

# DS Physique 8

Durée : 2h30

$$R = 8.3 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

## EXERCICE 1 – Questions de cours

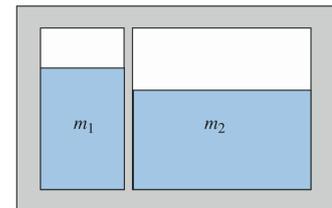
On considère un glaçon de masse  $m$ , de température  $T_i < T_0 \stackrel{\text{def}}{=} 0^\circ\text{C}$ . On souhaite amener cette eau à la température ambiante  $T_f > T_0$ . On note  $c_g$  la capacité thermique de l'eau solide. On note  $L$  l'enthalpie massique de fusion de la glace. On note  $c_l$  la capacité thermique de l'eau liquide.

1. Quelle est la variation d'enthalpie nécessaire pour faire passer la glace de  $T_i$  à  $T_0$  ?
2. Quelle est la variation d'entropie associée à cette même transformation ?
3. Quelle est la variation d'entropie associée à la fusion de la glace ?
4. Quelle est la variation d'entropie associée à la transformation de l'eau liquide de  $T_0$  à  $T_f$  ?

## EXERCICE 2 – Equilibre thermique

Un récipient adiabatique et fermé est séparé en deux compartiments contenant, l'un une masse  $m_1$  d'eau et l'autre une masse  $m_2$  d'eau. On suppose que l'eau est une phase condensée idéale de capacité thermique massique constante  $c$ .

Les températures initiales sont  $T_{1i}$  et  $T_{2i}$  avec  $T_{1i} < T_{2i}$ . La cloison qui sépare les deux masses d'eau étant faiblement diathermane, le transfert thermique entre les deux compartiments est lent et on peut supposer que les températures des deux compartiments sont homogènes à chaque instant ; ce sont deux fonctions du temps notées  $T_1(t)$  et  $T_2(t)$ . On négligera la capacité thermique de la cloison diathermane, ainsi que celle de l'air qui se trouve dans chaque compartiment.

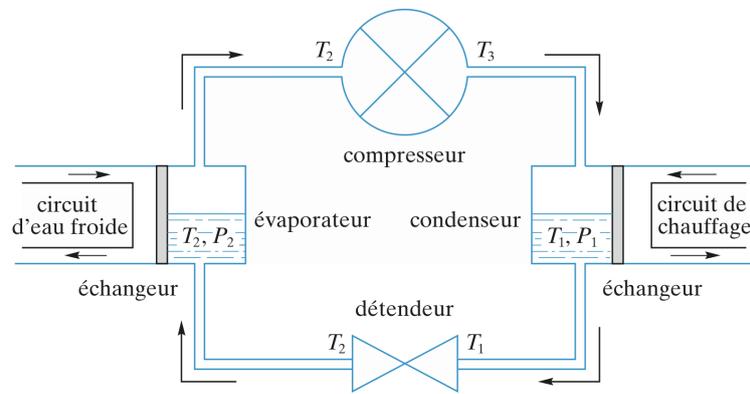


Montrer que la quantité  $m_1 T_1 + m_2 T_2$  est constante.

2. Exprimer l'entropie totale du système en fonction de  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $T_1(t)$  et  $T_2(t)$ ,  $c$  et  $S_0$ , l'entropie du système à l'instant initial.
3. En déduire l'expression de  $\dot{S}$  en fonction de  $m_1$ ,  $c$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  et de  $\frac{dT_1}{dt}$ .
4. Quel est le signe de  $\dot{S}$  ? En déduire le sens d'évolution des températures  $T_1$  et  $T_2$ .
5. Que doit vérifier  $T_1(t)$  et  $T_2(t)$  lorsque l'entropie cesse de changer ? Quelle valeur  $T_f$  doivent ils prendre ? Commenter.
6. Quelle est l'entropie totale créée lors d'une transformation qui part de l'état initial jusqu'à l'état d'équilibre final dans le cas particulier où  $m_1 = m_2 = m$  ? Vérifiez que celle ci est bien toujours positive.

