Sujet 1

I Moteur réel ($\star$)

Un moteur réel fonctionnant entre deux sources de chaleur, l'une à $T_F = 400\,\mathrm{K}$, l'autre à $T_C = 650\,\mathrm{K}$, produit $500\,\mathrm{J}$ par cycle pour $1500\,\mathrm{J}$ de transfert thermique fourni.

1. Déterminer son rendement.

2. Quel serait le rendement d'une machine de Carnot fonctionnant entre les deux mêmes sources ? Comparer les deux rendements.

3. Calculer l'entropie créée par cycle notée $S_{\text{créée}}$.

4. Montrer que la différence entre le travail fourni par la machine de Carnot et la machine réelle est égale à $T_F \times S_{\text{créée}}$, pour une dépense identique.

Sujet 2

I Cycle de Joule (⋆⋆)

Une mole de gaz parfait diatomique décrit un cycle moteur dit de Joule constitué par :

- deux adiabatiques réversibles AB et CD,
- deux isobares BC et DA.

Données. $A(P_0 = 1\,\text{bar}, T_0 = 280\,\text{K})$, $B(P_1 = 10\,\text{bar}, T1)$, $C(P_1, T_2 = 1000\,\text{K})$, $D(P_0, T_3)$.

1. Tracer l'allure du cycle dans le plan (P, v)
2. Calculer T_1 et T_3.
3. Exprimer le rendement de ce moteur en fonction de $a = P_1/P_0$ et γ. Calculer sa valeur.

Sujet 3

I Perte de performance d'un congélateur

Un congélateur neuf a un coefficient d'efficacité $e = 2{,}0$. Un appareil dans lequel on a laissé s'accumuler une couche de glace a une efficacité réduite. On suppose que l'effet de la couche de glace est de multiplier par 2 l'entropie créée pour un même transfert thermique pris à la source froide. L'intérieur du congélateur est à $-20\,°\mathrm{C}$ et la pièce dans laquelle il se trouve à $19\,°\mathrm{C}$.

1. Calculer numériquement α , rapport entre l'efficacité du congélateur neuf et l'efficacité d'une machine réversible fonctionnant avec les mêmes sources.

2. Montrer que ce rapport devient, pour le réfrigérateur usagé :

$$\alpha' = \frac{\alpha}{2-\alpha}$$

   Calculer α et l'efficacité réduite e'.

.

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.