Cours rhéologie – Exercices session 2

Réponses numériques en bleu

2.1. Essai de traction à vitesses de déformation différentes

Une éprouvette de 1 mm^2 de section est représentée par un modèle standard linéaire (SLSM) où E_1 = 250 MPa, E_2 = 110 MPa et η = 3.10^{10} Pa·s. Cette éprouvette est sollicitée selon deux chemins de déformations I et II différents, conduisant à la même déformation finale comme schématisé à la Figure 2.1.

a) Lors de l'essai de traction (I) une vitesse de déformation de 0.001 s^{-1} est employée pendant deux minutes, puis une vitesse de 0.003 s^{-1} pendant une minute. Quelle force F_I mesurez-vous à t = 3 min ?

F_I = 50.5 N

b) Lors de l'essai de traction (II) une vitesse de déformation de 0.003 s^{-1} est employée pendant une minute, suivie de deux minutes à 0.001 s^{-1}. Quelle force F_{II} mesurez-vous à t = 3 min pour ce deuxième essai ?

F_{II} = 39.2 N

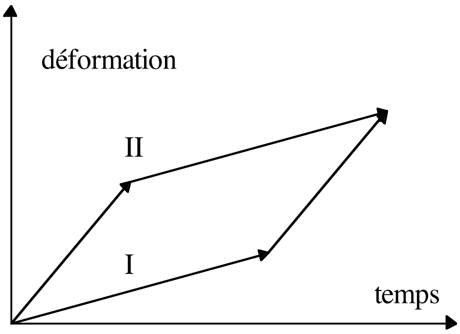

Figure 2.1. Chemins de déformation mécanique.

2.2. Relaxation du polypropylène (*problème tiré du test intermédiaire 2016*)

On considère un barreau de polypropylène (PP) de 50 mm de long, que l'on soumet à un essai de relaxation. Les données concernant les propriétés mécaniques du PP à la température ambiante sont un module élastique de 500 MPa et un module visqueux de 1500 $t^{-0.08}$ MPa, avec le temps t en [s].

a) Donnez l'allure de la courbe de la fonction de relaxation $R(t)$ du polymère. Que signifient les valeurs à $t = 0$, et à $t \to \infty$? Peut-on avoir une idée d'un temps caractéristique du polymère ?

b) On fait des essais de traction à vitesse constante jusqu'à une déformation $\varepsilon_{max} = 10^{-2}$, à trois vitesses différentes :

1. v_1 = 3 mm/min
2. v_2 = 0.3 mm/min
3. v_3 = 0.03 mm/min

Pour chaque cas, calculez la vitesse de déformation $\dot{\varepsilon}$, le temps t_{max} où on arrive à $\varepsilon_{\max}$ et la valeur de la contrainte $\sigma_{\max}$ à $\varepsilon_{\max}$.
$\dot{\varepsilon}_1 = 10^{-3}$ s^{-1} ; $\dot{\varepsilon}_2 = 10^{-4}$ s^{-1} ; $\dot{\varepsilon}_3 = 10^{-5}$ s^{-1}
$\sigma_1(t_{max} = 10$ s$) = 18.56$ MPa ; $\sigma_2(t_{max} = 100$ s$) = 16.27$ MPa ; $\sigma_3(t_{max} = 1000$ s$) = 14.38$ MPa

Comment évolue la valeur de la contrainte $\sigma_{\max}$ en fonction de la vitesse de traction (augmente ou diminue) ? Pourquoi (en quelques lignes) ?

c) On fait maintenant l'essai de relaxation après avoir sollicité avec la vitesse v_1, pendant le temps t_1 jusqu'à $\varepsilon_{\max}$. Dessinez schématiquement comment évoluent la déformation ε et la contrainte σ en fonction du temps t. Donnez la fonction $\sigma(t)$ pendant la relaxation.

d) Expliquez ce qui se passe physiquement pendant la relaxation. Est-ce qu'on redescend vers une contrainte nulle ? Pourquoi (en quelques lignes) ?

