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 $C = 4{,}0 \times 10^5\ \mathrm{J \cdot K^{-1}}$ dont les températures initiales sont $\theta_{1,0} = 10\ °\mathrm{C}$ et $\theta_{2,0} = 100\ °\mathrm{C}$.

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 $m = 1\ \mathrm{kg}$ d'eau initialement à la température $\theta_1 = 20\ °\mathrm{C}$ passe sous forme de glace à $\theta_2 = -10\ °\mathrm{C}$ lors d'un séjour dans un congélateur fonctionnant dans une pièce à $\theta_e = 25\ °\mathrm{C}$. 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 :
$c_1 = 4{,}1\ \mathrm{kJ \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}}$ (eau liquide) ;
$c_2 = 2{,}3\ \mathrm{kJ \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}}$ (eau glace) ;
$P_{\text{moteur}} = 50\ \mathrm{W}$;
$L_{\text{fus}} = 334\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$.

3 — Pompe à chaleur

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

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

2. Quelle est l'efficacité de cette pompe ?

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

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 $20\ \mathrm{m} \times 30 \times 3\ \mathrm{cm}$ et une piscine de dimensions $20\ \mathrm{m} \times 30\ \mathrm{m} \times 3\ \mathrm{m}$. 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 :
$T_0 = 12\ °\mathrm{C}$ et $T_1 = -5\ °\mathrm{C}$;
$c_1 = 4{,}18\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$ (eau liquide), $c_2 = 1{,}9\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$ (glace) et pour l'eau $L_{\text{fusion}} = 334\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$.

6 — Patinoire (bis)

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

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.