiles, micromécanique, carters
les polysulfurés	PSU PPS	aéronautique, électrotechnique, robinetterie
les polyoxyméthylènes	POM	pièces techniques, matériel médical, pompes
les polyfluorés	PTFE, PVDT	pièces mécaniques, engrenages anti-corrosion, lubrification, glissement, isolation électrique

## 2.1.3 Les plastiques thermostables

Ces polymères ont vu le jour dès 1980. Ils permettent une meilleure tenue en température continue voisine de 200 °C.

PAI	polyamide-imide	PAA	polyaryl-amide
PEI	polyéther-imide	PSU	polysulfone
PEK	polyéther-cétone	PPS	polyphénylène-sulfone
PEEK	poléther-éther-cétone	PES	polyéther-sulfone

## 2.2 Principaux thermodurcissables et leurs emplois

Bien que les polymères thermodurcissables soient moins employés que les thermoplastiques, ils demeurent intéressants pour des températures d'utilisation comprises entre 100 et 200 °C. Ils subissent pendant leur transformation, une opération chimique de polymérisation de fixation (chaleur, pression, température). Leur durcissement est irréversible, les déchets ne sont donc pas réutilisables. On distingue :

### 2.2.1 Les phénoplastes (PF, UF) et les aminoplastes (MF, MP)

Ces résines ont en commun les propriétés suivantes : faible prix, rigidité, tenue thermique, stabilité dimensionnelle dans le temps, qualités diélectriques, mais sont faibles en contraintes dynamiques. On les utilise le plus souvent chargées de poudre minérale sous forme :

- de pièces moulées : isolants électriques, poignées de casseroles, vaisselle...
- de stratifiés : laminés décoratifs, circuits imprimés...
- de colles



## 2.2.2 Les polyesters insaturés (UP)

Ils sont obtenus par polycondensation d'acides et d'alcool.

- les UP non renforcés sont utilisés comme laques, vernis, liants et adhésifs,
- les UP renforcés (90 % de l'emploi de ces matériaux) sont employés dans la fabrication des piscines, cuves, coques de bateaux, carrosseries...

## 2.2.3 Les polyépoxydes (EP)

Ils sont obtenus par polycondensation d'épichlorhydrine et de biphenol. On les trouve sous forme liquide, pâteuse ou solide. Ils sont utilisés en :

- résines : articles de sport, coques, pièces pour l'aéronautique...
- adhésifs : collage de béton, de métaux, de plastiques...
- poudres à mouler : isolation électrique...
- peintures et vernis,
- composites hautes performances.

## 2.2.4 Les silicones (Si)

Ce sont des composés « organosiliciques ». On les trouve sous forme de pâtes, graisses, fluides, résines ou d'élastomères. On les utilise dans les circuits imprimés, les joints d'étanchéité, les tétines de biberons, les agents de démoulage...

## 2.2.5 Les polyimides (PI)

Ils sont obtenus par polycondensation de diamines aromatiques ou par polymérisation d'imidés éthyléniques. Ils possèdent une très bonne tenue à la température (jusqu'à 250 °C). Ils sont utilisés sous forme de :

- films : isolants électriques, supports de jauges de déformations...
- poudres à mouler : cônes de réacteur, engrenages, allume-cigares...

## 2.2.6 Les polyuréthanes (PUR)

Ils sont préparés directement par l'utilisateur à partir de pré-polymères. On procède par polyaddition de di-isocyanates et de polyols. Suivant la nature des isocyanates employés, on trouve toute une gamme de produits (résines, vernis, adhésifs, élastomères, mousses). La principale utilisation du polyuréthane est sous forme de mousses :

- les mousses rigides : isolation thermique,
- les mousses semi-rigides : accoudoir, appui-tête, chaussures,
- les mousses souples : sièges, matelas, joints...