

CHAPITRE I : GENERALITES

1.1. INTRODUCTION :

La thermique du bâtiment est l'ensemble des sciences et techniques visant à étudier les besoins énergétiques des bâtiments. Elle aborde principalement les notions d'isolation thermique et de ventilation afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants. [1]

La thermique du bâtiment décrit les échanges thermiques qui se réalisent entre un bâtiment et son environnement. Cette analyse va reposer sur toute une série de facteurs qui sont : [1]

- Les facteurs environnementaux : l'emplacement géographique d'un bâtiment (longitude, latitude, altitude) et les données climatiques afférentes, l'implantation générale du bâtiment ainsi que la nature du sol ;

- Les facteurs fonctionnels: deux bâtiments ne sont pas identiques par leur fonction, la chaleur à délivrer, l'eau à chauffer, l'humidité à évacuer varient d'une affectation à l'autre. Dans le cas de l'éclairage, l'usage de machines et ordinateurs, les équipements électroménagers produisent plus ou moins de chaleur, qu'il faut ajouter au bilan thermique ;

- Les facteurs liés à la nature des matériaux et composants employés dans la construction du bâtiment: les parois extérieures, murs, planchers et toitures sont considérés comme des surfaces d'échange thermique que l'on doit considérer relativement à leur orientation, leur dimension physiques, les matériaux de construction employés considérés dans leur épaisseur et leurs propriétés thermiques. Lorsqu'il s'agit de surfaces vitrées, on doit tenir compte de la transmittance des vitres et d'envisager l'exposition au soleil. En effet, les parois sont considérées plus ou moins étanches ou perméables à l'air, sources de déperdition thermique. Dans le cas des parois intérieures, elles sont considérées dans leur masse et elles contribuent à ce qu'on appelle l'inertie thermique et le déphasage thermique, c'est-à-dire la capacité à accumuler et d'autre-part à restituer à court ou moyen terme la chaleur accumulée.

1.2. GENERALITES :

1.2.1. Notion de chaleur

En physique, on appelle chaleur une forme particulière de l'énergie. L'équivalence de la chaleur et du travail constitue le premier principe de la thermodynamique. Il en résulte qu'énergie, travail et quantité de chaleur ont une même unité: le joule. [2, 3]

A la base de l'étude des transferts thermiques se trouvent les concepts de quantité de chaleur et de différence de température. [2, 3]

Le transfert de chaleur d'une partie d'une substance à une autre partie, ou d'un corps à un autre corps, s'effectue sous forme d'énergie cinétique d'agitation moléculaire désordonnée. [2, 3]

Ce transfert est le fait d'une différence de température entre les deux corps. La chaleur se propage spontanément du corps ayant la température la plus élevée vers celui ayant la température la plus basse, élevant ainsi la température de ce dernier, tout en abaissant la température du premier, dans la mesure où le volume des deux corps reste constant. Ceci constitue le second principe de la thermodynamique. [2, 3]

Ce second principe met en évidence la notion d'irréversibilité: La chaleur ne pourra pas se propager d'un corps froid vers un corps chaud, sauf si on fournit un travail. [2, 3]

1.2.2. Notion de température

On appelle température la grandeur physique qui mesure le degré de chaleur d'un corps ou d'un milieu.

Lorsque deux corps sont placés dans une enceinte adiabatique, le corps le plus chaud cède de la chaleur au corps le plus froid, jusqu'à ce que les deux corps aient la même température. On dit alors qu'on a atteint l'équilibre thermique. [2, 3]

La température est une propriété thermodynamique du corps et mesure l'agitation microscopique de la matière. Selon la théorie cinétique, la température d'un corps est fonction de l'énergie cinétique moyenne de translation de ses molécules. L'énergie cinétique d'un corps est nulle à une température appelée zéro absolu. [2, 3]

1.2.3. Échelles de température

On utilise plusieurs échelles de température; parmi celles-ci, l'échelle Celsius, l'échelle Fahrenheit (dans les pays anglo-saxons), l'échelle de température thermodynamique. [2, 3]

L'échelle Celsius, qui fixe la température de congélation de l'eau à 0°C et sa température d'ébullition à 100°C, est utilisée dans le monde entier. [2, 3]

