

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Génie Civil

Spécialité : **structure : efficacité énergétique dans le bâtiment
de construction**

Sujet :

**ETUDE DU TRANSFERT THERMIQUE DANS LE
BATIMENT**

Présenté Par :

BELARBI MONCIF NAZIH

BENMANSOUR MOHAMMED BENALI

Soutenu en juin 2022 devant le jury composé de :

Mr MISSOUM Abdelghani

Univ.Tlemcen

Président

Mr BABA AHMED Ismail

Univ.Tlemcen

Encadrant

Mr SELKA Ghouti

Univ.Tlemcen

Examineur

Dédicace :

Je dédie ce mémoire

A mes parents, Soraya et Abdallah qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A mon frère Merouane et ma sœur Ikram, ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma grand-mère Cherifa el Batoul qui a impacté positivement ma vie je te remercie pour tes précieux duaa qui m'ont guidé là où je suis aujourd'hui.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A mes amis Momo, Hind, Amine et Abderahim avec qui j'ai partagé des moments inoubliables durant tout mon cursus universitaire, qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime.

BELARBI MONCEF

Dédicace :

Je dédie ce mémoire

*A Mon père [Allah yarahmou] et à ma mère qui m'ont
soutenu dans mes études*

A ma grand-mère à qui je souhaite faire honneur

A mes sœurs et ma cousine qui ont été toujours là pour moi

Et à toute ma famille.

*Aussi à mes amis qui m'ont accompagné dans mon cursus et
avec qui j'ai partagé des moments inoubliables*

Merci d'être là pour moi

BENMANSOUR MED BENALI

Remerciements :

En premier, nous remercions le tout puissant **ALLAH**, notre créateur qui nous a donné la force
D'accomplir ce travail.

Nous remercions dans un premier temps nos parents pour leur conseil et soutiens moral durant
Toutes nos études.

Nous remercions vivement et chaleureusement **Mr BABA AHMED Ismail** notre encadrant de ce mémoire, pour nous avoir soutenus et guidé tout au long de ce dernier. Nous le remercions particulièrement pour la confiance qu'il nous a accordés, pour sa rigueur scientifique, pour sa patience et pour ses conseils judicieux qui ont contribué à la réalisation et à l'accomplissement de ce travail.

Nous voulions ici, au terme de ce travail en profiter pour adresser nos vifs et sincère

Remerciements à :

L'université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen et à tous les enseignants du département de génie civil

Nous tenons à exprimer nos remerciements à **Mr MISSOUM Abdelghani** qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury, tout comme **Mr SELKA Ghouti** d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.

Nos vifs remerciements vont également A nos familles et amis qui nous ont toujours soutenu par leurs prières et encouragements.

Résumé

En Algérie, les constructions sont très peu économes en énergie et par conséquent, elles restent un grand secteur de consommation de l'énergie, d'autant plus, les logements ne sont pas régis par une réglementation contraignante en la matière. Afin de quantifier les déperditions, les apports et le besoin annuel de chauffage d'une habitation, nous avons utilisé un logiciel de calcul « REVIT » qui est un descriptif du logement et de ses équipements, avec une estimation de la consommation d'énergie et vérifier la conformité de logement avec le DTR C3.2 et DTR C3.4.

On a pris en compte : le chauffage, le refroidissement, les compositions des parois et son orientation, les fenêtres, le climat local et l'isolation sont aussi comptabilisés. Des conseils et des solutions prodigués pour réduire la consommation énergétiques et recommandations de travaux permettent d'économiser de l'énergie et améliorer la performance de la construction et assurer le confort thermique de l'habitat.

Mots clés : Consommation – Chauffage – Climatisation – REVIT – isolation – déperditions – DTR C3.2 – DRT C3.4.

Abstract

In Algeria, the constructions are very efficient in energy and therefore, they remain a large sector

of energy consumption, even more, housing are not governed by binding legislation on the subject. No incentive for solar water heater and solar panel exists, including in the South. To quantify the heat losses and contributions and annual need for heating of a dwelling, we've designed a calculation software « REVIT » that is a description of housing and facilities, with an

Estimate of the energy consumption and check housing compliance with the DTR C3.2 and the DTR C3.4. Are taken into account: heating, cooling and wall compositions and its orientation, windows and doors, the local climate and isolation are also recorded. Recommendations of work and advice and solutions to reduce energy consumption and recommendations of work allow saving energy and improving the performance of the construction with an order of magnitude of the cost of works or equipment.

Keywords: Consumption – Heating - Air conditioning- REVIT – insulation–heat losses –DTR C3.2 – DRT C3.4.

ملخص

في الجزائر لا تتمتع المباني بكفاءة عالية في استخدام الطاقة و بالتالي فهي تظل قطاعا " كبيرا في استهلاك الطاقة خاصة و ان الإسكان لا يخضع لأنظمة تقييدية في هذا المجال و من اجل تحديد الخسائر و المساهمات و الحاجة السنوية لتدفئة المنزل إستخدمنا برنامج حساب **REVIT** الذي هو وصف الإسكان و معداته مع تقدير الإستهلاك السنوي للطاقة (كيلوواط ساعة/متر مربع سنويا) و التحقق من توافق الإسكان مع DTR.C3-2 و DTR.C3-4تؤخذ باعتبار التدفئة و التبريد و تركيبات الحائط و التوجيه و النوافذ و عدد السكان و المناخ المحلي و العزل يتم أيضا حسابه. يمكن لنصائح و الحلول الخاصة بتقليل إستهلاك الطاقة و توصيات العمل توفير الطاقة و تحسين أداء البناء و ضمان الراحة الحرارية في المنزل.

كلمات البحث:

الاقتصاد -الإستهلاك-التدفئة-تكييف الهواء-العزل-التوزيع -**REVIT**-DTR.3-2-DTR.3-4.

Sommaire

Dédicace :	2
Remerciements :	4
Résumé	5
Abstract	6
I. Introduction :	1
II. Définition de base :	1
III. Les différents modes de transfert thermique :	1
III.1. Transfert de chaleur par conduction :	1
III.1.1. Processus :	1
III.1.2. La résistance thermique par conduction :	1
III.1.3. Transfert thermique dans les murs :	2
III.1.4. Expression du flux thermique de conduction dans un mur :	2
III.2. Transfert thermique par convection :	2
III.2.1. La convection naturelle (libre) :	3
III.2.2. La convection forcée :	3
III.2.3. Résistance thermique de convection :	3
III.2.4. Coefficient d'échange par convection :	3
III.2.5. Le coefficient h dépend de nombreux paramètres (4) :	4
III.3. Transfert thermique par rayonnement:	4
III.3.1. Structure du rayonnement:	4
III.3.2. Condition de rayonnement d'un corps :	5
IV. Déperdition thermique :	5
V. Pont thermiques :	6
V.1. Types de ponts thermiques :	6
V.1.1. Ponts thermiques des liaisons :	7
V.1.2. Ponts thermiques intégrés ou ponctuels :	7
.....	7
VI. L'isolation :	7
VI.1. L'isolation thermique :	8
VI.2. Le but de l'isolation thermique :	8
VI.3. Types d'isolation :	8
VI.3.1. L'isolation thermique par l'extérieur :	8
VI.3.2. L'isolation thermique par l'intérieure :	9
VII. Conclusion :	9

Sommaire

I. Introduction :	10
II. Présentation du projet :	10
II.1. Données architecturales de la maison :	14
II.2. Données géographiques de la maison :	14
II.3. Déperditions de la maison :	14
II.3.1. Déperditions totales d'un volume :	14
II.3.2. Déperditions par transmission d'un volume :	14
II.4. Vérification et les déperditions de référence :	15
II.4.1. Vérification réglementaire :	15
II.4.2. Calcul des déperditions de référence :	15
II.5. Les déperditions surfaciques par transmission de la maison :	16
II.6. Coefficients de transmission surfacique (K) :	17
II.6.1. Résistance thermique d'un matériau :	17
A. Murs extérieurs :	17
B. Plancher :	18
C. Toiture :	18
II.7. Calcul du coefficient de transmission surfacique de la maison :	19
II.7.1. Calcul du coefficient de transmission surfacique du mur extérieur (K_m) :	19
II.7.2. Calcul du coefficient de transmission surfacique des cloisons (K_c) :	20
II.7.3. Calcul du coefficient de transmission surfacique du plancher (RDC) (K_p) :	20
II.7.4. Calcul du coefficient de transmission surfacique de la toiture (K_t) :	21
II.7.5. Coefficient de transmission surfacique des portes et des fenêtres :	21
II.8. Déperditions par les ponts thermiques :	26
II.9. Déperditions par renouvellement d'air :	26
II.10. Déperditions de Base :	27
II.10.1. La température intérieure de base :	27
II.10.2. La température extérieure de base :	28
2.13 Coefficient de déperdition globale (G) : (méthode RT2012) (10)	28
III. Conclusion :	30
I. Introduction :	31
II. Puissance de chauffage à installer : (méthode du DTR 3-2)	31
II.1. Calcul des besoins en chauffage :	31
III. Climatisation : (13)	33
III.1. Calcul des apports calorifiques :	33

Sommaire

III.2. Vérification réglementaire :	33
III.2.1. Les apports calorifiques de référence $A_{réf}$ sont donnés par :	33
III.2.2. Les apports calorifiques de référence $A_{réf}$ sont donnés par :	33
Les apports calorifiques de référence des parois opaques horizontales $A_{réf,PH}$ sont calculés par la formule suivante :	33
III.2.3. Apports de référence des parois opaques verticales :	34
III.2.4. Apports de référence des parois vitrées :	34
IV. Conclusion :	39
I. Introduction :	40
II. Présentation du logiciel revit :	40
II.1. A propos de Revit :	40
II.2. Fonctionnement et utilisation de revit :	40
II.2.1. Revit MEP :	40
II.2.2. Principales fonctionnalités pour l'outil MEP :	40
A. Conception intégrée :	40
B. Analyse :	40
C. Documentation :	41
D. Fabrication :	41
II.3. Méthodes de calcul des charges de refroidissement et de chauffages par le logiciel revit :	41
II.3.1. Présentation du processus de calcul :	41
II.3.2. Méthode de calcul RTS :	44
II.3.3. Formules de calcul méthode RTS :	44
A. Valeurs "Température sol (T_{sol})" :	44
B. Calcul du gain de chaleur conductive :	45
C. Gain de chaleur à travers des surfaces intérieures :	46
D. Gain de chaleur par les fenêtres :	47
E. Charges de plénum :	48
II.3.4. Charges de chauffage :	50
II.3.5. Psychrométrie :	51
II.3.6. Charges des zones, des niveaux et du bâtiment :	51
III. ETUDE DE CAS :	52
III.1. Plan de situation :	53
III.2. Illustration 3D :	53
III.3. Modélisation par REVIT :	54
III.4. Affectation des matériaux : (toiture, plancher, cloison, mur extérieur)	55

Sommaire

III.5. Analyse des charges de chauffage et de refroidissement :.....	56
III.5.1. Définir les espace et volumes :.....	56
III.5.2. Localisation et données climatique :	57
III.5.3. Calcul des charges :.....	58
III.5.1. Rapports de calcul :.....	59
III.6. Interprétation des résultats :	61
III.7. Comparaison entre méthode et conclusion :.....	61
I. Référence :.....	64

Liste des abréviations

Symbole	Signification	Unité
D	Déperditions thermiques totales	W/°C
D _T	Déperditions thermiques par transmission	W/°C
D _S	Déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois En contact avec l'extérieur	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 _{Inc}	Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non Chauffés	W/°C
D _R	Déperditions thermiques par renouvellement d'air	W/°C
D _{Rv}	Déperditions par renouvellement d'air dues au fonctionnement Normal des dispositifs de ventilation	W/°C
D _{Rs}	Déperditions par renouvellement d'air supplémentaires dues au Vent	W/°C
D _{réf}	Déperditions par transmission de référence	W/°C
D _B	Déperditions de base	W
Q	Puissance de chauffage fournie par une chaufferie	W
K	Coefficient de transmission surfacique	W/m ² .°C
K _{moy.}	Coefficient de transmission surfacique moyen	W/m ²
K _g	Coefficient de transmission surfacique global	W/m ² .°C
K _w	Coefficient de transmission thermique de la fenêtre, de la porte ou De la porte-fenêtre	W/m ² .°C
K _g	Coefficient surfacique en partie centrale du vitrage	W/m ² .°C
K _f	Coefficient surfacique moyen de la menuiserie	W/m ² .°C
K _p	Coefficient surfacique en partie centrale du panneau opaque	W/m ² .°C

Symbole	Signification	Unité
ΔT_s	Différence de températures sèches	°C
Δt_e	Différence de température équivalente	°C
Δt_{es}	Différence de température équivalente non corrigée (conditions standard) pour une paroi à l'ombre	°C
Δt_{em}	Différence de température équivalente non corrigée (conditions standard) pour une paroi ensoleillée	°C
Δt_{Inc}	Ecart de température sèche entre un espace non conditionné et un local conditionné	°C

