

ANALYSE DES ECHANGES THERMIQUES DANS LE BATIMENT

Université Nationale des Sciences,
Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey



Septembre 2024

Table des matières

OBJECTIFS DE COURS3

• **ÉLÉMENTS DE COURS**3

I. INTRODUCTION.....4

II. CLARIFICATION CONCEPTUELLE4

III. ECHANGES THERMIQUES DANS LES BATIMENTS ET LEURS MODES DE TRANSFERT4

 a) **Conduction**5

 b) **Convection**.....6

 c) **Rayonnement**.....7

IV. PROPAGATION DE LA CHALEUR A TRAVERS UNE PAROI.....8

 a) **Propriétés et performance thermique des parois**8

 b) **Différents types de paroi**.....8

V. CONCLUSION10

OBJECTIFS DE COURS

Objectif principal

Interpréter les échanges thermiques dans le bâtiment.

Objectifs spécifiques

Il s'agira de :

- Identifier les différents modes de transfert de chaleur au sein du bâtiment ;
- Décrire les échanges thermiques dans le bâtiment ;
- Estimer les gains/pertes thermiques au sein du bâtiment ;
- Décrire les échanges thermiques dans le bâtiment ;
- Estimer les gains/pertes thermiques au sein du bâtiment.

ÉLÉMENTS DE COURS

Dans cette séquence, les points ci-après seront abordés :

- Classifications conceptuelles ;
- Modes de transferts de chaleur et échanges thermiques dans le bâtiment ;
- Propriétés thermo physiques des matériaux ;
- Calcul des flux thermiques par transmission à travers les parois.

I. INTRODUCTION

En contact avec son environnement, le bâtiment est le siège de plusieurs échanges thermiques, et ce, à travers l'enveloppe du bâtiment essentiellement constituée de l'enveloppe latérale (par exemple le mur dans la plupart des constructions en Afrique, vitre dans le cas des ouvertures etc.), du plancher, de la toiture etc. La connaissance et la maîtrise de ces transferts contribue à une réduction de la facture énergétique du bâtiment. Leur diminution permet de maintenir une température normale de confort thermique à l'intérieur du bâtiment en y apportant le moins d'énergie possible. Une étude complète nécessite de distinguer les différentes sources de chaleur internes et externes au bâtiment : c'est le cas par exemple des parties actives et passives comme les surfaces extérieures, les vitres, la toiture par exemple.

II. CLARIFICATION CONCEPTUELLE

Il s'agit, nous présentons les mots clés liés au thème ; Il s'agit essentiellement :

- 1- **Echanges thermiques** : on parle d'échanges thermiques lorsqu'il y a un transfert de chaleur d'un milieu à un autre. Dans le cas des bâtiments, ce transfert se fait à travers des parois. Il ne peut y avoir transfert de chaleur que lorsque les deux (02) milieux sont à des températures différentes (Cf. le cours de transfert thermique).
- 2- **Bâtiment** : C'est un édifice réalisé par l'intervention humaine destiné à isoler et à protéger un espace. Il sert d'abri, protège des intempéries, les personnes, les biens et les activités.
- 3- **Etude des gains à travers une paroi** : Elle consiste à étudier les gains de chaleur au travers des parois extérieures opaques.

III. ECHANGES THERMIQUES DANS LES BATIMENTS ET LEURS MODES DE TRANSFERT

Les modalités des interactions et transferts d'énergies entre le milieu intérieur et extérieur sont caractérisées par la morphologie, l'orientation du bâtiment, et l'organisation des espaces dans ce bâtiment. Les transferts d'énergies dont on parle ici correspondent à la chaleur. Il existe trois modes essentiels de transfert de chaleur : la **conduction**, la **convection** et le **rayonnement**.

a) Conduction

La conduction nécessite un contact physique direct entre deux corps de températures différentes. Par exemple lorsque l'on pose une assiette chaude sur un torchon de table, après retrait de l'assiette, si on touche le torchon, on sent qu'il y a une différence de température : c'est une conduction qui vient d'avoir lieu entre l'assiette chaude et le torchon de table.

