

DEVOIR DE CONTROLE

Épreuve de Physique
(2^{ème} Année de Préparation Biologie - Géologie)

Mercredi 30 Octobre 2019 de 8h 30 à 10h 30

Problème 1

- 1- Définir un potentiel thermodynamique et expliquer son analogie avec l'énergie potentielle en mécanique?
- 2- Déterminer, en justifiant, le potentiel thermodynamique décrivant l'évolution d'un système thermodynamique dans les cas suivants:
 - 2.1- Un système fermé thermiquement isolé.
 - 2.2- Un système fermé qui subit une évolution monotherme sans échange de travail avec l'extérieur.
 - 2.3- Un système fermé qui subit une évolution à la fois monotherme et monobare.
- 3- Au voisinage d'un état $E_0(P_0 = 1 \text{ bar}, V = 1 \text{ L}, T_0 = 293 \text{ K})$, une masse d'eau liquide est décrite par son énergie libre :

$$F(T, V) = U_0 - TS_0 + C \left(T - T_0 - T \ln \frac{T}{T_0} \right) - P_0(V - V_0) - \frac{\alpha}{\chi} (T - T_0)(V - V_0) + \frac{1}{\chi} \left(V \ln \frac{V}{V_0} + V_0 - V \right)$$

Avec: $C = 4,18 \text{ kJ K}^{-1}$; $\alpha = 3 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ et $\chi = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$.

- 3.1- Etablir l'équation d'état $P(T, V)$ en utilisant l'identité thermodynamique $dF = -PdV - SdT$.
- 3.2- On réalise une compression adiabatique réversible de cette masse d'eau de V_0 à $V_f = 0,99 V_0$. Calculer la température T_f et de la pression P_f . Commenter le résultat.
- 3.3- On réalise une compression isotherme réversible de (T_0, V_0) à (T_0, V_f) . Calculer le travail reçu par la masse d'eau.
- 4- On considère le cas d'un système fermé, de volume V fixé, en équilibre thermique avec un thermostat extérieur à la température T_F .
 - 4.1- Quelle fonction d'état thermodynamique doit-on utiliser pour d'écrire l'équilibre.
 - 4.2- Quel est le signe de la variation de cette fonction d'état lors d'une évolution spontanée du système ? Justifier.

Problème 2

I-Gaz parfait

on considère un gaz parfait ayant pour masse molaire M et pour capacités thermiques massiques c_v et c_p , respectivement à volume constant et à pression constante. Les capacités c_v et c_p sont supposées constantes.

On note $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ et $r = \frac{R}{M}$, où $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ est la constante des gaz parfaits.

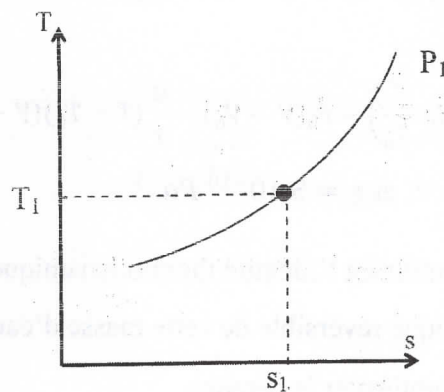
- Ecrire la relation liant la pression P , la température T et le volume massique v du gaz parfait.
 - Exprimer la différentielle dh de l'enthalpie massique et du de l'énergie interne massique en fonction de γ et dT .
- 3 · Déterminer la variation élémentaire ds de l'entropie massique en fonction des variations élémentaires de T et P .

4 · Le gaz parfait subit la **détente de Joule-Gay-Lussac**. Cette détente est souvent appelée détente dans le vide car la détente se fait dans un compartiment où règne le vide. Les deux récipients calorifugés aux parois rigides ont des volumes respectifs V_1 et V_2 , peuvent communiquer par l'intermédiaire d'un robinet (R) qui est initialement fermé. Le compartiment de gauche contient un gaz en équilibre à la pression P , le compartiment de droite est vide et ne contient donc aucune molécule. On ouvre le robinet, le gaz se détend de façon brutale dans le vide et occupe alors les deux récipients.

1- Calculer la variation ΔT de sa température au cours de cette détente. En déduire l'énoncé du premier loi de joule.

2- Déterminer la variation de son entropie massique. La détente est-elle réversible? Justifier votre réponse.

- Dans le diagramme entropique (T - s), on porte la température en ordonnée et l'entropie massique en abscisse.



- 5.1- On considère l'isobare P_1 . Déterminer la relation entre $s(T, P_1)$ et $s(T_1, P_1) = s_1$. Indiquer sur le diagramme le point de coordonnée $(s(T, P_1), T)$ dans le cas où $T > T_1$.
- 5.2- Pour $P_2 = 3P_1$, déterminer la relation entre $s(T_1, P_2)$ et $s(T_1, P_1) = s_1$ et comparer $s(T_1, P_2)$ à s_1 . Représenter l'allure de cette isobare P_2 .
- 5.3- En déduire que les isobares se déduisent les unes des autres par une simple opération de translation que l'on définira.

II- Gaz réel

On considère maintenant le cas d'un gaz réel ayant pour équation d'état selon le modèle de Van Der Waals la relation suivante:

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = rT$$

avec a et b des constantes positives.

La quantité de chaleur échangée, d'une manière infinitésimale, par l'unité de masse de ce gaz peut s'écrire, à l'aide des coefficients calorimétriques c_v et ℓ sous la forme: $\delta q = c_v dT + \ell dv$.

6- Etablir la relation de Clapeyron reliant ℓ au dérivé partielle $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v$.

7- Déterminer l'expression montrant que la dépendance du coefficient c_v en volume massique v n'est fonction que des variables d'état P et T .

8- Montrer que c_v est indépendant du volume massique v . En admettant que c_v est aussi indépendant de la température, déterminer la variation de l'énergie interne massique $u(T, v)$ puis celle de l'entropie massique $s(T, v)$ de ce gaz.

9- L'expression approchée de l'enthalpie massique du gaz réel est donnée par:

$$h = h_0 + (c_v + r)T + \left(b - \frac{2a}{rT}\right)P$$

avec h_0 est une constante.

9.1- Calculer $\left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T$. Discuter le sens de variation de h en fonction de la pression, à température donnée.

9.2- Montrer que la détente isenthalpique de **Joule-Gay-Lussac** ne permet de refroidir un gaz réel que si sa température initiale est inférieure à une température limite T_i appelée température d'inversion. Montrer que T_i s'écrit ainsi:

$$T_i = \frac{2a}{br}$$

9.3- Calculer T_i pour le diazote N_2 et le dihydrogène H_2 . Peut-on refroidir ces gaz en leur faisant subir une détente de **Joule-Gay-Lussac** à partir de la température ambiante? Justifier.

On donne:

Gaz	a ($10^{-3} \text{ J m}^3 \text{ g}^{-2}$)	b ($10^{-5} \text{ m}^3 \text{ g}^{-1}$)	M (g mol^{-1})
H_2	6.250	1.350	2
N_2	0.165	0.136	28