Liste des abréviations

A	Apports calorifiques	W
AE	Apports calorifiques effectifs	W
AI	Apports calorifiques internes	W
APO	Apports calorifiques par une paroi opaque	W
AREN	Apports calorifiques dus au renouvellement d'air	W
AINF	Apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur	W
AT	Apports calorifiques totaux	W
AV	Apports calorifiques à travers les parois vitrées	W
AVE	Apports par rayonnement solaire à travers les parois vitrées	W
AVT	Apports par transmission à travers les parois vitrées	W
BF	Facteur de by-pass	-
C	Coefficient de correction	(selon les cas)
CS	Coefficient de simultanéité	-
D _i	Diamètre intérieur	M
D _e	Diamètre extérieur	M
EAT	Ecart annuel de température	°C
FS	Facteur solaire	-
HR	Humidité relative	%
HS	Humidité spécifique d'air	gvap./kgas
I	Rayonnement	W/m ²
K	Coefficient surfacique de transmission calorifique	W/m ² .°C
L	Latitude	Degré
M	Masse rapportée à la surface du plancher	kg/m ²

Liste des figures

FIGURE 1 REPRESENTATION DU TRANSFERT THERMIQUE DANS UN MUR SIMPLE ET MUR.....	2
FIGURE 2 TYPES DE TRANSFERT THERMIQUE	3
FIGURE 3 REPARTITION DU RAYONNEMENT SOLAIRE SUR UNE SURFACE	4
FIGURE 4 PERTES D'ENERGIE DANS UN BATIMENT NON ISOLE.....	5
FIGURE 5 PHOTOS INFRAROUGE MONTRANT DIFFERENTS PONTS THERMIQUES	6
FIGURE 6 PONTS THERMIQUES DE LIAISON	7
FIGURE 7 PONTS THERMIQUES INTEGRES.....	7
FIGURE 8 ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTERIEUR	8
FIGURE 9 ISOLATION EXTERIEUR ET INTERIEUR	9
FIGURE II-1PLAN ARCHITECTUREL DE LA MAISON ETUDIEE.....	11
FIGURE II-2SCHEMA MONTRANT L'EXISTENCE D'UN PONT THERMIQUE PLANCHER-MUR ..	26
FIGURE 12 BESOIN EN CHAUFFAGE	32
FIGURE 13MODELISATION 3D	54

Liste des tableaux

TABEAU 1	COEFFICIENTS K GLOBAUX	15
TABEAU 2	DEPERDITIONS DE REFERENCE	16
TABEAU 3	LA COMPOSITION DES MURS EXTERIEURS	17
TABEAU 4	LA COMPOSITION DES PLANCHER	18
TABEAU 5	LA COMPOSITION DES TOITURE	18
TABEAU 6	COEFFICIENTS D'ECHANGES SUPERFICIELS	20
TABEAU 7	COEFFICIENT DE TRANSMISSION PORTES ET FENETRES	22
TABEAU 8	DEPERDITIONS DU SALON (RDC)	22
TABEAU 9	DEPERDITIONS DE LA CUISINE	23
TABEAU 10	DEPERDITIONS DE LA CHAMBRE 01	23
TABEAU 11	DEPERDITIONS DE LA SALLE DE BAIN-DRESSING (RDC)	23
TABEAU 12	DEPERDITIONS DU GARAGE	23
TABEAU 13	DEPERDITIONS DES ESCALIER	24
TABEAU 14	DEPERDITIONS DE LA BUANDERIE	24
TABEAU 15	DEPERDITIONS DE LA CHAMBRE 02	24
TABEAU 16	DEPERDITIONS DE LA CHAMBRE03	24
TABEAU 17	DEPERDITIONS DE LA CHAMBRE 04	25
TABEAU 18	DEPERDITIONS DU COULOIR	25
TABEAU 19	DEPERDITIONS DE LA SALLE DE BAIN –DRESSING (ETAGE)	25
TABEAU 20	DEPERDITIONS DU SEJOUR (ETAGE)	25
TABEAU 21	TABEAU POUR LE CALCUL DES DEBITS DE RENOUVELLEMENT : QS	27
TABEAU 22	TABEAU DES TEMPERATURES EXTERIEURE MOYENNE ANNUELLES (12)	31
TABEAU 23	APPORT CALORIFIQUES	37
TABEAU 24	APPORT CALORIFIQUES	37

Introduction générale

Introduction générale

Le transfert thermique dans le bâtiment décrit les échanges thermiques qui se réalisent entre un bâtiment et son environnement. Deux bâtiments ne sont pas identiques par leur fonction. On ne chauffe, n'isole, ou ne ventile pas de la même manière un hôpital, une école, une habitation et un entrepôt. Certains établissements ont des plages d'utilisation journalières, des heures d'ouverture et de fermeture. La chaleur à délivrer, l'eau à chauffer, l'humidité à évacuer varient d'une affectation à l'autre. Dans le cas de bâtiment à usage collectif, la chaleur corporelle dégagée par les personnes présentes dans une même pièce n'est pas à négliger et varie suivant l'activité physique exercée, modérée ou intensive. Dans une usine, certains types d'activité menant à des dégagements toxiques obligent à renouveler l'air de manière intense, ce qui est source de déperdition thermique. Des profils d'utilisation types peuvent être dégagés pour chaque affectation ;

L'ensemble des parties d'un bâtiment est soumis aux transferts thermiques, qui sont des échanges de chaleur entre le milieu chaud et le milieu froid. La connaissance et la maîtrise de ces transferts permet une gestion de la facture énergétique d'un bâtiment. La diminution de ces échanges thermiques permet de maintenir une température tempérée à l'intérieure du bâtiment en y apportant le moins d'énergie possible. Elle permet également d'orienter la conception du bâtiment dans un cadre réglementaire tout en visant un compromis entre cout énergétique et confort.

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, leurs dimensions physiques, les matériaux de construction employés considérés dans leur épaisseur, leurs propriétés thermiques, les surfaces extérieures considérées dans leur couleur, la texture de leur surface (rugosité), leur réflectivité (albédo). Lorsqu'il s'agit de surface vitrée, on doit tenir compte de la transmittance des vitres (facteur solaire). Pour chacune de ces parois, on doit envisager l'exposition au soleil, les ombres portées sur le bâtiment par les éléments bâtis ou végétaux proches et dans le cas des baies vitrées, les protections solaires éventuelles.

Le présent travail a pour objectif de faire une étude thermique d'une maison moderne situé à Mansourah TLEMCEN. Cette étude permet de faire des calculs réglementaire pour faire Le bilan thermique ,ce dernier sert également à identifier les éventuelles déperditions de chaleur et le dimensionnement de chauffage , climatisation et le besoin annuel de chauffage à l'aide d'un logiciel REVIT qui va vérifier la conformité des projets de construction de bâtiment aux normes algériennes décrites dans les DTR C3-2 et C3-4 puis on va proposer des solutions pour réduire les déperditions calorifique et d'économie d'énergie les plus adaptées.

Afin de mener à bien ce modeste travail, nous allons le structurer en quatre parties essentielles. Le premier chapitre 01 va nous permettre d'introduire notre travail en définissant les notions de base sur le transfert de chaleur et les notions thermiques dans le bâtiment.

Le deuxième chapitre 02, sera consacré dans un premier temps au calcul des différents types des déperditions et apports calorifiques suivant les DTR C3-2 et C3-4 « Règlement thermique des bâtiments d'habitation et règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments »

Au troisième chapitre 03, nous tenterons de calculer les besoins en chauffage et climatisation Dans le quatrième chapitre 04, nous allons introduire le logiciel de calcul utilisé à savoir le REVIT Autodesk et interpréter les résultats.

Enfin, nous clôturerons notre modeste travail par une conclusion générale qui présente les principaux résultats obtenus et observations constatées ainsi que quelques perspectives à investiguer et à développer dans cette thématique.

Chapitre I

I. Introduction :

Le transfert de chaleur est souvent présenté par les modes d'échange des énergies. C'est un phénomène que l'on trouve dans l'industrie, le bâtiment, le transport et dans plusieurs d'autres domaines.

Pour mieux comprendre le phénomène, il faut bien connaître les notions de base du transfert thermique.

II. Définition de base :

Le transfert thermique se produit lorsque deux éléments sont à des températures différentes, un échange de chaleur s'établit jusqu'à ce que les températures des deux éléments soient identiques. La chaleur va toujours du corps chaud vers le corps froid.

Dans le domaine du bâtiment, les échanges de chaleur se font principalement selon 3 modes de transmission :

La conduction.

La convection.

Le rayonnement.

III. Les différents modes de transfert thermique :

III.1. Transfert de chaleur par conduction :

La conduction est un mode de transfert de chaleur précis pour un milieu opaque, sans mouvement et déplacement de matière. Ce mode de transfert ne concerne donc que les solides, entre deux zones de températures différentes. (1)

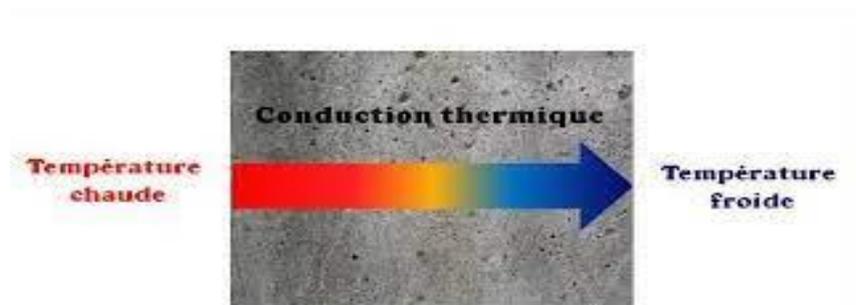


Figure 1 conduction thermique

III.1.1. Processus :

L'interaction des molécules chaudes (en rouge) avec les molécules froides (en bleu) aux plus proches voisins, résulte le réchauffement des molécules froides, ce dernier se propage le long de système et sans transport de matière. Le transfert de chaleur se fait par échange d'énergie de vibration entre les atomes.

III.1.2. La résistance thermique par conduction :

La résistance thermique d'une paroi caractérise son degré d'opposition au transfert de chaleur. Plus elle est importante, plus le corps est considéré isolant.

Cette résistance est très importante dans les enveloppes des bâtiments puisqu'elle permet de réduire les déperditions (hiver) ou les apports gratuits de chaleur (été) si elle comporte des matériaux isolants.

Chapitre I : Notions de base du transfert thermique

Pour 1m^2 de surface, elle est donnée par la relation :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Où :

R : résistance thermique (K/W).

e : épaisseur du mur (m).

λ : conductivité thermique (W/m.K).

III.1.3. Transfert thermique dans les murs :

Le transfert de chaleur à travers les parois murales est un phénomène très important dans le domaine de bâtiment, ce transfert identifié les pertes thermiques à travers ces murs en hiver et les apports en été en quantifiant les besoins en chauffage ou climatisation.

III.1.4. Expression du flux thermique de conduction dans un mur :

On prend 02 parois avec des températures différentes, l'une à la température T_1 et l'autre à la température T_2 et Si les températures sur les faces 1 et 2 sont du type $T_1 > T_2$, un flux thermique se transmettra par conduction dans le mur de la face 1 vers la face 2.

En négligeant les pertes de chaleur par les faces latérales du mur et la diffusion dans les autres directions, les lignes d'écoulement de la chaleur sont rectilignes et perpendiculaires aux deux faces isothermes 1 et 2.

Le flux thermique traversant par conduction une mince paroi d'épaisseur dx située à une distance x de la face 1 et se trouvant respectivement à la température θ et $\theta + d\theta$

$$\Phi = -\lambda .S . (dT/dx)$$

S : surface perpendiculaire au flux thermique.

λ : Conductivité thermique du matériau.

(dT/dx) : Le gradient de température au point x considéré, c'est à dire la variation de la température par unité de longueur dans la direction x

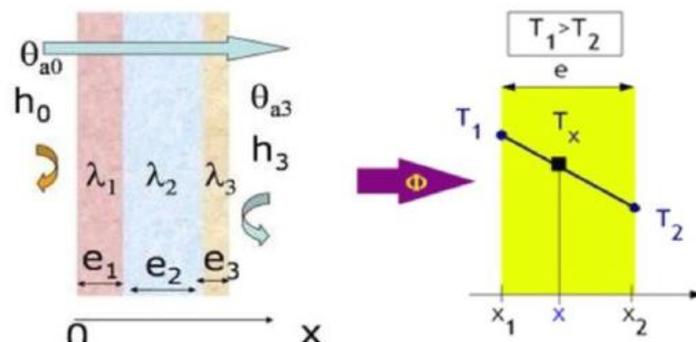


Figure 1 Représentation du transfert thermique dans un mur simple et mur

III.2. Transfert thermique par convection :

Ce mode de transfert est spécifique aux fluides car il s'accompagne de mouvement de molécules dans un liquide ou un gaz, Donc il s'accompagne d'un transfert de masse, les particules fluides ont plus de liberté à déplacer à cause du vide qui les sépare. Un échange de chaleur responsable du mouvement, C'est le transfert thermique qui provoque le mouvement. Les échanges de chaleur produits entre un fluide et une paroi sont déterminés par l'étude de transfert de chaleur par convection détermine. Selon le mécanisme qui génère le mouvement

Chapitre I : Notions de base du transfert thermique

du fluide, on distingue :

III.2.1. La convection naturelle (libre) :

La différence de température entre le fluide et la paroi provoque une augmentation ou diminution de la densité, donc d'un mouvement de circulation du fluide.

