République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Dr. Yahia Farés de Médéa

Faculté des Sciences et des Technologies

Département du Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

En génie climatique

OPTION

Energie et Froid industriel

Thème:

Etude comparative de bilan thermique d'une installation de la climatisation

Présenté par :

M^elle^. Djamila BOUCIF

M^elle^. Anfel MADANI

Dirigé par :

Dr. Younes CHIBA

Année universitaire : **2016/2017**

Remerciements

Toutes nos gratitudes, grâce et remerciement au bon dieu qui nous a dirigé dans la voie de la science, et nous a donné le courage et la volonté pour arriver à ce niveau.

Nous tenons tout d'abord à remercier fortement notre promoteur Dr Chiba Younes, qui nous a aidé et donné tout son temps pour compléter notre travail. Nous lui remercions pour sa compréhension, ses conseils précieux.

Tous nos remerciements également à nos familles pour l'aide inconditionnel durant cette période.

Enfin, Nous remercions sincèrement tous nos amis de pris ou de loin, et tous ceux qui nous a aidé, d'une manière ou d'une autre durant toute la période de recherche de ce mémoire.

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail, comme un geste de gratitude :

A celle qui m'a enfanté dans la douleur et la joie, mon symbole d'amour :
Ma très chère mère
A celui qui je chère et j'apprécie fort son soutien continu tout le long de mes études :
Mon très cher père
A mes frères et sœurs ainsi que toute ma famille.
A mes amis et amies
;
;
;
A la fin je dédie ce mémoire à mon binôme djamila.



M^{elle}anfel

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail, comme un geste de gratitude :

A celle qui m'a enfanté dans la douleur et la joie, mon symbole d'amour :
Ma très chère mère
Pour l'esprit de mon père chère population dans la tombe depuis 19 ans Que

Dieu bénisse et vous accorde l'admission vaste paradis

;

;

A mes frères et soeurs ainsi que toute ma famille.
A mes amis et amies
;
;
;
A la fin je dédie ce mémoire à mon binôme anfel.



M^{elle} Djamila

Nomenclature

Symbol	Désignation	Unité
Q	La quantité de chaleur transmise par conduction	(Kcal/h)
q	Caractérise le flux de chaleur par rayonnement	(Kcal/h. m^2)
C	Coefficient de rayonnement	-
K	Coefficient globale de transfert de chaleur	(Kcal/h. m^2)
Σ R	Représente la somme des résistances thermiques	(m^2. °C/w)
K_{vn}	Représente le coefficient K du vitrage nu	(m^2. °C/w)
D_{TR}	Déperditions par transmission	(W/°C)
D_S	Déperditions surfacique	(W/°C)
D_{li}	Déperditions à travers les liaisons	(W/°C)
D_{sol}	Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	(W/°C)
D_{lnc}	Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés	(W/°C)
A	Surface de l'élément de construction	(m^2)
T_e	Température extérieure	(°C)
T_i	Température intérieure	(°C)
K_S	Le coefficient de transmission du plancher	(W/ m^2. °C)
P	Le périmètre du plancher	-
K_l	Le coefficient de transmission linéique de chaque liaison	(W/ m^2. °C)
L	La longueur intérieure de chaque liaison	(m)
T_n	Température de l'espace non chauffé	(°C)
a_c	les apports de chaleur des divers locaux chauffés vers le local non Chauffé	(W/°C)
d_e	les déperditions du local non chauffé vers l'extérieur	(W/°C)
D_R	Les déperditions par renouvellement d'air	(W)
A_j	Surface de l'ouvrant	(m^2)
D_T	les déperditions par transmission du logement	(W)
$D_{réf}$	les déperditions de référence	(W)

Q_0	Perte calorifique par transmission	(Kcal/h)
Z	Coefficient de majoration	-
S	Surface de la paroi considérée	(m^2)
ΔT	Température de milieu intérieur et extérieur respectivement	(°C)
Z_u	Majoration pour interruption d'exploitation	(%)
Z_a	Majoration pour compensation des surfaces extérieures froides	(%)
Z_h	Majoration pour l'orientation	(%)
Z_d	Groupement de Z_a et Z_u en fonction du coefficient « D »	-
S_D	La surface de l'enveloppe du local	(m^2)
$\Sigma (al)_a$	La perméabilité des fenêtres et portes au vent	-
Q_V	Déperditions par ventilation	(Kcal/h)
R	La caractéristique du local	-
H	La caractéristique d'immeuble	-
Z_d	Le facteur de majoration pour les fenêtres d'angle	-
$K_{été}$	Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été	(W/ m^2. °C)
S_{int}	La surface intérieure totale de la paroi considérée	(m^2)
ΔT	La différence équivalente de température à l'heure	(°C)
Δtes(t)	La différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre	(°C)
$C_{\Delta te}$	Un facteur de correction	(°C)
Δtem(t)	La différence équivalente de température à l'heure t pour l'orientation de la paroi considérée	(°C)
I_{tb}	Le rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérée	(W/m^2)
$I_{tb(40)}$	Le rayonnement total de base pour le mois de Juillet	(W/m^2)
TS_a	La température sèche de l'air intérieur du local adjacent	(°C)
TS_{bi}	La température sèche de l'air intérieur du local considérée	(°C)

$\Delta TInc$	l'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considérée	(°C)
$TS_e(t)$	La température extérieure sèche à l'instant considéré	(°C)
C_{Inc}	Le coefficient le correcteur	
TS_{bi}	Représente la température intérieure du local conditionnée	(°C)
S_{app}	La surface de la zone d'apports	(m^2)
TS_m	La température moyenne dèche de l'air extérieur	(°C)
S_{ouv}	La surface de l'ouverture dans la paroi opaque	(°C)
AVT(t)	les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées	(W)
AVE(t)	les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées	(W)
SV	La surface totale vitrée	(m^2)
SV_{ens}	La surface vitrée ensoleillée	(m^2)
$SV- SV_{ens}$	La surface vitrée à l'ombre	(m^2)
I_t	Le rayonnement total maximal réel	(W/m^2)
I_t	Le Rayonnement diffuse maximal réel	(W/m^2)
$N_{PVI}(t)$	Représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement	-
FS	Le facteur solaire en du vitrage	-
C_{cadre}	Le coefficient tenant compte de la nature du cadre	-
C_{limp}	Le coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère	-
C_{alt}	Le coefficient tenant compte de l'altitude	-
C_{ros}	Le coefficient tenant compte de la valeur du point de rosée	-
$I_{db}.I_{tb}$	Les rayonnements total et diffuse de base	(W/m^2)
L	La langueur de la fenêtre exprimée	(m)
H	La hauteur de fenêtre exprimée	(m)
L_0	La langueur de l'ombre exprimé	(m)
H_0	La hauteur de l'ombre exprimé	(m)
R	Retrait de la fenêtre exprimé	(m)

H	Hauteur solaire exprimé	(°)
a	Azimut du soleil exprimé	(°)
a_m	Azimut de la paroi verticale considérée	(°)
$AI_{s.j}$	La partie sensible de l'apport interne	(W)
$AI_{l.j}$	La partie latente de l'apport interne	(W)
CS_j	Le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne	-
$N_{al.j}$	Le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne	-
qv_{an}	le débit d'air neuf	(m^3/h)
qv_{inf}	le débit dû aux infiltrations	(m^3/h)
HS_{be}	l'humidité spécifique de base de l'air extérieur	($J.Kg_{air}/g_{vap.}m^3_{air}$)
HS_{bi}	l'humidité spécifique de base de Pair intérieur	($J.Kg_{air}/g_{vap.}m^3_{air}$)
Q_{tr}	Apports calorifiques par transmission	(Kcal/h)
Q_{ens}	Apports calorifiques par ensoleillement	(Kcal/h)
K_{vit}	Coefficient de transmission global de la vitre	(Kcal/h. m^2°C)
S_{vit}	Surface de la vitre	(m^2)
t_B	Température de base du lieu considéré	(°C)
E	Ecart diurne	(°C)
Δh	Coefficient qui dépend de l'heure de solaire de calcul	-
F	Coefficient de correction en fonction du type de la menuiserie.	-
C	Coefficient de correction en fonction du dispositif de protection	-
S_S	Surface ensoleillée du vitrage	(m^2)
S_S	Surface ombrée de la vitre	(m^2)
I_{GC}	Rayonnement global corrigé	(Kcal/h. m^2)
K_1	Coefficient de correction pour tenir compte du climat et de l'altitude	-
K_2	Coefficient de correction pour tenir compte de l'épaisseur de la vitre	-

I_G	Rayonnement global	(Kcal/h. m^2)
I_0	Emission énergétique du soleil en dehors de l'atmosphère	(Kcal/h. m^2)
m	Masse relative de l'air	-
I_{dc}	Rayonnement solaire diffus corrigé	(Kcal/h. m^2°C)
Q_{op}	Apports par paroi opaque	(Kcal/h)
T_{eq} $T_{eq.m}$	Température extérieure équivalente, moyenne respectivement	(°C)
Z	L'heure de calcul	-
α_e	Coefficient de transmission superficiel extérieur	(Kcal/h. m^2°C)
I_m	Intensité de rayonnement solaire moyenne	(Kcal/h .m^2)
T_{em}	Température extérieure moyenne	(°C)
R_n	Résistance de lame d'air	(Kcal/h. m^2°C)
V	Volume du local	(m^3)
r	Coefficient d'infiltration, varie en fonction de volume de local	
N	Puissance de machine électrique	(KW)
Ψ	Coefficient d'utilisation	-
Q_S	Chaleur sensible dégagée par personne	(Kcal/h. personne)
Q_L	Chaleur latente	(Kcal/h. personne)
N	Puissance installé par 1m² de surface	(kw/m²)
ξ	Coefficient de simultanéité	(0à1)

Lettres grecques

α	Facteur d'absorption	-
λ	Conductivité thermique	(Kcal/h. m. °C)
β	Hauteur de soleil	(°)
δ	Déclinaison solaire	-
ω	L'angle horaire	(°)
Φ	La latitude du lieu considéré exprimé	(°)

Liste des tableaux

Tableau(I.1) : Valeur de coefficient de transfert de chaleur ……...21

Tableau(I.2) : Condition climatique extérieures……..22

Tableau(I.3) : Condition climatiques intérieures…….23

Tableau (I.4) : coefficient K du mur double cloison……26

Tableau (I.5) : coefficient K de la toiture ……....28

Tableau (I.6) : coefficient K du mur simple ……30

Tableau (I.7) : coefficient K du plancher bas…….....……32

Liste des figures

Figure (I.1) : les modes d'échange de chaleur……20

Figure (I.2) : représente de local …….....23

Figure (I.3) : mur double cloison……...26

Figure (I.4) : toiture……...28

Figure (I.5) : mur simple…….....30

Figure (I.6) : plancher bas (le sol)…….31

Figure (II.1) : Organigramme de bilan thermique…….33

Figure (II.2) : les coordonnes horizontale…….47

Figure (III.1) : Variation temporelle des rayonnements solaire……62

Figure (III.2) : Variation temporelle des apports calorifiques……..63

Figure (III.3) : Variation temporelle des apports calorifiques……...64

Figure (III.4) : Variation les déperditions calorifiques……..65

Figure (III.5) : Variation les déperditions calorifiques…….....66

Résumé

Dans ce projet de master, une étude comparative des méthodes de calcul du bilan thermique d'une installation de chauffage et de climatisation du confort a été effectuée à travers les méthodes étudiées déjà dans le parcours de formation de master (méthode allemande et méthode document techniques réglementaires Algérienne –D.T.R).le résultat obtenu sont analysés et discutés.

Mots clés

Climatisation D.T.R, Bilan thermique, Comparaison.

ملخص

في هذا المشروع الماستر تم اجراء دراسة مقارنة لطرق حساب التوازن الحراري لنظام التدفئة وتكييف الهواء للرفاهية من خلال الطرق التي درسناها في سياق مسار الماستر (الطريقة الألمانية والطريقة التقنية الوثائقية القانونية الجزائرية -D.T.R). كما تم تحليل ومناقشة النتائج المحصل عليها.

الكلمات المفتاحية

تكييف الهواءDTR، ميزان الحرارة، المقارنة.

Abstract

In this master project, a comparative study of the methods of calculation of the thermal balance of a heating and air conditioning system of confort was carried out through the methods already studied in the course of training of master (German method and method technical documents Algerian reglements-DTR). The results obtained are analysed and discussed.

Keywords

Air conditioning D.T.R, Thermal balance, Comparison.