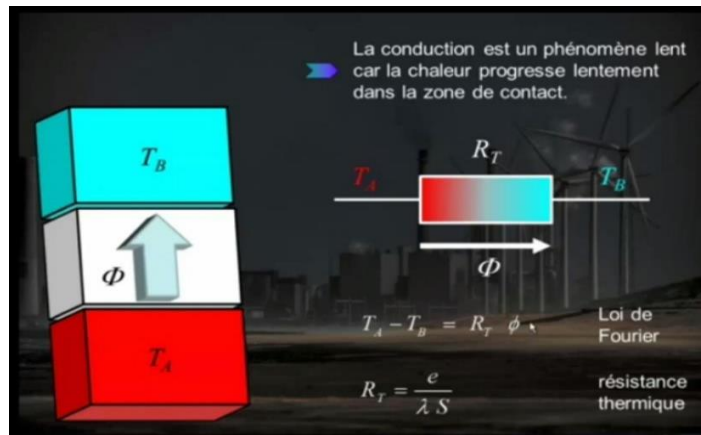


Figure 1: Transfert de chaleur par conduction

Dans les problèmes de conduction, on peut transformer le problème étudié dans une analogie électrique qui est liée à la loi de Fourier. La température correspond au potentiel électrique de part et d'autre (T_A , T_B) de la zone de contact. Le flux de chaleur (Φ) qui s'écoule correspond à l'intensité et on associe une résistance thermique (R_T), sachant que :

- e : épaisseur traversée
- λ : coefficient de conductivité thermique
- S : surface de contact

Dans ce contexte, limiter le flux de chaleur en direction du bâtiment, revient par exemple :

- A augmenter l'épaisseur du mur ;
- Diminuer la surface d'échange (surface du mur) ;
- Diminuer la conductivité thermique du matériau constituant le mur ;
- Faire usage d'un isolant (conductivité presque nulle) au niveau de l'enveloppe du bâtiment.

De façon générale, il convient de retenir quelques paramètres importants caractéristiques des matériaux de construction. Il s'agit essentiellement de :

- **La conductivité thermique du matériaux (λ)** : Elle indique la quantité de chaleur qui se propage en une seconde à travers 1 mètre carré d'un matériau d'une épaisseur d'un mètre lorsque la différence de température est de 1K et s'exprime en W/m. K. Lorsqu'elle est faible, le matériau se comporte comme un isolant ;

- **La résistivité thermique** : Plus la résistivité thermique est élevée, plus le matériau est isolant puisqu'elle représente l'inverse de la conductivité thermique. Dans ce cas, elle s'exprime en m. K/W
- **La résistance thermique** : Représentée par R, elle est l'inverse de la perméance thermique, qui en effet, représente la quantité la quantité de chaleur qui se propage en une seconde à travers un mètre carré d'une couche de matériau, d'une épaisseur déterminée pour une différence de température d'ordre de 1K. Si la perméance s'exprime en W/m². K, la résistance thermique quant à elle s'exprime en m². K /W. On distingue dans ce contexte :
 - ✓ Pour un matériau homogène : $R = e / \lambda$;
 - ✓ Pour un matériau hétérogène : elle est le résultat d'une étude expérimentale effectuée au laboratoire.
- **La diffusivité thermique** : Il s'agit d'une grandeur physique qui caractérise la capacité d'un matériau à transférer la chaleur (énergie thermique) à travers ce matériau. Elle dépend de la capacité du matériau à conduire la chaleur (conductivité thermique) et sa capacité à accumuler la chaleur (capacité thermique volumique). Elle s'exprime en m²/s ;

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \times C_p}$$

b) Convection

Ici, un intermédiaire va être mis en jeu. La chaleur se transmet ici entre deux corps par l'intermédiaire d'un fluide en mouvement.

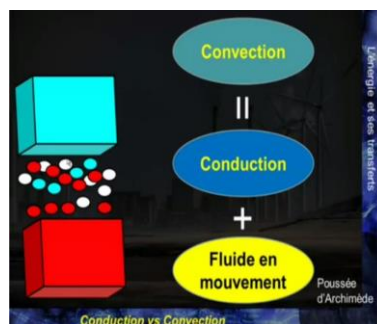


Figure 2: Transfert de chaleur par convection

A l'étape du phénomène de dilatation, la masse volumique du fluide le plus chaud diminue parce qu'il va s'étendre sous l'effet de la dilatation. En raison de la poussée d'Archimède, ce fluide chaud va avoir tendance à s'élever alors que le fluide froid va descendre. On a ainsi une mise en mouvement qui va accélérer le transfert de chaleur. On distingue :

- la *convection naturelle*, lorsque le mouvement du fluide est naturel ;
- la *convection forcée*, lorsque le mouvement du fluide est provoqué par une circulation artificielle (pompe, turbine etc.).

