UNIVERSITE DE
NICE SOPHIA-ANTIPOLIS

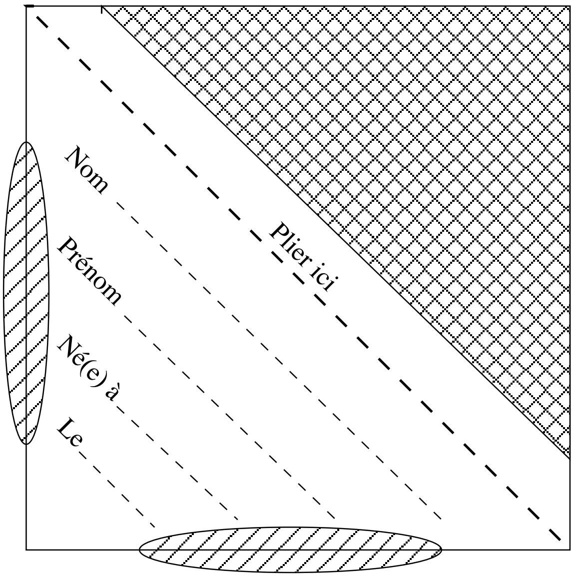
FACULTE DES SCIENCES

L2 SM Premier semestre

Thermodynamique

14 janvier 2009 Durée 2h

Note
/20



Cacheter cette feuille au moyen de colle, agrafes ou ruban adhésif après avoir rabattu le triangle noirci. **Afin de faciliter le décachetage, n'opérer de fixation qu'à l'intérieur des ellipses hachurées.**
Aucune feuille supplémentaire ne sera acceptée. Répondre impérativement dans les espaces laissés entre les énoncés.
Il sera tenu compte du soin apporté à la présentation et de la qualité de la rédaction qui doit être précise et concise.

Aucun document n'est autorisé

Fondements de la thermodynamique

Soit une mole d'un gaz caractérisé dans les variables (U, V) par la fonction :

$$S(U,V) = S_0 + C_V\, ln\left(\frac{U + \frac{a}{V}}{U_0 + \frac{a}{V_0}}\right) + R\, ln\left(\frac{\frac{V}{b} - 1}{\frac{V_0}{b} - 1}\right)$$

où R, a, b et C_V sont des constantes. De plus S_0, U_0, V_0 sont respectivement les valeurs de l'entropie, de l'énergie interne et du volume de cette mole de gaz dans un état initial.

1. Rappeler la différentielle $dS(U, V)$ de l'entropie d'une mole de gaz dans le cas général.

2. Etablir la différentielle $dS(U, V)$ de la fonction $S(U, V)$ ci-dessus dans le cas du gaz étudié .

3. En déduire :

   (a) l'expression de l'énergie interne $U(T, V)$. S'agit-il d'un gaz parfait ? (justifier).

   (b) l'expression de l'équation d'état de ce gaz présentée sous la forme : $(P.....)(V.....) = RT$

[redacted]

(c) la variation d'entropie de ce gaz lors d'une transformation isochore allant de l'état initial $(T_1; V_0)$ à l'état final $(T_2; V_0)$, avec $T_2 > T_1$.

Equilibre de phases de l'eau pure

On veut étudier les équilibres entre les différentes phases solide S, liquide L et vapeur V au voisinage du point triple t d'une masse m d'eau pure.

1. Représenter dans le diagramme (P, T) (pressions en ordonnées, températures en abscisses) l'allure des courbes de fusion, vaporisation et sublimation. Indiquer clairement les régions correspondant aux phases S, L et V ainsi que les point triple t et critique C. On notera T_t la température du point triple.

2. On réalise une transformation réversible isotherme à la température $T_0 < T_t$ à partir d'un équilibre A où l'eau se trouve en phase L, jusqu'à un état d'équilibre B où l'eau se trouve en phase V (pression $P_B < P_A$, volume $v_B > v_A$).

   (a) Représenter la transformation $A \to B$ dans le diagramme (P, T) précédent.

(b) Représenter la transformation $A \to B$ dans le diagramme de Clapeyron en indiquant clairement les différentes phases.

Indications : (i) on notera v_L et v_S les volumes de l'eau respectivement sous phases L et V et on supposera qu'ils sont constants (avec $v_L < v_S$). (ii) on notera v_V le volume de l'eau sous phase V lorsque toute la glace a disparu. (iii) on désignera par P_{SL} et P_{SV} les pressions d'équilibre des phases solide-liquide et solide-vapeur.

3. On assimile la vapeur d'eau à un gaz parfait. Donner l'expression de v_V en fonction de T_0, P_{SV}, m, M (masse molaire de l'eau) et R (constante des gaz parfaits).

4. Donner l'expression de la chaleur latente (massique) de sublimation L_s en fonction de m, v_V, v_S, T_0 et $(dP/dT)_s$ (désignant la pante de la courbe de sublimation à température T_0).

5. En supposant que dans le domaine des températures considéré la courbe de sublimation est rectiligne, et en supposant que v_S est négligeable devant v_V, montrer que l'expression de L_s peut s'écrire sous la forme suivante :

$$L_s(T_0, P_{SV}) = \frac{RT_0}{M} \frac{(1 - \frac{P_t}{P_{SV}})}{(1 - \frac{T_t}{T_0})}$$

6. Etablir l'expression de la variation de l'entropie de l'eau $\Delta S_{A \to B}$ lors de la transfomation $A \to B$, en fonction de $m, M, R, v_B, v_V, T_0, L_s$ et L_f (chaleur latente massique de fusion).

Cycle de Carnot d'un gaz parfait

Soit un gaz parfait auquel on fait subir un cycle de Carnot *moteur* , noté ABCDA, entre les températures T_f et T_c et les volumes $V_{min} = V_C$ et $V_{max} = V_A$.

1. Dans le plan de Clapeyron représenter les quatre branches du cycle ABCDA en notant leurs propriétés caractéristiques.

2. Pour chaque branche du cycle, exprimer le travail et le transfert thermique correspondant (on supposera la capacité thermique C_V indépendante de la température).

3. En considérant les propriétés des isentropiques, montrer que $V_B/V_C = V_A/V_D$.

4. En déduire le rendement de ce cycle.