Table des matières

Nomenclature
Liste des tableaux
Liste des figures
Résumé
Introduction général…….. 16
Chapitre I : Rappel sur transfert thermique
I.1 Introduction…….. 18
I.2 Modes de transfert de chaleur……... 18
I.2.1 Conduction…….. 18
I.2.2 Convection…….. …… 18
I.2.3 Rayonnement …….. 19
I.3 Valeur des coefficients de transfert de chaleur superficiel intérieurs et extérieurs … ……. 20
I.4 Application de projet…… 21
I.4.1 But du projet…… 21
I.4.2 Paramètre climatique……... 21
I.4.2.1 Introduction…… 22
I.4.2.2 Conditions climatiques extérieures……. 22
I.4.3.3 Condition climatique intérieures……. 22
I.5 Plan du local……. 23
I.6 Calcul des coefficients globaux de transfert de chaleur…….. ……. 24
I.6.1 Calculer le coefficient de transmission k ……. 25
I.6.1.1 Calcul de k_m (K du mur double cloison) ……. 25
I.6.1.2 Calcul de k_f (K de la fenêtre) ……. 26
I.6.1.3 Calcul de K_t (K de la toiture) ……. 27
I.6.1.4 Calcul de K_{mi} (K du mur intérieur) …… 29

I.6.1.5 Calcul de K_{po} (K du porte)……. …… 30

I.6.1.6 Calcul de K_s (K du sol) ……... 31

Chapitre II: Etude de bilan thermique

Méthodologie……. 33

II.1 Introduction ……... 34

II.2 Les différentes méthodes de calcul de déperditions thermiques ……... 34

II.2.1 Le D.T.R ……... 34

II.2.1.1 La méthode de calcul DTR…….. 35

II.2.1.1.1 Déperditions de base par transmission à travers les parois D_{tr}……..... 36

II.2.1.1.2Les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois 36

II.2.1.1.3 Les déperditions à travers les ponts thermiques…….. 36

II.2.1.1.4 Les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec sol…… 36

II.2.1.1.5 Les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec des locaux non chauffé…… …….. 37

II.2.1.1.6 Calcul des températures de locaux non chauffés …… 37

II.2.1.1.2 Les déperditions par renouvellement d'air…… 37

II.2.1.2 Vérification réglementaire ……... 39

II.2.2 La méthode de RIETSCHELL…….. 39

II.2.2.1 Les déperditions par transmission…… 40

II.2.2.2 Les déperditions par ventilation ……. 41

II.3 Les apports calorifiques……. 41

II.3.1Calculdesapportscalorifiques DTR…….. 42

II.3.1.1. Apportes à travers les parois opaques……. 42

II.3.1.2Différencedetempératureéquivalente Δte(t) ……. 42

II.3.1.3 Parois intérieures …….. 43

II.3.1.4 Parois en contact avec le sol …… 44

II.3.1.5Apports à travers les parois vitrées ……... 44

II.3.1.6 Apports des chaleurs internes …….. 47

II.3.1.7 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur ……. 48

II.3.2 Vérification réglementaire……... 49

II.3.2.1 Les apports calorifique de référence $A_{réf}$ sont données par……... 49

II.3.2.2 Apports de référence des parois opaques horizentales……. 50

II.3.2.3 Apports de référence des parois opaques verticales …… 50

II.3.2.4 Apports de référence des parois vitrées …….. 50

II.3.3 Calcul des apports par RIETSCHELL……... 52

II.3.3.1 Les apports extérieurs…… ……... 52

II.3.3.1.1 Les apports calorifiques dus aux parois vitrées ……... 52

II.3.3.1.2 Les Apports calorifiques dus aux parois opaques …… 55

II.3.3.1.3 Les apports calorifiques par infiltration ……... 59

II.3.3.2 Les apports intérieurs……. 59

II.3.3.2.1 Les apports dus aux occupants……. 59

II.3.3.2.2 Les apports calorifiques dus aux machines électriques……... 60

II.3.3.2.3 Les apports calorifiques dus à l'éclairage ……... 60

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Résultat et discussions……. 61

III.1.1 Evolution du rayonnement solaire en fonction du temps……... 61

III.1.2 Evolution les apports calorifiques en fonction du temps……. 62

III.1.4 Evolution les déperditions calorifiques en fonction de la température extérieure 64

Conclusion général……..……. 65

Bibliographie

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Après avoir regroupé les notions fondamentales nécessaires telles que les données de base (intérieurs, extérieurs des deux régimes de l'été et de l'hiver). Nous allons maintenant établir le bilan thermique, qui est mise en équation d'un problème de transfert de chaleur. Pour cela on va déterminer les valeurs extrêmes après la présentation générale des calculs avec illustrations de toutes les formes des déperditions et apports thermiques de local. Pour réaliser le bilan, il existe un grand nombre de méthodes s'appuyant sur des relevés.

Au moment de l'avant-projet, le bâtiment n'étant pas parfaitement connu ce calcul ne peut être qu'approximatif.

Les apports calorifiques ou bien (les gains calorifiques) d'un local sont égaux à la somme des gain de chaleur sensible et latente, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local pour des conditions extérieures déterminées, en ne tenant pas compte les apports dus à l'installation.

Les apports doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

- Définition des zones ou volumes thermiques.
- Calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique.
- Calcul de la puissance thermique.

Les déperditions calorifiques sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, dans les conditions intérieures et extérieures de base, elles s'expriment en watts.

Les déperditions doivent être déterminées selon les étapes suivantes :

- Détermination des déperditions par transmission de volume.
- Calcul des déperditions superficielles à travers les parois en contact avec l'extérieur.
- Calcul des déperditions superficielles à travers les parois en contact avec les locaux non conditionnées.
- Calcul des déperditions superficielles à travers les parois en contact avec le sol.

Le calcul des besoins énergétiques d'un logement peut être aujourd'hui réalisé suivant différentes méthodes et les résultats obtenus sont plus ou moins proches les uns des autres en fonction des critères d'analyse retenus.

Le calcul des déperditions et les apports calorifiques d'une pièce tiennent notamment de la physique des matériaux et de la conduction de la chaleur, depuis le premier choc pétrolier,

plusieurs normes ont décrit l'ensemble des règles de calcul à respecter dont la plus récente est la norme européenne, Américaine, etc. Le calcul tient compte entre autres de la surface et de la composition de toutes les parois qui entourent le volume du local considéré : murs extérieurs, murs intérieurs en contact avec des locaux non chauffés, portes et fenêtres, planchers sur sol, sur cave ou vide ventilé, toiture ou plafond sous grenier non chauffé...etc.

Ce mémoire de master est structuré en trois chapitres, tel que le premier chapitre est réservé aux calculs thermiques. Ainsi, le deuxième chapitre est consacrés pour présenter les différentes méthodes de calcul des bilans thermiques d'un local et les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le dernier chapitre. Pour clôturer ce travail de Master, une conclusion générale a été présentée à la fin de ce projet.

CHAPITRE I

RAPPEL SUR TRANSFERT THERMIQUE

Chapitre I : Rappel sur transfert thermique

I.1 Introduction

L'existence d'une différence de température entre 2 points vient un flux de chaleur, s'étable des points chauds vers les points froids, la chaleur est transmise par trois modes transfert de chaleur.

I.2 Modes de transfert de chaleur

Le transfert de la chaleur se fait par les trois mécanismes suivants :

I.2.1 Conduction

La chaleur transmise par contacte entre les molécules sans déplacement de la matière, la quantité de la chaleur est déterminé par la loi de «FOURIER» pour un régime permanent

$$Q = \frac{\delta}{\lambda}.S.(T_1 - T_2) \qquad \text{(I.1)}$$

Où :

- Q : La quantité de chaleur transmise par conduction exprimée en (Kcal/h).
- λ: Coefficient de conductivité thermique exprimé en (Kcal/h m. °C).
- δ: Epaisseur de la paroi exprimée en (m).
- T_1, T_2 : Température de corps chaud et froid respectivement exprimé en (°C).
- S : Surface d'échange exprimé en (m^2).

I.2.2 Convection

Le transfert de chaleur se fait d'un fluide à un corps solide la quantité de chaleur est donné par la relation de «NEWTON»

$$Q = \alpha_C . S . (T_1 - T_2) \quad \text{(I.2)}$$

Où :

- Q : La quantité de chaleur transmise par convection exprimé en (Kcal/h).
- α_c : Coefficient de convection exprimé en (Kcal/h.m^2.°C).
- S : Surface d'échange exprimé en (m^2).
- T_1, T_2 : Température du corps solide et du fluide respectivement exprimé en (°C).

I.2.3 Rayonnement

Le transfert de chaleur par rayonnement est un transfert par des phénomènes électromagnétiques et qui lieu même en l'absence de matière, la quantité de chaleur rayonnée est déterminé par la relation suivante :

$$Q = \alpha_r . S . (T_1 - T_2) \quad \text{(I.3)}$$

Où :

- Q : La quantité de chaleur rayonnée exprimée en (Kcal/h).
- α_r : Coefficient d'échange superficiel par rayonnement exprimé en (Kcal/h.m^2.°C).
- α_r : est donné par la relation suivante :

$$\alpha_r = \frac{q}{(t_1 - t_2)} \quad \text{(I.4)}$$

$$q = C\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \quad \text{(I.5)}$$

Où :

- q : Caractérise le flux de chaleur par rayonnement exprimé en (Kcal/h.m^2).
- c : Coefficient de rayonnement entre la surface de la paroi et le fluide.

- t_1, t_2 : Température de surface de la paroi et du fluide respectivement exprimé en (°c).
- T_1, T_2 : Température de surface de la paroi et du fluide respectivement (K).

Ces trois modes d'échanges de chaleur se produisent simultanément (voir figure. I.1)

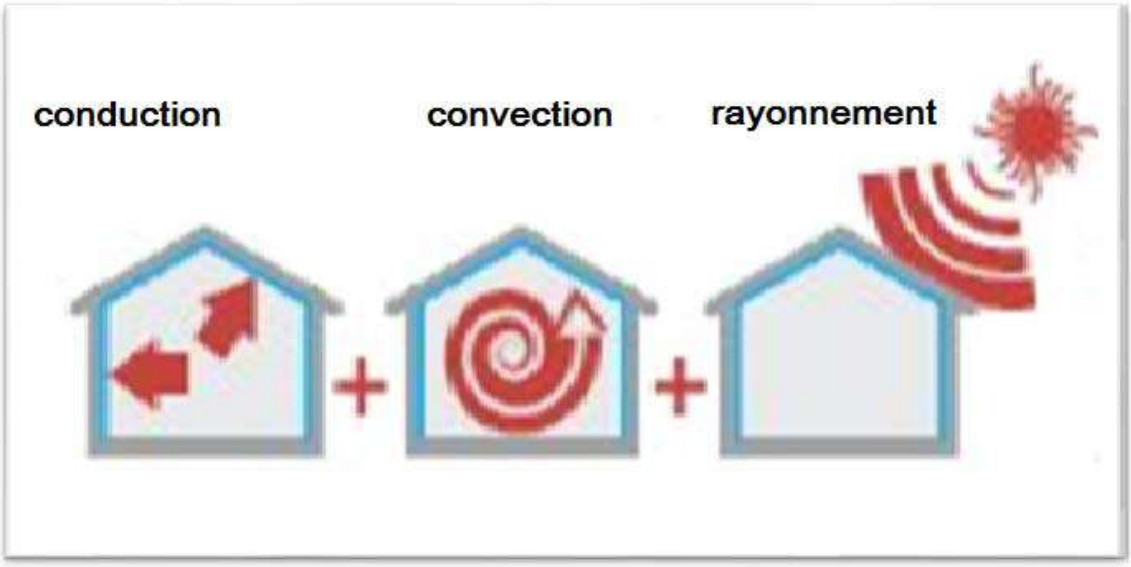
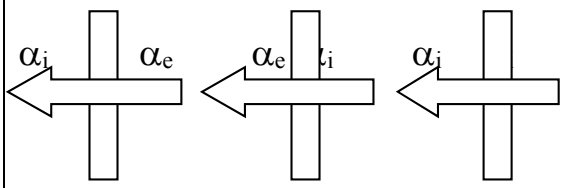
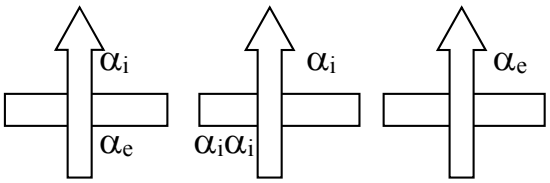


Figure (I.1) : les modes d'échange de chaleur.

I.3 Valeur des coefficients de transfert de chaleur superficiel intérieurs et extérieurs

Généralement les coefficients d'échange thermique par rayonnement et par convection sont rassemblés dans un seul coefficient d'échange de chaleur superficiel intérieur ou extérieur.

Tableau (I.1) : Valeur de coefficient de transfert de chaleur superficiel intérieur et extérieur :

Sens de flux		α_i $\left(Kcal/h.m^2.°C\right)$	α_e $\left(Kcal/h.m^2.°C\right)$
Flux horizontal		7	20
Flux ascendant			
Flux vertical		7	20
	Flux descendant	5	20

I.4 Application de projet

I.4.1 But du projet

Le présent projet a pour but d'étudier la climatisation de réalisation de local de wilaya de Médéa a.

Pour cela on fait définir les besoins en énergies des différents locaux, pour pouvoir choisir les équipements adéquats qui nous permettant d'atteindre les conditions de confort souhaitable et de les stabiliser à une valeur fixe.

Cette étude doit être en fonction des conditions climatiques de la région tout en respectant les bases d'aménagement défini dans le plan d'architecture et atteindre les objectifs suivants :

- Assurer le confort été des locaux.
- Assurer l'économie d'énergie.
- Assurer un bon fonctionnement de l'installation.

I.4.2 Paramètre climatique

I.4.2.1 Introduction

Le bilan énergétique annuel d'une installation de conditionnement d'air dépend des consignes adoptées concernant la température, humidité et la pureté de l'air à l'intérieur du local.

Pour effectuer le calcul des installations de conditionnement d'air il faut d'abord déterminer les charges thermiques maximales, pour ce faire il est nécessaire de préciser les conditions extérieures et intérieures.

I.4.2.2 Conditions climatiques extérieures

Les conditions extérieures sont déterminées d'après les données météorologiques et géographiques **« ZONE B »,** ces dernières sont résumées dans le tableau suivant :

TABLEAU (I.2) : Condition climatique extérieures :

Zone	Altitude (m)	Latitude (N)	Longitude (°E)	Ecart diurne (C°)	Période d'hivernale		Période estivale	
					T° de base (°C)	L'humidité relative (%)	T° de base (°C)	L'humidité relative (%)
B	950	36.27	2.75	15	1	80	37	28

I.4.3.3 Condition climatique intérieures

Les conditions intérieures de base sont des valeurs minimales ou maximales qui ne doivent pas être dépassés tant que les conditions extérieures ne dépassent pas elles-mêmes les valeurs de base.

