

Sujet 1

I Un glaçon et de la vapeur d'eau

On considère une enceinte calorifugée et maintenue à pression constante $P_0 = 1,0$ bar. Initialement l'enceinte contient une masse $(1 - \alpha)m$ de vapeur d'eau à la température d'ébullition de l'eau sous la pression P_0 , soit $T_{\text{eb}} = 373$ K. On introduit dans l'enceinte un glaçon de masse αm dont la température initiale est la température de fusion de l'eau solide sous la pression P_0 , soit $T_{\text{fus}} = 273$ K. La masse totale d'eau dans l'enceinte est donc égale à m .

1. Expliquer qualitativement ce qui va se passer dans l'enceinte. On pourra s'aider d'un schéma.
2. Déterminer la composition du système dans l'état final lorsque la température finale est égale à T_{fus} . Montrer qu'un tel état final n'est possible que si α est supérieur à une valeur minimale α_{min} à préciser.
3. Déterminer la composition du système dans l'état final lorsque la température finale est égale cette fois à T_{eb} . Montrer qu'un tel état final n'est possible que si α est inférieur à une valeur maximale α_{max} à préciser.
4. Déterminer la température finale T du système dans l'état final lorsque $\alpha_{\text{min}} < \alpha < \alpha_{\text{max}}$.
5. La valeur numérique pour $\alpha = 0,8$ de la température finale est 339,89 K. Que pouvez-vous en conclure ?

Données.

- * enthalpie de vaporisation $l_{\text{vap}} = 2,3 \times 10^6$ J/kg,
- * enthalpie de fusion $l_{\text{fus}} = 330$ kJ/kg,
- * capacité thermique de l'eau liquide $c = 4,18$ kJ \cdot kg $^{-1}$ \cdot K $^{-1}$.

Sujet 2

I Moteur ditherme fonctionnant avec des pseudo-sources

Soit un moteur réversible fonctionnant entre deux sources de même capacité thermique, $C = 4,0 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, dont les températures initiales respectives sont $T_{f,0} = 10^\circ\text{C}$ et $T_{c,0} = 100^\circ\text{C}$. Ces températures ne sont pas maintenues constantes.

1. Donner le schéma de principe de ce moteur au cours d'un cycle en indiquant par des flèches le sens des échanges de chaleur et de travail. On désignera par T_c la température de la source chaude et par T_f celle de la source froide. On définira des échanges énergétiques élémentaires δQ_c , δQ_f et δW . On pourra supposer les températures des sources constantes au cours d'un cycle.
2. Exprimer la température T des deux sources quand le moteur s'arrête de fonctionner en fonction de $T_{f,0}$ et $T_{c,0}$. Il sera utile d'appliquer le second principe au système subissant N cycles jusqu'à l'arrêt du moteur. Calculer T .
3. Exprimer le travail reçu W par ce moteur jusqu'à son arrêt en fonction de C , T , $T_{f,0}$ et $T_{c,0}$. Calculer W et interpréter le signe.
4. Exprimer, puis calculer le rendement global η . Comparer avec le rendement théorique maximal que l'on pourrait obtenir si les températures initiales des deux sources restaient constantes.

Sujet 3

I Compression isotherme d'une vapeur d'eau

Un récipient de volume initial $V_i = 3,0 \text{ L}$ contient seulement $m = 1,0 \text{ g}$ d'eau à la température $t_0 = 100^\circ\text{C}$. On donne la pression de vapeur saturante à t_0 , $P_v = 1,0 \text{ atm}$, l'enthalpie massique de vaporisation $\Delta h_{\text{vap}} = 2,26 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ à la température t_0 . On considère la vapeur d'eau sèche comme un gaz parfait.

Par déplacement réversible d'un piston, on réalise sur ce système une compression isotherme réversible jusqu'au volume final $V_f = 1,0 \text{ L}$.

On donne

$$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \quad ; \quad M_{\text{eau}} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1. Préciser la composition du système dans les états initial et final.
2. Calculer le travail W et le transfert thermique Q reçus par le système.

Sujet 4

I Réversibilité d'une vaporisation

Un cylindre fermé par un piston mobile contient un volume initial $V_i = 18 \text{ cm}^3$ d'eau liquide à la température $T_i = 100^\circ\text{C}$, sous pression atmosphérique $P_0 = 1,013 \text{ bar}$. L'ensemble est en contact avec un thermostat qui maintient la température à $T_0 = 100^\circ\text{C}$.