III.2.2. La convection forcée :

le mouvement est imposé par une action extérieure (pompe, ventilateur,.). (2)

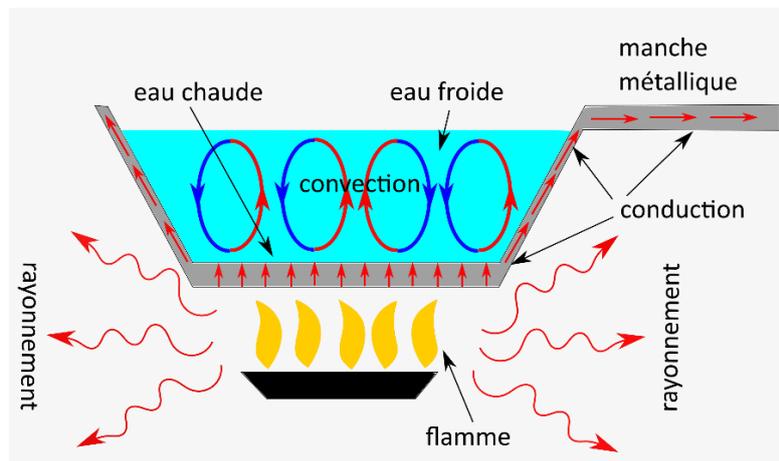


Figure 2 types de transfert thermique

Pendant l'échauffement d'un liquide, on favorise plus les déplacements des particules et l'atteinte de l'équilibre thermique par contre, à la convection naturelle ou on le laisse chauffer sans excitation des molécules, il prendra plus de temps pour atteindre la température d'équilibre homogène.

III.2.3. Résistance thermique de convection :

La résistance thermique de convection dépend seulement de la surface (rugosité, superficie, orientation) et du fluide (température, masse volumique, capacité thermique massique, vitesse), cette dernière exprime sa résistance thermique au passage d'un flux de chaleur d'origine convective à une surface.(3)

La résistance thermique de convection est exprimée en (K/W) et présentée par :

$$R_{cv} = \frac{1}{h.s}$$

R : la résistance thermique de convection (K/W).

h : le coefficient d'échanges superficiels (W/ m². K).

S : la surface de convection en (m²)

III.2.4. Coefficient d'échange par convection :

Pour n'importe quel régime d'écoulement de fluide et le type de convection, le flux de chaleur est présenté par la loi fondamentale de Newton :

$$Q_{conv} = hc . s . (T1 - T2)$$

Où :

Q_{conv} : Flux thermique par convection en (W).

h_c : coef de transfert par convection en ($W/m^2\text{°C}$).

S : surface de l'élément considéré en (m^2).

T_1-T_2 : différence des températures intérieure et extérieure en ($^{\circ}C$).

III.2.5. Le coefficient h dépend de nombreux paramètres (4) :

- La température.
- Caractéristiques du fluide.
- La forme de la surface d'échange.
- Nature de l'écoulement.

III.3. Transfert thermique par rayonnement:

Le rayonnement thermique est l'un des phénomènes physiques qui autorisent le transfert de chaleur, est un cas particulier du rayonnement électromagnétique. L'exemple le plus explicite est le rayonnement solaire.

Le rayonnement thermique représente le mode de transmission qui assure le passage de la chaleur du corps le plus chaud vers à un autre plus froid sans contact ni matière. C'est d'ailleurs le seul mode de transfert de chaleur qui peut se propager dans le vide. En été le fort rayonnement du soleil fait chauffer les surfaces exposées telles que les murs, terrasses, vitrages, chaque corps présente une aptitude différente à l'absorption(5).

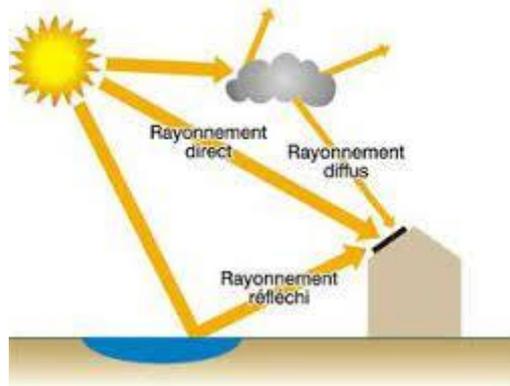


Figure 3 Répartition du rayonnement solaire sur une surface

III.3.1. Structure du rayonnement:

Le rayonnement est un mode d'échange d'énergie par émission et absorption de radiation électromagnétiques suivant le processus :

Le rayonnement par Emission : Il y a conversion de l'énergie fournie à la source en énergie électromagnétique.

Le rayonnement par Transmission : La transmission de cette énergie électromagnétique se fait par propagation d'ondes avec une partie absorbée par le milieu traversé.

Le rayonnement par Réception : A la réception, il y a conversion du rayonnement électromagnétique incident en énergie thermique ou absorption. En effet, les photons qui arrivent sur un matériau, excitent les électrons qui se recombinent avec les trous en dissipant de la chaleur.

III.3.2. Condition de rayonnement d'un corps :

Tous les corps matériels sont considérés capables d'émettre de l'énergie sous forme de rayonnement et d'en recevoir dès que la température est supérieure au zéro absolu. Un corps à la température T émet des ondes de plusieurs fréquences différentes, et la répartition de cette énergie dépend de la température du corps.

La vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide est : $C = 3.108 \text{ m/s}$.

Dans un milieu d'indice « n » la vitesse de propagation est comme suite : $V = \frac{c}{n}$

IV. Déperdition thermique :

Les déperditions représentent la quantité d'énergie qu'il est nécessaire d'émettre en œuvre pour chauffer une pièce, un bâtiment.

Les pertes d'énergie d'un bâtiment sont en majorité dues à une enveloppe inadaptée.

L'enveloppe comprend les murs, les sols, le toit, les portes et les fenêtres. La figure ci-après nous montre d'où provient généralement le transfert de chaleur, à savoir des murs extérieurs et des espaces mitoyens non-chauffés.

Des majorations doivent être appliquées aux déperditions. Ces majorations sont dues :

A l'orientation : les parois orientées vers le nord ou vers l'est sont soumises à des déperditions plus importantes

Aux vents : les parois exposées aux vents sont soumises à des déperditions plus importantes.

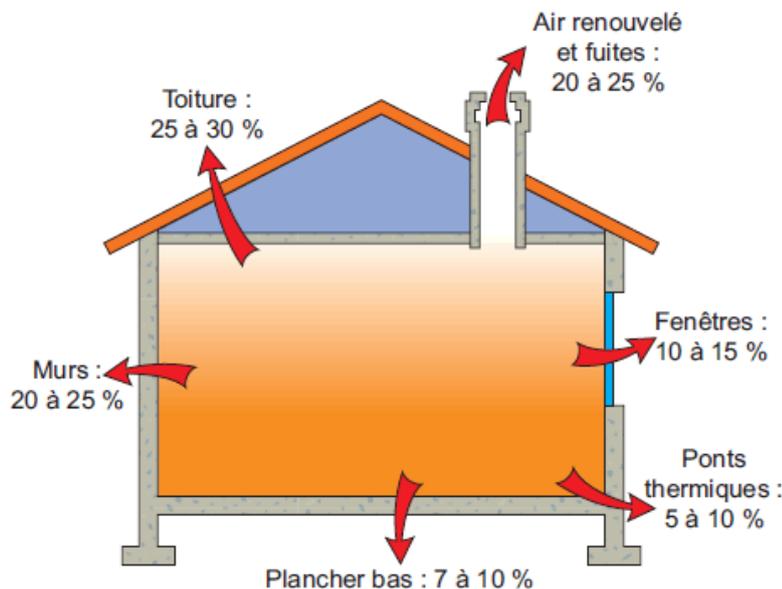


Figure 4 Pertes d'énergie dans un bâtiment non isolé

Les déperditions thermiques possibles pour une structure passent :

- Par la toiture en contact avec l'extérieur.
- À travers les murs.
- Par le plancher bas.
- À travers les portes et les fenêtres.
- Par renouvellement d'air et les fuites.

- Au niveau des ponts thermiques.

V. Ponts thermiques :

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une variation de résistance thermique. Il s'agit d'un point de la construction où la barrière isolante est rompue. Un pont thermique est donc créé si :

Il y a changement de la géométrie de l'enveloppe

Il y a changement de matériaux et ou de résistance thermique

Il y a une discontinuité de l'isolant à travers la paroi ou la jonction mur-sol / mur-toiture

Avant que l'on ne commence à isoler, les ponts thermiques représentaient environ 10 à 20 % des déperditions totales d'un bâtiment. Maintenant que l'on isole, le pourcentage des déperditions dues aux parois a fortement baissé, et celui des ponts thermiques a augmenté. Cependant aujourd'hui, avec la mise en vigueur au niveau européen de la directive sur la performance énergétique des bâtiments¹, des solutions sont mises en place pour réduire au minimum les ponts thermiques à l'aide notamment de rupteur de pont thermique et de l'isolation par l'extérieur.

Les ponts thermiques constituent donc des zones de fortes déperditions thermiques. Il est important de les limiter pour améliorer le bâtiment. (Wikipédia)

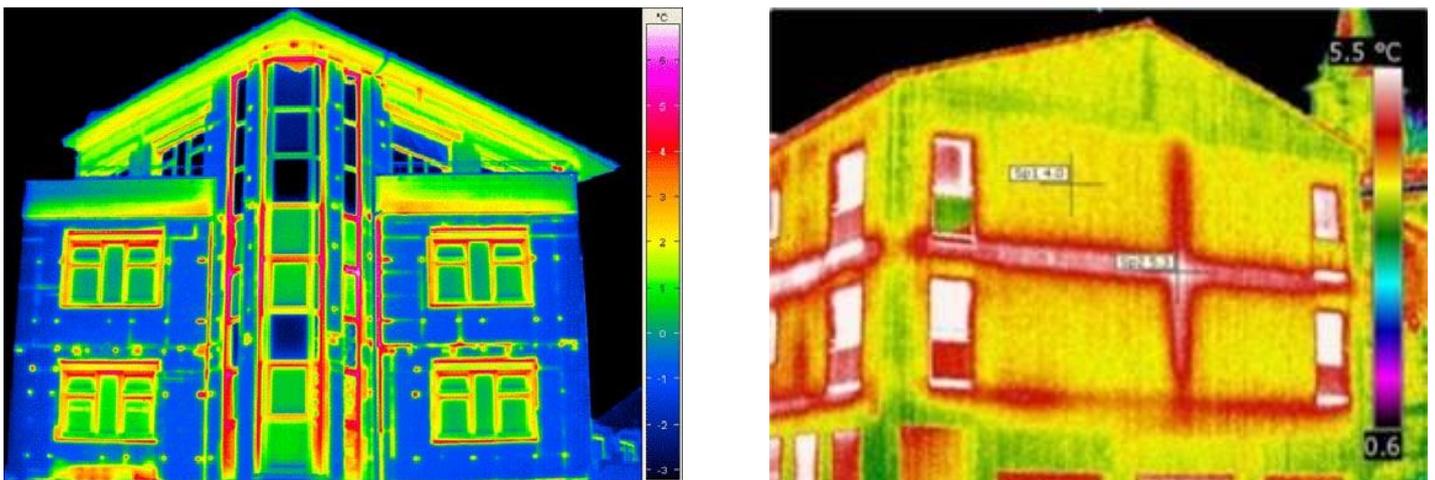


Figure 5 Photos infrarouge montrant différents ponts thermiques

V.1. Types de ponts thermiques :

On distingue les ponts thermiques géométriques tels que les angles et les coins, et les ponts thermiques matériels, dans lesquels un matériau conducteur de la chaleur traverse la couche isolante.

On classe aussi les ponts thermiques en ponts linéaires, qui ont une certaine longueur, et les ponts ponctuels, dans lesquels l'interruption de la couche isolante reste locale. Toute courbure dans la couche isolante ou dans la paroi constitue un pont thermique géométrique.

Il existe deux grands types de ponts thermiques :

V.1.1. Ponts thermiques des liaisons :

Ils se trouvent à la jonction de deux parois de l'enveloppe du bâtiment (mur toiture ou mur fenêtre), ou bien au niveau des changements de plan (vertical / horizontal).



Figure 6 Ponts thermiques de liaison

V.1.2. Ponts thermiques intégrés ou ponctuels :

Une paroi est constituée de plusieurs composants assemblés entre eux par collage, vissage ou assemblage mécanique. Si leur conception n'est pas correcte, ces assemblages (ossature métallique, appuis, ...) présentent autant de petits ponts thermiques intégrés au système. Ce problème se pose même lors de fixation des isolants.

