



Concours AMCPE session 2014
Composition : Physique 5 (Thermodynamique)
Durée : 3 Heures

EXERCICE 1

Le tableau ci-dessous donne, avec trois chiffres significatifs exacts, le volume molaire V (en $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$) et l'énergie interne molaire U (en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) de la vapeur d'eau à la température $t = 500^\circ\text{C}$ pour différentes valeurs de la pression P (en bars). On donne en outre la constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

P	1	10	20	40	70	100
V	$6,43 \cdot 10^{-2}$	$6,37 \cdot 10^{-3}$	$3,17 \cdot 10^{-3}$	$1,56 \cdot 10^{-3}$	$8,68 \cdot 10^{-4}$	$5,90 \cdot 10^{-4}$
U	56,33	56,23	56,08	55,77	55,47	54,78

1. Justifier sans calcul que la vapeur d'eau ne se comporte pas comme un gaz parfait. (1 ligne).

2. On se propose d'adopter le modèle de Van der Waals pour lequel on a :

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad \text{et} \quad U = U_{\text{GP}} - \frac{a}{V} \quad \text{avec} \quad U_{\text{GP}} \quad \text{énergie interne du gaz parfait.}$$

2a Calculer le coefficient a en utilisant les énergies internes des états à $P = 1$ bar et à $P = 100$ bars. Calculer b en utilisant l'équation d'état de l'état à $P = 100$ bars.

2b Quelle valeur obtient-on alors pour U à $P = 40$ bars ? Quelle température obtient-on alors en utilisant l'équation d'état avec $P = 40$ bars et $V = 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$?

2c Conclure sur la validité du modèle. (1 ligne)

EXERCICE 2

NB : Pour les applications numériques on prendra les valeurs entières pour les températures uniquement et deux chiffres décimaux pour les autres.

PARTIE 1

On considère un volume $V = 10$ litres d'eau liquide à $T_i = 303 \text{ K}$ à 1 atm . On désire transformer toute cette quantité d'eau en glace à $T_f = 263 \text{ K}$.

1-1. Donner la définition de

1-1a. la chaleur massique. (3 lignes).

1-1b. la chaleur latente de solidification. (3 lignes).

1-2 Déterminer la quantité de chaleur qu'il faut retirer à cette eau.

On donne :

chaleur latente de solidification de l'eau $L_s = 80 \text{ cal/g}$

chaleur massique de la glace $C_{pg} = 0,5 \text{ cal g}^{-1}\text{C}^{-1}$

chaleur massique de l'eau $C_{pe} = 1 \text{ cal g}^{-1}\text{C}^{-1}$

PARTIE 2 : Etude d'un réfrigérateur

Un réfrigérateur effectue le cycle de Joule inversé suivant :

* L'air pris dans l'état A de température T_0 et de pression P_0 est comprimé suivant une adiabatique quasi statique (ou réversible) jusqu'au point B où il atteint la pression P_1 .

* Le gaz se refroidit à pression constante et atteint la température finale de la source chaude, T_1 , correspondant à l'état C .

* L'air est ensuite refroidi dans une turbine suivant une détente adiabatique quasi statique (ou réversible) pour atteindre l'état D de pression P_0 .

* Le gaz se réchauffe enfin à pression constante au contact de la source froide et retrouve son état initial A .

On considère l'air comme un gaz parfait de coefficient isentropique $\gamma = 1.7$.

On posera $\beta = 1 - \gamma^{-1}$ et $a = P_1/P_0$.

Pour les applications numériques, on prendra: $T_0 = 283\text{K}$, $T_1 = 298\text{K}$ $a = 5$, $R = 8,31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

2-1 Représenter le cycle parcouru par le fluide dans un diagramme de Clapeyron (P,V). Ecrire les équations des transformations et justifier brièvement la position des points.

2-2 Exprimer les températures T_B et T_D en fonction de T_0 , T_1 , a et β . Calculer leurs valeurs.

2-3a Définir l'efficacité e du réfrigérateur à partir des quantités d'énergie échangées au cours du cycle.

2-3b Exprimer l'efficacité en fonction seulement de a et β . Calculer sa valeur.

2-4a Quelles doivent être les transformations du fluide si on envisage de faire fonctionner le réfrigérateur suivant un cycle de Carnot réversible entre les températures T_0 et T_1 ?

2-4b Établir l'expression de son efficacité e_r en fonction de T_1 et T_0 . Calculer sa valeur.

2-5 Comparer les valeurs obtenues pour e et e_r et interpréter la différence observée. (2 lignes).

2-6a Donner l'expression de l'entropie créée, S_i , pour une mole d'air mise en jeu dans le parcours du cycle de Joule inversé, en fonction de $x = T_0 a^\beta / T_1$, R et β .

2-6b Etudier le signe de cette expression pour $x \geq 0$. Calculer sa valeur.

2-7 Ce réfrigérateur est utilisé pour produire de la glace. En déduire le nombre de cycle que doit faire cette machine pour transformer 10 litres d'eau liquide à $T_i = 303 \text{ K}$ à 1 atm en glace à $T_F = 263\text{K}$.