UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III

Licence Physique Chimie et Applications
Mention physique année 2004/2005
L2

Examen partiel de thermodynamique
1h30

Cet examen comprend 3 parties indépendantes
Le barème est donné à titre indicatif

Questions de cours : entropie d'un gaz parfait *(6 points)*

Le but est d'établir l'équation fondamentale $S = S(U,V,n)$ d'un gaz parfait monoatomique (U énergie interne, V volume, n nombre de mole). On part pour cela de l'équation d'état reliant pression p, volume, température T et nombre de mole, et de l'équation donnant l'énergie interne en fonction de la température.

1) Écrire ces deux équations.

On note u l'énergie interne par mole, s l'entropie par mole et v le volume molaire.

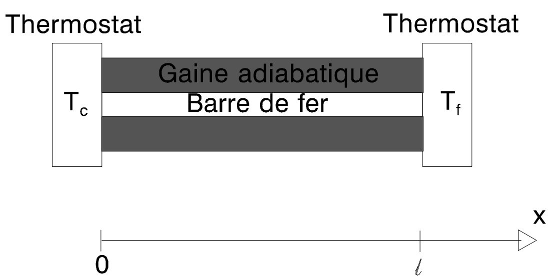
2) Écrire la différentielle de s en fonction de T, p, du et dv.
3) Écrire T et p en fonction de u et v.

On définit un état de référence $u^{(0)}, v^{(0)}$ correspondant à $n^{(0)} = 1$.

4) Trouver l'expression de s en fonction de u et v, et en déduire celle de S en fonction de U, V et n.
5) Application : quelle est la relation entre p et V pour une transformation adiabatique réversible ?

Exercice I : Conduction thermique *(7 points)*

Considérons une barre de fer de conductivité λ=100 $Wm^{-1}K^{-1}$ entre deux thermostats, T_{chaud} (ou T_c) = 60 °C du côté $x=0$ et T_{froid} (ou T_f) = 20 °C du côté $x = l$ (cf. figure ci-dessous). La barre a une longueur l = 1m et un diamètre d =1,6 cm. On notera s la section de la barre. Toute l'étude se déroule avec le système dans un état stationnaire.



A - Dans un premier temps, la barre est enrobée d'une couche d'isolant thermique (ou gaine adiabatique en grisée sur la figure) : il n'y a donc aucune fuite de chaleur par la surface latérale.

1) Rappeler la loi de Fourier du régime conductif (ou conducto-diffusif). En déduire l'expression du flux thermique I^{cd} dans ce problème à une dimension.
2) Que peut-on dire de ce flux tout au long de la barre ? En déduire la relation vérifiée par la température $T(x)$ en fonction de x, l, T_c et T_f.
3) Application numérique : calculer I^{cd}.

B - La couche d'isolant thermique est enlevée. On néglige les pertes par rayonnement.

4) Donner l'expression générale du flux convectif (ou conducto-convectif) dI^{cc} échangé avec l'air environnant par une tranche de barre de longueur élémentaire dx, à l'abscisse x et à la température $T(x)$. La température de l'air environnant sera prise égale à T_{froid}. On notera h le coefficient d'échange conducto-convectif. Donner l'unité de h dans le système international.

5) Pour la tranche en question, que vaut $I^{cd}(x+dx) - I^{cd}(x)$? En déduire la relation liant dI^{cd}/dx à dI^{cc}.

6) Montrer que la température obéit ainsi à l'équation différentielle suivante pour laquelle l'expression de la constante ω sera donnée en fonction de λ, h, s et d :

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \omega^2 (T - T_f)$$

Exercice II : Transformations *(7 points)*

On envisage de produire l'énergie nécessaire à un satellite artificiel de la Terre en utilisant un moteur fonctionnant suivant le cycle réversible suivant :

a) Compression isotherme de l'état A ($p_A = 10^5$ Pa, $T_A = 600$ K) à l'état B ($p_B = 6 \times 10^5$ Pa, $T_B = 600$ K)
b) Echauffement isobare BC amenant le fluide à la température $T_C = 1200$ K
c) Détente adiabatique CD
d) Refroidissement isobare DA

Le fluide décrivant le cycle est constitué de n=10 moles de gaz assimilé à un gaz parfait. Le rapport $\gamma = C_P/C_V = 1{,}4$ est supposé constant. On donne la constante des gaz parfaits $R = 8{,}31$ J.mol^{-1}.K^{-1} et on rappelle que $C_P - C_V = nR$.

1- a) Déterminer la pression p, le volume V et la température T des états A, B, C et D.
b) Représenter le cycle dans le diagramme (p,V).

2- a) Exprimer littéralement puis calculer numériquement les travaux W_{AB}, W_{BC}, W_{CD} et W_{DA} reçus algébriquement par le fluide au cours des transformations correspondantes.
b) En déduire le travail W reçu algébriquement par le fluide au cours du cycle. Le signe de W correspond-il à celui qui était attendu ?

3- Exprimer littéralement puis calculer numériquement les quantités de chaleur Q_{AB}, Q_{BC}, Q_{CD} et Q_{DA} reçues algébriquement par le fluide au cours des diverses transformations. Quelle signification donner au signe de Q_{BC} ?

4- On définie le rendement du moteur par le rapport $\eta = - W/Q_{BC}$. Justifier le bien-fondé d'une telle expression du rendement et en calculer la valeur.

5- La quantité de chaleur Q_{BC} est fournie au fluide par l'intermédiaire d'un panneau solaire qui absorbe la totalité du rayonnement solaire reçu. Sachant que la puissance P_m du moteur est de 3000 W et que le flux solaire vaut $\varphi_{\text{Sol.}} = 1400$ W.m^{-2}, calculer la surface de panneau solaire nécessaire au fonctionnement du moteur.