

La convection

Convection : la convection thermique est le mode de propagation de chaleur qui est propre aux fluides (liquide ou gaz) en mouvement en contact avec une paroi.

Au contact d'un élément chaud, le fluide (de l'air par exemple) se met en mouvement et se déplace vers l'élément froid au contact duquel il perd sa chaleur. Ainsi se crée un mouvement vertical du fluide qui accélère les échanges thermiques par convection entre les deux éléments.

La densité du flux de chaleur ϕ (phi) transmis par convection est donnée par la formule suivante :

$$\phi_{\text{conv}} = \alpha \Delta T \quad \text{où :}$$

ϕ_{conv} : la densité du flux de chaleur transmis par convection (**kCal/m².h**) ;

ΔT : écart de température entre les deux corps (**°C** ou **°K**) ;

α : coefficient d'échange thermique superficiel par convection ou coefficient de convection du matériau (**kCal/m².h.°K**)

Remarque :

La quantité de chaleur s'échangeant entre une paroi simple et un fluide en mouvement par convection diminue lorsque :

- Le coefficient d'échange thermique superficiel par convection ou coefficient de convection du matériau α décroît,
- L'écart de température entre la paroi et le fluide diminue.

Le coefficient d'échange thermique superficiel par convection ou coefficient de convection du matériau α :

Ce coefficient de convection α est fonction de :

- La vitesse de l'air :

On considère une surface d'un radiateur de chauffage en hiver servant à chauffer l'air ambiant dans une salle.

A pression égale, l'air en contact avec cette surface chaude reçoit de la chaleur, se dilate et devient moins dense (donc plus léger). Dans ce cas, naturellement se déclenche un mouvement ascendant des particules chaudes de l'air. Ces dernières, en rencontrant des particules froides vont leur transmettre de la chaleur, se refroidissent, se contractent et deviennent plus denses (donc plus lourdes). Dans ce cas le mouvement de ces particules froides change naturellement pour devenir un mouvement descendant.

Remarque : les particules chaudes de l'air sont remplacées par les particules froides qui vont chauffer à leur tour et ainsi de suite.

Un brassage des particules de l'air est déclenché permettant de chauffer, par convection, l'air ambiant dans la salle. Evidemment, plus le mouvement des particules est rapide (la vitesse devient plus grande) plus l'échange de chaleur est grand.

- a) La convection est dite naturelle si le mouvement se fait uniquement par différence de densité du fluide en mouvement.
- b) La convection est dite forcée si en plus le mouvement des particules est accéléré par un effet mécanique par exemple par l'utilisation d'un ventilateur, d'un courant d'air,....

A titre d'exemple, on donne quelques valeurs du coefficient de convection α du matériau en fonction de la vitesse de l'air dans le cas d'une paroi verticale (on peut tracer une courbe représentative de α en fonction de la vitesse de l'air):

Vitesse de l'air (m/s)	0,01	1,6	3	4	6
α (kCal/m ² .h.°C)	4	8	12	13,8	16

- L'orientation des surfaces et du sens du flux de chaleur

1) Surfaces horizontales avec élément chaud en haut :

Par exemple, le sol sur cave et le plafond chauffant dans une chambre.

L'air chauffé par le plafond a tendance à monter et donc sera bloqué sur ce dernier alors que l'air froid ayant tendance à descendre reste bloqué sur le sol. L'échange de chaleur par convection dans ce cas est faible.

2) Surfaces horizontales avec élément chaud en bas :

Par exemple, le sol chauffant dans une chambre avec plafond sous toiture non isolée en hiver.

L'air chauffé par le sol (léger) s'élève pour être remplacé par l'air froid (lourd) qui sera chauffé à son tour... Le même phénomène va donc se répéter et l'échange de chaleur par convection est important dans ce cas.

3) Surfaces verticales

Par exemple, une cloison intérieure d'une chambre et une paroi en contact avec l'extérieur en hiver.

Dans ce cas, l'échange par convection est intermédiaire entre les deux cas précédents.

Conclusion :

En air calme (la vitesse de l'air $V < 0,20$ m/s) ce qui est le cas dans un local normalement fermé, on prend les valeurs suivantes pour le coefficient d'échange thermique superficiel par convection ou coefficient de convection du matériau α :

- Surfaces horizontales avec élément chaud en haut : $\alpha = 1 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$
- Surfaces verticales : $\alpha = 4 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$
- Surfaces horizontales avec élément chaud en bas : $\alpha = 6 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$

Exercices d'application.

Exercice n°1 :

Dans une salle de cours correctement fermée du département, l'air est calme ($V_{\text{air}} = 0,01$ m/s) et se trouve à la température $T_{\text{air}} = 15^\circ\text{C}$ en hiver. Pour chauffer cette salle, les surfaces extérieures des radiateurs sont à la température $T_R = 50^\circ\text{C}$.

1) Calculer la densité du flux de chaleur transmis par convection dans ce cas.

En créant ensuite un courant d'air dans la salle, la vitesse de l'air augmente ($V_{\text{air}} = 6$ m/s).

- 2) Quel est le type de convection dans ce cas ?
- 3) Est-ce que la densité du flux de chaleur transmis par convection va changer dans ce cas ? Pourquoi ?
- 4) Vérifier votre réponse en calculant la densité du flux de chaleur transmis par convection dans ce cas.

On donne : $\alpha_1 = 4 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$; $\alpha_2 = 16 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$.

Exercice n°2 :

Pour chauffer l'air d'une salle de bain d'une maison par convection, il est préférable de choisir un sol chauffant qu'un plafond chauffant.

- 1) Expliquer les raisons de ce choix.
- 2) Calculer la densité du flux de chaleur transmis par convection dans ce cas.
- 3) Calculer la densité du flux de chaleur transmis par convection si on choisit un plafond chauffant.
- 4) On donne : $\alpha_1 = 6 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$; $\alpha_2 = 1 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$.
 $T_{\text{air}} = 15\text{°C}$; $T_{\text{sol}} = T_{\text{plafond}} = 15\text{°C}$.