Dans ce contexte, la loi de NEWTON s'applique à partir de la formule ci-après :

$$\phi = h \times S(T_s - T_f)$$

- ϕ : représente le flux de chaleur.
- h : est le coefficient de transfert de chaleur. Il dépend non seulement de la qualité de la surface (rugueuse ou lisse), mais aussi de la qualité du fluide (viscosité, masse volumique etc. et la nature de l'écoulement : laminaire ou turbulent).
- S : est la surface de contact.
- (T_s) : est la température de la surface.
- (T_f) : est la température du fluide environnant.

c) Rayonnement

La transmission de chaleur par rayonnement s'appuie essentiellement sur l'émission et l'absorption d'ondes électromagnétiques. L'énergie transportée est convertie en chaleur. Le rayonnement ne nécessite donc l'intervention d'aucun déplacement de matière ni d'aucun contact physique. En fait, le transfert d'énergie par rayonnement est le plus rapide (à la vitesse de la lumière) et il ne subit aucune atténuation dans le vide.

Contrairement au transfert de chaleur par conduction ou convection, qui a lieu dans le sens d'une diminution de la température, le transfert de chaleur par rayonnement thermique peut se produire entre deux corps séparés par un milieu plus froid que les deux corps. Par exemple, le rayonnement solaire atteint la surface de la Terre après avoir traversé des couches froides de l'atmosphère à haute altitude (mésosphère, thermosphère et troposphères).

Le taux de transfert de chaleur par rayonnement, q [W /m] d'un corps (par exemple un corps noir) vers son environnement est proportionnel à la quatrième puissance de la température absolue et peut être exprimé par l'équation suivante :

$$q = \epsilon \sigma T^4$$

E : est la puissance émise par unité de surface (W/m²)

ϵ : epsilon : est l'émissivité du matériau (comprise entre 0 et 1)

σ : sigma : est la constante de Stefan-Boltzmann ((5.67 $\times 10^{-8}$, W/m². K⁴))

T : est la température absolue en kelvins (K).

IV. PROPAGATION DE LA CHALEUR A TRAVERS UNE PAROI

a) Propriétés et performance thermique des parois

La performance énergétique est un indicateur essentiel lorsqu'on envisage de réduire la consommation d'énergie dans le bâtiment. Il est impératif de s'assurer que tout bâtiment soit doté d'une excellente performance thermique. Selon les types de bâtiments, toutes les mesures visant une transition énergétique doivent être mises en œuvre pour faire face à la menace liée au changement climatique. Dans les bâtiments résidentiels, les gains solaires sont souvent utiles à cause du caractère illimité des gains de chaleur internes : il s'agit là des appareils et des occupations.

Par contre, dans les bâtiments de bureaux, l'usage des appareils et les occupations rendent les gains solaires inutiles en raison du niveau élevé des gains de chaleur internes. Il revient alors au concepteur lors de la conception du bâtiment de veiller à ce que les gains thermiques puissent entrer aux endroits utiles aux moments qu'il faut et à ce qu'ils soient évités également quand il le faut.

