

## La thermique du bâtiment

### Quelques notions sur la thermique du bâtiment

Il est utile de rappeler que le rôle premier d'un bâtiment est d'assurer à ses occupants un climat intérieur agréable et peu dépendant des conditions extérieures, notamment météorologiques. La qualité architecturale participe, à notre avis, aux conditions de confort ou réciproquement, le confort offert par un bâtiment est l'un des aspects de son architecture».

### Introduction :

Les différents éléments météorologiques (soleil, pluie, vent) caractérisent les ambiances partout et en tout moment. Une bonne conception du bâtiment est essentielle pour assurer le confort par l'utilisation judicieuse des dispositifs techniques, architecturaux et constructifs, apportant les conditions thermiques les plus adéquats, tels que le type de protections solaires, inertie thermique suffisante, orientation, ventilation naturelle, charge interne électrique faible en été... La prise en compte de ces techniques, dès la phase amont de la conception, garantit non seulement le confort attendu mais évite le recours aux dispositifs actifs et qui seront coûteux pour rétablir le bien être des individus. Le confort thermique intérieur d'été de sa part, repose sur des principes notamment de protection contre les rayons solaires directs, alors que la stratégie nocturne s'appuie sur le principe de dissiper la chaleur emmagasinée dans la structure durant la journée.

Selon Izard J.L : « L'architecte qui conçoit un bâtiment avec la volonté de maîtriser les phénomènes thermiques qui s'y produisant en période chaude, a besoin d'informations relatives à la conception globale, celle qui lui permet de figer les grandes lignes de son projet».

La compréhension du concept climat représente un élément crucial dans la conception de l'espace habité. Par exemple, le climat méditerranéen est caractérisé par une combinaison de valeurs élevées de température et d'humidité de l'air. Ces dernières peuvent produire des conditions inconfortables en période d'été. Dans ce cas, des stratégies adéquates sont alors nécessaires pour créer une symbiose parfaite avec l'environnement.

### Notion de chaleur et de température :

La chaleur est une énergie physique de la matière due à l'énergie cinétique de translation, de rotation et de vibrations moléculaires dans une substance. L'augmentation de la chaleur dans un corps solide se traduit par :

- Une augmentation de la température ;
- Des effets électriques ;
- Une dilation ;
- Un changement d'état de la matière.

La température est donc une manifestation de l'énergie cinétique moyenne des molécules.

Afin de pouvoir repérer la température d'un corps, on définit des échelles arbitraires de température. Pour cela, on utilise :

- a) Un phénomène thermométrique : on choisit alors une variation de pression d'une masse constante d'un gaz parfait dont le volume reste constant.
- b) Deux repères fixes :
  - La température de fusion de la glace notée  $t_0$  sous pression normale ou pression atmosphérique notée  $P_{atm}$ .
  - La température d'ébullition de l'eau notée  $t_e$  sous pression normale ou pression atmosphérique notée  $P_{atm}$ .

Si  $t_0 = 0$  et si  $t_e = 100$  on obtient alors l'échelle centésimale ou échelle de Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Si  $t_0 = 32$  et si  $t_e = 212$  on obtient alors l'échelle de Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ).

La relation entre ces deux échelles est la suivante :  $^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F}-32) \cdot 5}{9}$

- c) La température légale : fait appel à l'échelle thermodynamique ou échelle absolue caractérisée par un seul repère fixe qui correspond au zéro absolu au point triple de l'eau ( $^{\circ}\text{K}$  : degrés Kelvin). La relation entre cette température et celle de Celsius est :

$$\text{La température en } (^{\circ}\text{C}) = \text{La température en } (^{\circ}\text{K}) - 273,15$$

### Notion d'échange de chaleur :

Le deuxième principe de la thermodynamique ou principe de Carnot nous apprend, entre autres, que les apports ou les pertes de chaleur (donc les changements de niveaux d'énergie thermique) ne sont possibles qu'entre éléments de températures différentes.

Lorsque deux éléments sont à des températures différentes, un échange de chaleur s'établit jusqu'à ce que les températures des deux éléments soient identiques.

La chaleur va toujours du corps chaud (qui cède de la chaleur et donc sa température diminue) vers le corps froid (qui reçoit de la chaleur et donc sa température augmente). Il est impossible d'empêcher ce phénomène d'échange, le but de l'isolation est donc de le freiner fortement.

Dans le domaine du bâtiment, les échanges de chaleur s'effectuent principalement selon les trois modes de transmission qui se produisent au niveau de l'enveloppe : la conduction (majoritaire), la convection et le rayonnement. Un quatrième mode de transmission de chaleur peut aussi être pris en compte : l'évaporation ou la condensation.

Par définition, dans chacun de ces modes de transmission :

La densité du flux de chaleur  $\phi$  (phi) transmis entre deux corps (ou entre deux parties d'un même corps), est la quantité d'énergie ou de chaleur passant par unité de surface ( $\text{m}^2$ ) et par unité de temps (seconde) lorsqu'il existe un écart de température entre ces deux corps.

Le flux de chaleur  $\Phi$  (phi) transmis entre deux corps (ou entre deux parties d'un même corps), est la quantité d'énergie ou de chaleur passant par une surface  $S$  ( $m^2$ ) et par unité de temps (seconde) lorsqu'il existe un écart de température entre ces deux corps.

### La conduction

Conduction : la conduction thermique est le mode de propagation de l'énergie thermique de proche en proche dans la partie solide d'un matériau. Les éléments qui constituent les matières reçoivent et transmettent l'énergie thermique aux éléments voisins par contact de molécules les plus chaudes avec les molécules les plus froides.

