Correction - Interrogation de cours n°18

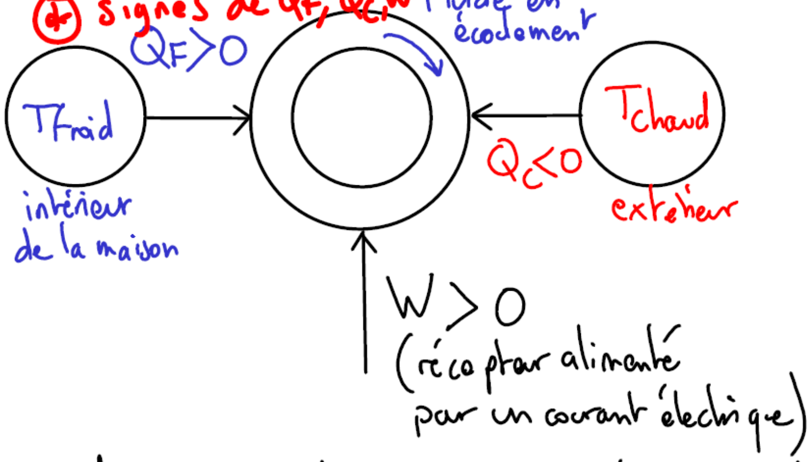
10

1 Machines thermiques

• Illustrer à l'aide d'un schéma ce qu'est un climatiseur et calculer son efficacité. Montrer que cette dernière grandeur est nécessairement inférieure à une valeur que l'on précisera en fonction des températures des deux sources de température constante T_F et T_C.

3

schéma
signes de Q_F, Q_C, W



1er ppe au fluide sur un cycle

$$e_{clim} = \frac{Q_F}{W} = -\frac{Q_F}{Q_F+Q_C} = -\frac{1}{1+\frac{Q_C}{Q_F}}$$

2nd ppe au fluide sur un cycle $\Rightarrow$ $\Delta S_{cycle} = 0 = \frac{Q_F}{T_F} + \frac{Q_C}{T_C} \leq 0$ (Clausius)

$$\underset{Q_F>0}{\Rightarrow} \frac{Q_C}{Q_F} \leq -\frac{T_C}{T_F} \Rightarrow -\frac{1}{1+\frac{Q_F}{Q_C}} \leq -\frac{1}{1-\frac{T_C}{T_F}} = \frac{T_F}{T_C-T_F} \Rightarrow \boxed{e \leq \frac{T_F}{T_C-T_F}}$$

• Donner l'expression du premier principe industriel pour un système thermodynamique en écoulement. On précisera la condition de validité de la formule.

1,5

En régime stationnaire, pour un fluide en écoulement :

$$\Delta\left[h + \frac{c^2}{2} + gz\right] = w_{u,m} + q_{u,m}$$

2 Phénomènes de transport thermique

- Citer les trois phénomènes de transport thermique.

0,5

* convection thermique
* conduction thermique ou diffusion thermique
* rayonnement thermique

- Donner une définition générale de la diffusion.

0,5

La diffusion est un phénomène qui tend à uniformiser le milieu en présence d'une inhomogénéité (température, concentration...)

- Quelle est l'origine microscopique de la diffusion ?

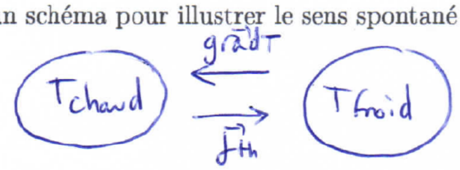
0,5

→ chocs entre particules

- Énoncer la loi de Fourier. On s'appuiera sur un schéma pour illustrer le sens spontané de la diffusion.

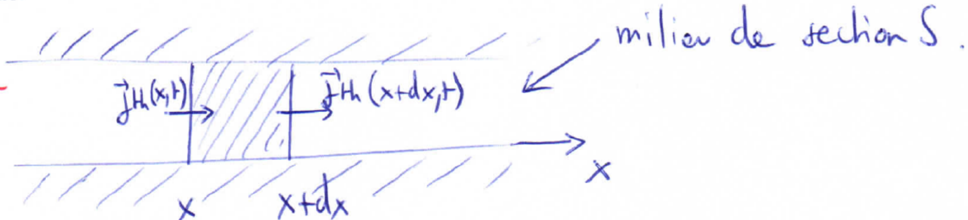
0,5

$\vec{j}_{th} = -\lambda_{th} \, \overrightarrow{grad}\, T$



- Dans un milieu unidimensionnel, en faisant un bilan d'énergie interne appliqué à la tranche comprise entre x et $x + dx$ ne comprenant ni source ni puits de chaleur, démontrer la loi de conservation de l'énergie thermique.

schéma ⊛



* On applique le 1er ppe à la tranche d'épaisseur dx entre t et $t+dt$: ⊛

$d^2U = \delta^2 Q + \cancel{\delta^2 W}$ ($=0$ car pas de variation de volume) ①

$= \phi_{th}(x,t)dt - \phi_{th}(x+dx,t)dt = -\dfrac{\partial \phi_{th}}{\partial x} dx\, dt = -S\dfrac{\partial j_{th}}{\partial x} dx\, dt$ ⊛

3

$\phi_{th} = \iint \vec{j}_{th} \cdot d\vec{S} = j_{th} S$

* D'après la 1ère loi de Joule pour une phase condensée :

$d^2U = c\, dm\, dT = c \mu S dx \dfrac{\partial T}{\partial t} dt$ ② ⊛ ⊛

① et ② $\Rightarrow \mu c \dfrac{\partial T}{\partial t} = -\dfrac{\partial j_{th}}{\partial x}$ soit $\boxed{\mu c \dfrac{\partial T}{\partial t} + \mathrm{div}\, \vec{j}_{th} = 0}$ ⊛ à 1D cartésien

- En utilisant les deux résultats précédents, démontrer l'expression de l'équation de la chaleur.

On injecte la loi de Fourier dans la loi de conservation :

0,5

$\mu c \dfrac{\partial T}{\partial t} + \mathrm{div}(-\lambda_{th} \overrightarrow{grad}\, T) = 0 \Rightarrow \boxed{\dfrac{\partial T}{\partial t} = D_{th} \Delta T}$ éq. de la chaleur, avec $D_{th} = \dfrac{\lambda_{th}}{\mu c}$