

TRANSMISSION DE CHALEUR AU TRAVERS D'UNE PAROI

1. GENERALITES :

1.1. Théorie de l'échange de chaleur :

Entre deux corps dont la température est différente se produit inévitablement un **flux calorifique**, la chaleur *se déplaçant du corps chaud vers le corps froid* jusqu'à l'équilibre de température. Aucun moyen ne permet d'empêcher l'échange de chaleur. Seule son intensité peut être modifiée.

1.2. Les trois modes de propagation de la chaleur :

L'échange de chaleur s'effectue de trois manières différentes :

- **RAYONNEMENT** : Tous les corps solides et liquides émettent, par leur surface, de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. La transmission de chaleur par rayonnement se produit, même aux basses températures. Ce transfert ne nécessite aucun support matériel et se produit même dans le vide.
Exemple : Le soleil chauffe la terre par rayonnement .
- **CONVECTION** : Ce mode d'échange thermique est propre aux fluides (gaz ou liquides). Les molécules directement au contact d'une surface solide absorbent ou cèdent de la chaleur suivant les températures respectives de la surface et des fluides.
Les différences de température provoquent des différences de masse volumique : les molécules les plus chaudes étant plus légères ont tendance à monter .
Exemple : Un convecteur chauffe les molécules d'air qui montent et sont remplacées par des molécules froides .
- **CONDUCTION** : La température d'un corps est directement liée à l'agitation thermique : quand T augmente, la vitesse d'agitation des particules élémentaires de la matière est plus grande. La propagation de proche en proche de l'agitation thermique représente le phénomène de conduction de la chaleur.
Exemple : Une barre de fer chauffée à une extrémité dans une flamme se réchauffe peu à peu sur toute sa longueur
C'est aussi le principe des échanges de chaleur au travers d'une paroi.

2. TRANSMISSION DE CHALEUR :

2.1. Flux de chaleur :

Le flux de chaleur , symbole Φ : c'est la quantité de chaleur échangée par unité de temps . Il exprime donc une énergie par unité de temps, c'est-à-dire une puissance et se mesure donc en Watt [W]

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

Exemple : Dire qu'une paroi est traversée par un flux thermique de 1500 W veut dire que la paroi laisse passer 1500 Joules à chaque seconde.

2.2. Densité de flux ou flux thermique par unité de surface :

Il est pratique de rapporter le flux à l'unité de surface : on définit ainsi la densité de flux notée ϕ . Unité SI : ϕ en $W.m^{-2}$

$$\phi = \frac{\Phi}{S}$$

2.3. Conductivité thermique d'un matériau :

C'est une grandeur, notée λ , qui caractérise la manière dont le matériau laisse passer la chaleur.

Unité SI : λ en $W.m^{-1}.K^{-1}$

Exemple : verre : $\lambda = 1,15 W.m^{-1}.K^{-1}$: cela veut dire que pour un morceau de verre d'épaisseur 1 m , il passe 1,15 Joule chaque seconde, si l'écart de température entre les deux faces vaut 1 °C ou 1 K .

REMARQUES :

- λ varie avec la température du corps : si T augmente, alors λ augmente .
- λ n'est jamais nul : le meilleur isolant ne peut pas arrêter la déperdition de chaleur, il peut uniquement **ralentir** l'échange de chaleur.
- λ augmente avec l'humidité du matériau : un matériau est moins bon isolant quand il est humide que s'il est sec.

3. DEPERDITIONS DE CHALEUR AU TRAVERS D'UNE PAROI :

3.1 Résistance thermique :

- résistance thermique d'une paroi simple :

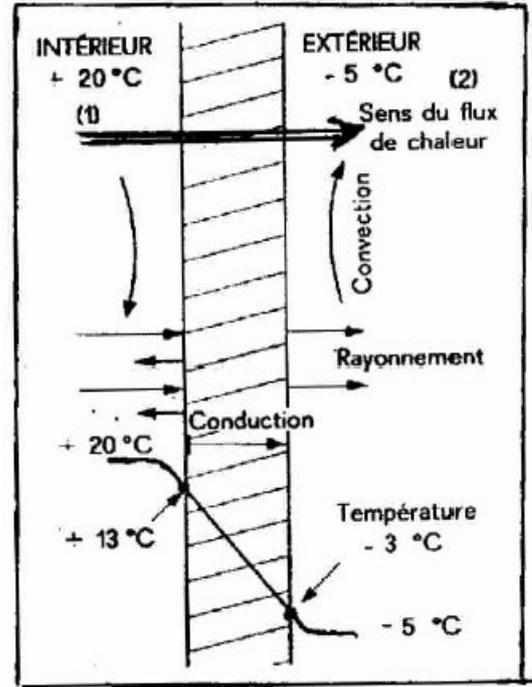
$$r = \frac{e}{\lambda}$$

- résistance thermique de surfaces : sur la face intérieure et extérieure d'une paroi se produisent des échanges superficiels liés à des phénomènes de rayonnement et de convection : la température de surface de la paroi n'est pas la même que la température du milieu ambiant (intérieur ou extérieur) . Donc, dans l'échange de chaleur au travers d'une paroi, tout se passe comme s'il existait une résistance thermique supplémentaire :

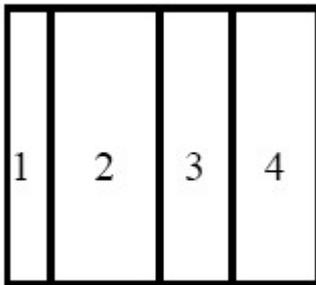
soit r_i : résistance intérieure $r_i = \frac{1}{h_i}$

soit r_e : résistance extérieure $r_e = \frac{1}{h_e}$

h_e et h_i sont les coefficients d'échanges superficiels



- résistance thermique d'une paroi composée :



$$r = \sum \frac{e}{\lambda}$$

3.2. Densité de flux : φ

- Pour une paroi donnée, et un écart de température donné :

$$\varphi = \frac{\theta_i - \theta_e}{R_{tot}}$$

- La résistance totale vaut :

$$R_{tot} = r_i + \sum \frac{e}{\lambda} + r_e$$

- La densité de flux φ au travers des différents éléments de cette paroi est *constante*
- On peut ainsi calculer la température à la jonction entre deux matériaux consécutifs : et tracer un diagramme des températures $\theta = f(x)$: ce sont des segments de droite dans les matériaux, mais des parties courbes au niveau des résistances superficielles.

3.3. Coefficient de transmission thermique K :

Il exprime la quantité de chaleur qui traverse chaque seconde, une paroi de surface 1 m^2 , lorsque l'écart de température vaut 1°C .

Unité SI : K en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

$$K = \frac{1}{R}$$