

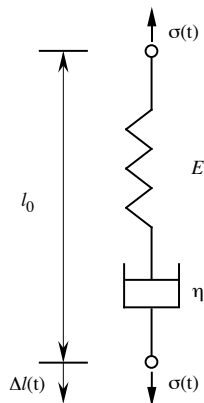
## Cours rhéologie – Exercices session 1

### Réponses numériques en bleu

#### 1.1. Réponses viscoélastique et mécanique

On définit la fonction de complaisance  $J(t)$  comme le rapport de la déformation  $\varepsilon(t)$  par la contrainte constante imposée  $\sigma_0$ . Pourquoi ne définit-on pas la réponse viscoélastique d'un matériau en termes de courbe contrainte-déformation, comme pour les matériaux habituels, pour lesquels cette courbe représente bien le comportement élastique, plastique et la rupture d'un matériau ?

#### 1.2. Exercice sur le modèle de Maxwell



Voici le modèle de Maxwell utilisé pour décrire le comportement viscoélastique d'un matériau. On considère un essai de relaxation, i.e., on impose une déformation constante  $\varepsilon = \varepsilon_0$ . Trouvez la forme de la contrainte  $\sigma(t)$  à partir de l'équation caractéristique du modèle de Maxwell. Est-ce que cela vous paraît un bon modèle ?

### 1.3. Fluage du polyamide

Peut-on utiliser un polyamide comme matrice polymère renforcée de fibres de verre pour une pièce d'entrée d'air pour un moteur automobile comme montrée sur la Figure 1.1 ? Pour répondre à cette question, il faut voir si les pièces vont se déformer sous leur charge et les contraintes locales, et à la température d'utilisation.



Figure 1.1. Pièce d'entrée d'air pour un moteur automobile.

La Figure 1.2 montre le module de fluage ('*creep modulus*') de trois polyamides à 120°C et sous une contrainte de 10 MPa. Calculez la déformation d'une pièce, après 1 h d'utilisation, et après 100 h d'utilisation, pour les PA6 et PA66, et pour le super produit miracle recommandé par le vendeur, appelé Stanyl. Que recommanderiez-vous ?

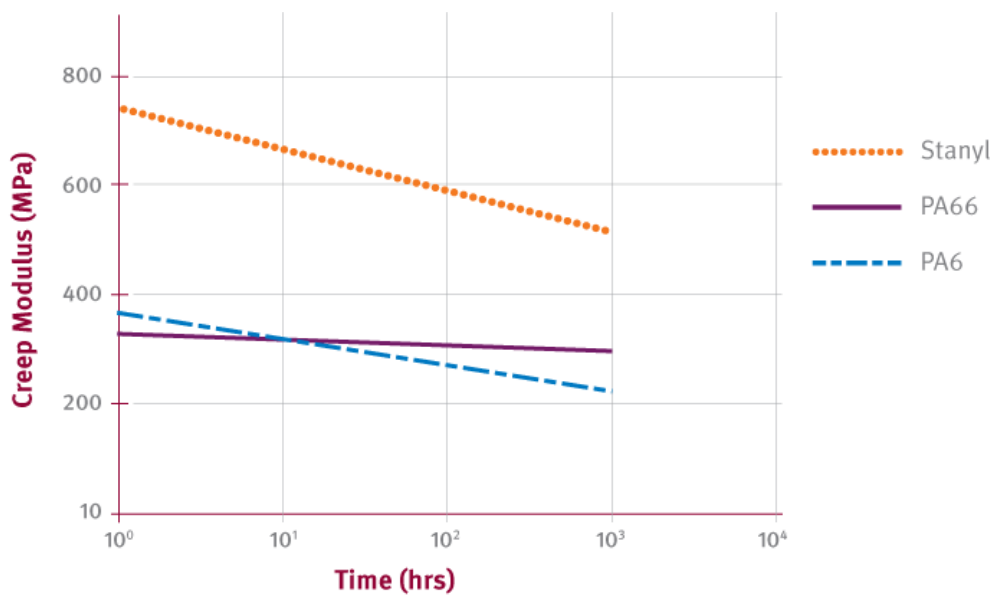


Figure 1.2. Module de fluage de polyamides à 120 °C et sous une contrainte de 10 MPa.