A Vaporisation lente

Dans cette partie, on tire le piston lentement jusqu'à ce que la dernière goutte de liquide soit vaporisée.

1. Justifier clairement que la transformation est isobare.
2. Calculer le volume final V_f du cylindre en considérant la vapeur obtenue comme un gaz parfait.
3. Représenter cette transformation dans le diagramme de Clapeyron. Préciser en particulier le sens d'évolution.
4. Rappeler la définition de l'enthalpie de vaporisation à une température T_0 .
5. Déterminer ΔH , Q , W puis montrer que

$$\Delta U = -mP_0 \left(\frac{RT_0}{MP_0} - \frac{1}{\rho_l} \right) + m\Delta h_{vap}$$

Faire les applications numériques correspondantes.

6. Faire le bilan entropique de la transformation. Est-elle réversible ?

B Vaporisation brusque

Le même volume initial de $V_i = 18 \text{ cm}^3$ d'eau liquide est maintenant injecté dans un récipient initialement vide (thermostaté à 100°C) de volume V_f dans lequel la vaporisation est immédiate.

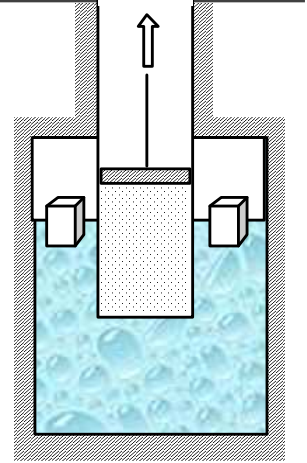
7. Justifier que ΔH , ΔU et ΔS sont les mêmes que pour la transformation précédente.
8. Justifier ici que $W = 0$. En déduire Q .
9. Faire le bilan entropique de la transformation. Est-elle réversible ? Commenter.

Données : Enthalpie massique de vaporisation de l'eau à 100°C : $\Delta h_{vap} = 2250 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, masse volumique de l'eau liquide $\rho_l = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Sujet 5

I Fabrication de glace (***)

Un cylindre aux parois diathermanes enferme une mole d'air considéré comme un gaz parfait à la température $T_0 = 273\text{ K}$ que l'on détend de manière réversible de la pression $P_1 = 7\text{ bar}$ à la pression $P_2 = 3\text{ bar}$ en soulevant le piston. Le corps du cylindre est en contact thermique avec de l'eau liquide en équilibre avec de la glace également à la température initiale de 273 K sous la pression atmosphérique normale. On donne la chaleur latente de fusion de la glace: $\ell_f = 334\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ à 273 K .



1. Quelle masse de glace est obtenue lors de cette opération ?
2. Quelle est la variation d'entropie du système {gaz – système diphasé} ? Que vaut l'entropie créée ? Commenter la cohérence.

Sujet 6**I Évaporation d'un verre d'eau (★★)**

Le degré hygrométrique H d'une atmosphère est défini comme le rapport de la pression partielle en vapeur d'eau $P_{\text{H}_2\text{O}}$ sur la pression de vapeur saturante P_{sat} à une température donnée : $H = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{sat}}}$. On le donne généralement sous la forme d'un pourcentage.

On considère une pièce hermétiquement fermée, de volume $V = 40 \text{ m}^3$, dans laquelle on place un récipient contenant 200 mL d'eau liquide. L'air de la pièce est à la pression $P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ et à la température $T_0 = 293 \text{ K}$. Son degré d'hygrométrie est $H_0 = 60\%$. On donne $P_{\text{sat}}(293) = 2,3 \text{ kPa}$. On assimile l'eau à un gaz parfait de masse molaire $M = 18 \text{ g/mol}$.

1. Calculez la quantité de matière en eau initialement présente dans l'air de la pièce.
2. Montrez que toute l'eau contenu dans le récipient va s'évaporer.
3. Quel volume d'eau liquide faut-il évaporer pour saturer la pièce en eau (degré hygrométrique de 100 %) ? Que se passe-t-il si le récipient contient un volume d'eau supérieur à cette valeur ?