Elles sont déterminées en fonction de confort.

Les conditions sont résumées dans le tableau suivant et sont tirées d'après « 3 » :

TABLEAU (I.3) : Condition climatiques intérieures :

Désignation	Période d'hivernale		Période estivale	
	t_i (C°)	φ_i (%)	T_i (C°)	φ_i (%)
Salon d'honneur, réception, bureau, salle de réunion	18	50	29	50
Sanitaire, circulation, secrétariat	15	--	36	--

I.5 Plan du local

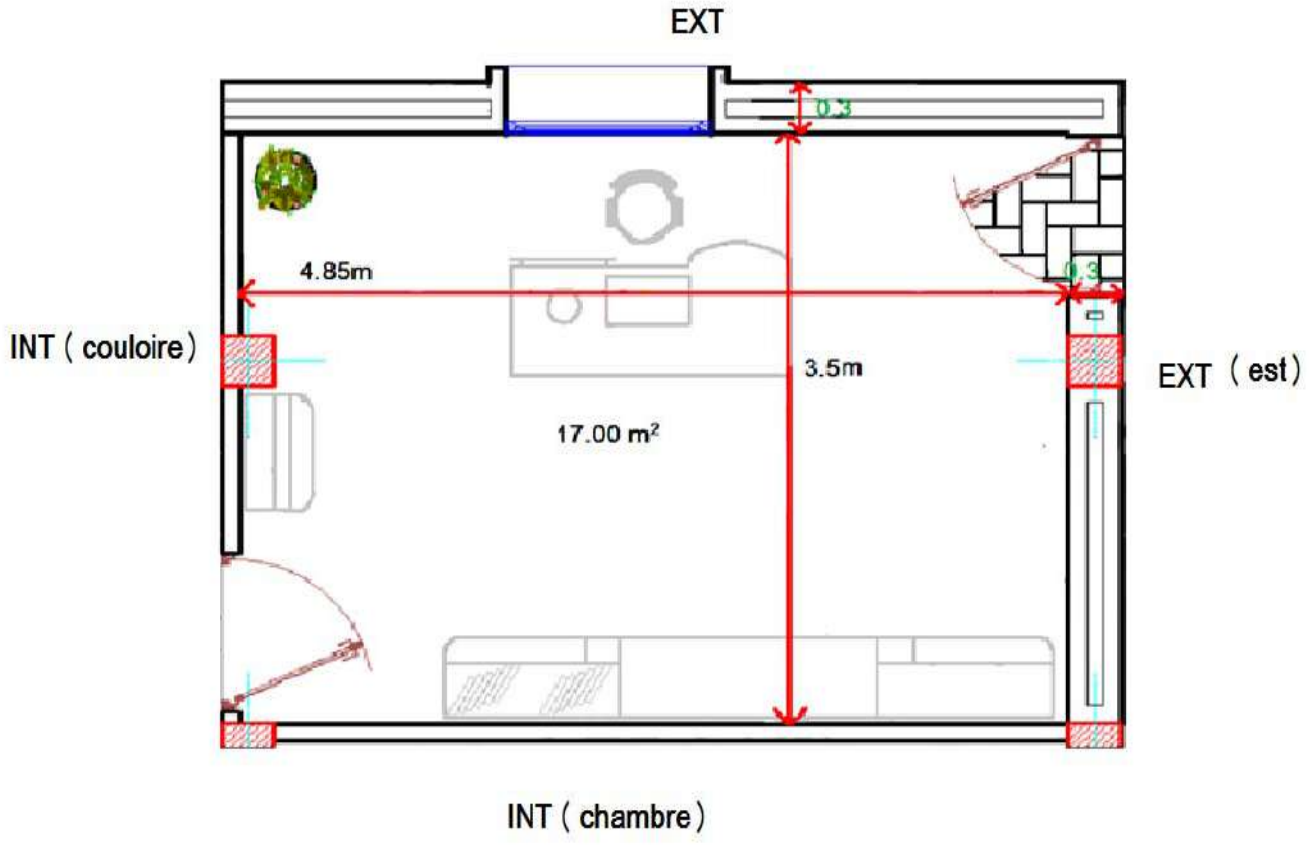


Figure (I.2) : Représente de local.

Les caractéristiques du local sont les suivantes :

- Les caractéristiques surfaciques :
- La paroi extérieure (mur double cloison) est de $3.5m \times 3m$ $\left(avecK_{me} = 1.47W/m^2.°C\right)$, comporte une porte de $0.95m \times 2.6m$ $\left(avecK_{po} = 3W/m^2.°C\right)$.
- Une fenêtre de $1.40m \times 1.7m$ $\left(avecK_f = 3.21W/m^2.°C\right)$.
- La paroi intérieur (en contact avec l'espace non climatisé) est de $3.5m \times 3m$, elle comporte une porte en bois de $0.95m \times 2.6m$ $\left(avecK_{mi} = 3.21W/m^2.°C\right)$ et $\left(avecK_{po} = 3W/m^2.°C\right)$.
- La paroi intérieur est de $3.5m \times 3m$.
- plancher bas du local est de $3.5m \times 4.85m$ $\left(avecK_S = 2.5W/m^2.°C\right)$.

➢ Les températures :

- $TS_{be} = 37°C$ et $TS_m = 26.5°C$ (d'après les conditions de base de la région).
- $TS_{bi} = 27°C$ (La température intérieure).
- $HS_{be} = 11g_{vap/kg.as}$ (humidité spécifique).

I.6 Calcul des coefficients globaux de transfert de chaleur

Ce coefficient indique la quantité de chaleur échangé en une heure à travers une paroi d'un mètre carré de surface par un degré de différence de température entre l'air extérieur et intérieur.

L'inverse de « k » exprime la résistance globale au passage de cette chaleur, et elle est égale à la somme des résistances partielles offertes par les différents matériaux composant la paroi.

Le coefficient « k » pour une plaque plane est donnée par la relation suivante :

$$K = \frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_i}\right)} + \sum\left[\left(\frac{e_i}{\lambda_i}\right) + \left(\frac{1}{\alpha_e}\right)\right] \qquad (I.6)$$

Où :

- K : Coefficient globale de transfert de chaleur (kcal/hm².°C).
- R_{th} : Resistance thermique total (hm²°C/kcal).
- α_i, α_e : Coefficient de transfert de chaleur superficielle intérieur et extérieur (kcal/hm^2.°C).
- e_i : Epaisseur de la couche (m).
- λ_i : Conductivité thermique de la couche (kcal/hm°C).

➢ **Application au projet**

I.6.1 Calculer le coefficient de transmission k

I.6.1.1 Calcul de k_{me} (K du mur double cloison)

Le coefficient K_{me} et donné par la formule suivante :

$$K_{me} = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{h_i}\right)+\left(\frac{1}{h_e}\right)+\sum R\right]} \qquad \text{(I.7)}$$

Où :

- Σ R (en m^2. °C/W) représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi.
- la somme $\left(\frac{1}{h_i}\right)+\left(\frac{1}{h_e}\right)$ en (m^2. °C/W) représente la somme des coefficients d'échange superficiel.

Remarque : Pour une paroi verticale en contact avec l'extérieur on prend

$$\left(\frac{1}{h_i}\right)+\left(\frac{1}{h_e}\right)=0.14 m^2.°C/W$$

En prends la résistance direct dans le DTR de chauffage (tableau 3.1)

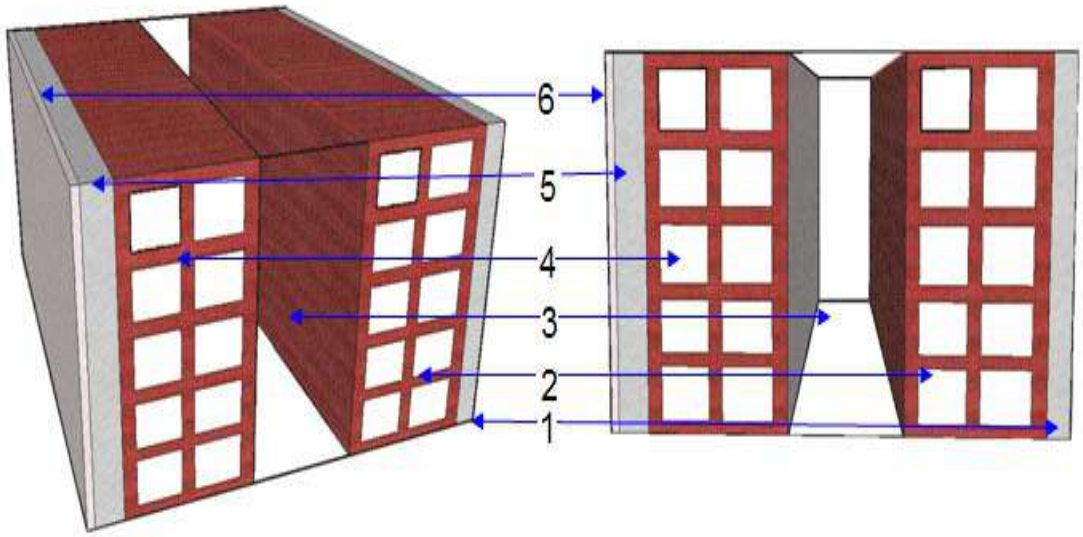


Figure (I.3) : mur double cloison.

Tableau (I.4) : coefficient K du mur double cloison.

	désignation	$e(m)$	$\lambda(W/m.°C)$	$R=\frac{e}{\lambda}(m^2.°C/W)$
1	Enduit ciment	0.015	1.4	0.010
2	Brique creuse	0.1	0.58	0.172
3	Lame d'air	/	/	0.16
4	Brique creuse	0.1	0.58	0.172
5	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01
6	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
				$\sum R=0.538 m^2.°C/W$

Donc:

$$K_{me}=\frac{1}{(0.14+0.538)}=1.47 W/m^2.°C$$

$$K_{me}=1.47 W/m^2.°C$$

I.6.1.2 Calcul de k_f (K de la fenêtre)

Le coefficient K_f et donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K_f} = \frac{1}{K_{vn}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \qquad \text{(I.8)}$$

$$r_{rid} = r_{occ} = 0$$

$$\frac{1}{K_f} = \frac{1}{K_{vn}} + 0.025 \qquad \text{(I.9)}$$

Où :

- K_{vn} : représente le coefficient K du vitrage nu (en W/m^2. °C).

➢ **Application au projet**

Le coefficient K_{vn} de vitrage nu pour un double vitrage et la nature de la menuiserie métal :

$$K_{vn} = 3.5 W/m^2.°C$$

Donc :

$$K_f = \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{3.5}\right) + 0.025} \right) = 3.21 W/m^2.°C$$

$$K_f = 3.21 W/m^2.°C$$

I.6.1.3 Calcul de K_t (K de la toiture)

Le coefficient K_t et donné par la formule suivante :

$$K_t = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{h_i}\right) + \left(\frac{1}{h_e}\right) + \sum R\right]} \qquad \text{(I.10)}$$

Remarque : Pour une paroi horizontale en contact avec l'extérieur on prend

$$\frac{1}{h_i}+\frac{1}{h_e}=0.12\,m^2.°C/W$$

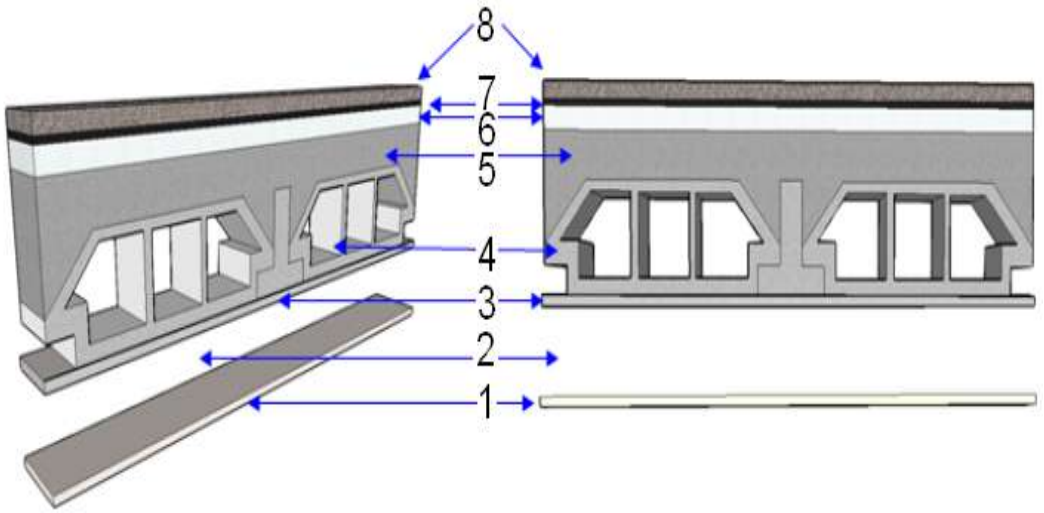


Figure (I.4) : toiture.

