

# TD de thermodynamique

# Les deux principes

## 1 — Pompe à chaleur

On veut maintenir la température d'une maison à  $T_1 = 20\text{ °C}$  alors que la température extérieure est égale à  $T_2 = 5\text{ °C}$  en utilisant une pompe à chaleur. L'isolation thermique de la maison est telle qu'il faut lui fournir un transfert thermique égal à 200 kJ par heure.

1. Rappeler le schéma de principe d'une pompe à chaleur ditherme et le sens réel des échanges d'énergie du fluide caloporteur.
2. Quel doit être le cycle thermodynamique suivi par le fluide pour que l'efficacité de la pompe à chaleur soit maximale?
3. Définir et calculer l'efficacité théorique maximale de la pompe dans ces conditions. Montrer qu'elle ne dépend que de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Quel est le sens physique de l'efficacité?
4. En déduire la puissance électrique minimale consommée par la pompe à chaleur.
5. En supposant la température intérieure imposée, pour quelle température extérieure l'efficacité est-elle maximale? Commenter.

## 2 — 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  $\theta_{1,0} = 10\text{ °C}$  et  $\theta_{2,0} = 100\text{ °C}$ .

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 l'efficacité, et comparer à l'efficacité dans le cas où la capacité thermique des sources est infinie.

## 3 — Congélation d'une masse d'eau

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

Données :

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

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

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

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

## 4 — Le coût du froid

Vous achetez six bouteilles de 1 L de jus de fruit que vous rangez au réfrigérateur. Une heure plus tard, elles sont à la température du frigo. Combien vous coûte ce refroidissement?

Données :

1. le rendement du réfrigérateur est de 70 %;
2. l'isolation imparfaite du réfrigérateur se traduit par des fuites thermiques de puissance 10 W;
3. la capacité thermique massique de l'eau liquide est  $c = 4,2\text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;
4. tarif EDF : 1 kW · h coûte 0,15.