Faustine LP26 : Phénomènes de transport E1 : résistance électrique

niveau : L2

pré requis : · 1e principe de la thermodynamique (L1)
· modes de transports thermiques (T)
· flux thermique, résistance thermique (T)
· échelle de la matière (L1)
· loi d'ohm en ligne (L1)
· opérateur dérivée (gradient

difficultés : · reconnaître quel type de phénomène est mis en jeu
· comprendre l'analogie électrique / thermique

activité : découverte de l'intérêt du double vitrage

objectif : · distinguer les ≠ phénomènes de transports thermique
· savoir retrouver l'équation de la chaleur
· connaître le lien entre grandeurs thermique et électrique

I. Phénomènes de transfert thermique

1. 3 types

· convection : mode de transport de l'énergie avec mvt macro du système
→ naturelle : atmosphère → forcée : ventilateur

· diffusion : mode de transport d'énergie sans transport de matière macro
origine : micro → agitation thermique
ex : à travers les murs de la maison

· rayonnement : milieu transparent, vide, propagation des ondes EM
ex : soleil

2. équilibre thermodynamique local

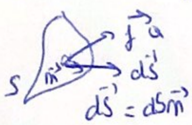
grandeur non homogène à l'échelle macro ⇒ température

$T(x,y,z,t)$
→ à l'échelle mésoscopique la température dans le volume est constant et définit

système hors équilibre : somme des systèmes méso à l'équilibre

3. flux thermique

soit une surface S orientée, le flux thermique traversant S est $\phi(t) = \iint \vec{j_Q}(P,t)\,d\vec{S}$
↳ vecteur densité de courant thermique en $W\,m^{-2}$



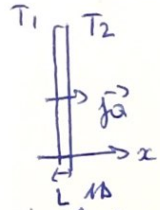
ϕ puissance en watt
$\delta Q = \iint \vec{j_Q}\,d\vec{S}\,dt$
↳ grandeur à considérer algébriquement

II. Diffusion

1. loi de Fourier

$\vec{j_Q} = -\lambda\,\vec{\mathrm{grad}}\,T$ λ : conductivité thermique $W\,m^{-1}K^{-1}$

2. lien avec le flux



$$\Phi = \iint \vec{j_a}\,\vec{dS} = j_a S = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} S$$

hypothèse evolution linéaire entre T et x

$$= -\frac{\lambda S}{L}(T_2 - T_1)$$

$$= \frac{\lambda S}{L}(T_1 - T_2)$$

3. électrocinétique

$\Phi \to$ courant I

$T_1 - T_2 \to$ tension U ddp

déplacement d'énergie	déplacement de courant

$$\Phi = \underbrace{\frac{\lambda S}{L}}\ \underbrace{(T_1 - T_2)}_{U}$$

$$I = \qquad U = RI$$

$R_{th} = \dfrac{L}{\lambda S}$ en $W K^{-1}$

but : créer une meilleure isolation

physique : phénomènes mis en jeu liés à une inhomogénéité du système

III. Bilan locale

1. hypothèses

milieu solide ; ρ = const, c_v = constant ; convection négligée ; pas de source interne ; 1D ; pas de forces de pression

2. bilan thermique

énergie interne U => variation dans le temps $dU = U(x, t+dt) - U(x,t)$

$$= S m\, c_v [T(x,t+dt) - T(x,t)]$$

$$= S m\, c_v \frac{\partial T}{\partial t} dt \qquad Sm = S dx \rho$$

$$= S dx\, \rho c_v \frac{\partial T}{\partial t} dt$$

$$\delta Q = \delta Q_x + \delta Q_{x+dx}$$

$$= j_a(x,t) S dt - j(x+dx,t) S dt$$

$$= -S dt \frac{\partial j}{\partial x} dx$$

1e principe thermo $dU = \delta Q$

$$\rho c_v \cancel{S}\cancel{dx}\cancel{dt} \frac{\partial T}{\partial t} = -\cancel{S}\cancel{dt} \frac{\partial j}{\partial x} \cancel{dx} \Rightarrow \rho c_v \frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\partial j}{\partial x}$$

conservation de l'énergie

3. loi de Fourier

$$\rho c_v \frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left(-\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right) \Rightarrow \frac{\rho c_v}{\lambda} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Équation de la diffusion de la chaleur en 1D

$\dfrac{\lambda}{\rho c_v} = D_{th}$ diffusivité thermique en $m^2 s^{-1}$

4. cas stationnaire

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \Rightarrow T = Kx + T_0$$

K et T_0 constantes à déterminer

conclu : diapo bilan