Les transferts thermiques

Définition, modes et lois, exemples d'application

Auteur : La Mécanique Numérique

Table des matières

1 Définition **2**

2 Les modes de transfert thermique **3**
2.1 Conduction 3
2.2 Convection 3
2.3 Rayonnement 4

3 Conclusion **6**

1 Définition

Le transfert thermique désigne les mécanismes par lesquels l'énergie thermique se déplace entre différentes régions d'un système donné. Ce transfert se fait en raison d'un gradient de température entre diverses zones du système et s'effectue des hautes températures vers les basses.

La compréhension des transferts thermiques est essentielle dans de nombreux domaines tels que la conception d'équipements industriels, la climatisation, ou encore la production d'énergie.

2 Les modes de transfert thermique

Il existe trois modes principaux de transfert thermique : la conduction, la convection et le rayonnement.

2.1 Conduction

La conduction est le mode de transfert thermique au sein d'un matériau ou entre matériaux en contact direct sans déplacement macroscopique de matière. En effet, en présence d'un gradient de témpérature, les molécules s'organisent de manière à retrouver l'état d'équilibre thermique en uniformisant la température.
On donne ici l'exemple d'une barre métalique chauffée à une extrémité ; au bout de quelques instants l'autre extrémité de la barre se retrouve aussi chauffée.
La **loi de Fourier** permet de calculer le flux chaleur en conduction :

$$q = \phi S = -k\nabla T S$$

où :
- q : flux de chaleur (W),
- ϕ : densité surfacique de flux de chaleur (W/m^2),
- S : surface de passage du flux (m^2),
- k : conductivité thermique (W/m.K),
- ∇T : gradient de température (K/m).

Conduction thermique dans une paroi plane

Considérons une paroi plane de surface A, d'épaisseur $e = 0,1\,\mathrm{m}$, avec une conductivité thermique $k = 50\,\mathrm{W/m{\cdot}K}$. La température de la face gauche est $T_1 = 100\,^\circ\mathrm{C}$, et celle de la face droite est $T_2 = 50\,^\circ\mathrm{C}$.

Problème : Calculer le flux de chaleur q traversant la paroi.

Solution : La loi de Fourier s'écrit pour un régime permanent unidimensionnel :

$$q = -kA\frac{\Delta T}{e}.$$

Substituons les valeurs :

$$q = -50 \cdot A \cdot \frac{(50 - 100)}{0,1} = 25000 \cdot A\,\mathrm{W}.$$

2.2 Convection

La convection est le transfert de chaleur par mouvement du fluide. Elle au sein du fluide ou entre le fluide et une une paroi solide. peut être naturelle (due à des différences de densité) ou forcée (due à un écoulement imposé). La convection est l'association de diffusion (mouvment à l'échelle microscopique) et d'une advection (déplacement macroscopique).
Le flux diffusé est donné par la loi de Fourier :

$$q_{dif} = -k\nabla T S$$

et le flux advecté par :

$$q_{adv} = \rho c_p T S$$

Le flux total vaut :

$$q_{conv} = (-k\nabla T + \rho c_p T)S$$

où :
- ρ :la masse volumique du fluide ;
- c_p : désigne la capacité thermique massique du fluide

Loi de Newton donne directment le flux de chaleur à travers une surface d'aire, elle ne donc appicable qu'en présence d'une surface portante :

$$q = h \cdot (T_s - T_\infty)S$$

où :
- q : flux de chaleur (W),
- h : coefficient d'échange convectif (W/m^2.K),
- T_s : température de la surface (K),
- T_∞ : température du fluide loin de la surface (K).

Convection autour d'un cylindre

Un cylindre de diamètre $D = 0,1\,\text{m}$ est exposé à un écoulement d'air à $T_\infty = 25\,°\text{C}$. La température de la surface du cylindre est $T_s = 75\,°\text{C}$. Le coefficient d'échange convectif est $h = 20\,\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Problème : Calculer la puissance thermique dissipée par le cylindre.

Solution : La loi de Newton pour la convection est donnée par :

$$q = hA(T_s - T_\infty).$$

La surface du cylindre par unité de longueur est :

$$A = \pi D.$$

Substituons les valeurs :

$$q = 20 \cdot (\pi \cdot 0,1) \cdot (75 - 25) = 314,16\,\text{W/m}.$$

Ainsi, la puissance dissipée par mètre de longueur est $314,16\,\text{W}$.

2.3 Rayonnement

Le rayonnement est l'émission de chaleur sous forme rayonnement électromagnétique.

Loi de Stefan-Boltzmann :

$$q = \varepsilon \sigma T^4 S$$

où :
- q : flux de chaleur (W/m^2),
- ε : émissivité de la surface rayonnante (sans unité),
- σ : constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ W/m^2.K^4),
- T : température absolue (K).

Rayonnement thermique d'une surface plane

Une plaque plane noire ($\varepsilon = 1$) de surface $A = 1\,\mathrm{m}^2$ est chauffée à une température de $T_s = 500\,\mathrm{K}$. La température de l'environnement est $T_\infty = 300\,\mathrm{K}$.

Problème : Calculer le flux thermique radiatif q émis par la plaque.

Solution : La loi de Stefan-Boltzmann pour un rayonnement net s'écrit :

$$q = \sigma \varepsilon A (T_s^4 - T_\infty^4).$$

Substituons les valeurs ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/m^2 \cdot K^4}$) :

$$q = 5,67 \times 10^{-8} \cdot 1 \cdot \left(500^4 - 300^4\right).$$

Calculons les termes :

$$500^4 = 6,25 \times 10^7, \quad 300^4 = 8,1 \times 10^6.$$

$$q = 5,67 \times 10^{-8} \cdot (6,25 \times 10^7 - 8,1 \times 10^6) = 295,26\,\mathrm{W}.$$

Ainsi, la puissance radiative nette est $295,26\,\mathrm{W}$.

3 Conclusion

Les transferts thermiques sont au cœur de nombreux phénomènes physiques et d'applications industrielles. Les modes de transfert souvent combinés dans des systèmes réels. Leur compréhension et leur modélisation permettent d'optimiser l'efficacité énergétique et de concevoir des solutions innovantes dans divers domaines technologiques.

— **Conduction** : Isolation thermique dans les bâtiments pour réduire les pertes énergétiques.
— **Convection** : Réfrigération et chauffage dans les systèmes de climatisation.
— **Rayonnement** : Conception de fours industriels ou gestion thermique des satellites.

.