

Chapitre 2. Classification rhéologique et caractérisation expérimentale

1. Introduction

La rhéologie étudie la déformation des matériaux (cas des solides) sous l'effet d'une contrainte. Selon la nature du solide, lorsqu'on lui applique un effort, il subit une déformation, certains reprennent leur forme initiale après disparition de l'effort, donc la déformation est dite élastique. D'autres restent déformés, même après enlèvement de l'effort appliqué, dans ce cas il s'agit d'une déformation plastique.

2. Essais mécaniques

○ Les essais de base

Essai de traction, compression ou essai d'écroutissage

Essai sous chargement cyclique, ou essai de fatigue

○ Autres essais

Essais sous chargement multiaxial

Traction-torsion

Pression interne ou externe

Essais en flexion

Essais de fissuration

3. Classification rhéologique

3.1 Matériaux dont le comportement est insensible à la vitesse de sollicitation

○

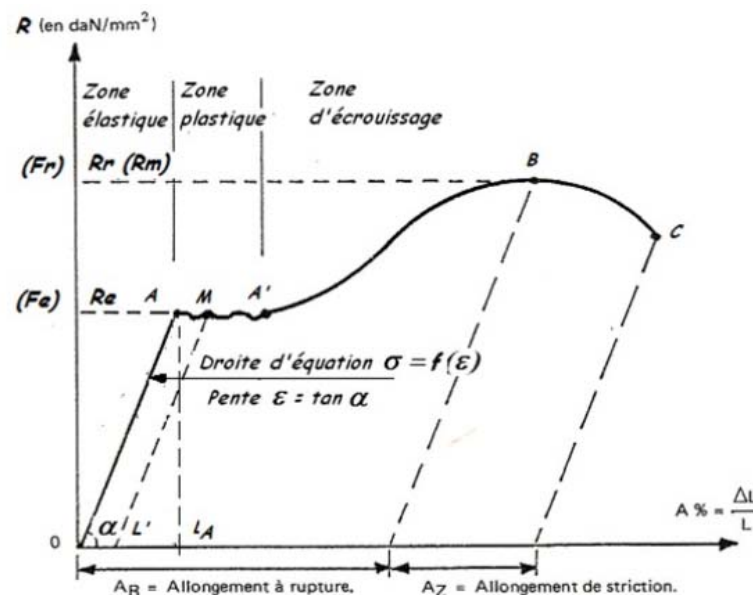


Figure1. Cas de l'essai de traction d'une éprouvette en acier

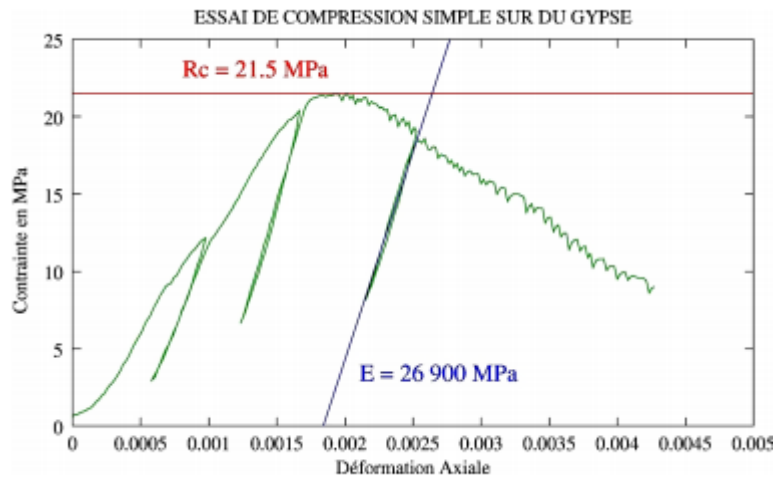


Figure2. Essai de compression du gypse

3.2 Matériaux dont le comportement est sensible à la vitesse de sollicitation

Essai à contrainte constante, ou essai de fluage
 Essai à déformation constante, ou de relaxation