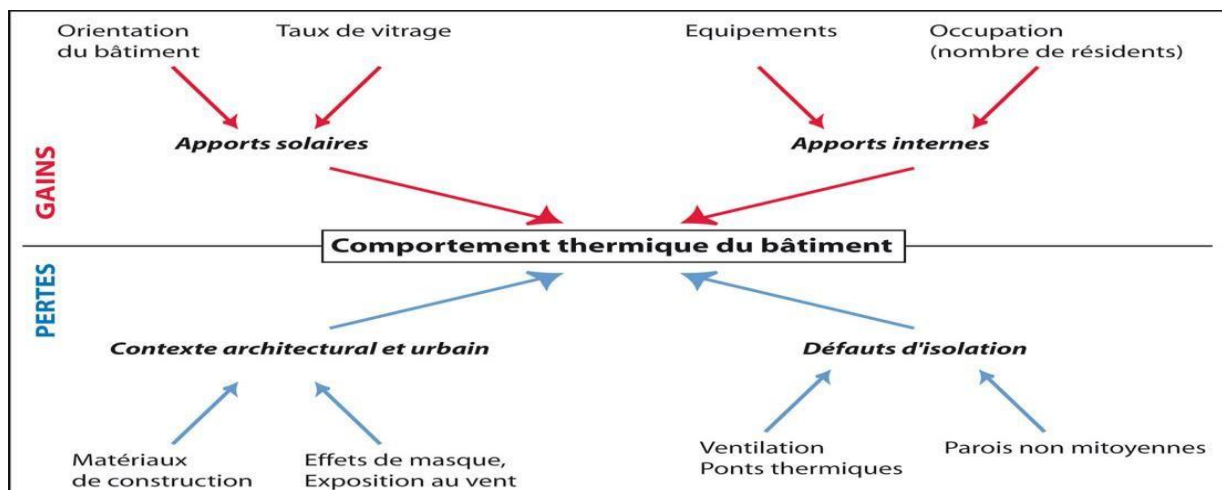


Figure 3: Comportement thermique du bâtiment

b) Différents types de paroi

Une paroi désigne de manière générale une surface d'échange séparant deux ambiances de températures différentes. Elle constitue ainsi un obstacle au flux de chaleur qui la traverse. On distingue en général des parois simples, des parois composites, les parois discontinues etc.

Dans ce contexte, outre la résistance thermique des différents matériaux, les coefficients utilisés sont les suivants :

- **La résistance thermique d'échange superficiel (R_i et R_e) :** Elle est définie à partir des coefficients d'échange thermique superficiel h_i (interne) et h_e (externe) :

✓ $R_e = 1/h_e$;

✓ $R_i = 1/h_i$.

R est exprimé en $m^2 \cdot K / W$ pendant que h est en $W/m^2 \cdot K$.

- **La résistance thermique des couches d'air (R_a) :** Elle représente l'inverse de la quantité de chaleur qui est transmise en régime permanent de la face chaude de la couche d'air vers la face froide par unité de surface et pour une variation de température de l'ordre de 1K ;
- **La résistance thermique totale d'une paroi (R_T) :** Elle représente la somme des résistances thermiques de toutes les couches de matériaux ou d'air peu ou non ventilé, qui constituent la paroi, en plus des résistances d'échange superficiel. On peut donc écrire :

$$R_T = \sum_{i=0}^n R_i$$

Remarque : Par ailleurs, on distingue plusieurs types de dispositions des couches de matériaux :

- ✓ Selon que le flux de chaleur traverse les couches de la même façon, on retient que :

$$R = \sum_{i=0}^n R_i$$

- ✓ Selon que le flux de chaleur traverse les couches de matériaux différemment, on retient que :

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=0}^n \frac{1}{R_i}$$

- **Le coefficient de transmission thermique d'une paroi « U » anciennement appelé « K » :** Il représente la quantité de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi. Il est en effet l'inverse de la résistance thermique totale de la paroi, et s'exprime en $W/m^2 \cdot K$. On peut donc écrire :

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Remarque : Plus U est faible, plus la construction est isolée !!!!

V. CONCLUSION

En résumé, pour remédier aux problèmes d'inconfort thermique souvent rencontrés dans le bâtiment après leur construction, il va falloir pour la construction, tenir compte des paramètres thermiques des matériaux qui dépendent l'un de l'autre, de l'inertie thermique des matériaux et après la construction, insister sur la bonne isolation thermique puis notifier la présence ou non des ponts thermiques afin d'éviter des éventuels flux de chaleur du milieu extérieur vers l'intérieur du bâtiment ,ce qui diminuera le taux de désordre thermique au sein de ce dernier . Ce faisant pour agir selon ces paramètres nous devons procéder à un choix utile et adéquat des différents matériaux de construction ayant des caractéristiques pouvant favoriser l'amélioration du confort thermique dans le bâtiment.