

Chapitre 3 :

Conduction de la chaleur

La conduction de la chaleur est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par vibrations des atomes ou molécules et une transmission par électrons libres.

3.1. Loi de Fourier

Les principes fondamentaux de la thermodynamique nous font savoir que :

- L'énergie est conservée
- La chaleur transmise passe toujours du corps chaud vers le corps froid.

Si on considère la plaque (D)

Il est vérifié expérimentalement que :

$$Q = \lambda \frac{s}{d} (T_1 - T_2) \quad 3.1$$

Avec :

Q : la quantité de chaleur transférée travers (D).

λ : le facteur de proportionnalité appelé conductivité thermique qui est une caractéristique du matériau.

Pour un élément infinitésimal ds, la relation (3.1) s'écrit

$$dQ = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} ds \quad 3.2$$

L'équation (3.1) est attribuée au mathématicien Français Jean Baptiste Fourier qui en 1822 énonça sa loi qui peut se traduire comme suit : « en tout point de'un milieu isotrope, la densité du flux thermique est proportionnelle à la conductivité thermique λ du milieu et au gradient de température. Ceci nous conduit à la forme vectorielle de la loi de Fourier qui

exprime la densité de flux thermique comme la quantité de chaleur transmise par unité de surface soit :

$$\vec{\varphi} = -\lambda \overrightarrow{gradT} \quad 3.3$$

N.B : Par convention $\vec{\varphi}$ est compté positivement dans le sens d'écoulement de la chaleur c'est-à-dire les températures décroissantes. \overrightarrow{gradT} est un vecteur porté par le même axe mais de sens contraire à $\vec{\varphi}$, d'où le signe négatif (-) de la loi de Fourier.

Ou $\frac{\partial T}{\partial n}$ est le gradient de Température dans la direction normale à la surface.

3.2. Conductivité thermique

Le comportement des corps face à la propagation de la chaleur par conduction est caractérisé par la conductivité thermique λ . Elle représente une grandeur thermo-physique importante caractéristique pour chaque substance, qui joue un rôle extrêmement important pour le transfert thermique conductif. Cette grandeur dépend d'une multitude de facteurs parmi lesquels on cite : La nature des matériaux, la température, la pression, l'humidité ...etc Compte tenu de la loi de Fourier, on peut définir la conductivité thermique par la relation qui permet de saisir sa signification physique.

$$\lambda = \frac{|\varphi|}{gradT} \quad 3.4$$

Elle représente donc du point de vue numérique l'énergie thermique transférée par unité de surface, dans une unité de temps sous un gradient de température unitaire.

la conductivité thermique de divers matériaux est en général déterminée par voie expérimentale.

La plupart des méthodes de mesure sont basées sur la mesure du flux surfacique et du gradient de température qui permet, grâce à la relation 3.4 de calculer la valeur de λ .

3.2.1. Conductivité thermique de quelques solides à T=20°C

Matériaux	λ [W/m K]
Argent	418
Cuivre	389
Aluminium	200

Acier (0.1C)	46
Acier inox	16
Béton	0.92
Granit	2.5
Verre	1.2
Bois	0.23
Polystyrène	0.025
Amiante	0.16
Laine de verre	0.04

3.2.2. Conductivité thermique de quelques liquides à T=20°C

Liquides	λ [W/m K]
eau	0.58
Huiles-pétrole	0.14
Benzène	0.18

3.2.3. Conductivité thermique de quelques gaz à T=20°C

Gaz	λ [W/m K]
Air	0.025
Azote	0.022
Vapeur d'eau	0.016

Les gaz sont de très mauvais conducteurs de chaleur, ce qui explique leur rôle dans conductivité apparente des isolants.

La conductivité thermique des mélanges gazeux obéit à des lois complexes, en toute première approximation, on peut utiliser la formule :

$$\frac{1}{\lambda} = \sum \frac{x_i}{\lambda_i} \quad 3.5$$

Où :

x_i : La proportion en volume du constituant i

λ_i : La conductivité thermique du constituant i dans le mélange.