Tableau (I.5) : coefficient K de la toiture.

	désignation	$e(m)$	$\lambda(W/m.°C)$	$R=\frac{e}{\lambda}(m^2.°C/W)$
1	plâtre	0.015	0.35	0.043
2	Lame d'air	0.5	0.588	0.85
3	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01
4	Hourdis	0.15	1	0.15
5	Béton	0.08	1.75	0.046
6	Polystyrène	0.04	0.041	0.97
7	Carte bitumée	0.01	0.17	0.059
8	Gravillon	0.03	0.93	0.032
				$\sum R=2.16\,m^2.°C/W$

Donc:

$$K = \frac{1}{(0.12+2.16)} = 0.438 W/m^2.°C$$

$$K_t = 0.438 W/m^2.°C$$

I.6.1.4 Calcul de K_{mi} (K du mur intérieur)

Le coefficient K_{mi} et donné par la formule suivante :

$$K_{mi} = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{h_i}\right)+\left(\frac{1}{h_e}\right)+\sum R\right]} \qquad \text{(I.11)}$$

Où :

- Pour $\sum R$ et la somme $\left(\frac{1}{h_i}+\frac{1}{h_2}\right)$ voir le calcul de K_{me}.

Remarque : Pour une paroi verticale en contact avec un espace non chauffé on prend

$$\frac{1}{h_i}+\frac{1}{h_2} = 0.21 m^2.°C/W$$

➢ **Application au projet**

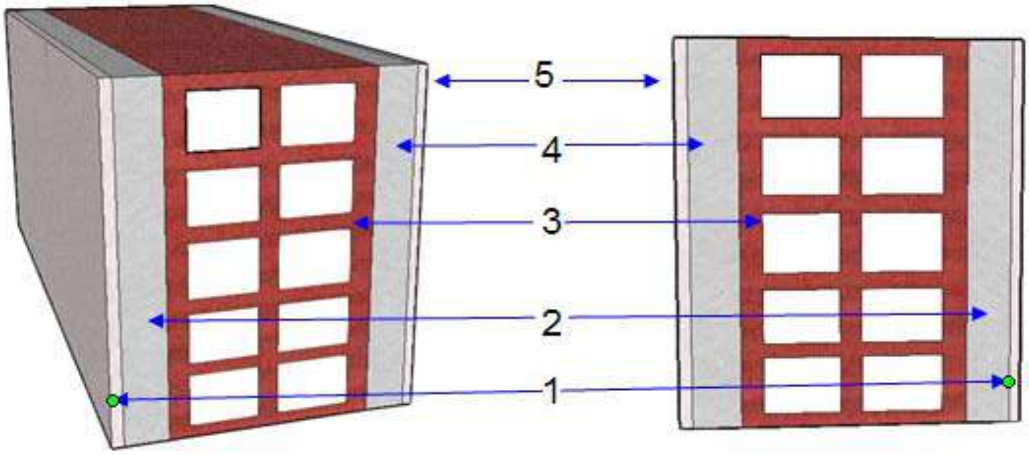


Figure (I.5): Mur simple.

Tableau (I.6) : Coefficient K du mur simple.

	désignation	$e(m)$	$\lambda(W/m.°C)$	$R=\frac{e}{\lambda}(m^2.°C/W)$
1	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
2	Enduit ciment	0.015	1.4	0.010
3	Brique creuse	0.1	0.58	0.172
4	Enduit ciment	0.015	1.4	0.010
5	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
				$\sum R=0.22 m^2.°c/w$

Donc :

$$K_{mi}=\frac{1}{(0.21+0.22)}=2.32W/m^2.°C$$

$$K_{mi}=2.32W/m^2.°C$$

I.6.1.5 Calcul de K_{po} (K du porte)

Les coefficients K en $(m^2.°C/W)$ des portes sont donnés dans le tableau 2.6(ANNEXE).

➢ **Application au projet**

Pour notre projet on a des portes opaques en bois donnant sur intérieure extérieure

Donc:

$$K_{po} = 3W/m^2.°C$$

I.6.1.6 Calcul de K_s (K du sol)

Le coefficient K_s et donné par la formule suivante :

$$K_s = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{h_i}\right) + \sum R\right]} \qquad \text{(I.12)}$$

Où :

- $\sum R$: En $\left(m^2.°C/W\right)$ représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi.

Remarque : Pour une paroi horizontale en contact avec le sol on prend

$$\frac{1}{h_i} = 0.08\, m^2.°C/W$$

➢ **Application au projet**

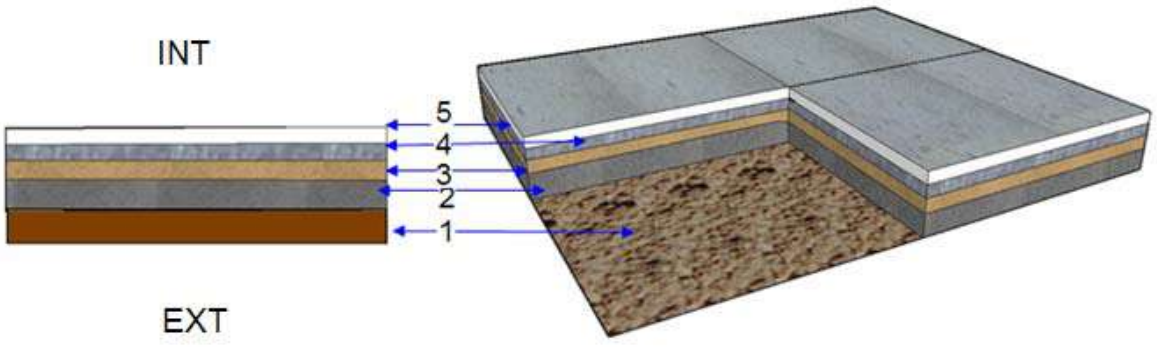


Figure (I.6) : plancher bas (le sol).

Tableau (I.7) : coefficient K du plancher bas.

	désignation	e (m)	$\lambda(W/m.°C)$	$R=\frac{e}{\lambda}(m^2.°C/W)$
1	Sol	0.3	1.74	0.172
2	Béton	0.10	1.75	0.057
3	Sable	0.03	0.60	0.05
4	Mortier ciment	0.02	0.87	0.022
5	Carrelage	0.02	1.05	0.019
				$\sum R=0.32 m^2.°c/w$

Donc :

$$K_s=\frac{1}{(0.08+0.32)}=2.5W/m^2.°C$$

$$K_s=2.5W/m^2.°C$$

CHAPITRE II

ETUDE DE BILAN THERMIQUE

Chapitre II : Etude de bilan thermique

Méthodologie

Pour cela on va déterminer les valeurs extrêmes après la présentation générale des calculs avec illustrations de toutes les formes des déperditions et apports thermiques de local.

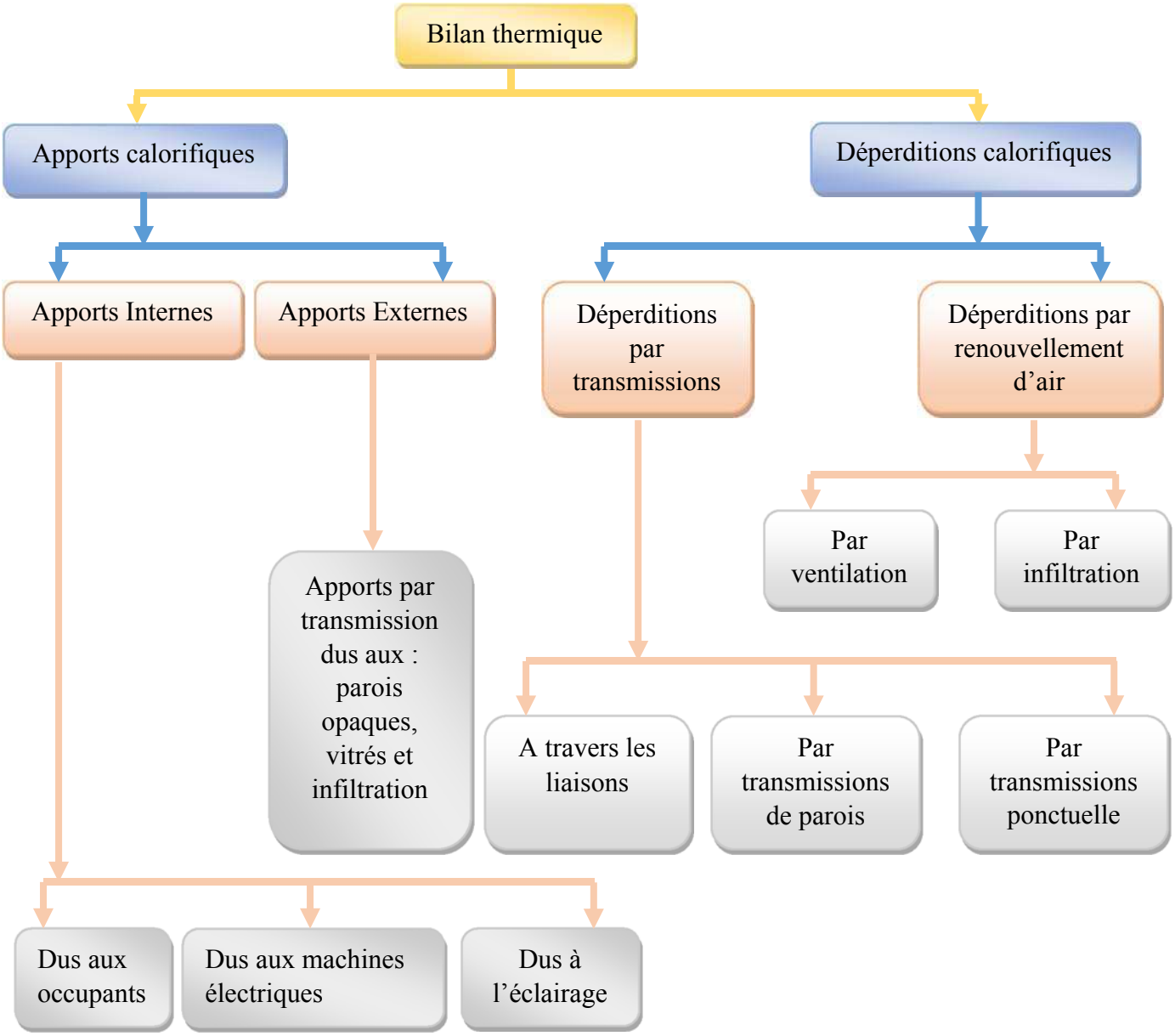


Figure II.1 : Organigramme de bilan thermique.

II.1 Introduction

Afin de maintenir les conditions climatiques internes, l'installation de chauffage doit compenser un flux de chaleur perdu vers l'extérieur à travers les murs, les fenêtres, plafond, sol et par aération. Ce flux de chaleur est appelé déperdition.

Les déperditions thermiques de base sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et renouvellement d'air, dans les conditions intérieures et extérieures de base elles s'expriment en w (watt).

II.2 Les différentes méthodes de calcul de déperditions thermiques

Le calcul des besoins énergétiques d'un logement peut être aujourd'hui réalisé suivant différentes méthodes et les résultats obtenus sont plus ou moins proches les uns des autres en fonction des critères d'analyse retenus.

Le calcul des déperditions d'une pièce tient notamment de la physique des matériaux et de la conduction de la chaleur, depuis le premier choc pétrolier, plusieurs normes ont décrit l'ensemble des règles de calcul à respecter (Th-D, Th-G, Th-K, ...) dont la plus récente est la norme européenne NF EN 12831. Le calcul tient compte entre autres de la surface et de la composition de toutes les parois qui entourent le volume chauffé : murs extérieurs, murs intérieurs en contact avec des locaux non chauffés, portes et fenêtres, planchers sur sol, sur cave ou vide ventilé, toiture ou plafond sous grenier non chauffé ... etc.

II.2.1 Le D.T.R

Le présent Document Technique Réglementaire(D.T.R) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. II met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour le problème d'hiver.

L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce D.T.R consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à na pas dépasser (appelé déperditions de référence). Le respect de ce seuil devrait permette une économie de 20% à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant se réaliser au détriment du confort des utilisateurs.

Les méthodes de calculs présentées dans ce D.T.R sont des méthodes simples, testées par ailleurs, suffisantes en principe pour trouver des solutions techniques admissibles. Bien entendu, il appartient au concepteur d'effectuer dans les cas limites des calculs plus précis (utilisation de logiciels de simulation opérant en régime dynamique).

II.2.1.1 La méthode de calcul DTR

Les déperditions de base **DB** d'un local comprennent

- Les Déperditions de base par transmission de chaleur à travers les parois D_{TR} en (W/°C).
- Les Déperditions de base par renouvellement d'air D_R en (W/°C).

On a donc :

$$D_{TOT} = D_{TR} + D_R \qquad \text{(II.1)}$$

II.2.1.1.1 Déperditions de base par transmission à travers les parois D_{tr}

Pour le calcul de ces déperditions nous avons la formule suivante :

$$D_{TR} = D_S + D_{li} + D_{sol} + D_{lnc} \qquad \text{(II.2)}$$

Où :

- D_{TR} : Déperditions par transmission en (W/°C).
- D_s : Déperditions surfaciques à travers les parties courantes en des parois en contact avec l'extérieur (W/°C).
- D_{li} : Déperditions à travers les liaisons en (W/°C).
- D_{sol} : Déperditions à travers les parois en contact avec le sol en (W/°C).
- D_{lnc} : Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés en (W/°C).

II.2.1.1.2Les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

On somme toutes les déperditions sont à travers les parois en contact avec le volume chauffé et l'extérieur .sont donne par la formule suivant :

$$D_s = K \times A \times (T_i - T_e) \qquad \text{(II.3)}$$

Où :

- A : Surface de l'élément de construction (m²).
- K : Coefficient global de transmission de la chaleur (W/m². °C).
- T_e: Température extérieure (°C).
- T_i: Température intérieure (°C).