La chaleur se propage avec plus ou moins de facilité suivant la nature, les caractéristiques (résistances thermiques, ...) et la géométrie du matériau.

La densité du flux de chaleur  $\phi$  (phi) transmis par conduction est régie par la loi de Fourier suivante :

$$\phi_x = - \lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \text{où :}$$

le signe (-) est relatif à la perte de chaleur par conduction du corps chaud ;

$\phi_x$  : composante de la densité du flux de chaleur transmis par conduction dans la direction Ox ( $W/m^2$ ) ;

$\Delta T$  : écart de température entre les deux corps (ou entre deux parties d'un même corps) ( $^{\circ}C$  ou  $^{\circ}K$ ) ;

$\Delta x$  : distance parcourue (ou épaisseur traversée) par le flux thermique (m) ;

$\lambda$  : conductivité thermique du matériau ( $W/m \cdot ^{\circ}K$ ).

Remarque :

La quantité de chaleur s'échappant d'une paroi simple par conduction diminue lorsque :

- La conductivité thermique décroît,
- L'écart de température entre les deux faces de la paroi diminue,
- L'épaisseur de la paroi augmente.

Dans le domaine du bâtiment, les leviers pour limiter la fuite de chaleur par conduction sont la diminution de la valeur de la conductivité thermique et l'optimisation de l'épaisseur des parois.

La conductivité thermique d'un matériau est définie comme étant la quantité de chaleur traversant  $1m^2$  de matériau d'un mètre d'épaisseur et pour une différence de 1 degré de température. Elle représente l'amplitude du matériau à se laisser traverser par la chaleur. C'est une caractéristique constante intrinsèque aux matériaux homogènes.

Remarque :

Plus la conductivité thermique d'un matériau est faible plus ce dernier est isolant et donc moins il y a de transfert de chaleur par conduction.

Généralement, un matériau est considéré comme isolant lorsque sa conductivité thermique est inférieure à  $0,060 W/m \cdot ^{\circ}K$ . (L'air immobilisé entre deux vitres dans le double vitrage est considéré comme un bon isolant thermique, sa conductivité thermique est de l'ordre de  $0,024 W/m \cdot ^{\circ}K$ ).

Les valeurs de la conductivité thermique (en **W/m.°K**) de quelques matériaux usuels sont regroupées dans le tableau suivant :

Poly-Uréthane	Laines Minérales	Polystyrène expansé	Isolants à base de fibres végétales	Bois tendre (sapin)	Bois dur (chêne)	Plâtre	Verre	Calcaire ferme	Béton armé	Granit	Fer	Aluminium	Cuivre
0,022 à 0,025	0,030 à 0,040	0,030 à 0,040	0,040 à 0,060	0,12	0,23	0,25	1,16	1,7	2,3	3,5	72	230	380

La résistance thermique d'un matériau (R) caractérise sa capacité à ralentir le transfert de chaleur par conduction. Elle s'exprime en **m<sup>2</sup>.°K/W** et elle est déterminée à partir de la formule suivante :

$$R = \frac{e}{\lambda} \text{ où :}$$

R : résistance thermique en m<sup>2</sup>.°K / W ;

e : épaisseur de la paroi traversée par la chaleur en m ;

λ : conductivité thermique du matériau en W/m.°K.

Remarque :

Plus la résistance thermique est élevée plus le matériau est isolant.

Si on veut obtenir une même résistance thermique de R = 2,5 m<sup>2</sup>.°K / W (par exemple) avec différents matériaux, on obtient, (à titre d'exemples), les épaisseurs équivalentes suivantes:

- Polyuréthane pour λ = 0,022 W/m.°K , e = 5,5 cm.
- Polystyrène expansé pour λ = 0,032 W/m.°K , e = 8 cm.
- Laine de verre pour λ = 0,032 W/m.°K , e = 8 cm.
- Isolants à base de fibres naturelle pour λ = 0,05 W/m.°K , e = 12.5 cm.
- Béton cellulaire pour λ = 0,012 W/m.°K , e = 30 cm.
- Bois pour λ = 0,022 W/m.°K , e = 55 cm.
- Béton pour λ = 1,75 W/m.°K , e = 437 cm.
- Granit pour λ = 3,5 W/m.°K , e = 450 cm.

Exercices d'application.

Exercice n°1 :

On veut comparer les pertes de chaleur à travers une vitre et à travers un mur en briques. Pour cela, on considère une surface de 1 m<sup>2</sup> et une différence de températures entre les deux faces de 5°C. On donne aussi, pour :

- La vitre : épaisseur e<sub>v</sub> = 3,5 cm ; λ<sub>v</sub> = 0,7 W/m.°K.
- Le mur en brique : épaisseur e<sub>b</sub> = 26 cm ; λ<sub>b</sub> = 0,52 W/m.°K.

1) Calculer le flux de chaleur traversant :

- a) La vitre.
- b) Le mur en briques.

2) Calculer la résistance thermique des deux matériaux.

3) Comparer les résultats.

Exercice n°2 :

On veut ensuite comparer la technique de l'isolation par simple ou double vitrage.

On reprend la vitre de l'exercice précédent que l'on veut comparer à un double vitrage en supposant que l'espace entre-vitres est de 12 mm.

On donne dans ce cas pour l'air :  $\lambda_a = 0,024 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ .

- 1) Calculer le flux de chaleur traversant le double vitrage.
- 2) Calculer la résistance thermique du double vitrage.
- 3) Comparer les résultats.