

## Le rayonnement

Rayonnement : le rayonnement thermique est la transmission d'énergie thermique de surface à surface par ondes électromagnétiques sans contact direct. Ce type de transfert thermique ne nécessite pas de support matériel, il peut se produire même dans le vide.

Tout corps solide à une température supérieure au zéro absolu émet de tels rayons qui se propagent dans l'espace. Cette émission se fait au dépend de son énergie interne et donc tend à abaisser sa température.

La densité du flux de chaleur rayonné par un corps solide à une température T est donnée par la loi de Stéphan-Boltzmann :

$$\varphi_{\text{ray}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \text{ où :}$$

$\varphi_{\text{ray}}$  : la densité du flux de chaleur rayonné par le corps solide ( $\text{W/m}^2$ );

T : température du corps solide ( $^{\circ}\text{K}$ );

$\varepsilon$  : coefficient d'émission de chaleur par rayonnement (égal au coefficient d'absorption « a » du corps solide)

$\sigma$  : constante de Stéphan-Boltzmann ( $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}^{-4}$ )

Réciproquement, la surface de tout solide reçoit le rayonnement émit par les surfaces qui l'entourent. Cette surface en absorbe une fraction « a » et la transforme en chaleur. Dans ce cas, « a » est appelé pouvoir absorbant ou coefficient d'absorption du corps solide. Le reste de l'énergie thermique reçue et non absorbée par la surface du corps solide sera réfléchi.

On appelle corps noir tout corps solide qui absorbe tout le rayonnement qu'il reçoit, donc son pouvoir absorbant  $a = 1$  (c'est-à-dire, 100 % de l'énergie reçue est absorbée).

On appelle corps gris tout corps solide dont le pouvoir absorbant  $a < 1$ . Ce corps est indépendant de la longueur d'onde d'émission et des directions des radiations.

Aux températures courantes, les radiations émises par les matériaux de construction (y compris le verre) se comportent comme des corps gris.

Pour la plupart des matériaux de construction, le pouvoir absorbant « a » est de l'ordre de 0,9.

### Transfert de chaleur par rayonnement

Lorsque deux surfaces se voient entre elles et sont à des températures différentes, un échange de chaleur s'effectue entre elles. Ce dernier a lieu du corps le plus chaud vers le plus froid.

La densité du flux de chaleur transmis par rayonnement entre deux surfaces est donnée par la formule suivante :

$$\varphi_{\text{ray}} = r \cdot f \cdot \Delta T \text{ où :}$$

$\varphi_{\text{ray}}$  : la densité du flux de chaleur échangé par rayonnement entre deux surfaces ( $\text{W/m}^2$ );

r : coefficient d'échange de chaleur superficiel par rayonnement ou coefficient de rayonnement ;

f : facteur de forme ou rapport angulaire.

$\Delta T$  : écart de température entre les deux surfaces ( $^{\circ}\text{K}$ );

- a) Le coefficient d'échange de chaleur superficiel par rayonnement ou coefficient de rayonnement  $r$  est fonction du pouvoir absorbant  $a$  des deux surfaces concernées par l'échange thermique.

On démontre que :

$$r = \frac{4,9}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1}$$

Pour les matériaux de construction,  $a_1 = a_2 = 0,9$  ; ce coefficient de rayonnement  $r$  vaut en général :  $r = 4 \text{ kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$

Remarque :

Pour les métaux, le pouvoir absorbant  $a$  est moindre d'autant plus que le métal est poli. Ainsi, pour l'aluminium par exemple, le pouvoir absorbant  $a$  varie de 0,05 à 0,25 ( $a = 0,05$  correspond à l'aluminium parfaitement poli).

- b) Le facteur de forme  $f$ : est un nombre sans dimension qui représente la portion de l'énergie thermique rayonnée par une surface et arrivant sur l'autre surface concernée par le transfert thermique.

Si une surface  $S_2$  entoure entièrement une surface  $S_1$  donc toute l'énergie rayonnée par  $S_1$  arrive sur  $S_2$ . Dans ce cas, le facteur de forme vaut 1 ( $f = 1$ , ce qui représente les 100%).

Dans le cas contraire, il est inférieur à 1 ( $f < 1$ ).

Des abaques donnant le coefficient de forme  $f$  ont été établis pour les cas simples.

Par exemple, les abaques suivants donnent le facteur de forme  $f$  pour :

- deux surfaces rectangulaires de même dimension ( $a \times b$ ) parallèles entre elles à une distance  $h$  l'une de l'autre (on calcule  $\frac{a}{h}$  et  $\frac{b}{h}$  et on déduit  $f$ ).

Remarque : lorsque  $h$  est faible, c'est-à-dire lorsque les deux surfaces parallèles sont proches l'une de l'autre, le facteur de forme  $f$  devient plus grand.

- deux surfaces rectangulaires de dimensions ( $a \times b$ ) et ( $a \times c$ ) et perpendiculaires entre elles (on calcule  $\frac{a}{c}$  et  $\frac{b}{c}$  et on déduit  $f$ ).

Exercices d'application.

Exercice n°1 :

Déterminer la densité puis le flux de chaleur rayonné par une surface de (3m x 4m) et de température  $T = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$  :

- ✓ si le corps est un corps noir ( $\varepsilon = a = 1$ ).
- ✓ Si le corps est un mur en béton ( $\varepsilon = a = 0,92$ ).

On donne :  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}$ .

Exercice n°2 :

1) Déterminer le coefficient de forme dans le cas où le mur précédent échange de la chaleur avec un autre mur de mêmes caractéristiques (mêmes dimensions, même coefficient d'émission), dans les deux cas suivants :

- a) Les deux murs sont face à face, parallèles entre eux et espacés de 3m.

b) Les deux murs sont en contact par leur grande dimension et perpendiculaires entre eux.

2) Déterminer l'échange de chaleur dans le premier cas précédent si la différence de température entre les deux murs est de 5 °C.