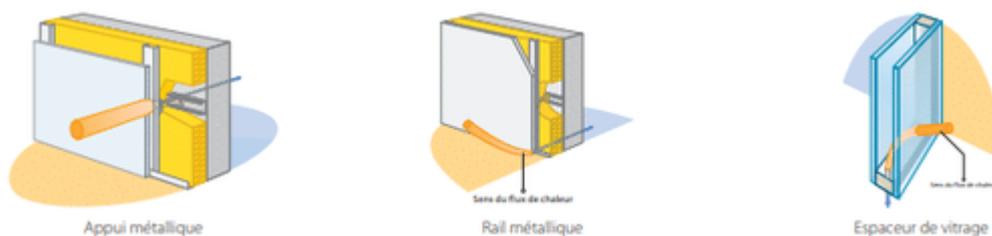


Figure 7 Ponts thermiques intégrés

VI. L'isolation :

On entend par isolation, la capacité à empêcher l'échange énergétique entre un corps et son environnement et cela dans différents domaines non isothermes ou liés aux gradients de température.

En construction : L'isolation consiste à protéger contre le bruit (isolation phonique), contre la chaleur (isolation thermique) ou contre l'électricité (isolation électrique). On parle d'isolation thermique pour désigner les techniques dont l'objectif est de minimiser les transferts de chaleur. Pour cela, il faut utiliser des matériaux isolants possédant une faible conductivité thermique, comme la ouate de cellulose, la laine de verre, la laine de roche... L'isolation phonique empêche la propagation du son, grâce à l'emploi de polyester par exemple.

L'isolation d'une maison peut se faire de deux façons : isolation intérieure et isolation extérieure.
(6)

VI.1. L'isolation thermique :

L'isolation thermique est le principe de base des maisons passives. Il emprisonne la chaleur à l'intérieur en hiver et garde la maison fraîche en été. Grâce aux matériaux isolants substance ou mélange de substances dont les propriétés d'isolation résultent de sa nature chimique et ou de sa structure physique. Cela se fait de toutes les manières spécifiques pour réduire le transfert de chaleur entre les environnements chauds et froids, réduisant ainsi le besoin de chauffage et de refroidissement (si possible). Ce type de conception d'isolation doit être basé sur les contraintes climatiques du site dans lequel se trouve le bâtiment. (7)

VI.2. Le but de l'isolation thermique :

L'isolation thermique sert à : diminuer la consommation d'énergie dans le bâtiment
Réduire les échanges thermiques entre l'intérieur du bâtiment à l'extérieur.

VI.3. Types d'isolation :

VI.3.1. L'isolation thermique par l'extérieur :

Qui consiste à apposer un "manteau isolant" extérieur sur le bâtiment dans son ensemble. L'avantage majeur est de faire disparaître les ponts thermiques et d'apporter un meilleur confort conséquent avec une meilleure inertie (meilleur confort d'été).

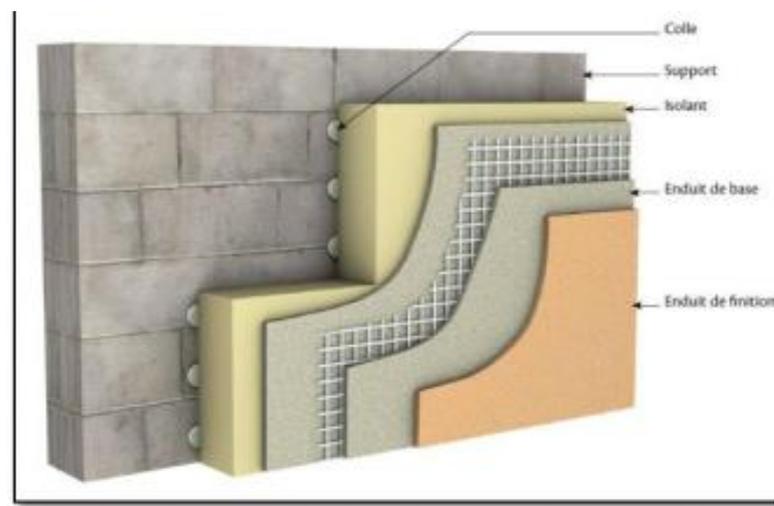


Figure 8 Isolation thermique par l'extérieur

VI.3.2. L'isolation thermique par l'intérieure :

Très répandue, qui consiste à poser un isolant contre les murs intérieurs. L'avantage est le côté pratique surtout en rénovation lorsque les façades sont classées. L'inconvénient réside dans les ponts thermiques créés en un confort d'été sans l'inertie des murs donc avec un confort d'été moindre.

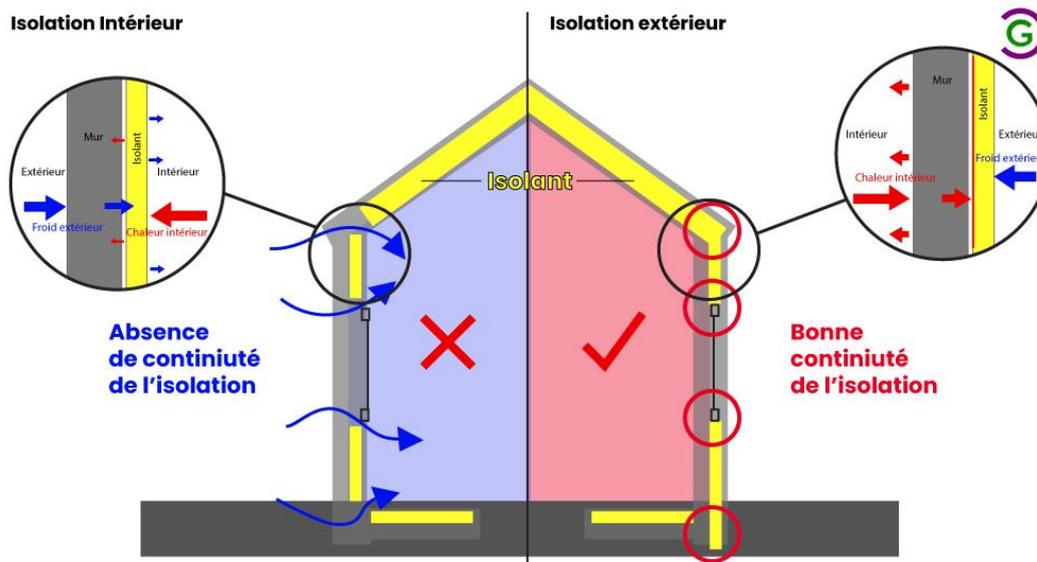


Figure 9 isolation extérieur et intérieur

VII. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les éléments de base et les notions liées au transfert de chaleur.

L'ensemble des parties d'un bâtiment est soumis aux transferts thermiques. La connaissance et la maîtrise de ses notions permettent d'évaluer les déperditions et connaître les besoins énergétiques nécessaire pour assurer un confort thermique dans notre bâtiment. Ceci fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre II

I. Introduction :

La réalisation d'une habitation peut comporter de nombreuses faiblesses thermiques.

Ceci peut être dû au fait que les constructeurs ne prennent pas la peine d'assurer une parfaite isolation de leurs constructions. Ce qui peut s'expliquer en partie par le manque d'exigences de la part des maîtres d'ouvrage ou par le manque de maîtrise des entreprises ou sinon une mauvaise définition des besoins énergétiques de la structure par les concepteurs. Pour répondre aux problèmes liés à la thermique du bâtiment, des méthodes d'évaluation thermique ont été mises en œuvre.

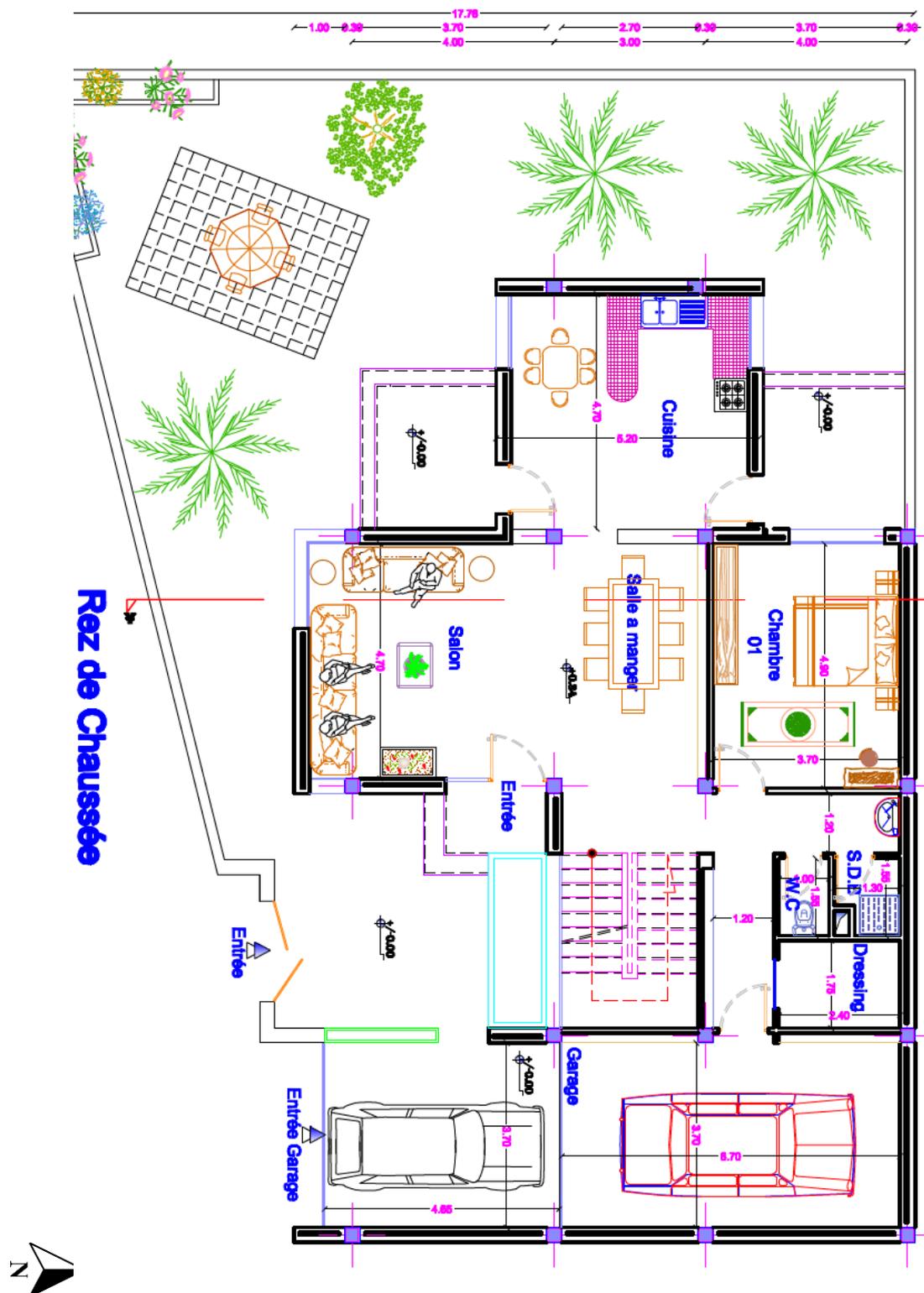
Ce chapitre aura donc pour objectif de montrer comment se fait le calcul thermique d'un bâtiment. Selon le document technique réglementaire C3-2, on doit effectuer les opérations qui commence d'abord par définir les volumes thermiques, puis calculer pour chacun de ces volumes les déperditions et les vérifier par rapport aux déperditions de référence. Ces opérations sont énumérées ci- dessous.

