Sujet 1

I Compression isotherme d'une vapeur d'eau

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

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

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 2

I Un glaçon et de la vapeur d'eau

On considère une enceinte calorifugée et maintenue à pression constante $P_0 = 1{,}0\,\mathrm{bar}$. 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 $T_{\,\mathrm{eb}} = 373\,\mathrm{K}$. 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 $T_{\,\mathrm{fus}} = 273\,\mathrm{K}$. 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 $T_{\,\mathrm{fus}}$. Montrer qu'un tel état final n'est possible que si α est supérieur à une valeur minimale $\alpha_{\,\mathrm{min}}$ à préciser.

3. Déterminer la composition du système dans l'état final lorsque la température finale est égale cette fois à $T_{\,\mathrm{eb}}$. Montrer qu'un tel état final n'est possible que si α est inférieur à une valeur maximale $\alpha_{\,\mathrm{max}}$ à préciser.

4. Déterminer la température finale T du système dans l'état final lorsque $\alpha_{\,\mathrm{min}} < \alpha < \alpha_{\,\mathrm{max}}$.

5. La valeur numérique pour $\alpha = 0{,}8$ de la température finale est $339{,}89\,\mathrm{K}$. Que pouvez-vus en conclure ?

Données.

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

Sujet 3

I Cuisson des frites ($\star\star$)

On plonge 300 g de frites (de pommes de terre ou de plantains selon les goûts) à température $T_{F0} = 0\,°\mathrm{C}$ dans un bain d'huile de 2,00 L à la température initiale $T_{H0} = 180\,°\mathrm{C}$.

Données. $c_{\text{huile}} = 4{,}80\,\mathrm{kJ\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$, $c_{\text{frite}} \approx c_{\text{eau}} = 4{,}20\,\mathrm{kJ\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$, $\rho_{\text{huile}} = 920\,\mathrm{g/L}$.
Dans un premier temps, la température de l'ensemble s'homogénéise jusqu'à la valeur T_1. On néglige les transferts thermiques avec l'extérieur durant cette transformation.

1. Déterminer l'expression de T_1 et effectuer l'application numérique.

2. Déterminer et calculer l'entropie créée durant cette étape.

Afin d'assurer la cuisson, la résistance électrique de la friteuse se remet à chauffer avec une puissance $P = 1500\,\mathrm{W}$, elle s'éteint dès que la température atteint T_{H0}. On suppose que la température de la résistance est égale à celle de l'huile T_{H0}.

3. Déterminer la capacité thermique de l'ensemble { huile + frites }.

4. Combien de temps la friteuse va-t-elle rester allumée ?

5. Déterminer et calculer l'entropie créée durant cette étape.

Sujet 4

I Pompe à chaleur d'un gaz parfait

Une pompe à chaleur effectue le cycle de Joule inversé suivant. L'air pris dans l'état A à la température T_0 et de pression P_0 est comprimé suivant une adiabatique réversible jusqu'au point B où il atteint la pression P_1. L'air est ensuite refroidi à pression constante et atteint la température finale de la source chaude T_1 correspondant à l'état C. L'air est encore refroidi dans une turbine suivant une détente adiabatique réversible pour atteindre l'état D de pression P_0. Il se réchauffe enfin à pression constante au contact de la source froide et retrouve son état initial. L'air est considéré comme un gaz parfait de rapport des capacités thermiques $\gamma = 1{,}4$ indépendant de la température. On pose $\beta = 1 - \frac{1}{\gamma}$ et $\alpha = \frac{P_1}{P_0}$.
On prendre $T_0 = 283\text{K}$, $T_1 = 298\text{K}$, $\alpha = 5$ et $R = 8{,}31\text{J} \cdot \text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}$.

1. Représenter le cycle parcouru par les gaz dans un diagramme (P,v).
2. Rappeler les conditions nécessaires pour assurer la validité des lois de Laplace. Donner la loi de Laplace relative à la pression et la température, et la réécrire en fonction de β.
3. En déduire l'expression des températures T_B et T_D des états B et D en fonction de T_0, T_1, α et β.
4. Exprimer l'efficacité e de la pompe à chaleur en fonction des transferts thermiques.
5. En déduire l'expression de e en fonction de α et β. Donner sa valeur numérique.

Sujet 5

I Moteur ditherme fonctionnant avec des pseudo-sources

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