

Examen partiel de Thermodynamique

(Durée : 1 heure. Documents non autorisés. Calculatrice autorisée.)

Exercice 1Thermodynamique d'une barre métallique

Si l'on exerce une force de traction d'intensité F sur une barre métallique de longueur initiale L_0 , la barre prend une longueur L telle que :

$$F = kT(L-L_0)$$

où $k > 0$ est une constante caractéristique de la barre et T est la température absolue.

Lors d'une évolution infinitésimale reversible, le travail élémentaire s'écrit $\delta W = FdL$ (on négligera dans tout le problème les autres forces, et notamment celles de pression).

On définit les coefficients calorimétriques C_L et l par la relation $TdS = C_L dT + l dL$.

- 1- a- En considérant une évolution élémentaire reversible, écrire l'expression de dU (U est l'énergie interne).
 b- En utilisant le fait que U et S sont des fonctions d'état, montrer que l'expression du coefficient l en fonction de F est: $l = -F$.
 c- Démontrer que la capacité thermique C_L ne dépend pas de la longueur L . On considérera par la suite que C_L est une constante.
- 2- a- Etablir les expressions simplifiées de dU et dS en vous servant des résultats de la question 1.
 b- Intégrer ces expressions pour obtenir les variations d'énergie interne (ΔU) et d'entropie (ΔS) entre deux états $i (T_i, L_i)$ et $f (T_f, L_f)$.
- 3- Transformation 0 $\rightarrow$ 1 $(F = 0 ; T = T_0 ; L = L_0) \rightarrow (F ; T_1 ; L_1 = 2L_0)$
 On exerce sur la barre une force F variable de telle sorte que sa longueur passe de L_0 à $2L_0$ de manière adiabatique et reversible.
 a- Déterminer la température T_1 de la barre en fonction de T_0 , L_0 et des constantes k et C_L .
- 4- Transformation 1 $\rightarrow$ 2 $(F ; T_1 ; L_1 = 2L_0) \rightarrow (F = 0 ; T_2 ; L_2 = L_0)$
 La barre étant dans l'état 1 déterminé à la question précédente, on supprime toute force F : la barre évolue alors de façon adiabatique et sans travail de l'état 1 à l'état 2 ($T_2, L_2 = L_0$).
 a- Déterminer T_2 .
 b- Déterminer l'entropie échangée $\Delta S_{1 \rightarrow 2}^{éch}$ au cours de cette évolution.
 c- Déterminer l'entropie créée $\Delta S_{1 \rightarrow 2}^{créée}$ au cours de cette évolution.
- 5- Transformation 2 $\rightarrow$ 0 $(F = 0 ; T_2 ; L_0) \rightarrow (F = 0 ; T_0 ; L_0)$
 Finalement, la barre évolue à longueur L_0 constante au contact de l'atmosphère assimilée à un thermostat de température T_0 .
 a- Déterminer la chaleur $Q_{2 \rightarrow 0}$ reçue par la barre en fonction de T_0 , L_0 et des constantes k et C_L .
 b- Déterminer la variation d'entropie $\Delta S_{2 \rightarrow 0}$.
 c- Déterminer l'entropie échangée $\Delta S_{2 \rightarrow 0}^{éch}$.

- d- En déduire l'expression de l'entropie créée $\Delta S_{2 \rightarrow 0}^{crée}$ en fonction de L_0 et des constantes k et C_L .
Commenter son signe.

6- **Transformation globale $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 0$**

- a- Quelle est la variation d'entropie ΔS correspondante à l'évolution globale $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 0$?
b- Donner l'expression de l'entropie créée $\Delta S^{crée}$ lors de l'évolution globale $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 0$.
Commenter son signe.

Exercice 2

L'hélium est assimilé à un gaz parfait. On suppose qu'il se détend de manière adiabatique et réversible à partir d'un état à pression 10 bars, $T = -23^\circ\text{C}$, jusqu'à atteindre une pression égale à 1 bar.

- 7- Donner la valeur numérique de γ pour ce gaz.
8- Déterminer la température finale.
9- La température d'un gaz parfait qui vient de subir une détente isentropique est-elle toujours inférieure à la température initiale ?

Exercice 3

Une certaine quantité de gaz parfait monoatomique est initialement dans l'état A défini par $V_A = 10\text{ L}$, $T_A = 300\text{ K}$ et $P_A = 10^5\text{ Pa}$. Le gaz subit alors une transformation isochore réversible l'emmenant dans l'état B avec $T_B = 350\text{ K}$, puis une isotherme réversible l'emmenant dans l'état C avec $P_C = 10^5\text{ Pa}$.

- 10- Récapituler dans un tableau les pressions, températures et volumes dans les différents états.
11- Représenter ces évolutions dans un diagramme (P, V) .
12- Quelle est la nature mathématique de la portion de courbe (BC) ?
13- Evaluer le transfert thermique Q_{AB} échangé par le gaz pendant la transformation AB.
14- Evaluer le transfert thermique Q_{BC} pendant la transformation BC.
15- En déduire le transfert thermique Q pendant la transformation totale ABC.
16- Lors d'une autre expérience, le gaz passe directement de l'état A à l'état C par une transformation isobare réversible. Evaluer le transfert thermique Q' échangé par le gaz.
17- Quel point important du cours cet ensemble d'expériences permet-il d'illustrer ?