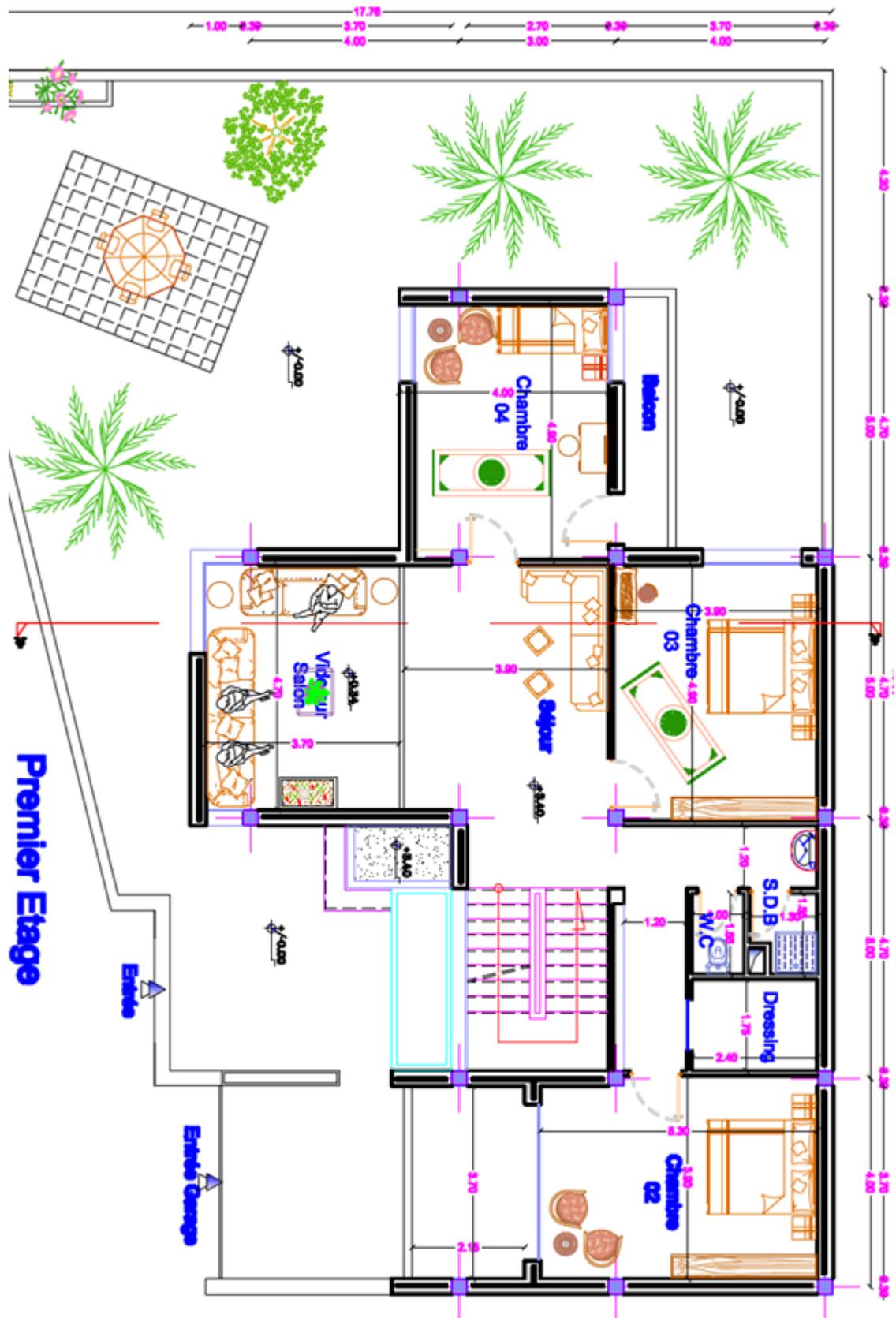
II. Présentation du projet :

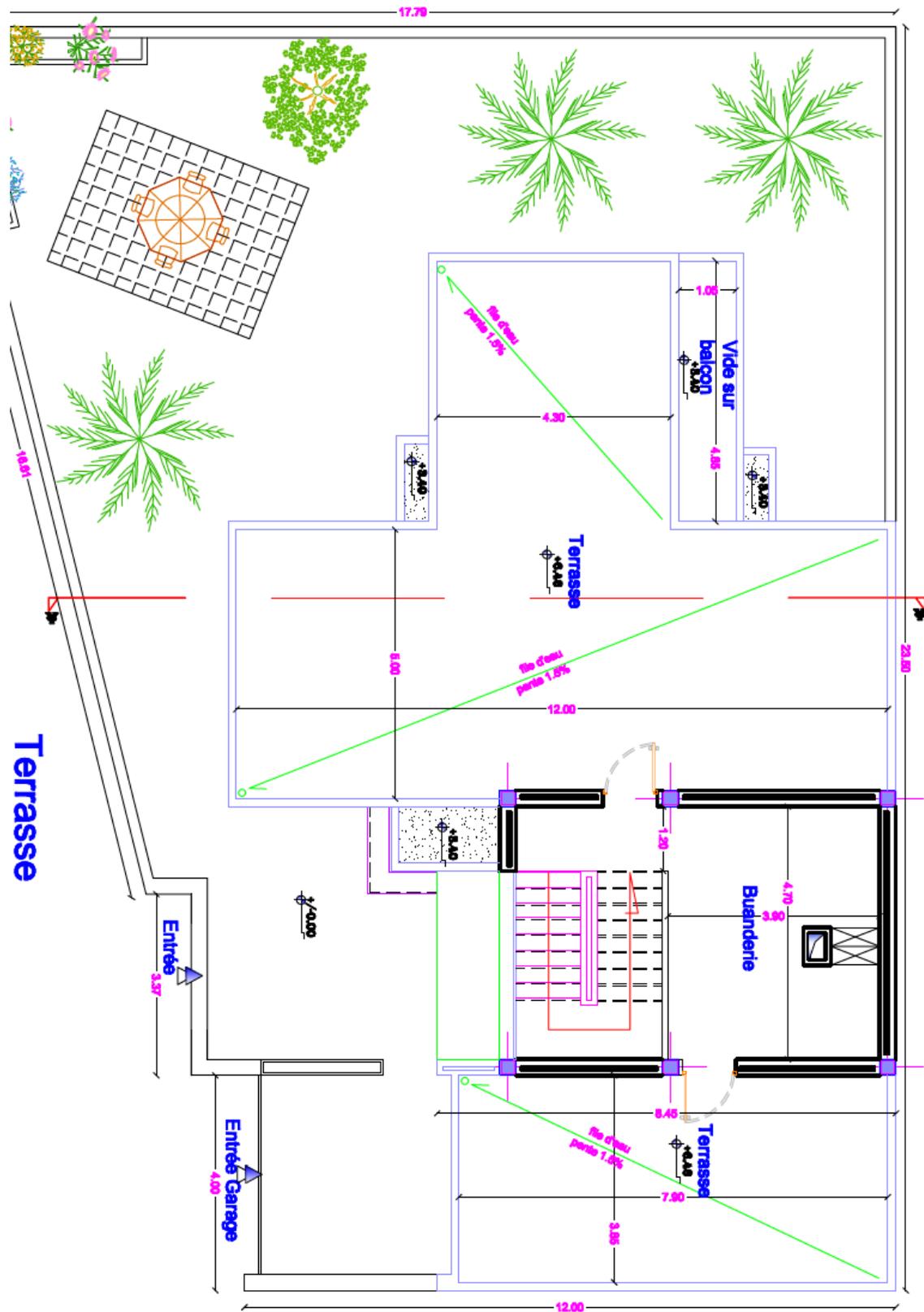
L'ouvrage à étudier est une maison individuelle implantée dans la Wilaya de tlemcen Mansourah, et dont la superficie est de 136.9 m². Les murs extérieurs sont en double cloison de brique, et le plafond est une dalle en béton plein. Les fenêtres sont en PVC double vitrage et les portes en bois.

Cette maison comprend un RDC constitué d'une chambre, une cuisine, un séjour, W.C, SDB, un dressing et une cage d'escalier menant au 1er étage qui est constitué de 03 chambres, un vide sur séjour et un salon, W.C, SDB, un dressing et une cage d'escalier menant à la terrasse et une buanderie.

Figure II-1 Plan architectural de la maison étudiée







II.1. Données architecturales de la maison :

Hauteur de la maison	8,4 m
Surface de la maison	136,9 m ²
Volume de la maison	854.81 m ³

II.2. Données géographiques de la maison :

Latitude φ	34.52°
Longitude L	-1.33°
L'altitude	1125 m

ZONE CLIMATIQUE « B »

II.3. Déperditions de la maison :

II.3.1. Déperditions totales d'un volume :

Le calcul des déperditions par totales D de la maison est fait par la réglementation thermique algérienne sont données par :(8)

$$D = \sum D_i \quad [W/°C]$$

Où : D_i représente les déperditions totales du volume

Ces déperditions du volume sont données par :

$$D_i = D_T + D_R \quad [W/°C]$$

Où D_T représente les déperditions de transmission du volume

Et D_R sont les déperditions par renouvellement d'air du volume

II.3.2. Déperditions par transmission d'un volume :

Les déperditions par transmission d'un volume sont données par :

$$D_T = D_S + D_{li} + D_{sol} + D_{Inc} \quad [W/°C]$$

Dont : D_S représente les déperditions surfaciques des parois en contacts avec l'extérieur,

- D_{li} qui représente les déperditions à travers les liaisons ou le pont thermique

- D_{sol} : ce sont les déperditions des parois en contacts avec le sol.

- D_{Inc} : représente les déperditions à travers les parois en contacts avec des locaux non chauffés.

II.4. Vérification et les déperditions de référence :

II.4.1. Vérification réglementaire :

Les déperditions par transmission D_T de la maison doit être vérifiées :

$$D_T \leq 1.05 \times D_{réf} \quad [W/°C]$$

- D_T représente les déperditions par transmission de la maison

- D_R représente les déperditions de référence.

II.4.2. Calcul des déperditions de référence :

La formule des déperditions de référence $D_{réf}$ est :

$$D_{réf} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5 \quad [W/°C]$$

Où : Les S représentent les surfaces des parois concernant respectivement : La toiture, le plancher bas, les murs, les portes et les fenêtres.

Les coefficients a, b, c, d et e sont des coefficients de transmission présent de ce tableau :

Tableau 1 Coefficients K globaux

Zone	Logement individuel				
	a	b	c	d	e
A	1,10	2,40	1,40	3,50	4,50
B	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
B'	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
C	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
D	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50
D'	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

Voici un tableau qui résume le calcul des déperditions de référence :

Tableau 2 Déperditions de référence

	S(m ²)	Coef (W/m ² , °C)	D _{réf} (W)	D _{réf} Total (W)
Fenetre	82,83	4,50	372,74	1 214,05
Porte	21,13	3,50	73,96	
Mur ext	238,90	1,20	286,68	
Plancher	132,16	2,40	317,17	
Toiture	148,64	1,10	163,50	

II.5. Les déperditions surfaciques par transmission de la maison :

Donc les déperditions surfaciques par l'enveloppe de la maison sont calculées comme suit :

$$D_s = D_m + D_p + D_t + D_f + D_{po} \quad [W/°C]$$

Où :

D_s : La déperdition totale coté extérieur

D_m : Déperdition par le mur extérieur

D_p : Déperditions par le plancher

D_t : Déperditions par la toiture

D_f : Déperditions par les fenêtres

D_{po} : Déperditions par les portes

Donc la formule des déperditions totales cotées extérieur sera :

$$D_s = K_m.S_m + K_p.S_p + K_t.S_t + K_f.S_f + K_{po}.S_{po} \quad [W/°C]$$

Avec :

K_m, K_p, K_t, K_f et K_{po}: sont les coefficients de transmission surfacique des murs extérieurs, plancher, toiture des fenêtres, des portes et des cloisons. Et **S_m, S_p, S_t, S_f et S_{po}** sont : les surfaces des murs extérieurs, plancher, toiture des fenêtres et des portes

II.6. Coefficients de transmission surfacique (K) :

Le coefficient K est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K} = \sum R + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W]$$

Où :

- R : (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la somme des résistance thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi ;
- La somme $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$ (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la somme des coefficient d'échange superficiel, prise conformément aux convention adoptées ;

II.6.1. Résistance thermique d'un matériau :

Elle est donné par la formule suivante : $R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} [m^2 \cdot ^\circ C/W]$

Où :

- R_i (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance thermique de la couche i ;
- e_i (en m) représente l'épaisseur de la couche de matériau ;
- λ (en $W/m \cdot ^\circ C$) représente la conductivité thermique du matériau ;

A. Murs extérieurs :

Sont composés de cinq couches qui vont de l'intérieur vers l'extérieur sans isolation (j'ai choisi le cas le plus échéant et le répandu), comme illustré ci - dessous :

Tableau 3 La composition des murs extérieurs

MUR EXTERIEUR			
matériaux	e(m)	λ (w/m°C)	Rth [m ² ,c°/w]
enduit int	0,025	1,400	0,018
Brique creuse	0,150	0,480	0,313
Lame d'air	0,050	0,160	0,313
Brique creuse	0,100	0,480	0,208
enduit ext	0,025	1,400	0,018
			ΣRth= 0,869

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

B. Plancher :

Il est constitué de cinq couches du haut vers le bas comme suit :

Tableau 4 La composition des plancher

Plancher bas (rdc)			
Matériaux	e(m)	λ (w/m°C)	Rth [m ² ,c°/w]
carrelage	0,02	0,54	0,037
mortier de ciment	0,02	1,4	0,014
dalle de compression	0,04	1,75	0,023
hourdis	0,15	1,1	0,140
mortier de ciment	0,02	1,4	0,014
			ΣRth= 0,228

C. Toiture :

Tableau 5 La composition des Toiture

Plancher haut (terrasse accessible)			
Matériaux	e(m)	λ (w/m°C)	Rth [m ² ,c°/w]
Carrelage	0,02	1,3	0,015
mortier de ciment	0,02	1,4	0,014
Forme de pente	0,1	1,75	0,057
Polystyrène	0,06	0,038	1,579
Dalle de compression	0,04	1,75	0,023
Plancher corps creux (16+4)	0,16	1,14	0,140
Enduit de ciment	0,015	1,4	0,011
			ΣRth= 1,839

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

TerrasseInaccessible			
Matériaux	e(m)	λ (w/m°C)	Rth [m ² ,c°/w]
étanchéité gravier	0,05	1,4	0,036
Bitume feutre	0,03	0,17	0,176
polystyrène	0,04	0,035	1,143
forme de pente	0,025	1,15	0,022
dalle de compression	0,04	1,75	0,023
Hourdis	0,16	1,14	0,140
Enduit de ciment	0,015	1,4	0,011
			$\Sigma R_{th} = 1,550$

II.7. Calcul du coefficient de transmission surfacique de la maison :

II.7.1. Calcul du coefficient de transmission surfacique du mur extérieur (Km) :

$$K_m = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_i + R_e + \Sigma R_{th}} \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

Avec : $R_i = \frac{1}{h_i}$

Et $R_e = \frac{1}{h_e}$

ΣR_{th} (en m².°C/W) est la somme des résistances thermiques des nombreuses couches de matériaux qui composent la paroi.

