

P10 - Conduction thermique - L'essentiel

- Le *flux thermique* Φ est la puissance thermique échangée à travers une surface S :

$$\Phi = \frac{\delta Q}{dt}$$

δQ : transfert thermique à travers S pendant la durée élémentaire dt

- Le vecteur densité de flux thermique $\vec{j}_Q$ décrit localement la conduction thermique :

$$\Phi = \iint_{M \in S} \vec{j}_Q(M) \cdot d\vec{S}$$

$\varphi = \|\vec{j}_Q\|$ est un flux thermique surfacique ($W.m^{-2}$)

L'orientation de $\vec{j}_Q$ indique la direction et le sens du déplacement d'énergie

Cas particulier : si S est plane et si $\vec{j}_Q$ est uniforme sur S , alors $\Phi = \vec{j}_Q \cdot \vec{S}$

- La loi de Fourier permet de relier $\vec{j}_Q$ aux variations spatiales de température :

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

λ est la conductivité thermique du milieu étudié ($W.m^{-1}.K^{-1}$)

$\overrightarrow{\text{grad}} T = \frac{\partial T}{\partial x} \vec{e}_x + \frac{\partial T}{\partial y} \vec{e}_y + \frac{\partial T}{\partial z} \vec{e}_z$ en coordonnées cartésiennes (gradient de T)

- Equation locale de la diffusion thermique en régime **quelconque** (dépendant du temps) :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\mu c} \nabla^2 T$$

$\nabla^2 T$ est le *laplacien* de T : $\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$ en coordonnées cartésiennes

$\alpha = \frac{\lambda}{\mu c}$ est la *diffusivité thermique* du matériau, homogène à $\frac{(L_c)^2}{\tau_c}$

c : capacité thermique massique du matériau ($J.K^{-1}.kg^{-1}$)

μ : masse volumique du matériau ($kg.m^{-3}$)

- En régime **stationnaire**, le flux thermique est conservé d'une section à une autre.

La résistance thermique R_{th} est définie par la relation :

$$T_A - T_B = R_{th} \Phi_{A \rightarrow B}$$

T_A et T_B sont les températures de part et d'autre de l'objet

Φ est le flux thermique qui traverse l'objet, orienté du milieu A vers le milieu B

- Pour un bloc de section S et de longueur L , $R_{th} = \frac{L}{\lambda S}$

=> attention : L est la dimension du bloc dans la direction de Φ

- Analogie électrique : $R_{th} \Leftrightarrow R$ $\Phi \Leftrightarrow I$ $T_A - T_B \Leftrightarrow U_{AB}$

- A l'interface entre un solide et un fluide, Φ s'exprime grâce à la loi de Newton :

$$\Phi = hS(T_s - T_f)$$

T_s : température à la surface du solide T_f : température du fluide (près de la surface)

h : coefficient d'échange conducto-convectif (en $W.m^{-2}.K^{-1}$), dépendant du fluide

Résistance thermique équivalente à l'interface solide/fluide : $R_{cc} = \frac{1}{hS}$

