

Épreuve de Physique
(2^{ème} Année de Préparation Biologie - Géologie)
Mercredi 20 Octobre 2021 de 8h30 à 10h30

Département des Etudes Préparatoires
aux Concours de Technologie

DEVOIR DE CONTROLE - 1^{ère} Semestre

Exercice 1 : Etude des changements de phase d'un corps pur

- 1- Donner l'allure du diagramme d'état (P, T) d'un corps pur existant sous ses trois phases. P et T désignent respectivement la pression et la température du corps.
- 2- Préciser la signification physique de chaque courbe de ce diagramme et des domaines qu'elle délimite.
- 3- Placer les points caractéristiques sur le diagramme et indiquer brièvement ce qu'ils présentent.
- 4- Tracer l'allure des isothermes $T < T_C$; $T = T_C$ et $T > T_C$ dans le diagramme de Clapeyron (P, v) d'un corps pur constitué de deux phases liquide et vapeur en équilibre. Où v représente le volume massique du corps pur et T_C sa température critique.
- 5- Représenter sur le même diagramme les courbes d'ébullition et de rosée. Définir la pression de la vapeur saturante P_s et l'indiquer sur le diagramme.
- 6- Quelles sont les caractéristiques de l'isotherme critique.
- 7- Le titre massique en vapeur est défini par le rapport de la masse de vapeur m_v à la masse totale m , $x_v = \frac{m_v}{m}$.

Montrer que ce titre x_v est donné par l'une des relations suivantes :

$$x_v = \frac{v-v_l}{v_v-v_l} ; x_v = \frac{h-h_l}{h_v-h_l} ; x_v = \frac{s-s_l}{s_v-s_l}$$

On désigne par v , h et s le volume massique, l'enthalpie massique et l'entropie massique du système liquide-vapeur. Les indices l et v indiquent respectivement les phases liquide et vapeur.

- 8- On désigne par $L_v(T)$ la chaleur latente de vaporisation d'un corps pur à la température T . Donner la relation liant $L_v(T)$ à $h_v(T)$ et $h_l(T)$.

Exercice 2 : Potentiel thermodynamique

Soit un récipient de volume constant complètement rempli d'eau ($m = 100 \text{ g}$) portée, dans une étuve, à la température $T_1 = 353 \text{ K}$. On la place à température ambiante $T_0 = 293 \text{ K}$.

- 1- Définir une transformation monotherme.
- 2- Quel est la nature de la transformation de la masse d'eau.
- 3- Prévoir intuitivement la température de l'état final du système.
- 4- On suppose qu'il n'y a aucun travail échangé avec le milieu extérieur, déterminer le potentiel thermodynamique approprié à cette transformation.
- 5- Calculer la variation de l'énergie interne ΔU au cours de la transformation.
- 6- Calculer la variation de l'entropie ΔS au cours de la transformation.
- 7- Calculer la variation de la fonction ΔF^* au cours de la transformation et conclure.
- 8- Montrer que ce résultat naturel peut être retrouvé à partir de l'étude de la condition d'équilibre de la différentielle de la fonction F^* .

La capacité calorifique de l'eau c est supposée constante ; $c = 4,18 \text{ J.g}^{-1}$.

Exercice 3 : Etude thermodynamique d'un fil métallique

A - Equation d'état

On considère un fil élastique de section constante s , dont la longueur est l_0 à la température T_0 et lorsqu'il n'est soumis à aucune force de traction ($f = 0$). Son module d'Young $E = \frac{l}{s} \left(\frac{\partial f}{\partial l} \right)_T$ et son coefficient de dilatation linéaire à force constante $\lambda = \frac{1}{l} \left(\frac{\partial l}{\partial T} \right)_f$ sont constants et positifs.

- 1- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de la longueur du fil (dl) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la force de traction df .
 - 2- Montrer que l'équation d'état du fil s'exprime comme : $l = l_0 \exp [af + b(T - T_0)]$
- Où $a = \frac{1}{Es}$ et $b = \lambda$ sont des constantes.

B- Calculs des coefficients calorimétriques

Lors d'une transformation infinitésimale réversible où T , f et l varient respectivement de dT , df et dl , la chaleur reçue par le fil est $\delta Q = C_l dT + L dl = C_f dT + k df$.

1- Définir les coefficients calorimétriques.

2- Exprimer, sous forme différentielle, le premier principe de la thermodynamique (dU) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la longueur de dl .

3- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de l'enthalpie (dH) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la force de traction de df .

4- Exprimer le second principe pour cette transformation et en déduire les deux écritures de la variation d'entropie $dS(T, f)$ et $dS(T, l)$.

5- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de l'enthalpie libre $dG(T, f)$ et de l'énergie libre $dF(T, l)$.

6- En écrivant que les variations élémentaires de l'énergie interne dF et de l'entropie dS sont des différentielles totales, déterminer la relation de Clapeyron relative au coefficient calorimétrique L . Déduire que $L = T \frac{b}{a}$.

7- En écrivant que les variations élémentaires de l'énergie interne dG et de l'entropie dS sont des différentielles totales, déterminer la relation de Clapeyron relative au coefficient calorimétrique k . Déduire que $k = bTl$.

8- De quelles variables dépendent C_l et C_f ? En admettant que dans le domaine de température étudié on a $C_l = C_0 = \text{cste}$, montrer C_f se met sous la forme :

$$C_f = C_0 + lT \frac{b^2}{a}$$

C- Transformations

C1- Transformation réversible isotherme

La transformation isotherme s'effectuant au fil se déroule à la température atmosphérique constante T_0 . La force appliquée au fil varie de $f = 0$ à $f = f_0$ et sa longueur devient l_1 .

Calculer :

a- La chaleur Q_0 reçue par le fil.

b- Le travail W_0 et montrer qu'il se met sous la forme :

$$W_0 = f_0 l_1 - \frac{(l_1 - l_0)}{a} \quad \text{avec} \quad f_0 = \frac{1}{a} \ln\left(\frac{l_1}{l_0}\right)$$

$$\text{NB : } \int_{x_1}^{x_2} \ln(x) dx = [x \ln(x) - x]_{x_1}^{x_2}$$

c- La variation d'énergie interne du fil et montrer qu'elle se met sous la forme :

$$\Delta U_0 = f_0 l_1 - \frac{(l_1 - l_0)}{a} (1 - b T_0)$$

d- La variation d'entropie ΔS_0 du fil ;

e- La variation d'entropie $\Delta S_{0\Sigma}$ du système (Σ) formé par le fil et l'atmosphère.

Conclure.

C2- Transformation monotherme (température extérieure T_0)

Le fil étant à la température T_0 et non soumis à une force de traction, la force f_0 lui est appliquée brutalement, tandis qu'il reste toujours en contact avec l'atmosphère. Après établissement de l'équilibre, calculer :

a- Le travail \mathcal{W}_1 et la chaleur Q_1 reçus par le fil ;

b- La variation d'énergie interne ΔU_1 du fil ;

c- La variation d'entropie ΔS_1 du fil ;

d- La variation d'entropie $\Delta S_{1\Sigma}$ du système isolé Σ comprenant le fil et l'atmosphère.

Conclure.