



Université de Relizane  
Faculté des Sciences et Technologie  
Département de Génie Mécanique  
-2021/2022-



Technologie de Base  
2<sup>ème</sup> Génie Mécanique  
Cours 05

## Chapitre I : Matériaux (suite3)

### I.2. Polymères

Un même polymère peut être amorphe ou semi-cristallin. Tout dépend des conditions d'élaboration. La contrainte peut augmenter la cristallinité entre  $T_g$  et  $T_f$ .

#### a. Effet de la température sur le comportement mécanique des polymères

##### *Les températures clés : $T_g$ , $T_f$ (Fig. I.4)*

Lorsque la température augmente, l'énergie thermique fournie aux molécules augmente leur mobilité. Le nombre de liaisons de faible intensité, Van der Waals, diminue quand la température augmente ce qui libère les mouvements moléculaires.

Nous considérerons que la température de transition vitreuse d'un matériau  $T_g$ , est la température en-dessous de laquelle les molécules ont une faible mobilité relative. La température  $T_g$  est habituellement utilisée pour les phases totalement ou partiellement amorphes.

##### *a) État vitreux : $T < T_g$*

Dans une phase cristalline, les molécules sont rangées et alignées. Elles n'ont en revanche aucun ordre dans une phase vitreuse : elles forment des pelotes enchevêtrées. La mobilité des molécules de la phase vitreuse est d'autant plus faible que la température est basse. Ce qui confère à tous les polymères en général une bonne rigidité, une bonne résistance mécanique, et une faible capacité de déformation.

##### *b) État caoutchoutique : $T_g < T < T_f$*

Il est dû à la phase amorphe et existe dans la quasi-totalité des polymères. Au-dessus de  $T_g$ , les liaisons secondaires (Van der Waals) non-covalentes entre les chaînes des polymères deviennent faibles et le

polymère devient souple et capable de se déformer élastiquement ou plastiquement sans rupture (Fig. I.3). Ce comportement est l'une des propriétés qui rendent la plupart des plastiques si utiles. Un tel comportement n'existe pas pour les plastiques thermodurcissables réticulés qui, une fois fabriqués, le sont de manière irréversible et se briseront en éclats plutôt que se déformer, sans jamais redevenir plastiques ni fondre en étant chauffés.

