TRAVAIL PRATIQUE #5

Nouvelles connaissances :

Les nouvelles fonctions caractéristiques :

- L'énergie libre, $F(T,V) = U - TS, dF = -SdT - pdV$
- L'enthalpie libre, $G(T,p) = H - TS, dG = -SdT + Vdp$: les applications de cette nouvelle fonction seront traitées dans la deuxième partie du cours (après l'examen)

Attention aux erreurs dans les calculs liés aux variations d'entropie. Bien que les énoncés donnent souvent des températures en °C, les calculs de ΔS se font toujours en utilisant les températures absolues.

Exercice 1

Propriétés thermodynamiques d'un gaz de photons (un clin d'œil à Chérif)
Le « **gaz de photons** » est le nom donné à une collection de photons dont on souhaite étudier les propriétés macroscopiques comme pour un gaz constitué de molécules.
On considère une enceinte de volume V dont les parois sont opaques. Cette enceinte contient un rayonnement électromagnétique constitué de photons à l'équilibre thermodynamique : cet équilibre est caractérisé par la température T qui règne dans l'enceinte. Le gaz de photons est traité comme un fluide homogène. L'énergie libre du gaz de photons est $F(T,V) = -\frac{1}{3}aVT^4$ où a est une constante positive

1. Calculez la pression et l'entropie du gaz de photons en fonction de T et de V;
2. Montrer que l'énergie interne par unité de volume suit la loi de Stephan : L'énergie interne volumique d'un corps noir (enceinte remplie de photons) ne dépend que de sa température, selon la loi $\frac{U}{V} = aT^4$;
3. Est-ce qu'un gaz de photons se comporte comme un gaz parfait?
4. Calculer l'enthalpie libre $G(T,p)$ du gaz de photons.

Exercice 2

L'énergie libre de n moles d'un certain fluide, occupant un volume V à la température T, est :

$$F(T,V,n) = nC_{v,m}\left(T - T_0 - T\ln\frac{T}{T_0}\right) - nRT\ln\frac{V}{V_0}$$

où T_0 et V_0 caractérisent un état de référence, dans lequel l'énergie libre est arbitrairement choisie égale à 0.

1. En déduire l'entropie et l'énergie interne de ce fluide.
2. Déterminez l'équation d'état de ce fluide, et caractérisez-le.
3. On comprime ce fluide à température constante, d'une pression p_1 à une pression p_2. Calculez le travail minimum nécessaire pour cette transformation.

Indice : Comme dans l'exercice précédent, utilisez simplement les relations du cours, en particulier les relations $S = -\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$ et $p = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)$, ainsi que la définition de F .

Exercice 3

Deux récipients rigides de même volume V = 1,000 L, contiennent un même gaz parfait diatomique (γ = 1,400) à la même température T = 300,0 K. Un des récipients est à la pression p_1 = 1,100 bar, l'autre à la pression p_2 = 0,900 bar. Les deux récipients sont liés par un robinet rigide. Les deux systèmes et le robinet sont isolés thermiquement.

On ouvre le robinet entre les deux récipients.

1) Déterminez l'état final du système à l'équilibre (T_f, p_f)
2) Calculez la création d'entropie lors du mélange.

Exercice 4

On considère un **solide** de volume molaire V_m et de capacité calorifique molaire C_m ; en première approximation pour un solide, on peut considérer V_m et C_m indépendants de la température et de la pression. Donner l'expression de l'enthalpie libre de ce solide.

Indice : Il y a plein de façons d'y arriver. La plus simple, peut-être :

- choisir les variables naturelles de l'enthalpie libre : T, p, n
- appliquer le premier et le second principe à une transformation élémentaire
- intégrer ces deux relations pour obtenir U et S
- appliquer la définition de $G = U + pV - TS$