

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderahmane Mira-Bejaia  
Faculté de Technologie  
Département de Génie des Procédés



# Cours de Transfert de Chaleur

---

## Chapitre 1

### Généralités sur les transferts de chaleur

---

Proposé par :

Mr Abdelhafid Dib

**Année Universitaire 2016-2017**

# Table des matières

1.1. Introduction . . . . .	3
1.2. Notions fondamentales . . . . .	3
1.2.1. Champ de température . . . . .	3
1.2.2. Surfaces isothermes . . . . .	3
1.2.3. Gradient de température . . . . .	3
1.2.4. Flux et densité de flux thermique . . . . .	3
1.3. Modes et lois fondamentales de transfert de chaleur . . . . .	3
1.3.1. Conduction . . . . .	3
1.3.2. Convection . . . . .	4
1.3.3. Rayonnement . . . . .	4

### 1.1. Introduction

Le Transfert d'énergie a lieu chaque fois qu'un gradient de température existe à l'intérieur d'un système, ou lorsque deux systèmes à températures différentes sont mis en contact. Le processus par lequel la transmission de l'énergie s'effectue est désigné par le terme *transfert de chaleur*.

L'objectif de ce cours est d'étudier les différents modes de transfert de chaleur et de calculer éventuellement les valeurs du flux thermique qui en résulte.

### 1.2. Notions fondamentales

#### 1.2.1. Champ de température

Les transferts de chaleur sont déterminées à partir de l'évolution de la température représentées par une fonction de coordonnées spatiales (x, y, z) et de temps (t) :

$$T = f(x, y, z, t) \quad (1)$$

Les valeurs de la fonction T forment le champ de température ou répartition (distribution) de température. La température absolue est mesurée en Kelvin [K].

- si  $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$ , on dit que le régime est permanent ou stationnaire
  - si  $\frac{\partial T}{\partial t} \neq 0$ , on dit que le régime est instationnaire, variable ou transitoire
- selon le nombre de coordonnées spatiales qui apparaissent, le champ de température peut uni-, bi- ou tridimensionnel

#### 1.2.2. Surfaces isothermes

Une surface isotherme est un ensemble de points de l'espace ayant la même température à chaque instant. Deux surfaces isothermes ne peuvent se couper car on aurait deux températures différentes en même point.

#### 1.2.3. Gradient de température

Le gradient de température représente la variation de la température suivant la direction normale à la surface isotherme

$$\vec{\text{grad}} T = \frac{\partial T}{\partial n} \vec{n} \quad (2)$$

- $\vec{n}$  : Vecteur unitaire normal à la surface isotherme
- $n$  : sens de l'écoulement de la chaleur
- $\frac{\partial T}{\partial n}$  : dérivée de la température le long de la normale

#### 1.2.4. Flux et densité de flux thermique

On appelle flux (puissance) thermique  $\phi$  la quantité de chaleur Q transmise par unité de temps t

$$\phi = \frac{Q}{t} \quad / \quad W \quad (3)$$

On appelle densité de flux thermique (flux surfacique) q la quantité de chaleur Q transmise par unité de temps t et de surface isotherme S.

$$q = \frac{Q}{S.t} = \frac{\phi}{S} \quad / \quad W.m^{-2} \quad (4)$$

### 1.3. Modes et lois fondamentales de transfert de chaleur

#### 1.3.1. Conduction

Phénomène au moyen duquel la chaleur s'écoule dans un milieu (solide, liquide ou gaz) d'une région à haute température vers une autre à basse température, ou entre différents milieux mis en contact (contigus) sans qu'il y ait

mouvement de ce milieu (milieu macroscopiquement au repos). Elle résulte de la vibration des réseaux cristallins dans les solides (atomes et molécules) et de l'agitation moléculaire pour les liquides et les gaz

La théorie de la conduction repose sur la loi de Fourier : la densité de flux est proportionnel au gradient de température

$$\vec{q}_n = -\lambda \vec{\text{grad}} T = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \vec{n} \quad (5)$$

sous forme algébrique

$$q_n = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \quad (6)$$

- $T$  : température / °K
- $n$  : sens de l'écoulement de la chaleur
- $\lambda$  : conductivité thermique /  $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;
- $\vec{q}$  : vecteur densité de flux thermique ( $q = \|\vec{q}\|$ ) /  $\text{W.m}^{-2}$

### 1.3.2. Convection

Phénomène d'échange de chaleur entre une surface solide et un fluide en mouvement ayant des températures différentes. Les mouvements de ce fluide ont pour effet de renouveler perpétuellement les particules au contact de la surface et par conséquent d'en accélérer les échanges de chaleur. On parlera de convection forcée quand le mouvement du fluide s'effectue grâce à des forces externes (pompe, ventilateur, agitateur) et de convection naturelle quand le mouvement s'effectue sous l'influence de différences de densités dues à des différences de températures au sein du fluide.

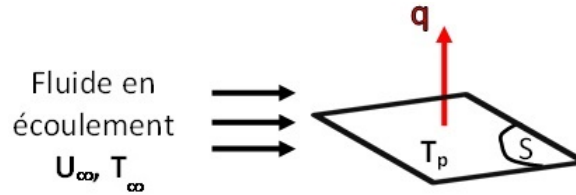


Fig. 1 – convection sur une plaque plane

Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton

$$\Phi = \bar{h}S(T_p - T_\infty) \quad (7)$$

- $\phi$  : flux thermique échangé par convection : / W ;
- $\bar{h}$  : coefficient moyen de transfert de chaleur par convection /  $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
- $T_p$  : température de la paroi / °K
- $T_\infty$  : température du fluide / °K
- $S$  : surface d'échange plaque-fluide /  $\text{m}^2$

### 1.3.3. Rayonnement

C'est le mécanisme par lequel la chaleur se transmet par rayonnement électromagnétique d'un corps à haute température vers un autre à basse température. La puissance émise est chiffrée par la loi de S. Boltzman.

$$\phi = \epsilon_p \sigma S(T_p^4 - T_\infty^4) \quad (8)$$

- $\sigma$  : constante de Stefan-Boltzman /  $\sigma = 5.67.10^{-8} \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$
- $T_p$  : température absolue de la surface (paroi) émettrice / °K
- $T_\infty$  : température absolue du fluide / °K

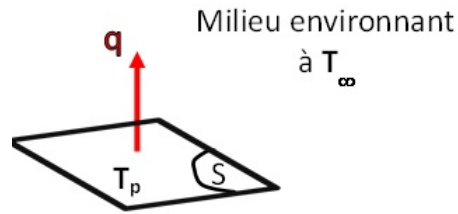


Fig. 2 – rayonnement sur une plaque plane

—  $S$  : surface de la paroi /  $\text{m}^2$

—  $\epsilon_p$  : facteur d'émission (émissivité) de la paroi ( $0 < \epsilon_p < 1$ )

En écrivant la densité de flux thermique échangé par rayonnement d'une manière analogue à celle de la convection, on peut définir un coefficient de transfert de chaleur par rayonnement  $\bar{h}_r$  :

$$\phi = \bar{h}_r S (T_p - T_\infty) ; \quad \bar{h}_r = \epsilon_p \sigma (T_p + T_\infty)(T_p^2 + T_\infty^2) / \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \quad (9)$$