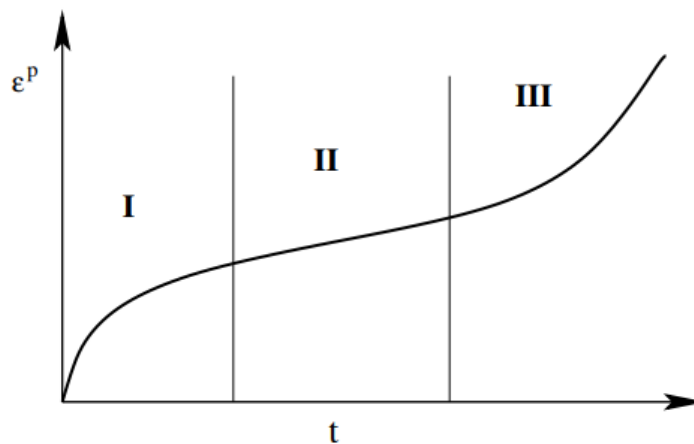


Figure 3. Représentation schématique d'une courbe de fluage

Fluage primaire, période de durcissement du matériau (écrouissage)

Fluage secondaire, ou stabilisé : $\dot{\epsilon}^p$ est une fonction puissance de la contrainte appliquée

Fluage tertiaire, ou perte de résistance conduisant à la rupture, décrite par des variables d'endommagement

4. Caractérisation expérimentale

- Effet de la viscosité : *Comportement sensible à la vitesse de déformation*

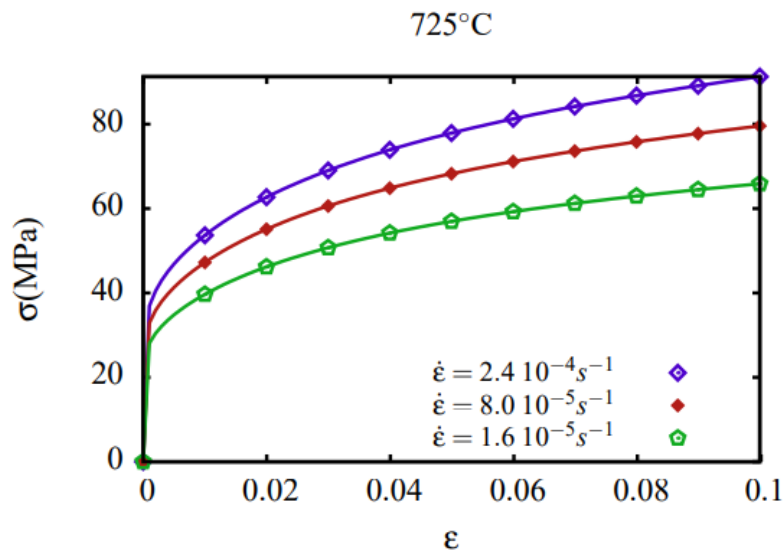


Figure 4. Résultat de traction sur un acier à haute température

Résultat de fluage sur une fonte (1)

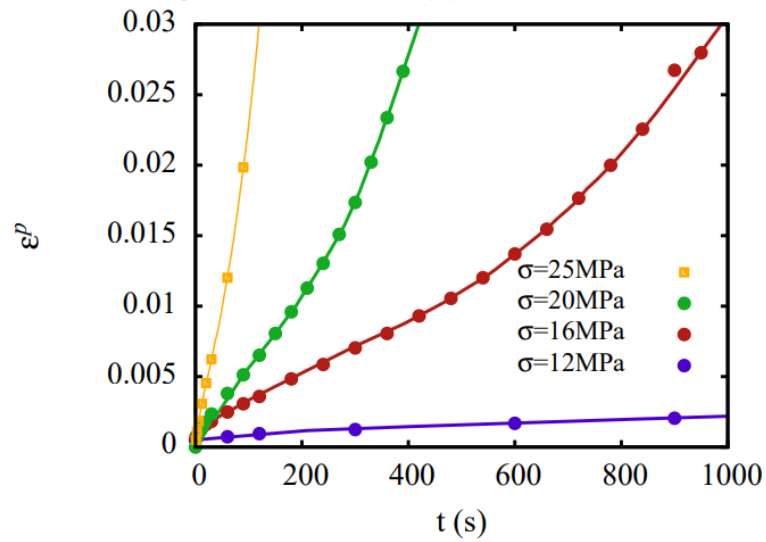


Figure 5. Essai de fluage sur une fonte

Identification du fluage du sel gemme

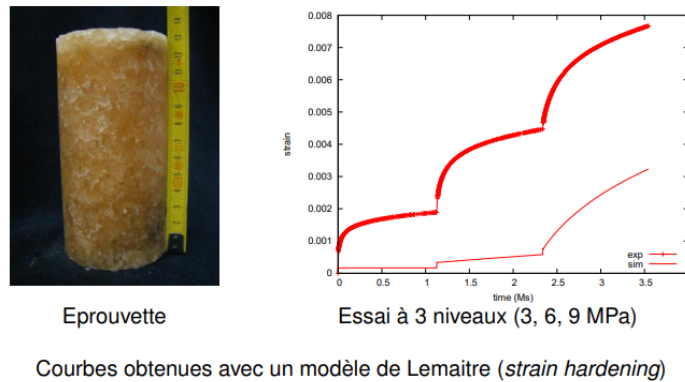


Figure 6. Essai de fluage sur une éprouvette en sel gemme

C'est un solide composée de chlorure de sodium de formule brute NaCl , de couleur grise, jaunâtre à rougeâtre, brunâtre, noire ou encore bleue ou violette.

