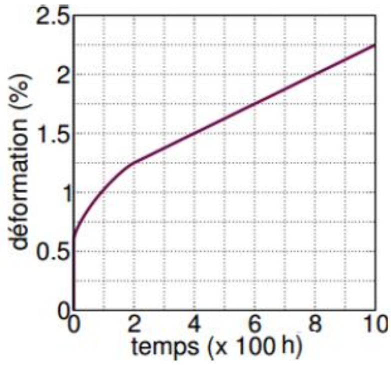
*Université Laghrour Abbes Khenchela* *Module : Rhéologie des matériaux*
*Faculté : Sciences et Technologie, Dpt : Génie mécanique*
**3$^{eme}$ G. Mécanique**. *Pr, Chahaoui – 15 mai 2024*

**Examen Final**

**Exo1 : (10 points)**

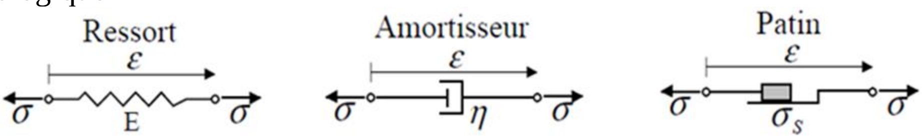
La courbe de fluage d'un alliage métallique est mentionnée dans la figure ci-contre, sa résistance élastique maximale de l'ordre de $\boldsymbol{\sigma_e}$ =1430 MPa. La courbe de fluage est obtenue à 70% de sa température de fusion, pour une contrainte $\boldsymbol{\sigma}$ = 90% $\boldsymbol{\sigma_e}$.




1. L'essai de fluage est un essai statique ou dynamique, expliquer ?
2. Indiquer sur la courbe les différents stades de fluage.
3. Calculer le module d'Young de cet alliage à 70% de sa température de fusion et en sa déformation initiale.
4. Trouver la vitesse de fluage secondaire.
5. Calculer l'allongement d'une éprouvette de longueur initiale : $l_0$ = 100 mm après 800 h.

**Exo2 : (10 points)**

- ✓ Expliquer les essais mécaniques suivants :
  - a- Ecrouissage
  - b- Fluage
  - c- Relaxation
- ✓ Donner la loi de comportement mécanique correspondante à chaque modèle rhéologique




- ✓ Donner la règle d'association entre les modèles en série et en parallèle.
- ✓ Tracer une courbe rationnelle (vraie) à partir de celle conventionnelle (Montrer le passage entre les deux configurations).

## <u>Corrigé type :</u>

**Solution1 :** 10 pts

1. L'essai de fluage est un essai dynamique et est dépendant du temps donc, il est retardé. **1pt**
2. Indiquer sur la courbe les différents stades de fluage. Fluage primaire et secondaire. **1pt**
3. Calculer le module d'Young de cet alliage à 70% de sa température de fusion et en sa déformation initiale ; commentez votre résultat.

La déformation initiale est de l'ordre de 0.6 % (voir la courbe $\epsilon_0$=0.6%) donc selon la loi de Hooke.

$\boldsymbol{\sigma=E\,\epsilon}$ **donc** $E = \frac{0.9\,\sigma_e}{0.006} = 214.5\ GPa$ **2 pts** proche de l'acier

4. Trouver la vitesse de fluage secondaire. **C'est la pente de la courbe dans la partie linéaire** $\boldsymbol{vitesse\ fluage\ secondaire}$ :

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{\Delta\epsilon}{\Delta t} = \frac{2.25\%-1.25\%}{(10-2)h} = 0.125\%\ /100\ h^{-1} = (125 * 10^{-7})h^{-1}$$ **2 pts**

5. Calculer l'allongement d'une éprouvette de longueur initiale : $l_0$ = 100 mm après 800 h.
$\epsilon\ totale = \epsilon\ prmaire + \epsilon\ stationnaire(\epsilon = \dot{\epsilon} \times t) = 0.125/100 + (125 * 10^{-7})h^{-1} * 800\ h = 0.1125$ **2 pts**

Donc : $\Delta l = \epsilon\ totale * l_0 = 0.1125 * 100mm = 1.125mm$ **2 pts**

**Solution2** 10 pts

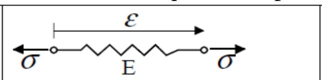
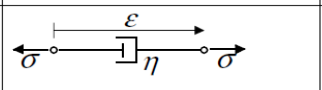
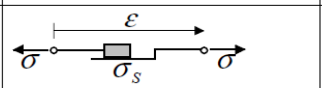
✓ Expliquer les essais mécaniques suivants :

a- Ecrouissage : relation entre contrainte et déformation sans influence du facteur temps. **1pt**

b- Fluage : déformation continue sous contrainte constante **1pt**

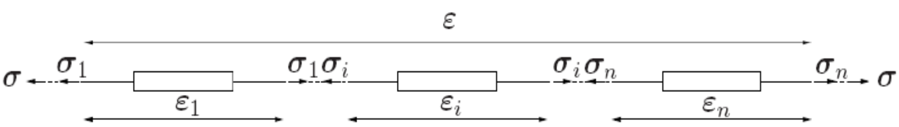
c- Relaxation : diminution des contraintes sous déformation constante. **1pt**