Dans l'échelle Fahrenheit, utilisée dans les pays anglophones pour la vie courante, la température de congélation de l'eau est fixée à 32°F et sa température d'ébullition à 212°F. [2]

Dans le système international SI, l'unité thermique de base est le kelvin (K), unité de température thermodynamique. [2]

La température absolue est mesurée en Kelvin [K]. La relation de passage entre °C et K est : [4]

$$T [K] = [^{\circ}\text{C}] + 273,15 \quad (\text{I-1})$$

Remarque : Les écarts de température sont identiques en Kelvin et en degrés Celsius : $\Delta T [K] = \Delta \theta [^{\circ}\text{C}]$

1.2.4. Unités de chaleur

On a vu qu'en physique, la quantité de chaleur est exprimée dans les mêmes unités que l'énergie et le travail, à savoir en joules (J). [3]

On utilise également la calorie (Cal), définie comme la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de 1 g d'eau de 14,5 °C à 15,5 °C sous une pression de 1 atm. [2, 3]

On a : 4,1855 J = 1 Cal

A partir de la calorie, on introduit parfois d'autres unités de quantité de chaleur:

La kilocalorie (kcal) est égale à 1000 calories.

La thermie est égale à 1000 kcal.

Le kilowattheure (kWh) est l'énergie fournie en 1 heure (3600 secondes) par une source d'énergie de puissance égale à 1 kW, soit 1000 J/s. Comme 1 joule équivaut à 0,2389 calories, 1 kWh représente 3.600.000 joules, soit encore 860.112 calories. [3]

En définitive: 1 kWh = 0,86 thermie

1.2.5. Notion de capacité thermique massique

On appelle capacité thermique massique C la quantité de chaleur qu'il faut appliquer à 1 kg de matière pour élever sa température de 1 K. [2]

D'après la loi formulée par les chimistes français Pierre Louis Dulong et Alexis Thérèse Petit, les capacités thermiques massiques des éléments solides sont inversement proportionnelles à leurs masses atomiques. Ainsi, le produit de la capacité thermique massique par la masse atomique est constant pour tous les éléments solides. [2]

Du fait qu'un gaz chauffé se dilate, des calories supplémentaires sont nécessaires pour augmenter sa température, puisqu'une partie de cette énergie est utilisée pour la dilatation du gaz. C'est la raison pour laquelle, dans le cas d'un gaz, il faudra distinguer la capacité thermique massique à pression constante C_p et la capacité thermique massique à volume constant C_v . La capacité thermique massique à pression constante sera toujours supérieure à la capacité thermique massique à volume constant. [2, 3]

Dans le système international d'unités, la capacité thermique massique est exprimée en $J/(kg \cdot K)$.

La capacité thermique massique est parfois exprimée en $Cal/(g \cdot ^\circ C)$. La capacité thermique massique

de l'eau est de $1 Cal/(g \cdot ^\circ C)$; cela signifie qu'il faut apporter 1 Cal à 1 g d'eau pour augmenter sa température de $1^\circ C$. [3]

Si on considère un corps solide S de masse m [kg] et de capacité thermique massique C_p [$J/(kg \cdot K)$], et si on lui apporte une quantité de chaleur Q [J], l'accroissement de la chaleur contenue par le corps est responsable d'une élévation de température ΔT [$^\circ C$ ou K], donnée par la relation fondamentale : [3, 6, 7]

$$Q = m C_p \Delta T \quad (I-2)$$

1.2.6. Principe zéro de la thermodynamique

Si deux corps sont en équilibre thermique avec un troisième, alors, ils sont nécessairement en équilibre thermique entre eux. [4]

1.2.7. Le régime permanent

On parle de régime permanent ou stationnaire quand les températures ne dépendent pas du temps.