#### 1.4. Câble d'un remonte-pente en PET

Le fil qui relie le câble principal d'un remonte-pente de type arbalète est en PET. Son diamètre est de 10 mm et il a une longueur de 10 m. La durée de la montée est de 10 min et la force de traction estimée à 100 kg.



a) Déterminez l'allongement du câble si le PET est représenté par :

- le modèle de Kelvin,
- le modèle de Maxwell.

Avec un Module de Young  $E = 20'000$  MPa et une viscosité  $\eta = 1000$  GPa.s.

L'allongement selon Kelvin est de 6.2 mm, et selon Maxwell de 81 mm.

b) La Figure 1.3 montre le résultat de mesures effectuées sur le PET utilisé pour le câble, sous la forme d'un abaque de module de fluage. Déterminez l'allongement du câble avec ces données.

L'allongement est de 27.8 mm.

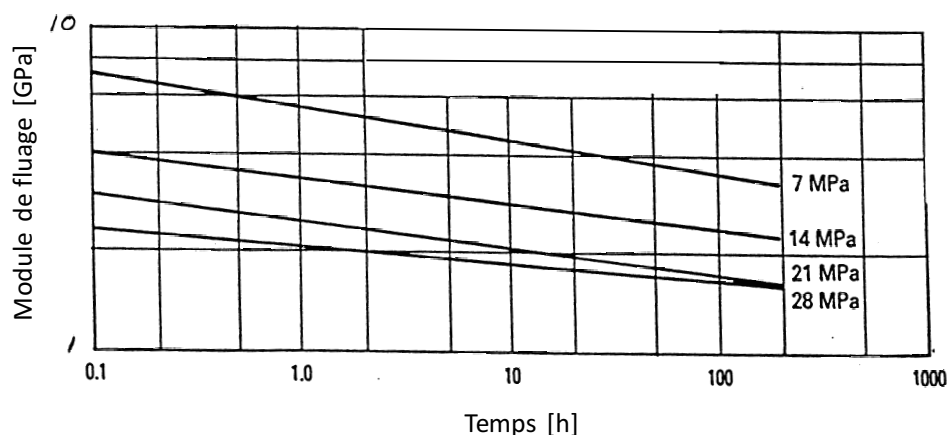


Figure 1.3. Abaque montrant le module de fluage du PET sous différentes charges.

c) Comme ni le modèle de Maxwell ni celui de Kelvin ne représentent correctement le comportement du matériau, il faut envisager un autre modèle. On propose un modèle standard linéaire utilisé pour les matériaux solides. Comme montré à la Figure 1.4, on ajoute un ressort en série au modèle de Kelvin déjà utilisé, et on garde les mêmes valeurs pour les éléments en parallèle. Déterminez la constante du ressort ajouté de sorte que la déformation finale soit la même que celle déterminée expérimentalement à la question (b).

La constante du ressort est  $E_I = 5.8 \text{ GPa}$ .

d) Quelle est l'élongation résiduelle quand l'arbalète est redescendue en bas, c'est-à-dire 10 min après la décharge ?

L'élongation résiduelle est de  $3.84 \cdot 10^{-5} \text{ mm} \sim 0$ .

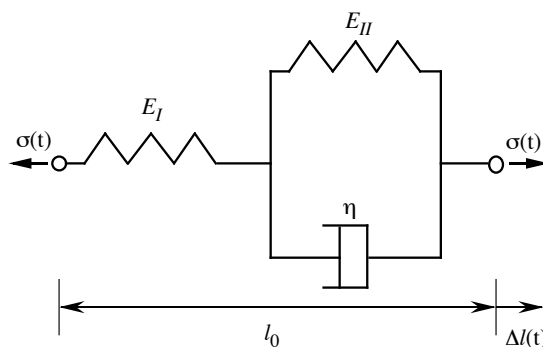


Fig. 1.4. Représentation schématique du modèle standard linéaire.

## 1.5. Questions diverses

a) Le dentifrice est-il liquide ou solide ? Expliquez brièvement votre réponse.

b) Citez 3 matériaux viscoélastiques ou phénomènes rhéologiques que vous avez rencontrés dans votre vie quotidienne, en expliquant brièvement le comportement de chacun.

c) On donne un matériau pour lequel la réponse au fluage est une déformation qui augmente linéairement. Est-ce que cela veut dire que le matériau est viscoélastique linéaire ?

d) Définissez les fonctions de complaisance  $J$  et de relaxation  $R$ .

e) Démontrez la loi constitutive du solide de Maxwell (sans l'aide du polycopié 😊)