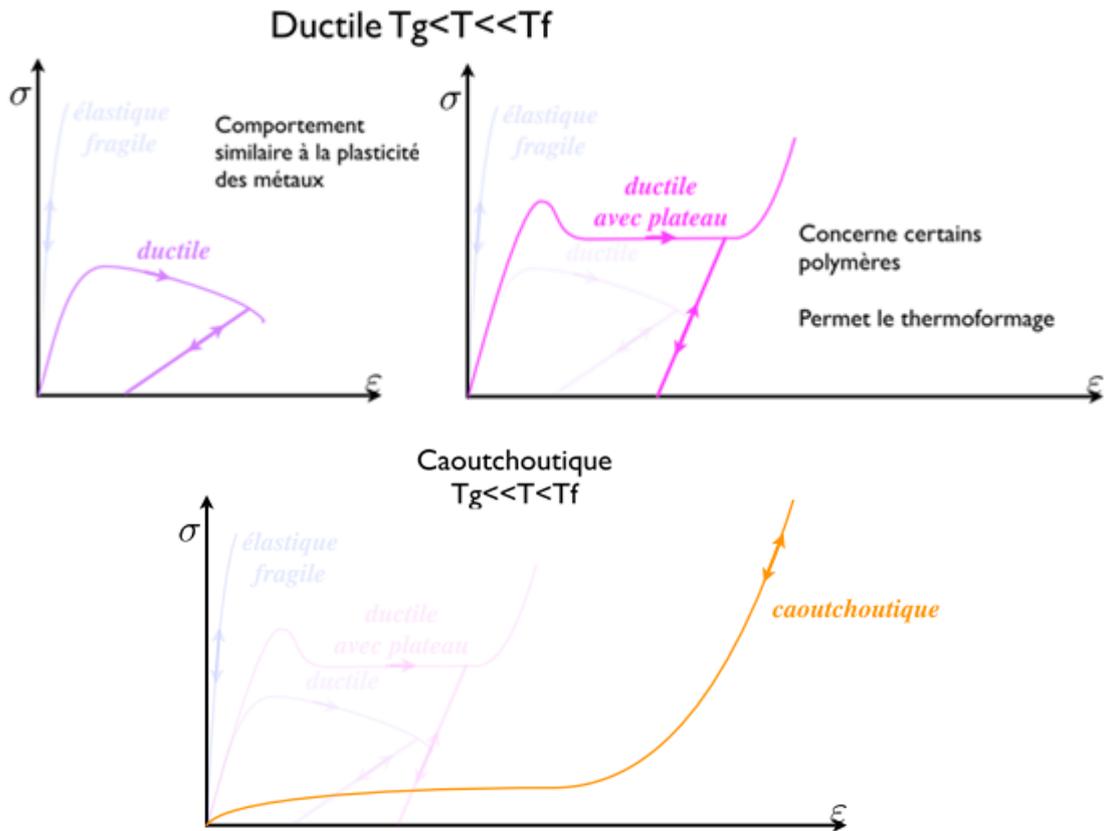


Figure I.3 : Les différents modes de déformation

### c) État fluide : $T_f < T$

Les polymères thermoplastiques (non-réticulés) sont complexes car, en plus de posséder une température de fusion,  $T_f$ , au-dessus de laquelle leur structure cristalline disparaît.

Cet état ne concerne que les thermoplastiques. La phase cristalline n'existe plus car  $T > T_f$ , il n'y a plus qu'une phase amorphe. Toutes les molécules (celles provenant de la phase amorphe et celle provenant de la phase cristalline) forment des pelotes. Les nœuds d'enchevêtrement disparaissent par reptation, le matériau s'écoule comme un fluide. Le polymère est malléable : peu de résistance mécanique, peu rigide...

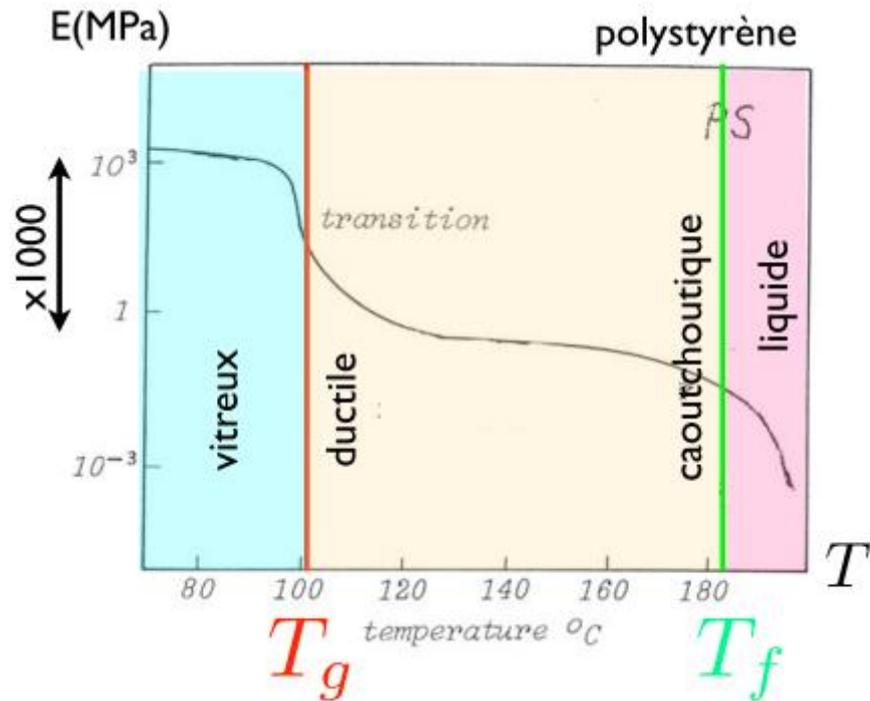


Figure I.4 : Effet de la température sur comportement mécanique de polymère

Suivant l'évolution du comportement mécanique de polymère, il passe de l'état de fluide visqueux à l'état solide, en passant éventuellement par un état pâteux dit caoutchoutique entre  $T_f$  et  $T_g$ .

Cette transition représente un intervalle de quelques dizaines de degrés Celsius souvent situé au voisinage de la température ambiante.

L'architecture des macromolécules joue un rôle dans ces transformations : les polymères à degré de polymérisation (DP) élevé, à chaînes ramifiées ou à radicaux complexes à fort encombrement ont une température  $T_g$  plus élevée que ceux dont les chaînes sont linéaires ou courte.