R_i et R_e ou bien $\frac{1}{h_i}$ et $\frac{1}{h_e}$ (en m².°C/W) représente la somme des coefficients d'échanges superficiels, prise du DTR C3.2. De ce tableau :

Tableau 6 Coefficients d'échanges superficiels

	Pari en contact avec :			Pari en contact avec :		
	1/h _i	1/h _e	1/h _i + 1/h _e	1/h _i	1/h _i	1/h _i + 1/h _i
Pari verticale ou faisant avec le plan horizontal un angle supérieur à 60° (FIG)	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Pari horizontale ou faisant avec le plan horizontal un angle égal ou inférieur à 60°, flux ascendant (toiture) (FIG)	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
flux descendant (plancher bas) (FIG)	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Une paroi en contact avec l'extérieur + Mur latéral angle >60° on a :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

Pour le mur extérieur :

$$\frac{1}{K_m} = 0,898 + 0.17 = 1,068 \quad \Leftrightarrow K_m = 0.936 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

II.7.2. Calcul du coefficient de transmission surfacique des cloisons (K_c) :

$$K_c = \frac{1}{Rt} = \frac{1}{R_i + R_e + \sum R_{th}} \quad \text{[W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

Pour les coefficients d'échanges superficiels, La paroi en contact avec l'intérieur :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17$$

$$\frac{1}{K_c} = 0,265 + 0.17 = 0.435 \quad \Leftrightarrow K_c = 2.298 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

II.7.3. Calcul du coefficient de transmission surfacique du plancher (RDC) (K_p) :

$$K_p = \frac{1}{Rt} = \frac{1}{R_i + R_e + \sum R_{th}} \quad \text{[W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

Pour les coefficients d'échanges superficiels, flux descendant :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.22$$

$$\frac{1}{K_p} = 0,228 + 0.22 = 0.448 \quad \Leftrightarrow K_p = 2,232 [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

II.7.4. Calcul du coefficient de transmission surfacique de la toiture (Kt) :

$$K_t = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_i + R_e + \sum R_{th}} \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

Pour les coefficients d'échanges superficiels, flux ascendant :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.14$$

Terrasse accessible :

$$\frac{1}{K_p} = 1,839 + 0.14 = 1.979 \quad \Leftrightarrow K_t = 0.505 [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

Terrasse inaccessible :

$$\frac{1}{K_p} = 1,550 + 0.14 = 1.690 \quad \Leftrightarrow K_t = 0.592 [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

II.7.5. Coefficient de transmission surfacique des portes et des fenêtres :

Les valeurs du coefficient de transmission surfacique des portes et fenêtres sont :(9)

Expression Général :

Le coefficient **K** des parois vitrées est donné par la formule suivante :(8)

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{vn}} + r_v + r_{rid} + r_{occ}$$

Où :

- K_{vn} (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) représente le coefficient K du vitrage nu ;

- r_v (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels ;
on adopte $r_v = 0,025 m^2 \cdot ^\circ C/W$;

- r_{rid} (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels ;
on adopte $r_{rid} = 0,030 m^2 \cdot ^\circ C/W$;

- r_{occ} (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des occultations.

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

$$r_{occ}=0,16 + e_{occ}/ \lambda_{occ}$$

Les coefficients K_{vn} des vitrages nus sont donnés dans le tableau suivant : (8)

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage Simple	-	Bois	5,0	5,5
		Métal	5,8	6,5
Vitrage Double	5 à 7	Bois	3,3	3,5
		Métal	4,0	4,3
	8 à 9	Bois	3,1	3,3
		Métal	3,9	4,2
	10 à 11	Bois	3,0	3,2
		Métal	3,8	4,1
	12 à 13	Bois	2,9	3,1
		Métal	3,7	4,0
Double Fenêtre	plus de 30	Bois	2,6	2,7
		Métal	3,0	3,2

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{3,8} + 0,025 + 0,030 + 0,16 \Leftrightarrow K=2,09 \text{ W/m}^2, \text{c}^\circ$$

Tableau 7 Coefficient de transmission portes et fenêtres

Portes et fenêtres	K (W/m ² ,°C)
Fenêtre en PVC avec double vitrage	2,09
Porte extérieur	4

Donc les déperditions surfaciques par l'enveloppe de la maison sont calculées comme suit :

Tableau 8 Déperditions du salon (RDC)

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² ,°C)	Ds (W)	Ds Total (W)
Fenetre	1,70	5,60	20,39	2,09	42,62	182,77
porte ext	1,00	2,00	2,00	4,00	8,00	
mur exterieur	9,40	5,60	52,64	0,936	49,27	
Plancher	4,70	7,90	37,13	2,23	82,87	
Toiture	4,70	7,90	37,13	1,979	73,48	

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

Tableau 9 Déperditions de la cuisine

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
Fenetre	1,50	2,80	7,35	2,09	15,36	102,68
porte ext	1,00	2,00	4,00	4,00	16,00	
mur exterieur	8,40	2,80	23,52	0,936	22,01	
Plancher	4,70	4,70	22,09	2,23	49,30	
Toiture	4,70	4,70	22,09	1,979	43,72	

Tableau 10 Déperditions de la chambre 01

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
fenetre	1,70	2,10	3,57	2,09	7,46	63,98
mur exterieur	7,40	2,80	17,15	0,936	16,05	
Plancher	4,90	3,70	18,13	2,23	40,47	
Toiture	4,90	3,70	18,13	1,979	35,88	

Tableau 11 Déperditions de la salle de bain-dressing (RDC)

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
mur exterieur	4,70	2,80	13,16	0,936	12,32	37,49
Plancher	4,70	2,40	11,28	2,23	25,18	
Toiture	4,70	2,40	11,28	1,690	19,06	

Tableau 12 Déperditions du Garage

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
mur exterieur	10,10	2,80	30,31	0,936	28,37	131,99
Plancher	3,70	6,70	24,79	2,23	55,33	
Toiture	3,70	6,70	24,79	1,979	49,06	
Porte garage	3,70	2,25	8,33	5,80	48,29	

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

Tableau 13 Déperditions des Escalier

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
mur exterieur	2,30	8,40	19,32	0,936	18,08	130,89
Plancher	4,85	2,70	13,10	2,23	29,23	
Toiture	4,85	2,70	13,10	1,690	22,13	
Fenetre	3,5	8,4	29,4	2,09	61,45	

Tableau 14 Déperditions de la Buanderie

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
Plancher	4,70	3,90	18,33	2,15	39,41	69,87
Toiture	4,70	3,90	18,33	1,69	30,98	
Porte ext	1,00	2,00	2,00	4,00	8,00	
mur exterieur	11,00	3,00	33,00	0,936	30,89	

Tableau 15 Déperditions de la Chambre 02

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
fenetre	3,00	2,80	8,40	2,09	17,56	83,88
mur exterieur	9,70	2,80	27,16	0,936	25,42	
Plancher	5,30	3,90	20,67	4,83	99,84	
Toiture	5,30	3,90	20,67	1,979	40,91	

Tableau 16 Déperditions de la Chambre03

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
fenetre	1,70	2,10	3,57	2,09	7,46	61,33
mur exterieur	7,40	2,80	17,15	0,936	16,05	
Plancher	4,90	3,90	19,11	4,83	92,30	
Toiture	4,90	3,90	19,11	1,979	37,82	

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

Tableau 17 Déperditions de la Chambre 04

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
fenetre	1,50	2,80	7,35	2,09	15,36	82,95
mur extérieur	13,10	2,80	25,33	0,936	23,71	
Plancher	4,90	3,70	18,13	4,83	87,57	
Toiture	4,90	3,70	18,13	1,979	35,88	
Porte	1,00	2,00	2,00	4,00	8,00	

Tableau 18 Déperditions du couloir

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
fenetre	-	-	-	-	-	22,12
mur extérieur	-	-	-	-	-	
Plancher	4,70	1,20	5,64	2,23	12,59	
Toiture	4,70	1,20	5,64	1,690	9,53	

Tableau 19 Déperditions de la salle de bain – Dressing (étage)

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
mur extérieur	4,70	2,80	13,16	0,936	12,32	12,32
Plancher	3,90	5,00	19,50	4,83	94,19	
Toiture	3,90	5,00	19,50	1,690	32,96	

Tableau 20 Déperditions du séjour (étage)

	L (m)	H(m)	S(m ²)	K (W/m ² , °C)	Ds (W)	Ds Total (W)
Plancher	4,70	7,70	36,19	4,83	174,80	71,62
Toiture	4,70	7,70	36,19	1,979	71,62	

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

Donc la somme totale des déperditions surfacique de la maison est la somme de toutes les pièces comme suit :

$$D_s = 182.77 + 102.68 + 63.98 + 37.49 + 131.99 + 130.89 + 69.87 + 83.88 + 61.33 + 82.95 + 22.12 + 12.32 + 71.62$$

$$D_s = 1053,89 \quad (\text{W}/^\circ\text{C})$$

II.8. Déperditions par les ponts thermiques :

Elles sont estimées approximativement à 20% des déperditions surfaciques

$$D_{li} = 0.2D_s$$

Donc : $D_{li} = 210.78 \quad (\text{W}/^\circ\text{C})$

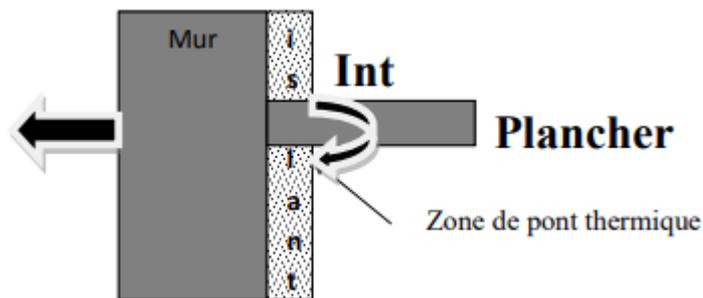


Figure II-2 Schéma montrant l'existence d'un pont thermique plancher-mur

On vérifie maintenant les déperditions de référence avec les déperditions de transmission surfaciques :

AN : $D_T = 1053.89 + 210.78$

$$D_T = 1264.67 \quad (\text{W}/^\circ\text{C})$$

Et : $D_{\text{réf}} = 1214.05 \quad (\text{W}/^\circ\text{C})$

$$D_T < 1,05 * 1214,05 = 1274.75 \quad (\text{W}/^\circ\text{C})$$

Donc on a le $D_T < 1.05 D_{\text{réf}}$. Les calculs sont vérifiés.

II.9. Déperditions par renouvellement d'air :

Les déperditions par renouvellement d'air sont prises en compte pour le dimensionnement de l'installation du chauffage. Ils tiennent compte les déperditions causées par le fonctionnement de la ventilation ainsi que les déperditions des infiltrations dues à l'effet du vent. Ces déperditions ont pour expression :

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

$$D_R = 0.34 \times Q_s \times V_i + Q_v \quad [W/^\circ C]$$

Où :

- 0.34 est la chaleur volumique de l'air.
- Q_v est le débit de ventilation (on ne l'a pas dans notre cas étudié).
- Q_s est le débit d'infiltration d'air.
- V_i est le volume thermique du locale à chauffer

Tableau 21 Tableau pour le calcul des débits de renouvellement : Q_S

Volume du local (m3)	Renouvellement d'air par heure
$0 < v < 100$	1.V/heure
$100 < v < 500$	0,75.V/heure
$500 < v < 1000$	0,5.V/heure

AN : $D_R = 0.34 \times Q_s \times V_i$

$$D_R = 0.34 \times 0,5 \times 854,81$$

$$D_R = 145.318 \quad [W/^\circ C]$$

II.10. Déperditions de Base :

Le calcul de la puissance de chauffage d'un logement doit comporter le calcul des déperditions de base

Les déperdition de base pour un volume thermique (D_B) ont pour expression :

$$D_B = D_i \times (t_{bi} - t_{be}) \quad [W]$$

- D_i (en $W/^\circ C$) représente les déperditions totales du volume thermique $D_i = D_T + D_R$;
- t_{bi} (en $^\circ C$) est la température intérieure de base du volume considéré ;
- t_{be} (en $^\circ C$) est la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction ;

II.10.1. La température intérieure de base :

Est la température de l'air que l'on désire obtenir au centre de la pièce en absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage. On prendra $t_{bi} = 20^\circ C$

II.10.2. La température extérieure de base :

Est une température telle que les températures minimales quotidiennes ne lui sont inférieures que cinq jours par an ; On prendra $t_{be} = -1^{\circ}\text{C}$

Elle est en fonction de l'altitude et de la zone climatique où est implanté le projet

ZONE	Altitude (m)	t_{be} (en $^{\circ}\text{C}$)	ZONE	Altitude (m)	t_{be} (en $^{\circ}\text{C}$)
A	< 300	6	C	500 à 1000	- 2
	300 à 500	3		≥ 1000	- 4
	500 à 1000	1			
	≥ 1000	-1			
B	< 500	2	D	< 1000	5
	500 à 1000	1		≥ 1000	4
	≥ 1000	-1			
B'	< 500	0 voir Zone B	D'	< 1000	5
	≥ 500				

AN:
$$D_B = (145.318 + 1264.67) \times (21 + 1)$$

AN:

$$D_B = 1264.67 + 145.318 \cdot (20 - (-1))$$

$$D_B = 29609.748 \text{ [W]}$$

2.13 Coefficient de déperdition globale (G) : (méthode RT2012) (10)

La réglementation thermique 2012 permet d'optimiser les ressources énergétiques de votre logement afin de diminuer votre consommation annuelle en énergie (chauffage, climatisation...) (11)

Chapitre II : Présentation du projet et calcul des déperditions

Le G est le coefficient de déperdition volumique du bâtiment, il s'exprime en Watt par mètre cube et par degré. Ce coefficient est actuellement remplacé par le coefficient Ubat, mais le calcul par le coefficient G reste néanmoins pratique d'utilisation, mais d'une fiabilité relative.