On parle de régime variable ou transitoire quand les températures dépendent du temps. [4]

1.2.8. Paroi adiabatique

Une paroi est dite **adiabatique** lorsqu'elle ne permet aucun échange de chaleur. [4]

1.3. RAPPELS DE PHYSIQUE DU BATIMENT

1.3.1. A quoi sert l'énergétique du bâtiment ?

1.3.1.1. Le bâtiment est un gros consommateur d'énergie

Dans les pays industrialisés, les bâtiments consomment une partie importante de l'énergie utilisée par la société et, en conséquence, ils sont source d'une partie non négligeable de la pollution. Cette énergie est l'objet de nombreux usages, notamment: [7]

- le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable.
- la circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage).
- les transports (ascenseurs),
- l'éclairage,
- les communications (téléphone, radio, télévision),
- la production de biens (fabriques, cuisines, couture, etc.). [7]

Dans les climats tempérés et froids, la plus grande part de l'énergie utilisée par un bâtiment sert au chauffage. Le flux de chaleur généré dans le système de chauffage aboutit inévitablement à l'extérieur par différentes voies plus ou moins directes. [7]

Dans les climats plus chauds, il peut être nécessaire et en tous cas confortable d'abaisser la température intérieure des bâtiments. Ce refroidissement, et l'assèchement de l'air (sous les tropiques) peut aussi être un grand consommateur d'énergie. [7]

I.3.1.2. Le confort du bâtiment

Le bâtiment devrait être confortable

Un bâtiment devrait assurer, sans aucune consommation d'énergie, un confort au moins équivalent à celui régnant à l'extérieur.

S'il est bien conçu et construit, il peut fournir un confort nettement supérieur (courbe A de la Figure I.1). Un tel bâtiment ne surchauffe pas ou peu en été et profite des gains solaires pendant les périodes froides, pour raccourcir la saison de chauffage.

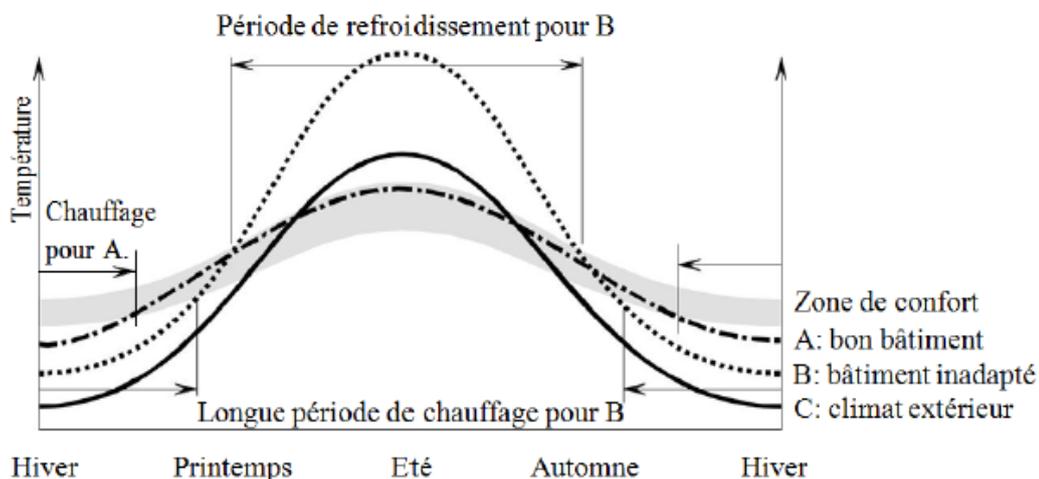


Figure I.1: Évolution des températures dans des bâtiments au cours de l'année, sans effet des installations techniques de chauffage ou climatisation. La bande grisée représente les exigences de confort. C représente la température extérieure, A un bâtiment bien conçu et B un bâtiment inadapté à son climat. [7]

Un bâtiment inadapté à son climat a tendance à surchauffer en saison chaude et à être glacial en saison froide. Ces bâtiments consomment de grandes quantités d'énergie pour assurer un confort acceptable.

I.3.1.3 Suivant la conception, la consommation varie énormément

Un indice souvent utilisé pour comparer la consommation d'énergie des bâtiments est l'Indice de Dépense d'Énergie, ou IDE. On obtient cet indice en divisant la consommation annuelle d'énergie totale (de tous les agents énergétiques) exprimée en MJ (ou en kWh) par la surface brute de plancher chauffé (murs inclus). Cet indice est expliqué plus en détail dans la norme SIA 180/4 donne le mode de calcul officiel en Suisse. [7]