## EXERCICE 3 – Etude d'une pompe à chaleur

Une pompe à chaleur à fréon prélève de la chaleur à un circuit d'eau froide et cède de la chaleur à de l'eau chaude qui circule dans le sol d'une habitation.



Le fréon décrit un cycle :

- Dans l'évaporateur, il subit une évaporation complète sous la pression de vapeur saturante  $P_2 = 5 \text{ bar}$  et à la température  $T_2 = 273 \text{ K}$ .
- Le fréon gazeux sort du compresseur à la température  $T_3$  et sous la pression  $P_1 = 12.6 \text{ bar}$ .
- Dans le condenseur, le fréon gazeux se refroidit, puis se liquéfie complètement sous la pression de vapeur saturante  $P_1$  et à la température  $T_1 = 305 \text{ K}$ .
- En traversant le détendeur, le fréon subit une détente adiabatique passant par  $T_1, P_1$  à  $T_2, P_2$ ; cette détente s'accompagne d'une vaporisation partielle du liquide.
- Seul le compresseur possède des parties mobiles et est donc le seul susceptible de fournir un travail mécanique sur le fluide.

On pose :

- $L_V(T)$  : enthalpie massique de vaporisation du fréon  $L_V(T_1) = 175 \text{ kJ.kg}^{-1}$  et  $L_V(T_2) = 205 \text{ kJ.kg}^{-1}$ ;
- $c_\ell = 1.4 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  : capacité thermique massique du fréon liquide.
- Le fréon gazeux est assimilé à un gaz parfait de masse molaire  $M = 86.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$ , et pour lequel  $\gamma = 1.20$ .

On admet que dans tout système ouvert parcouru par un écoulement, le premier principe s'écrit :

$$h_{\text{sortie}} - h_{\text{entrée}} = w + q$$

où  $h$  est l'enthalpie massique du fluide,  $w$  est le travail massique reçu par le fluide à l'intérieur du système et  $q$  est l'énergie thermique massique reçue par le fluide. Cette relation est vraie en particulier pour tous les éléments de la pompe à chaleur.

### Etude de la compression

1. On suppose que la compression dans le compresseur est adiabatique réversible. En déduire  $T_3$  en fonction des données.
2. En déduire la variation d'enthalpie massique du gaz entre l'entrée et la sortie du compresseur.
3. En déduire le travail massique  $w$  reçu par le fluide dans le compresseur.

### Etude du condenseur

On remarque que dans le condenseur, le fréon se refroidit, puis se liquéfie complètement sous la pression de vapeur saturante  $P_1$ , c'est à dire à pression constante.

4. Déterminer la variation d'enthalpie massique  $\Delta_{11}h$  associée au refroidissement du fréon de la température  $T_3$  à la température  $T_1$ . Quelle est la variation d'entropie massique  $\Delta_{11}s$  associée.
5. Déterminer la variation d'enthalpie massique  $\Delta_{12}h$  associée à la condensation (liquide) du fréon. Quelle est la variation d'entropie massique  $\Delta_{12}s$  associée.
6. En déduire le transfert thermique massique  $q_1$  reçu par le fluide dans le condenseur.

- Déterminer la valeur numérique de la variation d'entropie massique totale  $\Delta_1s$  lors du passage dans le condenseur.

#### *Etude du détendeur*

- Montrer que le passage dans le détendeur est isenthalpique.
- En déduire la fraction massique gazeuse  $x$  de fréon à la sortie du détendeur. La valeur numérique que vous devez trouver est  $x \approx 0.215$ .
- Déterminer la valeur numérique de la variation d'entropie massique  $\Delta_2s$  associée à la détente.

#### *Etude de l'évaporateur*

- Déterminer le transfert thermique massique reçu par le fréon dans l'évaporateur.
- Déterminer la variation d'entropie massique  $\Delta_3s$  lors du passage dans l'évaporateur. Vérifier le bilan d'entropie sur un cycle complet.

#### *Bilan*

- Le compresseur convertit l'énergie électrique en énergie mécanique avec un rendement  $\eta = 0.8$ . Quelle est l'efficacité de cette pompe à chaleur. Faire l'application numérique.