

3. Thermodynamique

TH03 Diffusion thermique

Vecteur densité de flux thermique $\vec{j}_Q$	Exprimer le flux thermique à travers une surface orientée en utilisant le vecteur $\vec{j}_Q$.
Premier principe de la thermodynamique.	Établir, pour un milieu solide, l'équation locale traduisant le premier principe dans le cas d'un problème ne dépendant qu'une d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques, éventuellement en présence de sources internes. Utiliser l'opérateur divergence et son expression fournie pour exprimer le bilan local dans le cas d'une géométrie quelconque, éventuellement en présence de sources internes.
Loi de Fourier.	Utiliser la loi de Fourier. Citer quelques ordres de grandeur de conductivité thermique dans les conditions usuelles : air, eau, béton, métaux.
Régimes stationnaires. Résistance thermique.	Utiliser la conservation du flux thermique sous forme locale ou globale en l'absence de source interne. Définir la notion de résistance thermique par analogie avec l'électrocinétique. Établir l'expression d'une résistance thermique dans le cas d'un modèle unidimensionnel.

	Utiliser les lois d'associations de résistances thermiques.
Équation de la diffusion thermique.	Établir une équation de diffusion thermique. Utiliser l'opérateur laplacien et son expression fournie pour écrire l'équation de diffusion dans le cas d'une géométrie quelconque. Analyser une équation de diffusion en ordres de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle. Utiliser la loi de Newton fournie comme condition aux limites à une interface solide- fluide.

- Vecteur densité de courant thermique $\vec{j}_Q(M, t)$ est tel

$$\delta Q = \vec{j}_Q \cdot d\vec{S}_M dt$$

- Le flux thermique noté Φ_{th} est la puissance du transfert thermique à travers une surface orientée $\mathcal{S}$

$$\Phi_{th}(t) = \iint_{M \in \mathcal{S}} \vec{j}_Q(M, t) \cdot d\vec{S}_M$$

- Loi de Fourier :

$$\vec{j}_Q = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}} T$$

- Bilan thermique local (savoir l'établir) :

En 1DD :

$$\rho c \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial j_Q(x,t)}{\partial x} = \begin{cases} 0 & \text{en l'absence de sources} \\ p(x,t) & \text{avec un taux production interne } p \end{cases}$$

En symétrie cylindrique :

$$\rho c \frac{\partial T(r,t)}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial r j_Q(r,t)}{\partial r} = \begin{cases} 0 & \text{en l'absence de sources} \\ p(r,t) & \text{avec une source} \end{cases}$$

En symétrie sphérique :

$$\rho c \frac{\partial T(r,t)}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial r^2 j_Q(r,t)}{\partial r} = \begin{cases} 0 & \text{en l'absence de sources} \\ p(r,t) & \text{avec une source} \end{cases}$$

- Équation de la chaleur, avec un terme de production local :
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \Delta T + \frac{p}{\rho c}$$
- Diffusivité thermique
- $L^2 \simeq D\tau$
- Régime stationnaire en l'absence de source : conservation du flux thermique (forme locale et globale).
- Résistance thermique : définition, expressions (à établir) dans les cas 1DD, cylindrique et sphérique.

$$R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{\Phi_{th,1 \rightarrow 2}}$$

TH04 Rayonnement thermique

Approche descriptive du rayonnement du corps noir. Loi de Wien, loi de Stefan. Effet de serre. Albédo.	Exploiter les expressions fournies des lois de Wien et de Stefan. Analyser quantitativement l'effet de serre en s'appuyant sur un bilan énergétique dans le cadre d'un modèle à une couche.
--	--

5. Électromagnétisme

EM1 Sources de champ électromagnétique

Description microscopique et mésoscopique des sources	
Densité volumique de charges. Charge traversant un élément de surface fixe et vecteur densité de courant. Intensité du courant.	Exprimer la densité volumique de charge ρ et le vecteur densité de courant $\vec{j}$ en fonction de la vitesse moyenne des porteurs de charge, de leur charge et de leur densité volumique. Relier l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant $\vec{j}$.
Conservation de la charge	
Équation locale de conservation de la charge.	Établir l'équation traduisant la conservation de la charge dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Citer et utiliser une généralisation (admise) en géométrie quelconque utilisant l'opérateur divergence, son expression étant fournie. Exploiter le caractère conservatif du vecteur densité de courant $\vec{j}$ en régime stationnaire ; relier cette propriété à la loi usuelles des noeuds de l'électrocinétique.

Conduction électrique dans un conducteur ohmique	
Loi d'Ohm locale. Conductivité électrique.	Établir l'expression de la conductivité électrique à l'aide d'un modèle microscopique, l'action de l'agitation thermique et des défauts du réseau étant décrite par une force de frottement fluide linéaire. Discuter de l'influence de la fréquence sur la conductivité électrique. Établir l'expression de la résistance d'une portion de conducteur filiforme.
Effet Hall.	Interpréter qualitativement l'effet Hall dans une géométrie parallélépipédique.

Densité volumique de charge : $\rho(M,t) = \frac{\delta q_M}{\mathrm{d}\tau_M}$

Vecteur densité de courant électrique : $\overrightarrow{j_{elec}} = q n_P \overrightarrow{v_{moy}} = \rho_{cond} \overrightarrow{v_{moy}}$

Intensité du courant électrique à travers $\mathcal{S}$: $I_S(t) = \iint_{M \in \mathcal{S}} \overrightarrow{j_{elec}}(M,t) \cdot \mathrm{d}\vec{S}_M$

Équation locale de conservation de la charge :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\overrightarrow{j_{elec}}) = 0$$

Modèle de Drude : force de frottement type visqueux $\overrightarrow{f} = -\frac{m}{\tau} \overrightarrow{v}$, interprétation de τ , ordre de grandeur.

Introduction d'une conductivité électrique $\gamma = \frac{n_p q^2 \tau}{m_p}$

Loi d'Ohm locale, résistance d'un conducteur ohmique filiforme.

Aspect énergétique, densité volumique de puissance $p_V(M,t) = \overrightarrow{j_{elec}} \cdot \overrightarrow{E}$.

Description qualitative de l'effet Hall. Régime stationnaire dans une configuration

parallélépipédique, tension de Hall :

$$U_H = \frac{1}{n_p e} \frac{1}{h} IB.$$