THERMO CHAPITRE 1
DIFFUSION THERMIQUE - LOI DE FOURIER

Nous étudions dans ce chapitre un milieu matériel macroscopiquement au repos : le phénomène de convection thermique n'y existe pas. Nous négligerons aussi tout transfert d'énergie par rayonnement.

1 FLUX THERMIQUE. LOI DE FOURIER

1.1 Introduction

- Lorsqu'un milieu matériel est en équilibre thermique, la température y est la même en tous points : c'est ***la température d'équilibre*** T du milieu.

- En dehors de l'équilibre thermique, la température est un champ scalaire $\mathrm{T}(M,t)$ qui dépend du point M dans le milieu et du temps t. On ne peut plus parler de la température du milieu mais plutôt du ***champ des températures*** dans le milieu.

- La température étant liée à l'énergie moyenne des molécules, l'inhomogénéité de température est due à la différence entre les énergies moyennes des molécules en différents points du milieu. Ceci va induire des transferts d'énergie : les zones "riches" en énergie vont en céder aux zones "pauvres".

1.2 Conduction thermique : définition qualitative

Définition

La ***conduction thermique***, aussi appelée ***diffusion thermique***, est un transfert d'énergie dans un milieu matériel ***sans mouvement macroscopique***, mettant en jeu des chocs de molécules (dans les fluides) ou des transferts de vibrations (dans les solides).
Elle est due à des inhomogénéités du champ de température $\mathrm{T}(M,t)$ entre les différents points du milieu matériel. L'énergie est alors transférée des ***régions chaudes*** vers les **régions froides**.

Lorsqu'on applique le premier principe de la thermodynamique, ce transfert d'énergie intervient comme étant une ***chaleur échangée*** (transfert thermique).

1.3 Vecteur densité de courant thermique

Dans la diffusion thermique, on suppose que la chaleur peut "s'écouler", tout comme un fluide, au sein d'un milieu dans lequel la température n'est pas uniforme. On admet qu'on peut modéliser cela par un champ vectoriel $\overrightarrow{j_Q}(M,t)$ appelé **vecteur densité de courant thermique** :

- dont la direction et le sens en un point M et à l'instant t sont ceux de l'écoulement de chaleur en ce point,
- et tel que :

2 Bilan d'énergie

.

3 Conducto-convection

3.1 Interface solide-fluide

Les transferts thermiques entre un corps solide et un fluide sont plus complexes que la simple conduction car deux phénomènes sont en jeu simultanément :

- la conduction thermique.
- Une micro-convection du fluide (mouvements microscopiques) au voisinage de la paroi sur une faible épaisseur e de l'ordre de quelques μm.

Ce mode de transfert thermique est décrit par la ***loi de Newton***.

Propriété (Loi de Newton)

La chaleur qui traverse un élément de surface dS d'une interface solide-fluide, entre les instants t et $t + dt$ est donnée par :

$$\delta^2 Q = h\ (\mathrm{T}_s - \mathrm{T}_f)\ dS\ dt$$

où T_s est la température du solide et T_f celle du fluide au voisinage de l'interface et où $h > 0$ est le ***coefficient de conducto - convection***. Cette chaleur est toujours transférée de la zone chaude vers la zone froide.

.

Unité :

3.2 Exemple : ailette de refroidissement

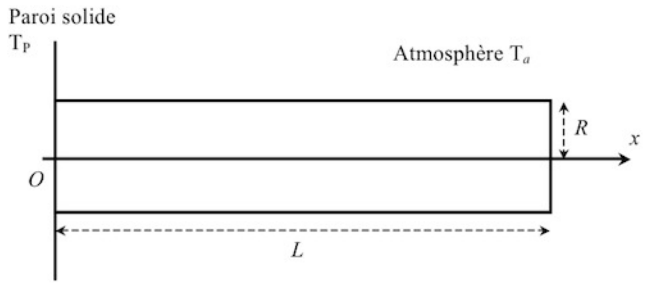
Une ailette de refroidissement est chargée d'évacuer la chaleur d'un appareil électrique de façon plus efficace.

Exercice : ailette de refroidissement cylindrique.

On étudie une tige cylindrique d'axe Ox, de longueur L et de rayon $R = 2{,}0$ mm, de masse volumique ρ, capacité thermique massique c et de conductivité thermique $\lambda = 320$ W.m^{-2}.K^{-1} (figure page suivante).

On suppose que le rayon de la tige est suffisamment faible pour que la température T ne dépende que de x et de t : $\mathrm{T}(x,t)$ (modèle unidimensionnel). En $x = 0$ la tige est collée à une paroi solide de température constante T_P tandis que sur toutes les autres surfaces, elle est au contact de l'atmosphère de température T_a constante.

On modélise les échanges de chaleur entre la tige et l'atmosphère, de type conducto - convectif, par la loi de Newton, avec un coefficient $h = 150$ W.m^{-1}.K^{-1}.



1) Établir l'équation aux dérivées partielles vérifiée par la température.
2) En donner la solution générale en régime stationnaire. Montrer qu'on peut introduire une longueur caractéristique l de ce phénomène, à exprimer en fonction de h, λ et R.
3) On suppose que l'ailette est infinie. En déduire $\mathrm{T}(x)$ et calculer le rendement ρ, défini par :

$$\rho = \frac{\text{chaleur évacuée avec l'ailette}}{\text{chaleur évacuée sans ailette}}$$