

Exercice 1:

Des données de fluage d'un alliage d'aluminium obtenues à 300°C et une contrainte appliquée de 2,75 MPa (400 psi) sont présentées Tableau 1. Noter que les déformations, initiale et instantanée, ne sont pas incluses dans ces données.

- **Q1** : Tracer la déformation en fonction du temps.
- **Q2** : Commenter la courbe. Est-il possible de définir des domaines? A quoi correspondent-ils? Définir les bornes de ces domaines.
- **Q3** : Déterminer la vitesse de déformation minimale. Quand est-elle obtenue?

Temps (min)	Déformation (%)	Temps (min)	Déformation (%)
0	0	18	0.82
2	0.22	20	0.88
4	0.34	22	0.95
6	0.41	24	1.03
8	0.48	26	1.12
10	0.55	28	1.22
12	0.62	30	1.36
14	0.68	32	1.53
16	0.75	34	1.77

Tableau 1. Données de fluage d'un alliage d'aluminium à 300°C et une contrainte appliquée de 2,75 MPa.

Exercice 2:

Une éprouvette de longueur $l_0 = 1015$ mm d'un alliage Carbone-Nickel est soumise à du fluage. La courbe représentant la contrainte en fonction de la vitesse de déformation est représentée pour différentes températures Figure 1. Quelques points prélevés sur les courbes sont donnés dans le Tableau 2.

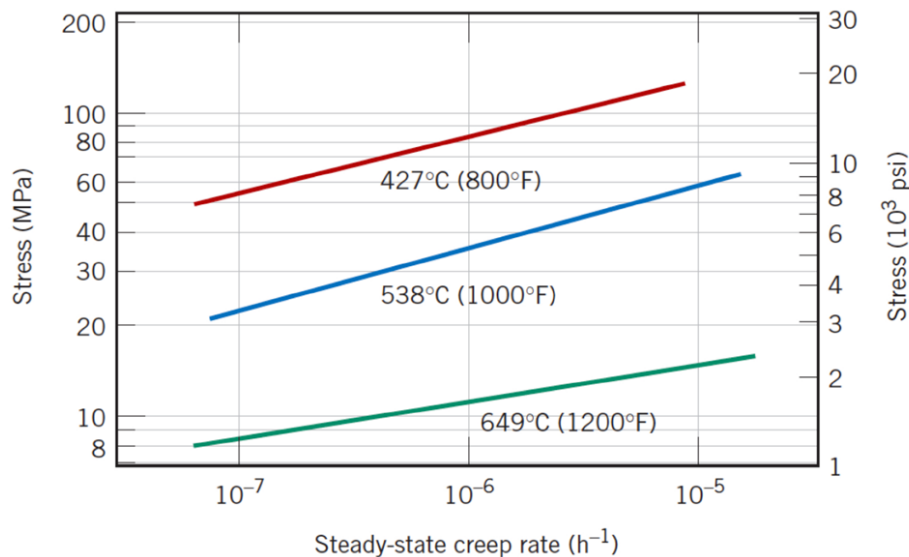


Figure 1. Courbes de fluage d'un alliage Carbone-Nickel.

427°C		538°C		649°C	
$d\epsilon/dt$ (h^{-1})	σ (Mpa)	$d\epsilon/dt$ (h^{-1})	σ (Mpa)	$d\epsilon/dt$ (h^{-1})	σ (Mpa)
1,00E-07	52	1,00E-07	21	1,00E-07	8
1,00E-06	80	1,00E-06	34	1,00E-06	10,5
1,00E-05	120	1,00E-05	55	1,00E-05	14

Tableau 2. Données de fluage d'un alliage Carbone-Nickel.

- **Q1** : Commenter ces courbes.
- **Q2** : L'éprouvette est soumise à une contrainte de 70 MPa à 427°C. Déterminer l'élongation de l'éprouvette à 10000 h, sachant que la déformation instantanée et le fluage primaire ont induit une élongation de 1,3 mm.
- **Q3** : Rappeler la loi de Norton qui régit le fluage secondaire. Déterminer les caractéristiques de la loi pour les différentes températures.
- **Q4** : Estimer l'énergie d'activation de fluage secondaire de cet alliage à une contrainte de 55 Mpa pour les températures 427°C et 538°C (on fera l'hypothèse que l'exposant n est indépendant de la température).

$$\dot{\epsilon} = K_2 \sigma^n \exp\left(-\frac{\Delta H}{RT}\right)$$

- **Q5** : Estimer la vitesse de déformation à 649°C.

Exercice 3:

Dans une unité de production d'une usine chimique, un tube cylindrique en acier inoxydable à 15% de chrome est soumis à une pression relative interne $\Delta p = 60$ bars. Ce tube doit pouvoir supporter cette pression à une température de 510 °C pendant 10 ans. Le concepteur a prévu un tube de diamètre intérieur $\varphi = 40$ mm et d'épaisseur $e = 2$ mm. La fiche technique de l'alliage, fournie par le fabricant, comporte les données du Tableau 3.

Température (°C)	618	640	660	683	707
Vitesse de fluage stationnaire (s^{-1}) sous une contrainte de 200 MPa	10^{-7}	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$7,7 \cdot 10^{-7}$	$20 \cdot 10^{-7}$

Tableau 3. Données sur le fluage de l'acier inoxydable.

On donne la déformation à rupture $\epsilon_R = 0,01$. Pour cette gamme de contraintes et de températures, on admet que la loi de fluage est :

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} = A\sigma^5 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

- **Q1** : Déterminer les valeurs et les unités des constantes A et Q à partir des données de la fiche technique. En déduire la température de fusion T_f (en °C) sachant que pour ce type d'alliage $Q/(RT_f) = 15,5$.
- **Q2** : Déterminer, en fonction de φ , e et p , la valeur de la contrainte majeure régnant dans la paroi du tube sous pression. Calculer sa valeur.
- **Q3** : En déduire la déformation du tube au bout de 10 années de fonctionnement. Commenter le niveau de sécurité de cette conception.
- **Q4** : Estimer, en années, la durée de vie de ce tube. Justifier pourquoi cette estimation est une estimation par excès.
- **Q5** : Ce type de tuyau peut être également soumis à des pressions variables dans le temps ($\Delta p_{min} = 1/10 \Delta p_{max}$ et $\Delta p_{max} = 60$ bars) et ceci à la température de 100 °C. Le dimensionnement du tube devra-t-il se faire au fluage ? Pourquoi ?
- **Q6** : Que proposez-vous comme méthodologie pour effectuer ce dimensionnement sachant que, pour des raisons de maintenance et de coût, aucun contrôle non destructif sera mis en place lors de son exploitation. Quelles sont les données nécessaires à acquérir pour effectuer ce dimensionnement ?