II.2.1.1.3 Les déperditions à travers les ponts thermiques

Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique, pour une différence de température, sont données par la formule suivante :

$$D_{li} = K_{li} \times A \times (T_i - T_e) \qquad \text{(II.4)}$$

Pour simplifier les calculs on prend :

$$D_{li} = 0.2 \times D_s \qquad \text{(II.5)}$$

II.2.1.1.4 Les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec sol

Les déperditions pour un plancher bas ou un mur enterré, sont données par la formule :

$$D_{sol} = K_S \times P \times (T_i - T_s) \qquad \text{(II.6)}$$

Où :

- K_S: Le coefficient de transmission du plancher en (W/m². °C).
- P : Le périmètre du plancher.
- T_i: La température intérieure du local en (°C).
- T_s: La température du sol (°C).

II.2.1.1.5 Les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec des locaux non chauffé

Les déperditions D_{lnc}par transmission par degré d'écart à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont données par la formule suivante :

$$D_{lnc} = Tau \times \left[\sum (K \times A) + \sum (K_l \times L) \right] \qquad \text{(II.7)}$$

Où :

- K : Le coefficient de transmission surfacique de chaque partie en (W/m². °C).
- A : La surface intérieure de chaque partie surfacique en (m²).
- K_l : Le coefficient de transmission linéique de chaque liaison en (W/m²°C).
- L : La longueur intérieure de chaque liaison en (m).
- Tau : Le coefficient de réduction de température.

La valeur de Tau est comprise entre 0 et 1 et donné par la formule suivante :

$$Tau = \frac{t_i - t_n}{t_i - t_e} = \frac{d_e}{d_e - a_c} \qquad \text{(II.8)}$$

Où :

- t_i : Température intérieure (°C).
- t_e : Température extérieure (°C).
- t_n : Température de l'espace non chauffé (°C).
- a_c : Représente les apports de chaleur des divers locaux chauffés vers le local non
- Chauffé en (W /°C).
- d_e : Représente les déperditions du local non chauffé vers l'extérieur en (W/°C).

II.2.1.1.6 Calcul des températures de locaux non chauffés

$$t_n = t_i - \left[Tau(t_i - t_e) \right] \qquad \text{(II.9)}$$

II.2.1.1.2 Les déperditions par renouvellement d'air

Les déperditions par renouvellement d'air tiennent compte :

- Des déperditions dues au fonctionnement des dispositifs de ventilation, on associe à ces déperditions le débit spécifique de ventilation.
- Des déperditions supplémentaires par infiltrations dues à l'effet du vent.

Les déperditions par renouvellement d'air sont données par la formule suivant :

$$D_R = 0.34 \times (Q_V + Q_S) \times \Delta T \qquad \text{(II.10)}$$

Où :

- D_R : Les déperditions par renouvellement d'air en (W).
- Q_V : Débit spécifique de ventilation en (m^3/h).
- Q_s : Débit supplémentaire par infiltrations dues vent en (m^3/h).
- 0.34 : La chaleur volumique d'air ($Wh/m^3°C$).

Le débit spécifique de ventilation est donné par la relation suivant :

$$Q = MAX\left[(0.6 \times V_h), Q_{Vref}\right] \qquad \text{(II.11)}$$

Où :

- V_h : Désigne le volume habitable en (m^3).
- Q_{vref}: Désignele débit extrait de référence en (m^3/h).

Le débit extrait de référence est donné par la formule suivante :

$$Q_{Vref} = \frac{5 \times Q_{V\min} - Q_{V\max}}{6} \qquad \text{(II.12)}$$

Où :

- Q_{vmin} : Le débit extrait minimal de référence en (m^3/h).
- Q_{vmax} : Le debit maximal de de référence en (m^3/h).

Le débit supplémentaire par infiltration dues au vent est donné par la formule suivant :

$$Q_s = \sum P_{pi} \times e_{vi} \qquad \text{(II.13)}$$

$$P_{pi} = \sum P_{0j} \times A_j \qquad \text{(II.14)}$$

Où :

- P_{p_i}: Permeabilité à l'air de la paroi en(m^3/h).
- P_{0_j}: Permeabilité surfacique à l'air de l'ouvrant en (m^3/h).
- e_{v_j} : Coefficient d'exposition au vent effectue à la paroi.
- A_j : Surface de l'ouvrant en (m^2).

II.2.1.2 Vérification réglementaire

Les déperditions par transmission du logement doivent vérifier :

$$D_T \leq 1.05 \times D_{réf} \qquad \text{(II.15)}$$

Où :

- D_T : Représente les déperditions par transmission du logement en (W).
- $D_{réf}$: Représente les déperditions de référence en (W).

Les déperditions de référence sont calculées par la formule suivante :

$$D_{réf} = (a \times s_1 + b \times s_2 + c \times s_3 + d \times s_4 + e \times s_5) \times \Delta T \qquad \text{(II.16)}$$

Les Si représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur. Elles concernent respectivement :

Avec :

- S1 : la toiture.
- S2 : le plancher.
- S3 : les murs.
- S4 : les ports
- S5 : les fenêtres

II.2.2 La méthode de RIETSCHELL

On distingue deux types de déperdition :

II.2.2.1 Les déperditions par transmission

Les déperditions par transmission dépendent des éléments de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment ou d'un local.

A partir des déperditions par transmission on obtient les besoins calorifiques correspondants en multipliant les déperditions par transmission par un coefficient de correction.

$$Q_T = Q_0 . Z \qquad \text{(II.17)}$$

Où :

- Q_0 : Perte calorifique par transmission exprimée en (Kcal/h)
- Z : Coefficient de majoration.

$$Q_0 = K . S . \Delta T \qquad \text{(II.18)}$$

Où :

- K : Coefficient de transmission global de chaleur de la paroi considéré en (Kcal/hm^2. °C).
- S : Surface de la paroi considérée en (m^2).
- ΔT : Température de milieu intérieur et extérieur respectivement exprimé en (°C).

$$Z = 1 + Z_u + Z_h + Z_a = 1 + Z_d + Z_h \qquad \text{(II.19)}$$

Où :

- Z_u : Majoration pour interruption d'exploitation exprimée en (%).
- Z_a : Majoration pour compensation des surfaces extérieures froides exprimées en (%).
- Z_h : Majoration pour l'orientation exprimée en (%).
- Z_d : Groupement de Z_a et Z_u en fonction du coefficient « D » représentant la perméabilité thermique de l'enveloppe du local considéré.

$$D = \frac{Q_0}{\left[S_D . \left(T_i - T_e \right) \right]} \qquad \text{(II.20)}$$

Où :

- S_D : La surface de l'enveloppe du local en (m^2).

II.2.2.2 Les déperditions par ventilation

La quantité de l'air qui pénètre sous l'effet du vent dans un local par les jointures des portes et fenêtres fermées dépend des zones non étanches des parties bâtiment situé au vent et des différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur.

Les besoins calorifiques pour compenser les pertes par ventilation peuvent être calculé par la relation suivent :

$$Q_V = \sum (al)_a .R.H.(T_i - T_e).Z_e \qquad \text{(II.21)}$$

Où :

- $(al)_a$: La perméabilité des fenêtres et portes au vent.
- Q_v : Déperditions par ventilation exprimé en (Kcal/h).
- R : La caractéristique du local.
- H : La caractéristique d'immeuble.
- T_i .T_e: La différence de température entre l'air intérieur et extérieur en (°C).
- Z_e : Le facteur de majoration pour les fenêtres d'angle.

II.3 Les apports calorifiques

- apports calorifiques (appelés aussi gains) d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible et latente, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées, en ne tenant pas compte des apports dus à l'installation.
- Les apports calorifiques effectifs sont égaux aux gains du local augmentés, d'une part, des quantités de chaleur correspondant au débit d'air qui passe à travers l'installation sans être affecté, et augmentés, d'autre part, des quantités de chaleur provenant de l'installation elle-même (gains dits supplémentaires: échauffement dans les conduits d'air, fuites d'air éventuelles, etc.).
- Les apports calorifiques totaux (ou puissance frigorifique) sont égaux aux gains du local augmentés, d'une part des quantités de chaleur correspondant au débit d'air total

qui passe à travers l'installation, et augmentés, d'autre part, des quantités de chaleur provenant de l'installation elle-même.

- Les apports calorifiques sensibles, ou gains sensibles, sont les apports de chaleur qui affectent directement la température sèche de l'air du local considéré.
- Les apports calorifiques latents, ou gains latents, sont les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau qui affectent le local considéré.
-

II.3.1 Calcul des apports calorifiques DTR

II.3.1.1. Apportes à travers les parois opaques

Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à un instant t, APO(t), sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = 1.2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta te(t) \qquad \text{(II.22)}$$

Où :

- 1,2 : (sans dimension) est un coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).
- K été : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été en (W/m². °C).
- Sint : La surface intérieure totale de la paroi considérée, pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface en (m²).
- Δ te(t) : Est la différence équivalente de température à l'heure t en (°C).

II.3.1.2 Différence de température équivalente Δte(t)

Différence de température équivalente Δte(t) est donnée par :

- paroi ensoleillée :

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} + \frac{\alpha}{0.9} \times \left[\Delta tem(t) - \Delta tes(t)\right] \times \frac{I_{tb}}{I_{tb(40)}} \qquad \text{(II.23)}$$

- paroi à l'ombre 24h/24 :

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} \qquad \text{(II.24)}$$

Où :

- Δtes(t) : la différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre en (°C).
- C Δte : Un facteur de correction dû, d'une part, à la différence maximale ΔTSmax de la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur pour le mois considéré, et d'autre part à l'écart diurne de base E b pour le mois considéré en (°C).
- α : Le facteur d'absorption de la paroi.
- Δtem(t) : La différence équivalente de température à l'heure t pour l'orientation de la paroi considérée en (°C).
- It, b : Le rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérée en (W/m²).
- It, b(40) : Le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée en (W/m²).

II.3.1.3 Parois intérieures

Les apports de chaleur à unissant t, $APO(t)$, traversant une paroi opaque en contact avec deux locaux conditionnés sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{\text{int}} \times [TS_a - TS_{bi}] \qquad \text{(II.25)}$$

Où :

- Kété : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée en (W/m². °C).
- Sint : La surface intérieure de la paroi considérée en (m²).
- TSa : La température sèche de l'air intérieur du local adjacent en (°C).
- TSb,i: La température sèche de l'air intérieur du local considéré en (°C).

Les apports de chaleur à un instant t, $APO(t)$, traversant une paroi opaque en contact avec un local non conditionné sont donnés par la formule suivante:

$$APO(t) = K_{été} \times S_{\text{int}} \times \Delta TInc(t) \qquad \text{(II.26)}$$

Où :

- Kété : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée en (W/m². °C).
- Sint : La surface intérieure de la paroi considérée en (m²).
- Δ tlnc : Représente l'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré en (°C).

$\Delta TInc$ est donnée par la formule suivante :

$$\Delta TInc(t) = \left[\left(TS_e(t) - C_{\ln c} \right) - TS_{bi} \right] \qquad \text{(II.27)}$$

Où :

- $TS_e(t)$: La température extérieure sèche à l'instant considéré en (°C).
- C_{lnc} : Un coefficient correcteur.
- $TS_{b,i}$: Représente la température intérieure du local conditionné en (°C).

II.3.1.4 Parois en contact avec le sol

Les apports $APO(t)$ à travers une paroi en contact avec le sol sont donnée par :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{app} \times \left(TS_m - TS_{bi} \right) \qquad \text{(II.28)}$$

Où :

- $K_{été}$: Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée en (W/m². °C).
- S_{app} : La surface de la zone d'apports (enm²).
- TS_m : La température moyenne sèche de l'air extérieur en (°C).
- $TS_{b,i}$: La température sèche de l'air intérieur du local considéré en (°C).

Dans le cas où les valeurs déterminées à l'aide de la formule précédente sont négatives, on n'en tiendra pas compte dans les calculs.

II.3.1.5Apports à travers les parois vitrées

Les apports à travers les parois vitrées intérieures $AVT(t)$ sont dus uniquement à la différence de température de part et d'autre de la paroi. Ils sont donnés par :

$$AVT(t) = 1.2 \times K_{été} \times S_{ouv} \times \left[TS_e(t) - TS_{bi} \right] \qquad \text{(II.29)}$$

Où :

- Kété : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée en (W/m². °C).
- Souv : La surface de l'ouverture dans la paroi opaque (enm²).
- $TS_e(t)$: La température extérieure sèche a t en (°C).
- $TS_{b,i}(t)$: La température intérieure en (°C).

Les gains à travers les parois vitrées extérieures $AV(t)$ sont donnés par :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \qquad \text{(II.30)}$$

Où :

- AVT (t) : Représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées en (W).
- AVE (t) : Représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées en (W).

Lesgainsdusaurayonnementsolaireàtraverslesparoisvitréesextérieures $AVE(t)$ sont donnés par :

$$AVE(t) = \left[SV_{ens} \times I_t + \left(SV - SV_{ens}\right) \times I_d\right] \times FS \times N_{PVI}(t) \qquad \text{(II.31)}$$

Où :

- SV : La surface totale vitrée en (m²).
- SV_{ens} : La surface vitrée en soleillée en (m²).
- $SV\text{-}SV_{ens}$: La surface vitrée à l'ombre en (m²).
- I_t : Le rayonnement total maximal réel en (W/m²).
- I_d : Le rayonnement diffus maximal réel en (W/m^2).
- N_{PVI} (t) : Représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées l'heur t considérée.
- FS : Le facteur solaire du vitrage.