G: coefficient de déperdition globale (W/m³.°C)

- 0,65 W/°C m³ isolation norme RT 2005
- 0,75 W/°C m³ isolation norme RT 2000
- 0,9 W/°C m³ constructions après 1980
- 1,2 W/°C m³ constructions moyennement isolées
- 1,8 W/°C m³ constructions non isolées

V : volume du bâtiment (m³)

ΔT: différence de température entre l'intérieur (19 ou 20°), et l'extérieur (Température de base hiver du lieu d'habitation).

Le coefficient de déperdition globale représente un critère très important pour estimer les déperditions d'un local, généralement il est compris entre 0,85 < G < 2,5

- Pour G < 0,85 les déperditions sont trop faibles => l'habitat est bien isolé.
- Pour G > 2,5 les déperditions sont trop importantes il faut revoir les matériaux de construction.

$$G = \frac{D_i}{V_i}$$

- D_i : (en W/°C) représente les déperditions totales du volume thermique D_i=D_T+D_R ;
- V_i : est le volume thermique du locale à chauffer ;
-

$$\text{AN: } G = \frac{1409,988}{854,81}$$

$$G = 1,64 \quad [\text{W/m}^3\text{°C}]$$

➔ Habitation moyennement isolé

III. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons montré les principaux constituants de l'enveloppe de notre maison, détaillé comment se fait le calcul thermique d'un bâtiment selon le document technique réglementaire C3-2 et nous avons pu vérifier la vérification réglementaire des déperditions en hiver.

Chapitre III

I. Introduction :

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation.

Les éléments entrant en compte dans ce calcul sont nombreux, il faudra connaître la nature, l'exposition la surface des murs, des parois vitrées, des plafonds, des sols, ces éléments étant multipliés par des coefficients variables selon l'altitude, le rayonnement solaire, la localisation géographique.

D'autres éléments doivent être pris en compte comme le renouvellement d'air naturel ou mécanique, les divers ponts thermiques ainsi que les apports qui pondéreront le calcul par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers etc.

Ici nous nous arrêterons pour évaluer les besoins en chauffage et climatisation de notre maison.

II. Puissance de chauffage à installer : (méthode du DTR 3-2)

La puissance totale de chauffage installée pour un logement ne doit pas être inférieure aux déperditions de base (du même logement)

La puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement est donné par :

$$Q = [t_{bi} - t_{bc}] \times [(1 + \text{Max}(C_r ; C_{in})) D_T] + [(1 + C_r) \times D_R] \quad [W]$$

- c_r (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel ;

- c_{in} (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance ;

$$\text{AN : } Q = [20 - (-1)] \times [(1 + \text{Max}(0,20 ; 0,10)) 1264,67] + [(1 + 0,20) \times 145,318]$$

$$Q = 21 \times [1517,604 + 174,382]$$

$$Q = 35531,706 [W]$$

II.1. Calcul des besoins en chauffage :

Le calcul des besoins en chauffage pour chaque mois de la saison de chauffage :

Tableau 22 Tableau des températures extérieure moyenne annuelles (12)

Tlemcen - Températures moyennes (1991-2020)			
Mois	Min (°C)	Max (°C)	Moyenne (°C)
Janvier	5	17	11,1
Février	6	18	11,9
Mars	8	20	14
Avril	10	22	15,9
Mai	13	26	20
Juin	16	30	23
Juillet	20	33	26,3
Août	20	34	27
Septembre	17	30	23,7
Octobre	14	26	20,1
Novembre	10	21	15,3
Décembre	7	18	12,3

Chapitre III : Calcul des besoins en chauffage et climatisation

$$Q = [t_{bi} - t_{bc}] \times [(1 + \text{Max}(C_r ; C_{in}) D_T] + [(1 + C_r) \times D_R]$$

AN :

	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL
T ext (°C)	20	15,3	12,3	11,1	11,9	14	15,9
T int (°C)	20	20	20	20	20	20	20
ΔT (°C)	0	4,7	7,7	8,9	8,1	6	4,1
B (W)	0	7952,33	13028,3	15058,67	13705,08	10151,9	6937,14

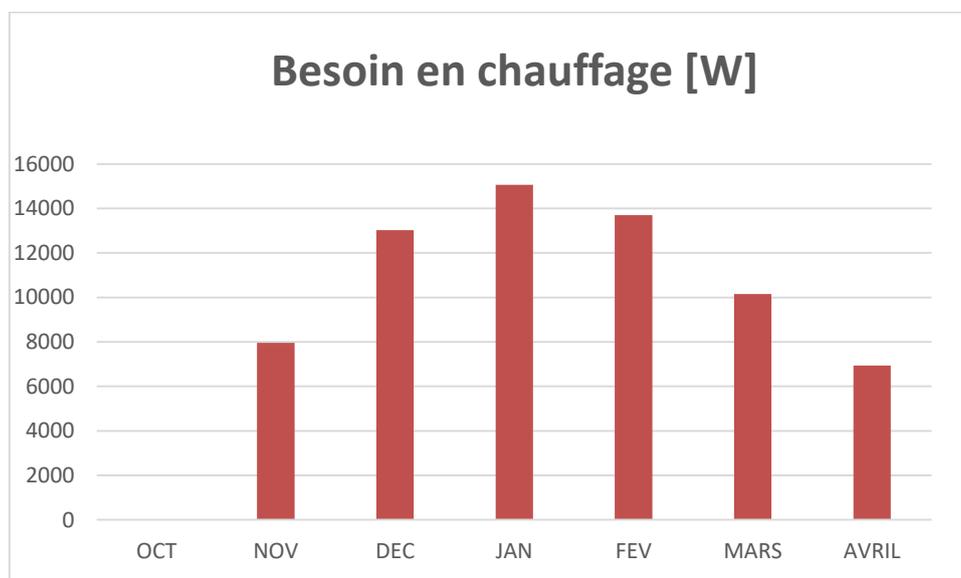


Figure 12 Besoin en chauffage

On remarque ici que la consommation de chauffage est importante durant le mois de janvier donc pour assurer le confort d'hiver il faudra équiper notre maison d'un chauffage qui fournira au moins une puissance de 15100 W et donc ça nous fait $15100/137=110\text{w/m}^2$.

III. Climatisation : (13)

III.1. Calcul des apports calorifiques :

Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes : les calculs doivent être menés pour le mois de Juillet.

-Définition des zones (ou volumes) thermiques ; une zone thermique est un volume d'air dont les conditions intérieures sont supposées être homogènes.

-Détermination de l'intervalle de temps critique ; pour ce faire, pour chaque façade, on détermine l'heure qui correspond aux gains maxima par transmission à travers les parois opaques et vitrées ; l'intervalle de temps critique est délimité par la plus petite heure et par la plus grande heure choisie parmi les heures déterminées.

-Calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique et pour toutes les heures situées dans l'intervalle de temps critique.

-Calcul des apports calorifiques effectifs.

III.2. Vérification règlementaire :

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$A_{PO}(15h) + A_{V}(15h) \leq 1,05 A_{réf}(15h) \quad [W]$$

III.2.1. Les apports calorifiques de référence $A_{réf}$ sont donnés par :

$$A_{réf} = A_{réf,PH} + A_{réf,PV} + A_{réf,PVI} [W]$$

Où :

- $A_{réf,PH}$ (enW) désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques horizontales.
- $A_{réf,PV}$ (enW) désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques verticales.
- $A_{réf,PVI}$ (enW) désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois vitrées.

III.2.2. Les apports calorifiques de référence $A_{réf}$ sont donnés par :

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

$$A_{réf,PH} = \sum a \times S_{int} \times \Delta T_{S_{réf,PH}}$$

Où :

- a (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est un coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique ; la valeur de a est donnée au paragraphe VIII.2.3.2, (dtr3-4)
- S_{int} (en m^2) désigne la surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur;
- $\Delta T_{réf,PH}$ (en $^\circ C$) est la différence de température de référence pour les parois horizontales (voir tableau 8.4). du dtr3-4

III.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 :

$$A_{réf,PV} = \sum (c \times S_{int} \times \Delta T_{réf,PV}) \quad [W]$$

Où :

- c (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est un coefficient dépendant au type d'usage de la construction (voir tableau 8.5) dtr3-4;
- S_{int} (en m^2) désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur;
- $\Delta T_{réf,PV}$ (en $^\circ C$) est la différence de température de référence pour la paroi opaque verticale ; les valeurs de $\Delta T_{réf,PV}$ sont données dans le tableau 8.6 (dtr3-4) en fonction de latitude et de l'orientation de la paroi.

III.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 sont donnés par:

$$A_{réf,PVI} = A_{VE,réf} + A_{VT,réf} \quad [W]$$

Où:

Chapitre III : Calcul des besoins en chauffage et climatisation

- $AVE_{réf}(enW)$ désigne les apports de référence dus à l'ensoleillement,
- $AVT_{réf}(enW)$ désigne les apports de référence dus au gradient de température.

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

$$AVE_{réf}=[SV_{ens} \times It + (SV - SV_{ens}) \times Id] FS_{réf} \times NPVI_{réf} \quad [W]$$

Où :

- $SV(enm^2)$ est la surface totale vitrée
- $SV_{ens}(enm^2)$ est la surface vitrée ensoleillée à 15h TSV(cf.annexeB.4 pour la détermination des parties ensoleillées),
- $It(enW/m^2)$ est le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et latitude considérées (cf.§IX.1.2.3),
- $Id(enW/m^2)$ est le rayonnement diffus maximal réel(cf.§IX.1.2.3),
- $FS_{réf}$ est 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.
- $NPVI_{réf}$ est 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 :

$$AVT_{réf} = e' \times Souv \times \Delta T_{Sréf, PVI} \quad [W]$$

Où :

- $e'(enW/m^2.°C)$ est un coefficient relatif à la nature des locaux ; la valeur de $e'(enW/m^2.°C)$ 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;

Chapitre III : Calcul des besoins en chauffage et climatisation

- S_{ouv} (en m^2)est la surface d'ouverture dans le mur;
- $\Delta T_{\text{réf,PVI}}$ (en $^{\circ}C$) est la différence de température de référence des parois vitrées(voir tableau 8.8 dtr3-4).