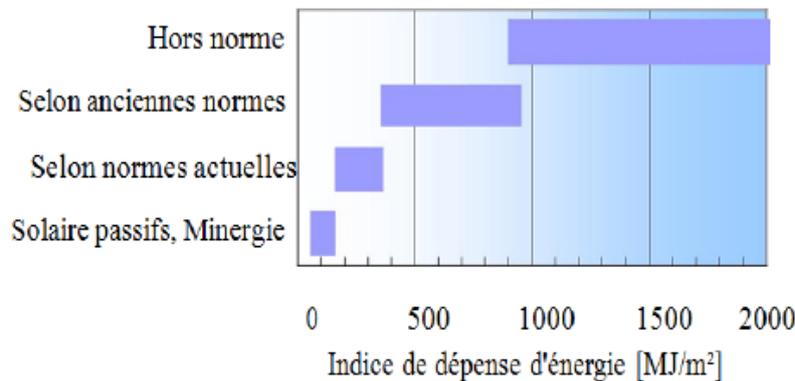


Figure I.2: Gammes d'indices de dépense d'énergie de bâtiments. [7]

La Figure I.2 montre les gammes d'indices de dépense d'énergie de bâtiments suisses. On notera la large dispersion des valeurs, allant de presque zéro à plusieurs milliers de mégajoules par mètre carré pour certains bâtiments. [7]

De nombreux exemples montrent qu'une forte consommation d'énergie ne va pas forcément de pair avec un confort élevé. Au contraire, la plupart des bâtiments à forte consommation sont inconfortables, et de nombreux bâtiments à basse consommation offrent un environnement intérieur de très bonne qualité. [7]

Les bâtiments bien isolés, construits selon les nouvelles normes, présentent une consommation annuelle moyenne réduite à moins de la moitié, soit 325 MJ/m^2 ou 10 litres de mazout, chiffre comparable à la consommation d'une voiture européenne moyenne pour 100 km. [7]

Les bâtiments à basse consommation d'énergie existants, non seulement bien isolés mais encore construits pour utiliser au mieux les gains solaires passifs, présentent une consommation annuelle de moins de 160 MJ/m^2 , soit environ 4 litres de mazout. Voilà enfin un chiffre comparable à la consommation d'une voiture économique. De tels bâtiments existent, sont habités et trouvés très confortables. Leur coût de construction est égal ou très légèrement supérieur (quelque pour-cent) à celui d'un bâtiment classique conforme aux normes modernes. Ce surcoût est dû en partie aux frais d'étude, ces bâtiments nécessitant une planification plus soignée que les constructions usuelles. Ils sont toutefois encore rares et l'on ne peut que regretter que l'on ose encore construire autre chose! [7]

I.3.1.4 Applications de l'énergétique du bâtiment

Pour limiter la consommation d'énergie à des valeurs raisonnables, il est nécessaire de savoir où agir. Il faut donc pouvoir prédire les flux d'énergie dans le bâtiment, afin d'agir là où les mesures d'économie d'énergie seront les plus efficaces et les mieux à même d'offrir un confort élevé. [7]

La connaissance des flux d'énergie au travers d'un bâtiment est nécessaire à la prise de décisions ou à la planification de travaux, notamment pour les tâches suivantes: [7]

- Tenir compte de tous les critères voulus dans le choix de stratégies possibles lors de rénovation ou de construction d'ensemble d'immeubles. Parmi les critères à envisager, il y a non seulement le coût, l'esthétique ou l'habitabilité, mais aussi la consommation d'énergie.
- dimensionner correctement les installations énergétiques, en calculant la puissance de pointe minimum nécessaire;
- prévoir la consommation annuelle et la minimiser en choisissant la variante la plus économique globalement, tout en tenant compte du confort et des contraintes architecturales.

Diminuer la consommation d'énergie primaire en minimisant tous ces flux, en les faisant passer aux bons endroits et en captant au mieux la chaleur de l'environnement (énergie solaire, pompes à chaleur) est un problème où la physique a déjà apporté des solutions et qui continue à être étudié. Les solutions à ce problème particulier peuvent entraîner des problèmes ailleurs, et en tous cas ont une influence sur les diverses caractéristiques du bâtiment. De ce fait, il ne faut pas se restreindre à des examens sectoriels pour résoudre des problèmes dans le bâtiment, mais toujours envisager toutes les conséquences d'une modification. [7]

Le but premier de ce cours est de présenter des modèles physiques du bâtiment, de ses installations et des occupants, permettant de mieux comprendre l'écoulement des flux d'énergie au travers du bâtiment.