✓ Donner la loi de comportement mécanique correspondante à chaque modèle rhéologique **4 pts**

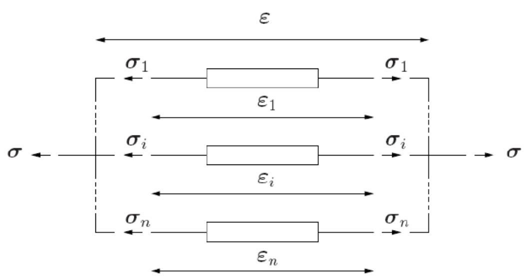
| | | | |
|---|---|---|---|
| Ressort |  | Élasticité linéaire parfaite | $\sigma = E\varepsilon$ |
| Amortisseur |  | Viscosité linéaire newtonienne | $\sigma = \eta\dot{\varepsilon}$ |
| Patin |  | Modèle rigide plastique parfait | $\lvert\sigma\rvert \le \sigma_s$ |

✓ Donner la règle d'association entre les modèles en série et en parallèle. **1.5 pts**

Soit en série :
$\sigma=\sigma_i\ ,\quad \varepsilon=\sum_i \varepsilon_i$

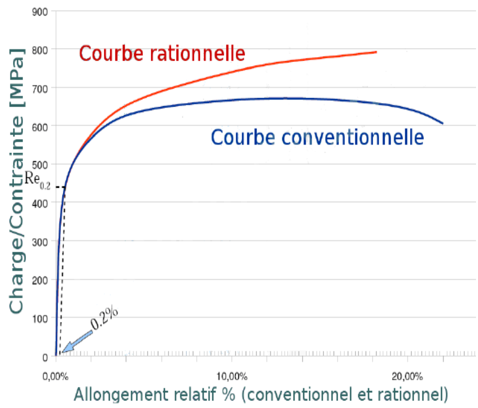



Soit en parallèle :
$\sigma=\sum_i \sigma_i\ ,\quad \varepsilon=\varepsilon_i$



**1.5 pts**

Les dimensions normalisées de l'éprouvette de caractérisation.

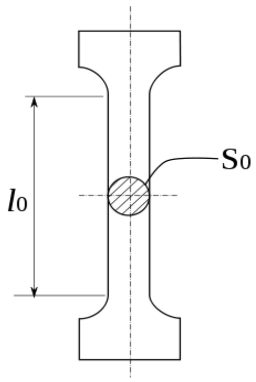



$L_0$ : La longueur initiale.

$L$ : La longueur finale.

$S_0$ : L'aire de sa section droite initiale.

$S$ : L'aire de sa section droite finale.




La déformation conventionnelle :

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{L}{L_0} - 1 \Rightarrow \frac{L}{L_0} = \varepsilon_c + 1$$

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta S}{S} = \frac{S_0 - S}{S} = \frac{S_0}{S} - 1 \Rightarrow \frac{S_0}{S} = \varepsilon_c + 1$$

La déformation rationnelle :

$$\varepsilon_r = \sum\left(\frac{L_1 - L_0}{L_0} + \frac{L_2 - L_1}{L_1} + \frac{L_3 - L_2}{L_2} + \ldots\right)$$

$$\varepsilon_r = \int_{L_0}^{L} \frac{dL}{L} = \ln l\Big|_{L_0}^{L} = \ln L - \ln L_0 = \ln\frac{L}{L_0} = \ln(\varepsilon_c + 1)$$

Ainsi pour les sections : $\varepsilon_r = \ln\frac{S_0}{S} = \ln(\varepsilon_c + 1)$

$$\Rightarrow \frac{L}{L_0} = \frac{S_0}{S} \rightarrow S_0\, L_0 = S\, L$$

La loi de constance de volume : $V_0 = V_f$, ce qui donne :

$$S_0\, L_0 = S\, L \Rightarrow S = S_0 \frac{L_0}{L} = S_0 \frac{1}{(\varepsilon_c + 1)} = S$$

La contrainte conventionnelle : $\sigma_c = \dfrac{F}{S_0}$

La contrainte rationnelle : $\sigma_r = \dfrac{F}{S} = \dfrac{F}{\dfrac{S_0}{(\varepsilon_c + 1)}} = \dfrac{F}{S_0}(\varepsilon_c + 1) = \sigma_c(\varepsilon_c + 1)$

Donc les relations de passage entre les deux configurations conventionnelle et rationnelle sont :

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \text{et} \quad \varepsilon_r = \ln(\varepsilon_c + 1)$$