$\boxed{\text{La conduction thermique.}}$

1 Loi de Fourier.

1.1 Énoncé.

Milieu isotrope ; ETL ; $\overrightarrow{j}_Q$ conductif. $\Longrightarrow$ $\boxed{\overrightarrow{j}_Q = -\lambda \cdot \overrightarrow{\nabla} T.}$

1.2 Discussion.

Loi empirique (approchée) ; loi satisfaisante physiquement ; traduit un phénomène irréversible ; loi linéaire ; λ dépend du matériau (de la température, de la pression dans le cas des gaz).

1.3 Conductivité thermique.

1.3.1 Cas des gaz.

$\lambda \ : \ W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. $\quad \lambda \sim 10^{-2}\ SI$.

- λ indépendant (en gros) de la pression.
- λ augmente quand M diminue.
- Gaz : convection très importante ; mauvaise conductivité.

1.3.2 Cas des liquides.

$\lambda = 0{,}1 \rightarrow 1\ SI$.

1.3.3 Cas des solides.

Conductivité thermique électronique : cas des métaux, $\lambda \sim 400\ SI$.

Conductivité thermique phonique : cas du diamant, $\lambda \sim 2000\ SI$.

2 Flux thermique à une paroi.

2.1 Transport convectif dans les fluides.

Convection forcée, naturelle, mixte.

2.2 Flux conducto-convectif à une paroi.

A l'interface : continuité de la température et du flux de chaleur.

Pour le solide : $\overrightarrow{j}_Q = -\lambda_S \cdot \left(\dfrac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=0^-}$.

Pour le fluide : Contre la paroi : frottement visqueux, conduction. / Loin de la paroi : température quasi uniforme, convection. Loi de Newton : $\boxed{\overrightarrow{j}_Q(x=0^+) = h \cdot (T_1 - T_f).}$

Le coefficient de transfert conducto-convectif : $h = \dfrac{\lambda_f}{\xi}$, $\quad h \ : \ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

3 Distribution de température dans les solides.

Pas de convection, ni de rayonnement. ETL

3.1 Bilan d'énergie.

3.1.1 Hypothèses de travail.

Système $\mathcal{S}$ fermé à pression P constante.

3.1.2 Application du premier principe.

Expression globale : $\dfrac{dH}{dt} = \iiint P \cdot d\tau - \oiint \overrightarrow{j}_Q \cdot d\overrightarrow{S}.$

Expression locale : $\boxed{\dfrac{\partial h}{\partial t} + \overrightarrow{\nabla} \cdot \overrightarrow{j}_Q = p.}$

3.2 Equation de la température.

3.2.1 Terme de flux.

$\overrightarrow{\nabla} \cdot \overrightarrow{j}_Q = -\lambda \cdot \overrightarrow{\nabla}^2 T.$ $\quad \left(\text{on néglige } \overrightarrow{\nabla}\lambda \cdot \overrightarrow{\nabla}T, \text{ car } \|\overrightarrow{\nabla}T\| \sim \dfrac{T}{d_T}\right).$

3.2.2 Terme d'enthalpie.

$\boxed{\delta c_p = \rho \cdot c_{p_m} \cdot \delta\tau.}$ $\quad \Longrightarrow \quad \dfrac{\partial h}{\partial t} = \rho \cdot c_{p_m} \cdot \dfrac{\partial T}{\partial t}.$

3.2.3 Equation de la température :

$\boxed{\rho \cdot c_{p_m} \cdot \dfrac{\partial T}{\partial t} - \lambda \cdot \overrightarrow{\nabla}^2 T = p.}$

Cas d'une réaction chimique : rajoute le terme : $-\Delta_r H^\circ \cdot v$ (à gauche).

3.2.4 Equation de la chaleur :

cas où $p = 0$, $\boxed{\dfrac{\partial T}{\partial t} = D \cdot \overrightarrow{\nabla}^2 T.}$ où $D = \dfrac{\lambda}{c_{p_m} \cdot \rho}$ est la diffusivité du matériau.

3.2.5 Cas du régime permanent :

en un point de l'espace, les grandeurs intensives ne varient pas : $\dfrac{\partial}{\partial t} = 0.$

Equation de Poisson : $\overrightarrow{\nabla}^2 T = -\dfrac{\rho(\overrightarrow{r},t)}{\lambda}.$

3.3 Problème unidimensionnel.

3.3.1 Problème unidirectionnel.

3.3.2 Problème à symétrie cylindrique de révolution.

3.3.3 Problème à symétrie sphérique.

3.4 Transport linéaire en régime permanent.

3.4.1 Analogie électro-cinétique.

Similarités : $\lambda \leftrightarrow \sigma$ / $T \leftrightarrow V$ / $\overrightarrow{j}_Q \leftrightarrow \overrightarrow{j}$ / $\Phi \leftrightarrow I$.

3.4.2 Résistance thermique.

Cas de la propagation unidirectionnelle : $R_{th} = \dfrac{l}{\lambda \cdot S}$.