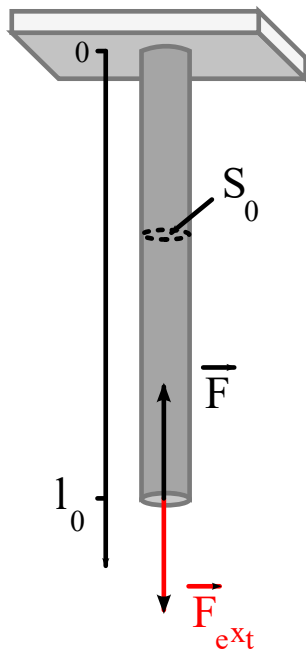


Travaux dirigés # 1 – Thermodynamique d'un fil métallique

Thèmes abordés :

- Premier principe de la thermodynamique
- Dérivées partielles
- Différentielles
- Equations d'état
- Echanges de chaleur
- Second principe, variations d'entropie



Un fil de longueur l , de section S , est soumis à une force extérieure de traction F_{ext} . On appelle F la force appliquée sur le fil.

Le fil est caractérisé par un coefficient de dilatation α et par un module d'Young E , définis par :

$$\alpha = \frac{1}{l} \left(\frac{\partial l}{\partial T} \right)_F \quad \text{et} \quad E = \frac{l}{S} \left(\frac{\partial F}{\partial l} \right)_T$$

A l'état initial, le fil est à une température de 20°C et aucune force n'est appliquée. Dans cet état, la longueur est $l_0 = 1 \text{ m}$ et la section est $S_0 = 1 \text{ mm}^2$. Dans le domaine étudié, α et E sont constants et valent $\alpha = 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ et $E = 10^{10} \text{ Pa}$.

On considérera que S_0 est constante.

On donne la capacité calorifique (massique) du fil $C_P = 450 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ et la masse volumique $\rho = 8000 \text{ kg.m}^{-3}$.

- 1) Calculer l'allongement du fil Δl_1 lorsque, sans force extérieure appliquée, il est porté à 500°C .
- 2) Calculer l'allongement du fil Δl_2 lorsque, à une température de 20°C , on suspend une masse de 100 kg .
- 3) Déterminer l'équation d'état du fil. En déduire l'allongement Δl_3 lorsque le fil est porté à une température de 500°C et que, simultanément, une masse de 100 kg y est suspendue. Comparer Δl_1 , Δl_2 et Δl_3 .
- 4) Dans le cas d'une transformation isotherme (20°C), calculer le travail échangé entre le fil et le milieu extérieur lorsque la masse passe de 0 à 100 kg :

- a. De façon brutale.
- b. De façon réversible.

5) Dans chacun des deux cas précédents, calculer la chaleur échangée et la variation d'entropie du système. Pour cela, on utilisera la formule :

$$\delta Q = C_V dT - T \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_l dl$$

6) A partir du cas précédent ($T = 20^\circ\text{C}$, 100 kg suspendus), on chauffe lentement le fil jusqu'à 500°C .

- a. Calculer la longueur finale.
- b. Calculer le travail et la chaleur reçue par le système durant la transformation.

En déduire la variation d'énergie interne due au chauffage du fil.

7) En utilisant le fait que dU et dS sont des différentielles totales exactes, établir la relation utilisée à la question 5 :

$$\delta Q = C_V dT - T \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_l dl$$