

TD de thermodynamique

Formulation infinitésimale des principes

1 — Machine thermique avec pseudo-sources

Une machine thermique ditherme fonctionne en moteur, avec deux sources thermiques de capacités calorifiques identiques $C = 4,0 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ dont les températures initiales sont $\theta_{1,0} = 10^\circ\text{C}$ et $\theta_{2,0} = 100^\circ\text{C}$.

1. Représenter schématiquement la machine en indiquant le sens des transferts énergétiques. Quel est le système étudié?

Justifier qualitativement que la machine finira par s'arrêter; que peut-on dire de l'état final?

2. La machine est supposée fonctionner de façon réversible. À quelle relation conduit alors le second principe? En écrivant cette relation sous forme différentielle, puis en l'intégrant, déterminer la température des sources lorsque le moteur cesse de fonctionner.

3. Calculer le travail total W fourni par le moteur au cours de son fonctionnement.

4. Calculer le rendement, et comparer au rendement dans le cas où la capacité thermique des sources est infinie.

2 — Congélation d'une masse d'eau

Une masse $m = 1 \text{ kg}$ d'eau initialement à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ passe sous forme de glace à $\theta_2 = -10^\circ\text{C}$ lors d'un séjour dans un congélateur fonctionnant dans une pièce à $\theta_e = 25^\circ\text{C}$. On suppose que le fluide du congélateur décrit des cycles réversibles. Schématiser ce système et déterminer la durée τ du séjour de l'eau dans le congélateur.

Données :

$$c_1 = 4,1 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ (eau liquide);}$$

$$c_2 = 2,3 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ (eau glace);}$$

$$P_{\text{moteur}} = 50 \text{ W};$$

$$L_{\text{fus}} = 334 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

3 — Pompe à chaleur

On considère une pompe à chaleur fonctionnant par cycle réversibles très courts et servant à chauffer 1 m^3 d'eau dont la température initiale est $T_1 = 280 \text{ K}$. La source froide est constituée par l'atmosphère de température $T_2 = 280 \text{ K}$.

1. Quel est le travail reçu par la pompe lorsque $T_{1f} = 320 \text{ K}$?

2. Quelle est l'efficacité de cette pompe?

Calorifique massique de l'eau : $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

4 — Moteur

Deux solides S_1 et S_2 de capacités thermiques massiques respectives C_1 et C_2 , de températures initiales T_{01} et T_{02} , sont mis en contact, et on attend l'équilibre thermique.

1. Déterminer la température d'équilibre et la variation d'entropie du système. Quel est son signe?

2. On utilise ces deux sources pour faire fonctionner un moteur. Déterminer le travail fourni et la température finale, que l'on comparera avec la température d'équilibre précédente.

5 — Patinoire

Une machine thermique fonctionne entre une patinoire de dimensions $20 \text{ m} \times 30 \times 3 \text{ cm}$ et une piscine de dimensions $20 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 3 \text{ m}$. À l'état initial, la patinoire et la piscine sont remplies d'eau liquide à température T_0 ; à l'état final, la glace de la patinoire est à la température T_1 , l'eau de la piscine à T_2 .

Calculer T_2 et le travail W fourni à la machine.

On donne :

$$T_0 = 12^\circ\text{C} \text{ et } T_1 = -5^\circ\text{C};$$

$$c_1 = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ (eau liquide), } c_2 = 1,9 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ (glace)}$$

$$\text{et pour l'eau } L_{\text{fusion}} = 334 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

6 — Patinoire (bis)

Une machine thermique, alimentée par un moteur de puissance $P = 20 \text{ kW}$, refroidit de manière réversible une patinoire de volume $V_1 = 20 \text{ m}^3$ et accessoirement réchauffe une piscine de volume $V_2 = 500 \text{ m}^3$. Initialement, patinoire et piscine sont à 20°C . On veut que la température finale de la patinoire soit $T_1 = -5^\circ\text{C}$.

1. Schématiser la machine et noter les sens réels des échanges.

2. Calculer Q_1 et Q_2 les transferts thermiques reçus par la machine.

3. Faire un bilan d'entropie et déterminer T_2 la température finale de la piscine.

4. Faire un bilan d'énergie et en déduire la durée de fonctionnement de la machine.

5. Définir le rendement et le calculer.