2.3. Modèle de Burgers – fonction de fluage

Déterminez la fonction de complaisance $J(t)$ pour le modèle mécanique décrit à la Figure 2.2. Ce modèle est appelé modèle de Burgers. Pour cela, faites de deux façons différentes :

- en écrivant l'équation constitutive (en vous servant de la transformée de Laplace), et en résolvant pour un chargement en fluage, i.e. sous contrainte σ_0 constante.

en étant malin... avec ce qui est déjà dans le polycopié.

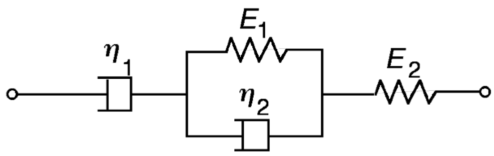

Figure 2.2. Modèle de Burgers.

2.4. Comportement viscoélastique d'une fibre polymère (*problème tiré du test intermédiaire 2017*)

Une expérience de fluage a été menée sur une fibre polymère d'une longueur de 1 m et d'une section de 1 mm^2, sous une charge de 10 N, donnant les résultats sur la Figure 2.3.

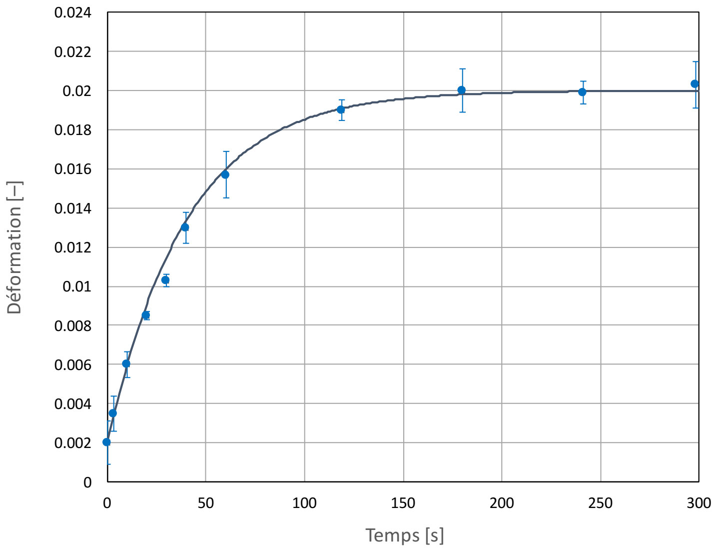

Figure 2.3. Fluage de la fibre polymère.

a) On modélise cette fibre avec un modèle standard linéaire solide (SLSM). Déterminez les constantes E_I, E_{II} et η du SLSM et expliquez votre méthode pour déterminer ces constantes.
E_I = 5'000 MPa ; E_{II} = 556 MPa ; η = 22 GPa.s

b) On double la charge initiale de 10 N au temps t_1 = 5 min. Quelle est la déformation de la fibre après 6 min ? et après 10 min ? Trouvez la réponse graphiquement, puis plus précisément avec la superposition de Boltzmann.
ε(6') = 0.036 ; ε(10') = 0.040

c)* On soumet maintenant la fibre à une contrainte oscillatoire sinusoïdale, de fréquence 50 Hz, sous une charge de 1 N. Calculez l'énergie totale dissipée par la fibre en une heure.
ΔW_{total} = 0.081 J

d) Finalement la fibre est sollicitée comme suit : on la charge progressivement de façon linéaire pour atteindre 1 N en 20 s, puis on relâche la contrainte brutalement, puis on attend 25 s et on la charge brutalement avec 2 N et on garde cette charge constante pendant 30 s, puis on relâche. Montrez le profil de contrainte au cours du temps. Quelle équation donne la déformation dans la fibre au temps t = 120 s ? Pas besoin de faire le calcul numérique détaillé, donnez juste l'équation.

(*) sujet traité la semaine prochaine