Le rayonnement total maximal réel I_t et le rayonnement diffuse maximal réel I_d sont donnés par :

$$I_t = \left[C_{cadre} \times C_{\lim p} \times C_{alt} \times C_{ros}\right] \times I_{tb} \qquad \text{(II.32)}$$

$$I_d = \left[C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros} \right] \times I_{db} \qquad \text{(II.33)}$$

Où :

- C_{cadre} : Le coefficient tenant compte de la nature du cadre.
- *C_{limp} : Le coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère.
- *C_{alt} : Le coefficient tenant compte de l'altitude.
- *C_{ros} : Le coefficient tenant compte de la valeur du point de rosée.
- *$I_{t \cdot b}$et $I_{d \cdot b}$: Les rayonnements totale t diffus de base (en W/m²).

$$SV_{ens} = \left(H - H_0 \right) \left(L - L_0 \right) \qquad \text{(II.34)}$$

Où :

- L : Langueur de la fenêtre exprimée en (m).
- H : Hauteur de fenêtre exprimée en (m).
- L_o : Langueur de l'ombre exprimé en (m).
- H_o : Hauteur de l'ombre exprimé en (m).

$$L_0 = R.Tg\beta \qquad \text{(II.35)}$$

$$H_0 = \frac{R.tgh}{\cos \beta} \qquad \text{(II.36)}$$

Où :

- R : Retrait de la fenêtre exprimé en (m).
- β : Azimut exprimé en (°).
- h : Hauteur solaire exprimé en (°).

$$\beta = a - a_m \qquad \text{(II.37)}$$

- a : Azimut du soleil exprimé en (°).
- a_m : Azimut de la paroi verticale considérée en (°).

$$Sina = \frac{\cos\delta.\sin\omega}{\cosh} \qquad \text{(II.38)}$$

-la déclinaison(δ)

$$\delta = 23.45\sin\left(\frac{360}{365}(N+284)\right) \qquad \text{(II.39)}$$

N : Le numéro du jour dans l'année compté à partir du 21 juillet.

N=202

- la hauteur (h)

La hauteur du soleil est déterminée par la formule suivante :

$$Sinh = \sin\delta.\sin\phi + \cos\delta.\cos\phi.\cos\omega \qquad \text{(II.40)}$$

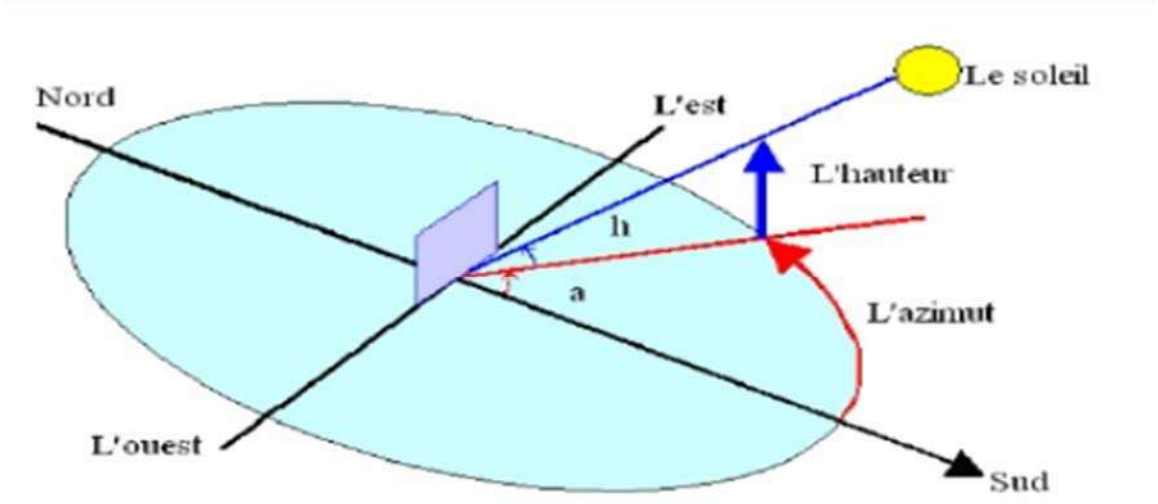


Figure (II.2) : les coordonnes horizontale.

II.3.1.6 Apports des chaleurs internes

Les apports de chaleur internes AI(t) à l'instant t sont donnés par la formule :

$$AI(t) = \left[\sum_j \left(CS_j \times AI_{s.j} \times N_{al.j}\right) + \sum_j \left(CS_j \times AI_{l.j}\right)\right] \qquad \text{(II.41)}$$

Où :

- $AI_{s.j}$: Représente la partie sensible de l'apport interne en en (W).
- $AI_{l.j}$: Représente la partie latente de l'apport interne en (W).
- CS_j : Le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne.
- $N_{Al.j}$: Le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne.

II.3.1.7 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur

Les gains sensibles dus au renouvellement de l'air $AREN_S$ et dus aux infiltrations $AINF_S$ sont donnés par les formules données ci-après :

$$AREN_S(t) = 0.320 \times qv_{an} \times \left[TS_e(t) - TS_{bi}\right] \qquad \text{(II.42)}$$

$$AINF_S(t) = 0.320 \times qv_{\inf} \times \left[TS_e(t) - TS_{bi}\right] \qquad \text{(II.43)}$$

Où :

- 0,320 : Représente le produit de la chaleur spécifique de l'air $(1004 J/Kg.°C)$ par la masse volumique de l'air $(1.15 Kg/m^3)$ et par un facteur de conversion $\left(\frac{1}{3600}\, j/m^3.°C\right)$.
- Qvan : Représente le débit d'air neuf en (m^3/h).
- Qvinf : Représente le débit dû aux infiltrations en (m^3/h).
- TSe(t) : Représente la température sèche de l'air extérieur en (°C).
- TSb,i : Représente la température sèche de l'air intérieur en (°C).

Les gains latents dus au renouvellement de l'air $AREN_i$, et dus aux infiltrations $AINF_i$ sont donnés par les formules données ci-après :

$$AREN_i(t) = 0.797 \times qv_{an} \times MAX\left[\left(HS_{be} - HS_{bi}\right); 0\right] \qquad \text{(II.44)}$$

$$AINF_i(t) = 0.797 \times qv_{\inf} \times MAX\left[\left(HS_{be} - HS_{bi}\right); 0\right] \qquad \text{(II.45)}$$

Où :

- 0,797 : Représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air $\left(1.15 Kg/m^3\right)$ par la chaleur de vaporisation de l'eau $\left(2498 j/g\right)$ et par un facteur de conversion $\left(\frac{1}{3600} j.Kg_{air} \Big/ g_{vap}.m^3{}_{air}\right)$.
- Qvan : Représente le débit d'air neuf en (m^3/h).
- Qvinf : Représente le débit dû aux infiltrations en (m^3/h).
- HSbe : Représente l'humidité spécifique de base de l'air extérieur en en (Jg air/g vap.m3 air).
- HSb,i : Représente l'humidité spécifique de base de Pair intérieur en en (g vap / kg as).

On utilisera le diagramme psychrométrique pour transformer l'humidité relative (en : %) et humidité spécifique en $\left(g_{vap}/Kg_{as}\right)$.

II.3.2 Vérification réglementaire

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de juillet, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$APO(t) + AV(t) \leq 1.05 \times A_{réf}(t) \qquad \text{(II.46)}$$

Où :

- APO(t) : Les apports calorifiques à travers les parois opaques aàriennes en(W).
- AV (t) : Les apports calorifique à travers les parois vitréesen(W).
- $A_{réf}$(t): Les apports calorifiques de référenceen(W).

Les termes de la formule (II.45) ne tiennent pas compte des parois en contact avec le sol, et des parois séparant deux locaux conditionnés.

II.3.2.1 Les apports calorifique de référence $A_{réf}$ sont données par

$$A_{réf} = A_{réf.PH} + A_{réf.PV} + A_{réf.PVI} \qquad \text{(II.47)}$$

Où :

- $A_{réf, PH}$: Les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques horizentales en (W).

- $A_{réf\ PV}$: Les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques verticales en (W).
- $A_{réf\ PVI}$: Les apports calorifiques de référence à travers les parois vitrées en(W).

II.3.2.2 Apports de référence des parois opaques horizontales

Les apports calorifiques de référence des parois horizontales $A_{réf.PH}$ sont calculés par la formule suivante :

$$A_{réf.PH} = \sum \left(a \times S_{int} \times \Delta TS_{réf.PH} \right) \qquad \text{(II.48)}$$

Où :

- a : Le coefficient lie à la nature de la construction et fonction de la zone climatique en($W/m^2.°C$).
- S_{int} : La surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur en (m^2).
- $\Delta TS_{réf\ PH}$: La différence de température de référence pour les parois horizontales en(°C).

II.3.2.3 Apports de référence des parois opaques verticales

Les apports calorifiques de référence des parois opaques verticales $A_{réf.PV}$ sont calculés par la formule suivante :

$$A_{réf.PV} = \sum \left(C \times S_{int} \times \Delta TS_{réf.PV} \right) \qquad \text{(II.49)}$$

Où :

- C : Le coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique en (W/m^2. °C).
- S_{int} : La surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur en (m^2).
- $\Delta TS_{réf\ PV}$: La différence de température de référence pour la paroi opaque verticale en (°C).

II.3.2.4 Apports de référence des parois vitrées

Les apports de référence pour les parois vitrées sont donnés par la somme des apports de référence de chaque paroi vitrée.

Les apports de référence $A_{réf.PVI}$ pour une paroi vitrée en contact avec l'extérieur

donnés par :

$$A_{réf.PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \qquad \text{(II.50)}$$

Où :

- $AVE_{réf}$: Les apports de référence dus à l'ensoleillement en(W).
- $AVT_{réf}$: Les apports de référence dus au gradient de température en(W).

Les apports de référence dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée $AVE_{réf}$ sont donnés par :

$$AVE_{réf} = \left[SV_{ens} \times I_t + \left(SV - SV_{ens}\right) \times I_d\right] \times FS_{réf} \times N_{PVI.réf} \qquad \text{(II.51)}$$

Où :

- SV : La surface totale vitrée en (m^2).
- SV_{ens} : La surface vitrée ensoleillée à t en (m^2).
- I_t : Le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et la latitude considérées en (W/m^2).
- I_d : Le rayonnement diffus maximal réel en (W/m^2).
- $FS_{réf}$: Le facteur solaire de référence, $FS_{réf}$ est égal à :
  - 0,15 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement.
  - 0,38 pour les locaux à usage de bureaux.
- $N_{PVI'réf}$: Le coefficient d'amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées pour l'orientation considérée.

Les apports de référence dus au gradient de température à travers une paroi vitrée $AVT_{réf}$ sont donnés par :

$$AVT_{réf} = e' \times S_{ouv} \times \Delta TS_{réf.PVI} \qquad \text{(II.52)}$$

Où :

- e' : Le coefficient relatif à la nature des locaux, la valeur de e' en ($W/m^2.°C$), est prise égale à :
  - 4.2 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement.
  - 5.4 pour les locaux à usage de bureaux.
- S_{ouv} : La surface d'ouverture dans le mur en (m^2).

- $\Delta TS_{réf,\ PVI}$ La différence de référence des parois vitrées en (°C).

Les apports de référence $A_{réf\ .PVI}$ pour une paroi vitrée en contact avec un local non conditionnée sont donnés par :

$$A_{réf\ .PVI} = 4.5 \times S_{ouv} \times \Delta TS_{réf\ .PVI} \qquad \text{(II.53)}$$

Où :

- S_{ouv} : La surface d'ouverture dans le mur en (m^2).
- $\Delta TS_{réf,\ PVI}$: La différence de référence des parois vitrées en (°C).

II.3.3 Calcul des apports par RIETSCHELL

On distingue deux types :

$$Q_{OP} = Q_{EXT} + Q_{INT} \qquad \text{(II.54)}$$

II.3.3.1 Les apports extérieurs

L'étude des facteurs climatiques « température, rayonnement solaire » en été comportent une importance primordiale pour le contrôle de notre environnement intérieur, cette étude permet en particulier de fixer les conditions de base extérieure qui seront l'un des points de départ pour déterminer la puissance de l'installation de climatisation.

$$Q_{EXT} = Q_V + Q_{OP} + Q_{INF} \qquad \text{(II.55)}$$

II.3.3.1.1 Les apports calorifiques dus aux parois vitrées

Les vitres sont des parois à faible inertie thermique et les apportes à travers ces parois sont instantanés et sont donnés par la relation suivante :

$$Q_{vit} = Q_{tr} + Q_{ens} \qquad \text{(II.56)}$$

Où :

- Q_{tr} : Apports calorifiques par transmission exprimé en (Kcal/h).
- Q_{ens} : Apports calorifiques par ensoleillement exprimé en (Kcal/h).

$$Q_{tr} = K_{vit} \times S_{vit} \times (T_e - T_i) \quad \text{(II.57)}$$

Où :

- K_{vit} : Coefficient de transmission global de la vitre exprimé en (Kcal/h.m^2.°C).
- S_{vit} : Surface de la vitre exprimée en (m^2).

$$t_e = t_B - E.\Delta h \quad \text{(II.58)}$$

- t_B : Température de base du lieu considéré en (°C).
- E : Ecart diurne exprimé en (°C).
- Δh : Coefficient qui dépend de l'heure de solaire de calcul.

$$Q_{ens} = (I_{GC} \times S_s + I_{de} \times S_0) \times F \times C \quad \text{(II.59)}$$

Où :

- F : Coefficient de correction en fonction du type de la menuiserie.
- C : Coefficient de correction en fonction du dispositif de protection.
- S_s : Surface ensoleillée du vitrage exprimé en (m^2).

$$S_S = (L - L_0)(H - H_0) \quad \text{(II.60)}$$

Où :

- L : Langueur de la fenêtre exprimée en (m).
- H : Hauteur de fenêtre exprimée en (m).
- L_o : Langueur de l'ombre exprimé en (m).
- H_o : Hauteur de l'ombre exprimé en (m).
- S_o : Surface ombrée de la vitre exprimée en (m^2).

