

Polymères

Les matières plastiques

Un peu d'histoire

Monde vivant :

Polymères

Polymères



Polymères



ADN



caoutchouc

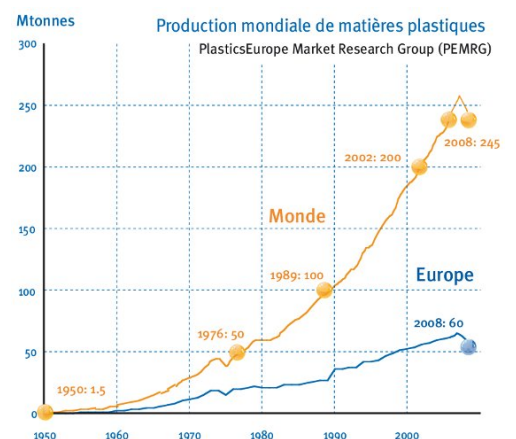


bakélite

◆ croissance exponentielle après la seconde guerre mondiale

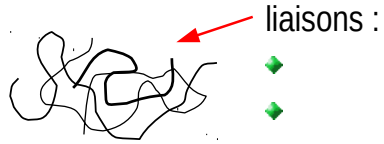
◆ remplacent peu à peu métaux et céramiques traditionnelles

→ conception très différente !



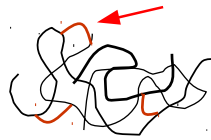
Deux grandes familles

Thermoplastiques (grande majorité)

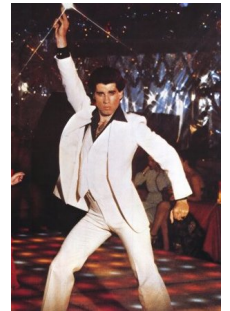


Ex : PE, PP, PTFE, PS, PVC, PMMA, PA 6,6...

Thermodurcissables



polyépoxyde



polyester

Ex : polyépoxyde, polyester...

Sous-classe : élastomères



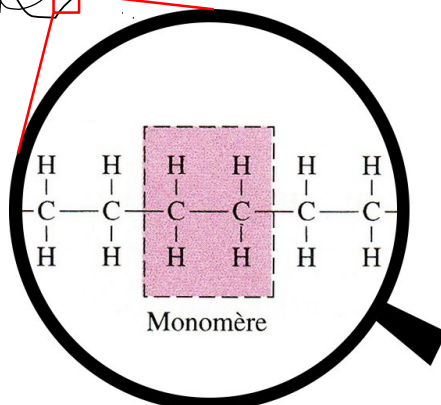
Ex : polyisoprène (caoutchouc naturel), polybutadiène, polychloroprène...



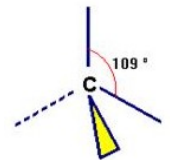
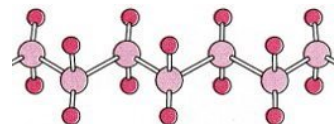
polyisoprène

Chimie des polymères

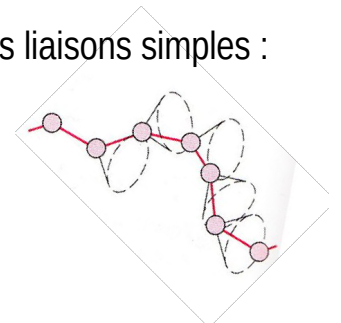
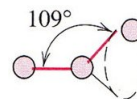
Ex : polyéthylène



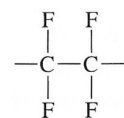
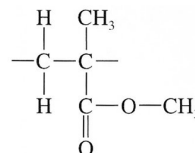
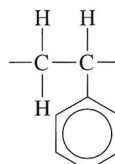
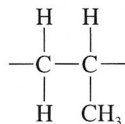
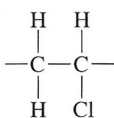
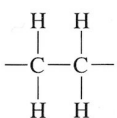
◆ en 3 dimensions :



◆ rotation autour des liaisons simples :