5. Comportement des élastomères

Les élastomères sont constitués de chaînes carbonées liées entre elles par des liaisons physiques appelées aussi points de réticulation. Ce sont des polymères de la famille des thermodurcissables, qui présentent la particularité de se trouver dans un état caoutchouteux à température ambiante. La figure 1 montre l'évolution des propriétés mécaniques des élastomères avec la température. En dessous de la température de transition vitreuse T_g , les chaînes sont immobilisées les unes par rapport aux autres par des liaisons faibles. Au-delà de T_g , ces dernières sont détruites et la cohésion du matériau n'est plus assurée que par les nœuds de réticulation : c'est ce qu'on appelle l'état caoutchoutique. Les propriétés mécaniques restent stables jusqu'à ce que la température soit suffisamment importante pour briser les liaisons covalentes et décomposer le matériau.

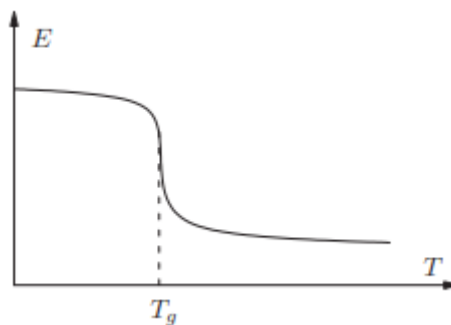


Figure 7. Propriétés mécaniques d'un élastomère

Les propriétés mécaniques d'un élastomère diminuent fortement au passage de la transition vitreuse T_g .

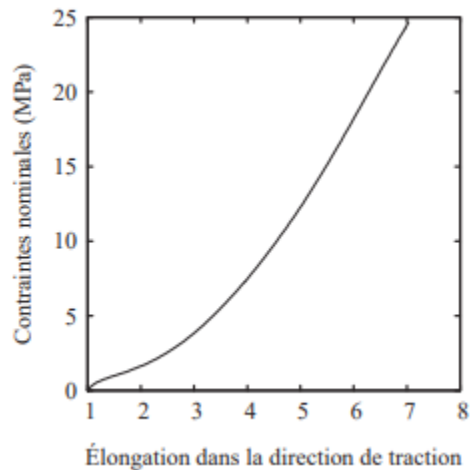


Figure 8. Courbe de traction à rupture.

1. La première caractéristique d'un élastomère est sa capacité à subir de grandes déformations. Les caoutchoucs naturels peuvent s'étendre jusqu'à 10 fois leur taille d'origine avant de rompre.
2. La deuxième caractéristique du comportement est sa non linéarité.
3. La troisième caractéristique importante du comportement mécanique des élastomères est leur capacité à retrouver leur géométrie initiale presque intégralement. C'est la raison pour laquelle on parle souvent d'« élasticité caoutchoutique ». Cependant, ceci n'est vrai que pour les élastomères soumis à de faibles déformations. La figure 7 représente un essai de traction du type charge/décharge ; les trajets de charge et de décharge sont très différents ; le matériau s'adoucit de façon non négligeable. Ainsi, on constate que l'hypothèse de réversibilité est discutable dans ce cas.

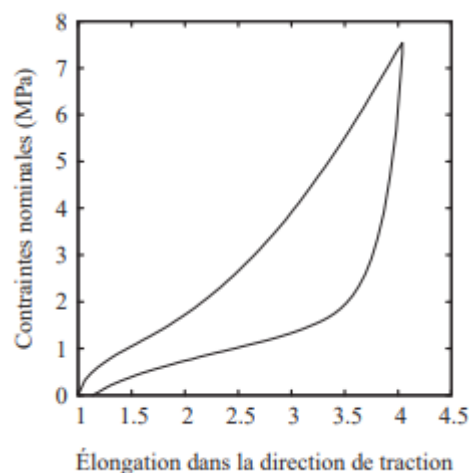


Figure 9. Essai de traction de type charge/décharge.