$$S_0 = S_{vit} - S_s \quad \text{(II.61)}$$

$$L_0 = R.Tg\,\beta \quad \text{(II.62)}$$

$$H_0 = \frac{R.Tgh}{\cos\beta} \quad \text{(II.63)}$$

Où :

- R : Retrait de la fenêtre exprimé en (m).
- β : Azimut exprimé en (°).
- h : Hauteur solaire exprimé en (°).

$$Sinh = \sin\delta.\sin\phi + \cos\delta.\cos\phi.\cos\omega \quad \text{(II.64)}$$

Où :

- Φ : La latitude du lieu considéré exprimé en (°).
- ω : L'angle horaire exprimé en (°).
- δ : La déclinaison solaire exprimée en (°).

$$\delta = 23.45.\sin\left[(N+284)\frac{360}{365}\right] \quad \text{(II.65)}$$

Où :

- N : Nombre des jours dans l'année à partir du 21 juillet.

$$\beta = a - a_m \quad \text{(II.66)}$$

Où :

- a : Azimut du soleil exprimé en (°).

$$Sina = \frac{\cos\delta.\cos\omega}{\cosh} \quad \text{(II.67)}$$

Où :

- a_m : Azimut de la paroi verticale considérée en (°).
- I_{GC} : Rayonnement global corrigé exprimé en (Kcal/h.m^2).

$$I_{GC} = I_G.K_1.K_2 \quad \text{(II.68)}$$

Où :

- K_1 : Coefficient de correction pour tenir compte du climat et de l'altitude.
- K_2 : Coefficient de correction pour tenir compte de l'épaisseur de la vitre.
- I_G : Rayonnement global exprimé en (Kcal/h.m^2).

$$I_G = I_D + I_d \quad \text{(II.69)}$$

Où :

- I_D : Rayonnement solaire direct.

$$I_D = I_0.\tau^m.\cosh.\cos\beta \quad \text{(II.70)}$$

Où :

- I_O : Emission énergétique du soleil en dehors de l'atmosphère.
- τ: Coefficient de transparence dépendant du climat.
- m : Masse relative de l'air.

$$m = \frac{1}{\sinh} \quad \text{(II.71)}$$

$$I_{dc} = I_d.K_1.K_2 \quad \text{(II.72)}$$

- I_{dc} : Rayonnement solaire diffus corrigé exprimé en (Kcal/h.m^2).

II.3.3.1.2 Les Apports calorifiques dus aux parois opaques

En été les apports calorifiques résultent non seulement de la déférence entre les températures de l'air extérieur et intérieur des locaux climatisés, mais aussi du fait que les parois extérieures sont soumises au rayonnement solaire, donc ces apportes sont importants en raison de l'absorption et de « l'emmagasinement » de la chaleur solaire par les parois extérieures.

$$Q_{OP} = K.S.\left[\left(T_{eqm} - T_i\right) + m\left(T_{eq} - T_{eqm}\right)\right] \qquad \text{(II.73)}$$

Où :

- Q_{op} : Apports par paroi opaque exprimée en (Kcal/h).
- t_{eq} ,t_{eqm} : Température extérieure équivalente, moyenne respectivement exprimé en (°C).
- K : Coefficient global de transmission de chaleur exprimé en (Kcal/h .m^2. °C).
- S : Surface de la paroi extérieure exprimée en (m^2).
- t_i : Température intérieur (°C).

$$T_{eq} = T_e + \frac{\left(A.I_{GC}\right)}{\alpha_e} \qquad \text{(II.74)}$$

Où :

- t_e : Température extérieure à l'heure « z - ε ».
- z : L'heure de calcul.
- A : Coefficient d'absorption de la paroi, dépende de la nature du matériau constituant la surface extérieure de la paroi.
- I_{GC} : Intensité global du rayonnement solaire corrigé à l'heure « z - ε ».
- α_e : Coefficient de transmission superficiel extérieur (Kcal/h .m^2. °C).

$$T_{eqm} = T_{em} + \frac{\left(A.I_m\right)}{\alpha_e} \qquad \text{(II.75)}$$

Où :

- I_m : Intensité de rayonnement solaire moyenne exprimé en (Kcal/h .m^2).
- t_{em} : Température extérieure moyenne exprimé en (°C).

$$T_{em} = T_B - 0.52.E \quad \text{(II.76)}$$

Où :

- t_B : Température extérieure de base exprimé en (°C).
- E : Ecart diurne exprimé en (°C).

$$\varepsilon = 2.7 \times D - 0.4 \quad \text{(II.77)}$$

Où :

- ε : Le retard.
- D : Indice d'inertie thermique de la paroi.

$$D = 0.51 \times R_i \times \sqrt{\left(\lambda_i . C_{pi} . \rho_i\right)} \quad \text{(II.78)}$$

Où :

- ρ_i : La masse volumique de la1^{ér} couche de la paroi exprimée en (Kg/m^3).
- λ_i : Conductivité thermique de la1^{ér} couche de la paroi exprimée en (Kcal/h.m.°C).
- C_{pi} : Chaleur massique de la1^{ér} couche de la paroi exprimé en (Kcal/Kg°.C).

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad \text{(II.79)}$$

Où :

- R_i : Résistance thermique de la 1^{ér} couche de la paroi exprimée en (h.m^2.°C/Kcal).
- δ_i : Epaisseur de la 1^{ér} couche de la paroi exprimée en (m).

$$m = \left(\frac{\alpha_i}{K}\right).\left(\frac{1}{\upsilon}\right) \qquad \text{(II.80)}$$

Où :

- m : Coefficient d'amortissement.
- K : Coefficient global de transmission de chaleur exprimé en (Kcal/h.m^2.°C).
- α_i : Coefficient de transmission superficiel intérieur exprimé en (Kcal/h.m^2.°C).
- ν : Le rapport entre les amplitudes de variation des températures superficielles cotes extérieur et intérieur.

- **La paroi ne comporte pas une lame d'air**

$$\upsilon = 2^D \times \left(0.83 + 3.\frac{\sum R_i}{D_i}\right) \qquad \text{(II.81)}$$

- **La paroi comporte une lame d'air**

On doit corriger la valeur de υ par multiplication par coefficient de correction « β_1»

$$\beta_1 = 1 + 0.5 \times R_n \times \left(\frac{D_i}{\sum R_i}\right) \qquad \text{(II.82)}$$

Où :

- R_n : Résistance de lame d'air, exprimé en (h.m^2.°C/Kcal).

- **La paroi comporte un isolant**

On doit corriger la valeur de υ par multiplication par coefficient de correction « β_2»

$$\beta_2 = 0.85 + 0.15 \times \sqrt{\frac{\left(\lambda_i.C_{pi}.\rho_i\right)_{mac}}{\left(\lambda_i.C_{pi}.\rho_i\right)_{isol}}} \qquad \text{(II.83)}$$

Où :

- $\lambda_{maç}$, $C_{pmaç}$, $\rho_{maç}$: Caractéristique de la couche maçonnerie.
- λ_{iso}, $C_{p\,iso}$, ρ_{iso} : caractéristique de la couche isolante.

D'où $$\upsilon_0 = \upsilon.\beta_2 \quad \text{(II.84)}$$

II.3.3.1.3 Les apports calorifiques par infiltration

L'air extérieur pénètre par infiltration à l'intérieur des locaux climatisés des variations des températures.

Les apports par infiltration sont donnés par la relation :

$$Q_{\text{inf}} = 0.3 \times V \times r \times \left(T_e - T_i\right) \quad \text{(II.85)}$$

Où :

- V : Volume du local exprimé en (m^3).
- r : Coefficient d'infiltration, varie en fonction de volume de local.

II.3.3.2 Les apports intérieurs

Les charges dues à l'environnement intérieur sont essentiellement constituées par les dégagements au gain de chaleur et d'humidité à l'intérieur même des locaux climatisés, pour obtenir une estimation valable de ces apports et limiter la puissance maximale de l'installation à une valeur économique nous serons amenés à appliquer des coefficient de simultanéité à l'ensemble des gains intérieur ou à certains d'entre eux.

Les gains intérieurs ont essentiellement pour origine :

$$Q_{INT} = Q_{OCC} + Q_{Mél} + Q_{écl} \quad \text{(II.86)}$$

II.3.3.2.1 Les apports dus aux occupants

L'homme peut être assimilé comme un générateur thermique dont une partie de l'énergie produite est utilisé pour maintenir constante la température intérieure des corps. L'autre partie devant être dissipée dans le milieu ambiant sous forme de chaleur sensible ou latente par rayonnement, convection et évaporation « métabolisme ».

$$Q_{OCC} = \left(Q_S + Q_L\right).N \qquad \text{(II.87)}$$

Où :

- Q_S : Chaleur sensible dégagée par personne exprimé en (Kcal/h. personne).
- Q_L : Chaleur latente exprimé en (Kcal/h. personne).
- N : Nombre des occupants.

II.3.3.2.2 Les apports calorifiques dus aux machines électriques

$$Q_M = 0.86 \times N \times \psi \qquad \text{(II.88)}$$

Où :

- N : Puissance de machine électrique exprimée en (KW).
- Ψ : Coefficient d'utilisation (0.30 ÷ 0.95).

II.3.3.2.3 Les apports calorifiques dus à l'éclairage

En raison du fonctionnement à l'intérieur même des locaux climatisés, on considère que tout l'énergie électrique consommé se transforme en intégralement en chaleur, cette chaleur dégagé en convection, rayonnement.

$$Q_{écl} = 0.86 \times S \times N \times \xi \qquad \text{(II.89)}$$

Où :

- N : Puissance installé par 1m² de surface (kw/m²).
- S : Surface du plafond (m²).
- ξ : Coefficient de simultanéité (0 à1).

CHAPITRE I

RESULTAT ET DISCUSSION

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Résultat et discussions

III.1.1 Evolution du rayonnement solaire en fonction du temps

La figure (III.1) montre la variation de différentes composantes des rayonnements solaire (direct, diffus et global) pour une journée typique en fonction du temps. Comme illustré dans les figures présentées dans les calculs des apports calorifiques, aussi le rayonnement solaire présente un point maximal pendant la journée puis commence à diminuer à partir de midi.

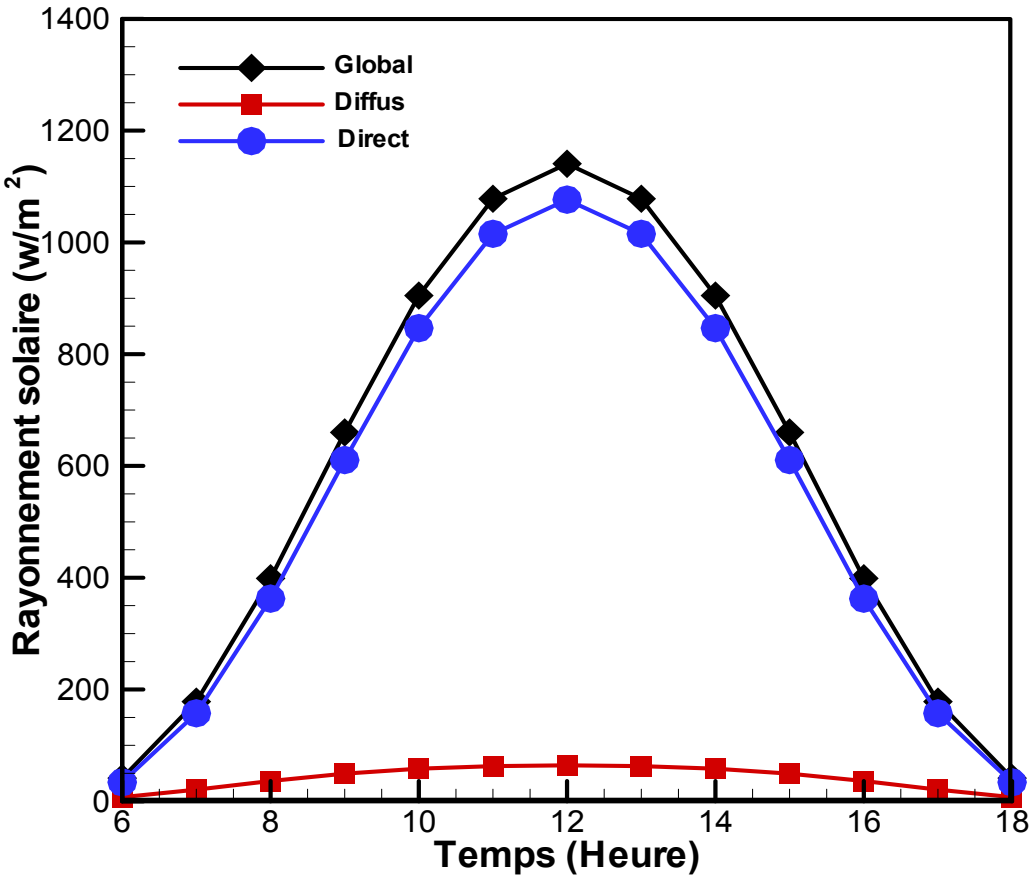


Figure (III.1) : Variation temporelle des rayonnements solaire en fonction du temps.

III.1.2 Evolution les apports calorifiques en fonction du temps

La figure (III.2) montre la variation des apports calorifiques calculés et les apports calorifiques de référence du local considéré en fonction du temps. Au premier temps ces apports s'accroits jusqu'à atteint son maximum autour de 11h00 puis commence à diminuer et se stabilise à partir 15h00.