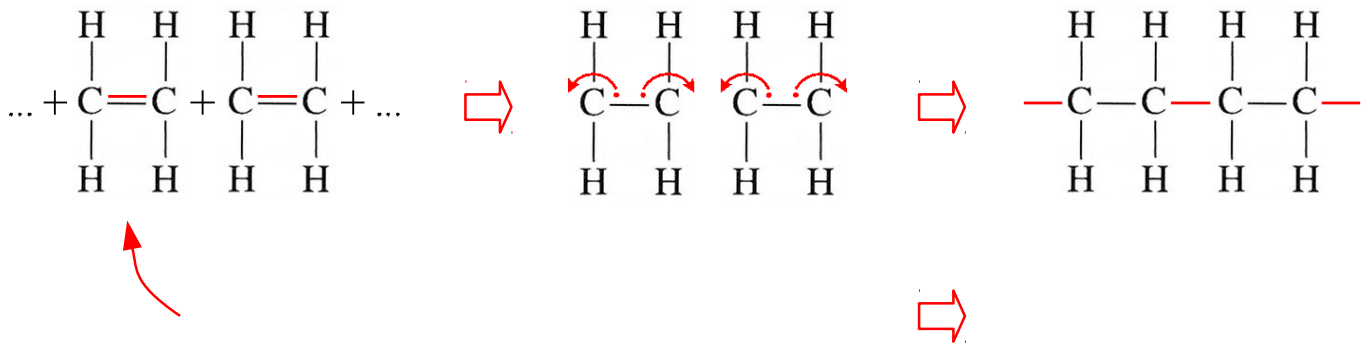


Monomère :

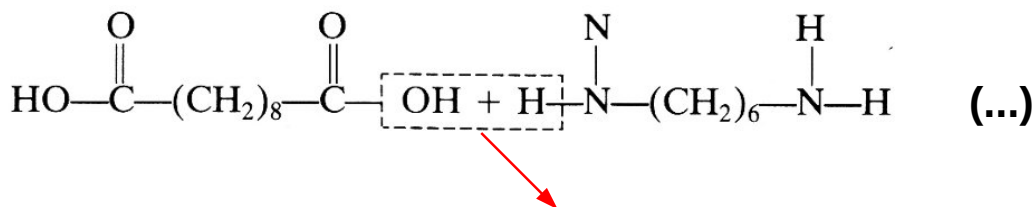


Synthèse des polymères

Polyaddition

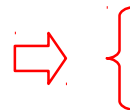


Polycondensation



Degré de polymérisation

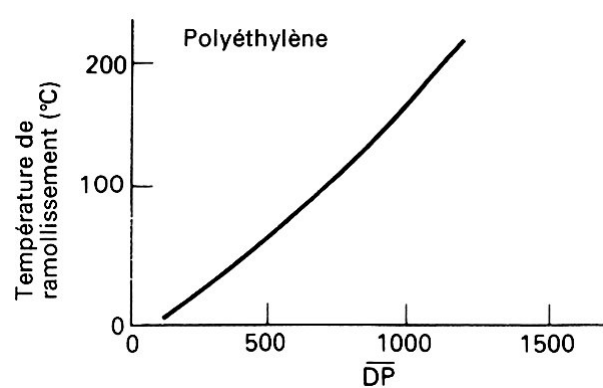
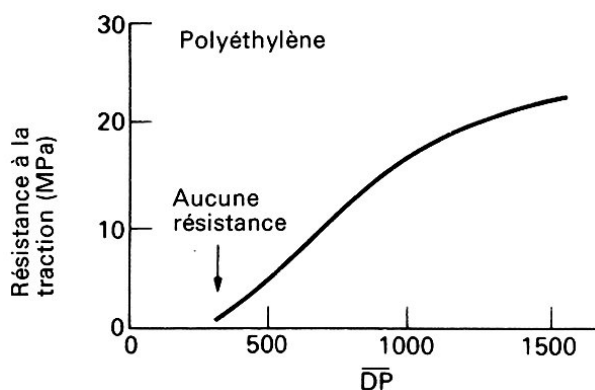
DP =



♦ polymères commerciaux :



→ effet du DP moyen sur les propriétés :



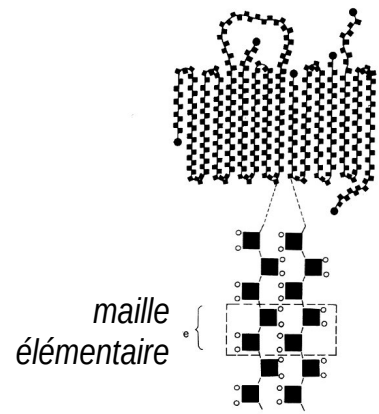
Ex : UHMWPE (*ultra-high-molecular-weight PE*) :

Cristallisation

Certains polymères linéaires peuvent cristalliser (Ex : PE)



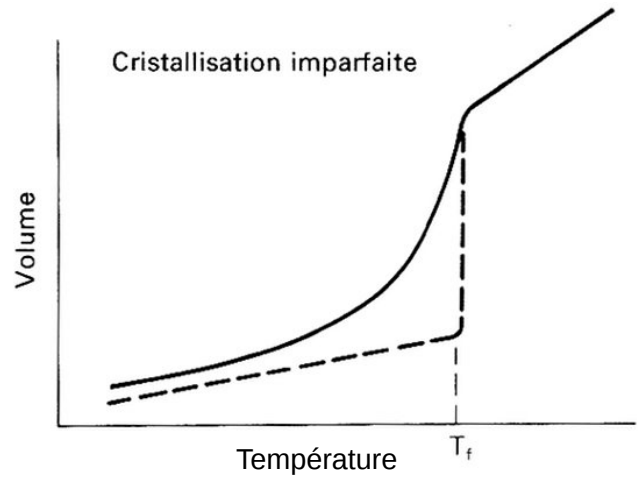
polymère
semi-cristallin



Refroidissement

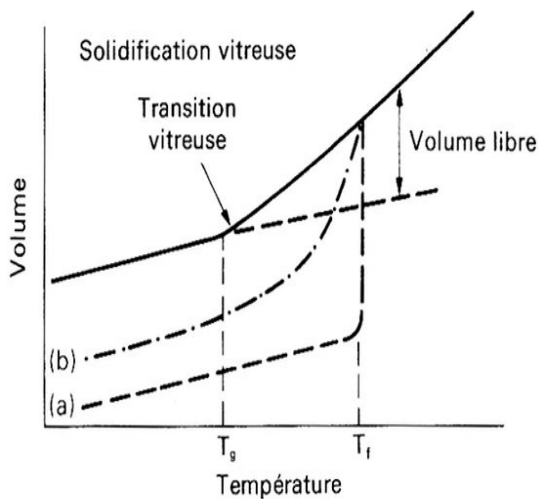


Polymères réels



Transition vitreuse

Que se passe-t-il si la cristallisation est impossible ?



Liquide



Refroidissement



liquide



verre



Matériau	PEBD	PTFE	PEHD	PP	PA 6,6	polyester	PVC	PS/PMMA	PC
Tg (°C)	-110	-97	-90	-18	57	69	87	100	150

◆ caoutchouc : $T_g = -70^\circ\text{C}$ → dans l'azote liquide, devient dur et cassant

Comportement mécanique

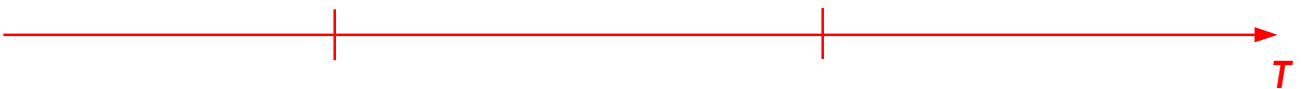
♦ métaux et céramiques :

→ propriétés mécaniques constantes dans une large plage de températures

♦ polymères :

→ propriétés mécaniques varient fortement avec la température

→ rigidité, résistance, ductilité, etc.

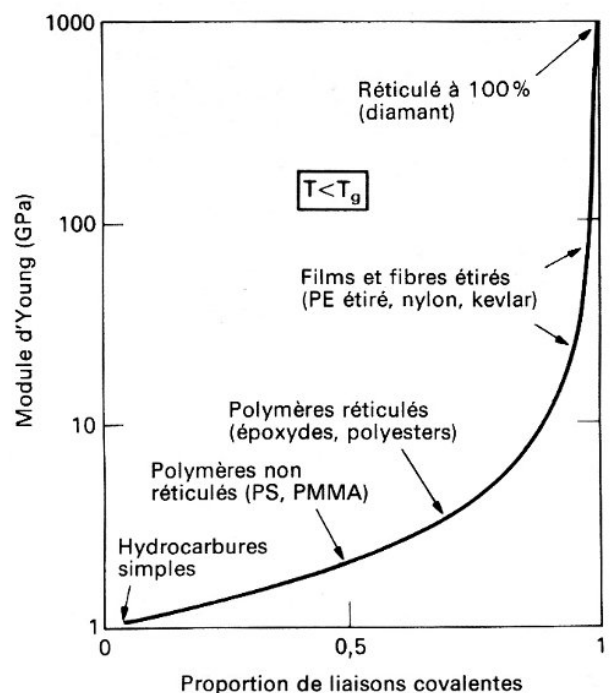
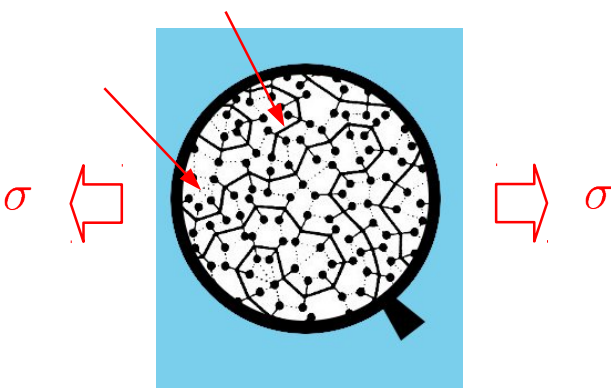