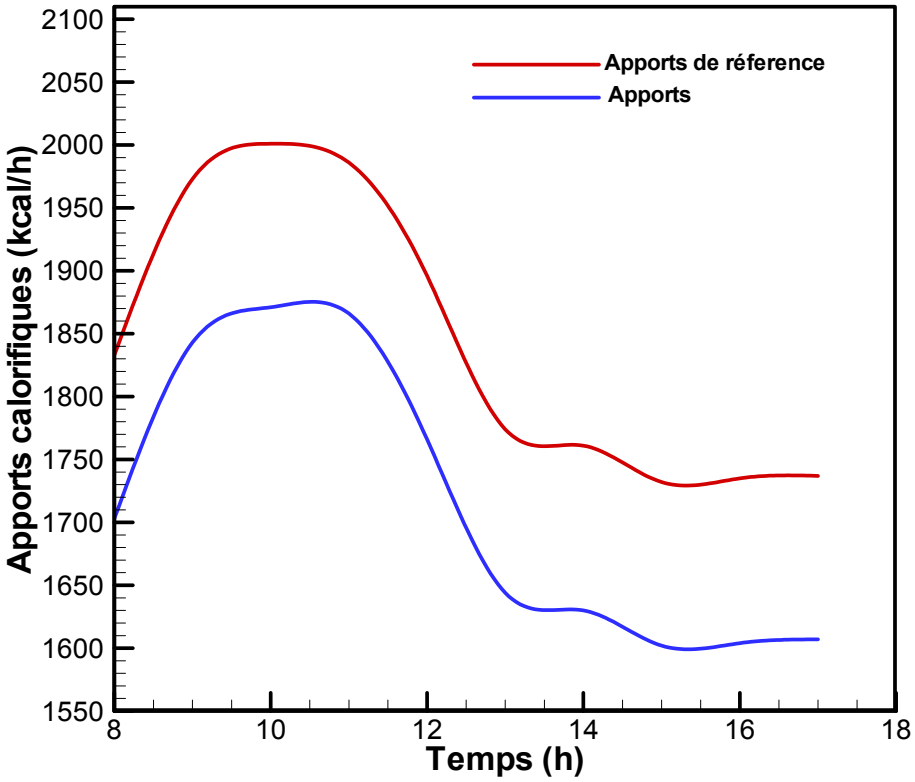


Figure (III.2) : Variation temporelle des apports calorifiques calculés et les apports de référence en fonction du temps.

La figure (III.3) montre une comparaison entre la variation des apports calorifiques calculés en utilisant notre cours de Master et les apports calorifiques en utilisant le D.T.R du local considéré en fonction du temps. Au premier temps ces apports s'accroits jusqu'à atteint son maximum autour de 10h00 puis commence à diminuer et se stabilise à partir 14h00.

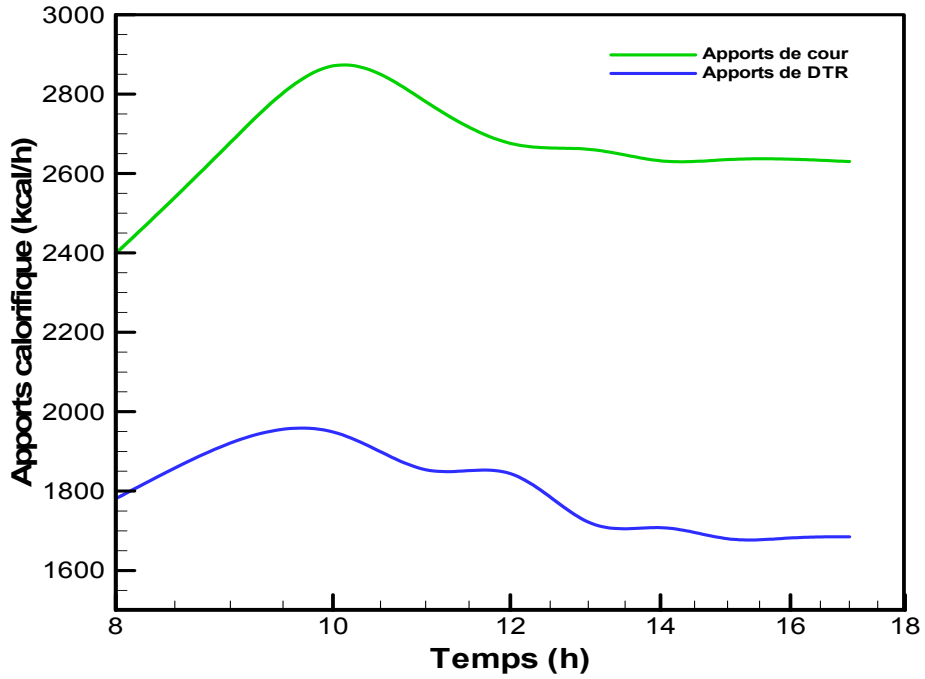


Figure (III.3) : Variation temporelle des apports calorifiques (D.T.R et RIETSCHELL) en fonction de temps.

III.1.4 Evolution les déperditions calorifiques en fonction de la température extérieure

La figure (III.4) montre la variation de déperditions calorifiques calculées en utilisant la méthode allemande et les déperditions calorifiques en utilisant le D.T.R du local considéré par transmission en fonction de la température du milieu extérieur. Une diminution linéaire de ces déperditions a été notée en fonction de l'accroissement de la température extérieure.

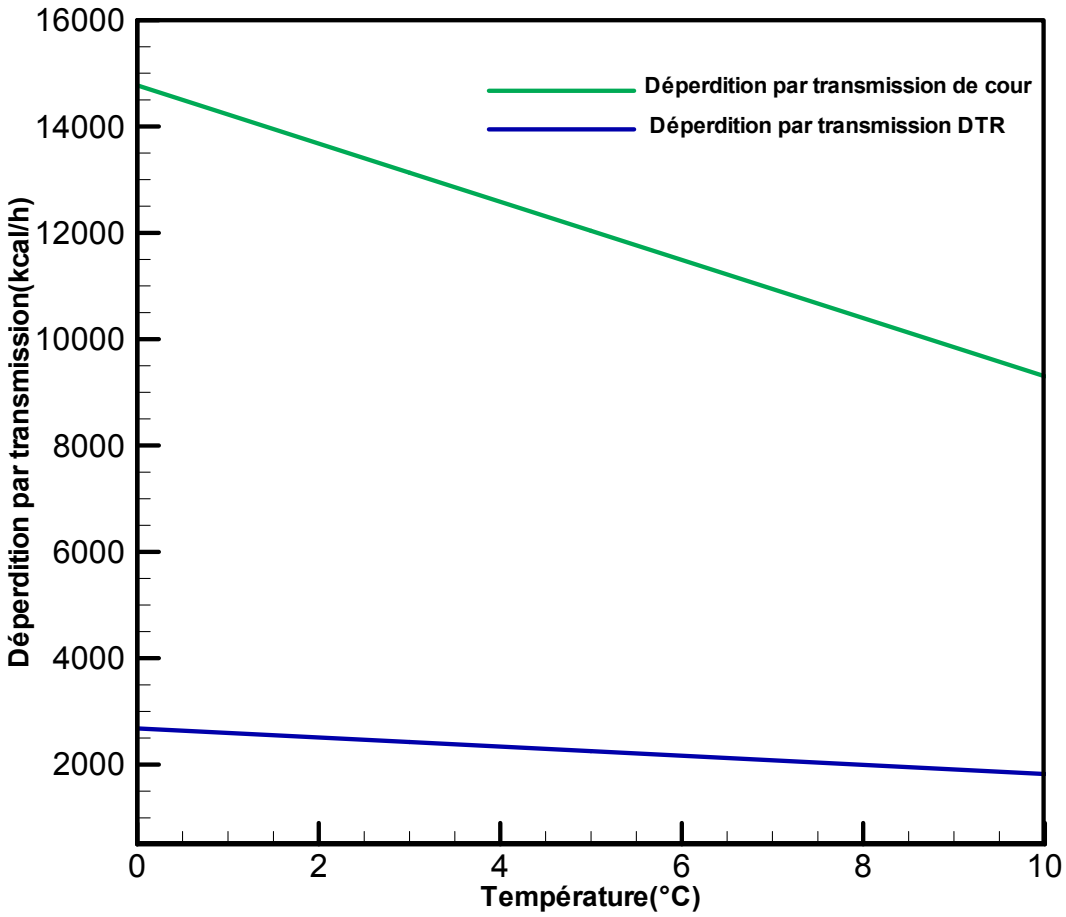


Figure (III.4) : Variation les déperditions calorifiques en fonction de la température extérieure en fonction de la température extérieure.

La figure (III.5) montre la variation de déperditions calorifiques calculées en utilisant la méthode RIETSCHEL et les déperditions calorifiques en utilisant le D.T.R du local considéré par ventilation en fonction de la température du milieu extérieur. Une diminution linéaire de ces déperditions a été notée en fonction de l'accroissement de la température extérieure.

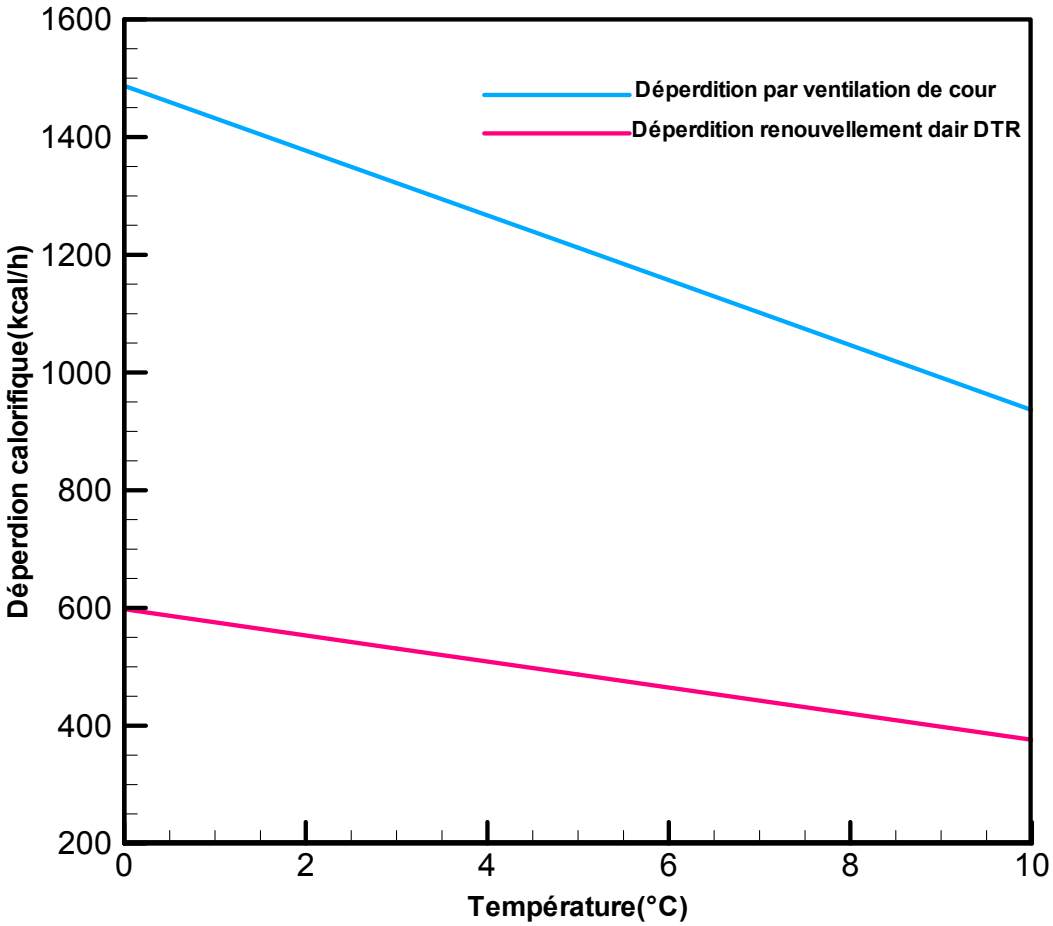


Figure (III.5) : Variation les déperditions calorifiques en fonction de la température extérieure.

CONCLUSION GENERAL

Dans ce travail de master, une étude comparative des méthodes de calcul du bilan thermique d'une installation de chauffage et de climatisation du confort a été effectuée à travers les méthodes étudiées déjà dans le parcours de formation de Master (méthode allemande et méthode documents techniques réglementaires Algérienne –D.T.R). Les résultats obtenus incluant les apports calorifiques, les déperditions calorifiques et le rayonnement solaire sont analysés et discutés.

Un écart important a été noté dans la section des résultats entre les déperditions calorifiques calculé en utilisant la méthode de D.T.R et la méthode Allemande. Aussi, un écart a été noté entre les apports calorifiques étudié dans notre parcours de Master et à celles fournis par la méthode de D.T.R les écarts mentionnés peuvent être justifiés par les hypothèses simplificatrices pris lors de l'élaboration de ces modèles de calcul. Le seul moyen pour interpréter ces écarts est d'effectuer des études expérimentales et d'utiliser d'autres modèles en peut les citer par exemple, méthode Américaines (Eschera), méthodes Française, etc.

BIBLIOGRAPHIE

[1].Document technique réglementaire (D.T.R C 3.4). Climatisation. Règle de calcul des, apports calorifiques des bâtiments.

[2].Document Technique Réglementaire D.T.R. C 3.2) Règles de calcul des déperditions calorifiques

[3] Y. CHIBA, Cours de Chauffage, Université de Médéa, 2016.

[4] Y. CHIBA, Cours de Climatisation, Université de Médéa, 2016.

[5] Rechnagel, Manuel pratique de génie climatique

[6] Rietschell, Traité pratique de chauffage