Rigidité (1)

♦ la déformation élastique des polymères augmente avec la température et le temps

→

$T < T_g$:



Rigidité (2)

$T > T_g$:

- ♦ rupture des liaisons faibles inter-chaines →
- ♦ frottement des chaines →
- ♦ enchevêtrements =

$T > T_{\text{fusion}} (\sim 1,4 T_g)$:

- ♦ les enchevêtrements finissent par glisser

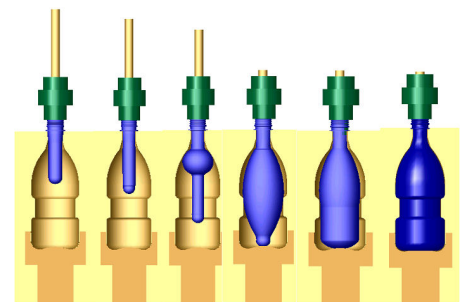
→

→ mise en forme par

- ♦ idem pour les verres minéraux

- ♦ par contre, viscosité métaux liquides ~ eau →

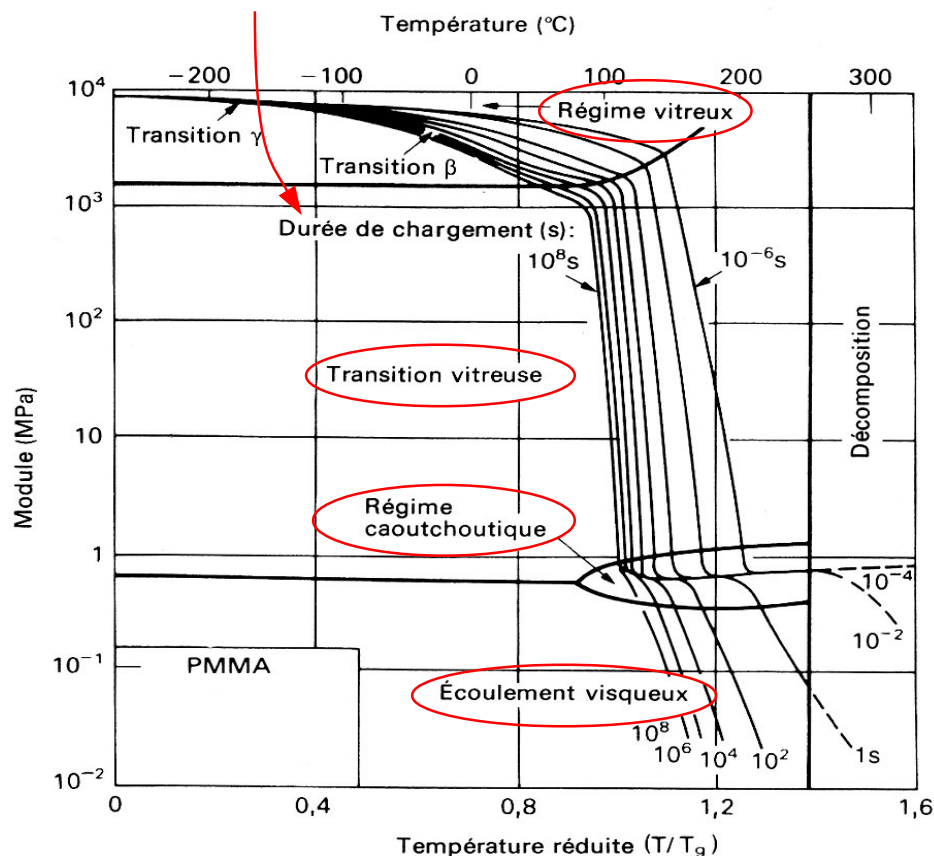
enchevêtrement



soufflage

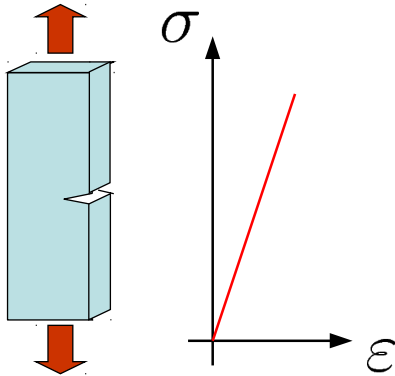
Cartes de module

→

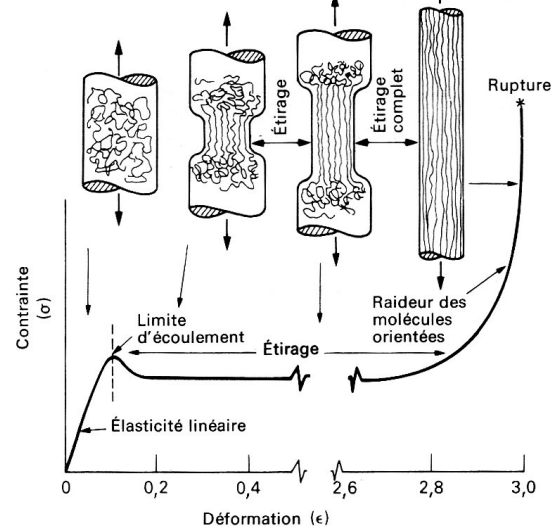


Résistance

$T < 0,8 T_g \Rightarrow$

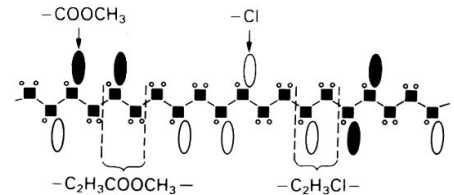


$T > 0,8 T_g \Rightarrow$



Alliages

Copolymères :



Ex : PVC copolymérisé avec l'acétate de vinyle :

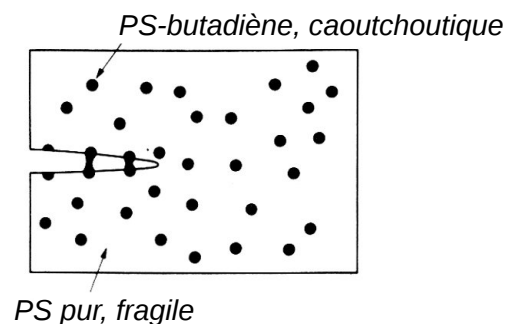
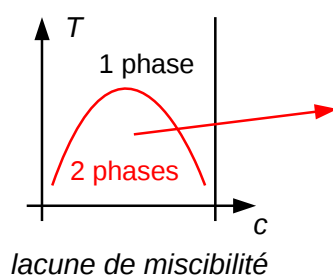
Solutions solides :



remarque : évaporation des plastifiants $\Rightarrow$ odeur de « voiture neuve »

Alliages biphasés :

Ex : styrène + butadiène



Autres additifs : colorants (pigments ou teinture), stabilisants (absorbent les UV), etc.

Propriétés remarquables

Mécaniques

◆ E très faible (), décroît fortement avec



Physiques

◆ légers ()

◆ grands coefficients de dilatation thermique ()



◆ conductivité thermique faible ()



Chimiques



Bilan

◆ propriétés très différentes des métaux et céramiques

→ démarche de conception adaptée

◆ grande variabilité des propriétés pour un polymère donné

◆ paramètres : degré de polymérisation, cristallinité, alignement des chaînes, additifs, etc.

→ toujours se référer aux valeurs du fabricant et/ou réaliser ses propres essais

1967 : « *Le plastique, c'est l'avenir* ». Et maintenant ?

Ressources

◆ polymères synthétiques dérivés du pétrole

Déchets

◆ sur terre, 30 kg de plastique produit par an et par habitant (x 7 milliards)

◆ moins de 10 % recyclé ou incinéré

→ plaque de déchets du Pacifique nord (Great Pacific Garbage Patch, > 700 000 km²)

Santé

◆ additifs (phtalates) ou molécules de base (bisphénol A)

◆ émissions lors de l'incinération (PVC → acide chlorhydrique)



Bioplastiques ?