Chapitre III : Calcul des besoins en chauffage et climatisation

Tableau 23 Apport calorifiques

Désignation	Formule	Référence	Légende
Les apports à travers les parois en contact avec le sol	$APO(t) = K_{été} \times S_{app} \times [TS_m - TS_{b,i}]$ [W]	CH_3 §3.3.1 (DTR_C-3-4)	<ul style="list-style-type: none"> • $K_{été}$ (W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été (cf. § 1.2.2), • S_{app} (m²) est la surface de la zone d'apport ; • TS_m (°C) est la température moyenne sèche de l'air extérieur ; • $TS_{b,i}$ (°C) est la température intérieure du local conditionné.
Apport à travers les parois extérieur	$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta te(t)$ [W]	CH_3 §1.2.1 (DTR_C-3-4)	<ul style="list-style-type: none"> • 1,2 (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques) • $K_{été}$ (W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été (cf. § 1.2.2), • S_{int} (m²) est la surface intérieure totale de la paroi considérée ; pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface ; • $\Delta te(t)$ (°C) est la différence équivalente de température à l'heure t (cf. §1.3).
Apports à travers les parois vitrées extérieures	$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$ [W]	CH_4 §1.1.2 (DTR_C3-4)	<ul style="list-style-type: none"> • AVT(t) (W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées ; • AVE(t) (W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

<p>Gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées extérieures</p>	$AVT(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times [TS_e(t) - TS_{b,i}] \quad [W]$	<p>CH_4 §1.1.3 (DTR_C3-4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1,2 (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques) • $K_{\text{été}}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été (cf. § 1.2.2), • S_{ouv} (m^2) est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque ; • $TS_e(t)$ ($^\circ C$) est la température extérieure sèche à l'instant considéré (cf. chapitre 2. §1.1) • $TS_{b,i}$ ($^\circ C$) représente la température intérieure du local conditionné.
<p>Gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures</p>	$AVE(t) = [SV_{\text{ens}} \times I_t + (SV - SV_{\text{ens}}) \times I_d] \times FS \times N_{pvi}(t) \quad [W]$	<p>CH_4 §1.1.4 (DTR_C3-4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SV (en m^2) est la surface totale vitrée, • SV_{ens} (m^2) est la surface vitrée ensoleillée (cf. annexe 4 pour la détermination des parties ensoleillées), • $SV - SV_{\text{ens}}$ (m^2) est la surface vitrée à l'ombre (cf. annexe 4 pour la détermination des parties ensoleillées), • I_t (W/m^2) est le rayonnement total maximal réel (cf. chapitre 2, § 1.2.3), • I_d (W/m^2) est le rayonnement diffus maximal réel (cf. chapitre 2, § 1.2.3), • $N_{pvi}(t)$ Représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée (cf. § 1.2), • FS est le facteur solaire du vitrage (cf. § 2).

Chapitre III : Calcul des besoins en chauffage et climatisation

AN :

					somme
Aréf PH = $\sum a \times S_{int} \times \Delta T_{Sréf,PH}$	$1,1 * 129,6 * 12,09$				1723,5504
AréfPV = $\sum c \times S_{int} \times \Delta T_{Sréf,PV}$	Nord	Sud	Ouest	Est	1560,1176
	417,96	286,5888	515,6592	339,9096	
AréfPVI = AVEréf + AVTréf	AVEréf		AVTréf		5693,578
	3004,57		2689,008		
					Aréf = 8977,246 [W]

					somme
APO(mur) = $1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_e(t)$	Nord	Sud	Ouest	Est	1211,083
	140,08	534,08	208,778	328,145	
AV (t) = AVT (t) + AVE (t)	AVT		AVE		2863,655
	Sud	Est	Sud	Est	
	550,55	93,81	1019,39	1199,905	
APO(plancher) = $K_{été} \times S_{app} \times (T_{Sm} - T_{Si,b})$	$2,15 * 132,16 * (35 - 23)$				3409,728

On a :

$$1211,083 + 2863,655 + 3409,728 \leq 1,05 * 8977,246$$

$$7484,466 \leq 9426,1033$$

Donc : **APO (15h) + AV(15h) ≤ 1,05 A_{réf}(15h) est vérifié .**

IV. Conclusion :

Dans cette partie du travail nous avons déterminé les besoins en chauffage de notre villa, calculer les apports calorifiques durant l'été selon le DTR3-4 et vérifier la vérification réglementaire.

Chapitre IV

I. Introduction :

Dans ce chapitre on présente l'outil de calcul qu'on a utilisé pour modéliser notre maison et expliquer les différentes étapes pour aboutir à un rapport détailler des besoin énergétique de notre bâtiment.

II. Présentation du logiciel revit :



II.1. A propos de Revit :

Revit est un logiciel de conception de bâtiment édité par la société américaine Autodesk qui permet de créer un modèle en 3D d'un bâtiment pour créer divers documents nécessaires à sa construction (plan, perspective, ...).

Revit est un logiciel de CAO, mais sa particularité est d'être un logiciel BIM multi-métiers destiné aux professionnels du BTP (ingénieurs, architectes, dessinateurs-projeteurs, entrepreneurs,...)

Dans le modèle Revit, chaque feuille de dessin, vue 2D et 3D ou nomenclature représente des informations provenant du même modèle de bâtiment virtuel. Lorsque vous travaillez dans le modèle de bâtiment, Revit rassemble des informations sur le projet de construction dont il assure la coordination dans l'ensemble des autres représentations du projet. Le moteur de changement paramétrique de Revit coordonne automatiquement les modifications, quel que soit leur emplacement : vues de modèle, feuilles de dessin, nomenclatures, coupes ou plans.

II.2. Fonctionnement et utilisation de revit :

Dans notre étude du transfert thermique dans le bâtiment nous avons utilisé un outil spécifique du logiciel du nom de revit MEP.(14)

II.2.1. Revit MEP :

Est un outil de modélisation de réseaux, qui se concentre vers la ventilation, l'électricité, les sanitaires, la plomberie, le chauffage, et la climatisation

II.2.2. Principale fonctionnalités pour l'outil MEP :

A. Conception intégrée :

Rationalisez le processus de conception d'ingénierie avec Revit. Coordonnez et communiquez l'intention de la conception dans un modèle unique avant le début de la construction.

B. Analyse :

Effectuez des simulations et détectez les interférences en amont dans le processus de conception. Utilisez les données d'analyse d'énergie conceptuelle pour les calculs d'ingénierie.

C. Documentation :

Concevez, modélisez et documentez des systèmes pour le bâtiment dans le contexte d'un modèle d'informations du bâtiment complet, y compris les composants architecturaux et structurels.

D. Fabrication :

Effectuez des modélisations pour la fabrication MEP à l'aide d'outils qui automatisent la présentation de modèles de fabrication. Préparez un modèle pour une coordination détaillée de la fabrication et de l'installation.

Dans notre cas nous avons focalisé sur les paramètres **d'analyse** qui nous permettent de calculer les charges de chauffages et de refroidissement.

II.3. Méthodes de calcul des charges de refroidissement et de chauffages par le logiciel revit :

Une fois que toutes les données ont été rassemblées, le moteur peut calculer les charges. Pour des calculs standards, le moteur examine chaque espace d'avril à novembre, de 6 AM à 6 PM (d'octobre à mai dans l'hémisphère sud). Une fois que les charges de tous les espaces ont été déterminées, la valeur mois/heure maximale (selon le type de calcul) est utilisée pour déterminer les psychrométries, l'écoulement d'air et les charges des serpentins. Le paragraphe suivant (emprunté libéralement au manuel ASHRAE 2005 Handbook of Fundamentals) est une discussion sur les processus de calcul et les principes employés.(14)

II.3.1. Présentation du processus de calcul :

Les charges de refroidissement étalons sont basées sur l'hypothèse de conditions périodiques stables (par exemple, les conditions météorologiques, d'occupation et de gain de chaleur du jour étalon sont identiques à celles des jours précédents, de telle manière que les charges se répètent sur une base cyclique identique de 24 h). Ainsi, le gain de chaleur pour un composant particulier à une heure particulière est le même que 24h avant, qui est le même que 48h avant, etc.

Les calculs de charges de refroidissement doivent considérer deux effets retardateurs inhérents aux processus de transfert de chaleur dans un bâtiment :

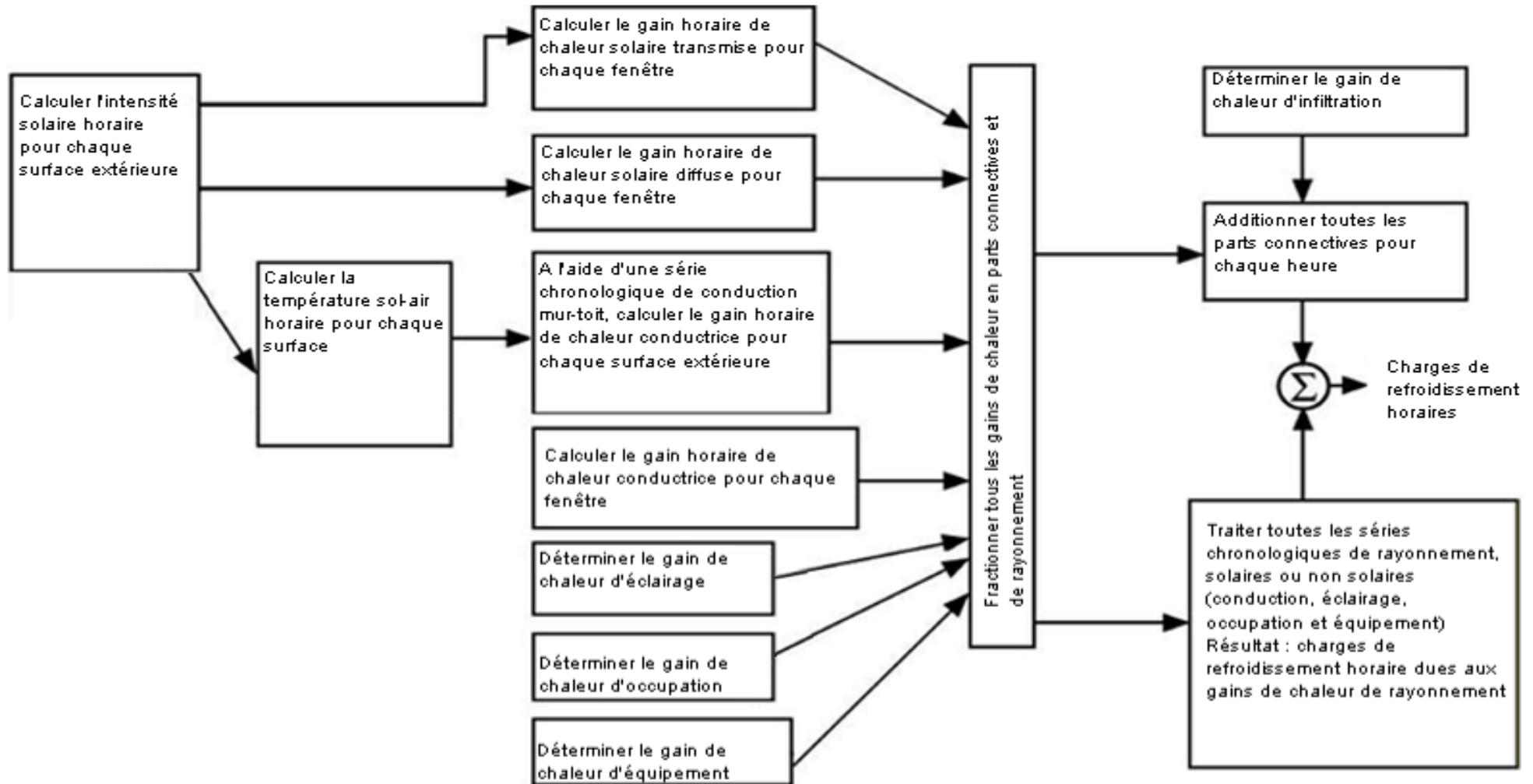
1. Délai du gain de chaleur conductive à travers d'importantes surfaces extérieures opaques (les murs, les toits ou les sols)
2. Délai de la conversion du gain de chaleur radiative en charges de refroidissement.

Les murs extérieurs et les toits conduisent la chaleur en raison des différences de température de l'air extérieur et intérieur. En outre, l'énergie solaire sur des surfaces extérieures est absorbée, puis transférée par conduction à l'intérieur du bâtiment. En raison du volume et de la capacité thermique des matériaux de construction d'un mur ou d'un toit, un délai substantiel de l'apport thermique est relevé au niveau de la surface extérieure, qui devient un gain de chaleur au niveau de la surface intérieure.(14)

Chapitre IV : Etude et simulation

La plupart des sources de chaleur transfèrent l'énergie dans une pièce par une combinaison de convection et de rayonnement. La partie convective du gain de chaleur devient immédiatement une charge de refroidissement. La partie radiative doit d'abord être absorbée par les finitions et le volume des surfaces des pièces intérieures, puis devient une charge de refroidissement uniquement lorsqu'elle est transférée par convection de ces surfaces à l'air de la pièce. Par conséquent, les gains de chaleur par rayonnement deviennent des charges de refroidissement après une certaine période de temps

ORGANIGRAME ILLUSTRANT LES ETAPES DE CALCUL DES CHARGES



Voir paragraphe (II.3.2) et (II.3.3) *Méthode de calcul RTS*

II.3.2. Méthode de calcul RTS :

La procédure générale de calcul de la charge de refroidissement pour chaque composant de charge (lumières, personnes, murs, toits, fenêtres, appareils, etc.) avec la méthode RTS (ASHRAE) est la suivante(14) :

1. Calculez le profil des gains de chaleur des composants pour le jour étalon, soit 24 h, (pour la conduction, représentez d'abord le délai de conduction en appliquant la série temporelle de conduction).
2. Fractionnez les gains de chaleur en parts de rayonnement et de convection.
3. Appliquez la série temporelle de rayonnement (RTS) appropriée à la part de rayonnement des gains de chaleur de manière à représenter le délai de conversion en charge de refroidissement.
4. Additionnez la part de convection et la part de rayonnement retardé du gain de chaleur de manière à déterminer la charge de refroidissement pour chaque heure pour chaque composant de charge de refroidissement.

Après avoir calculé les charges de refroidissement pour chaque composant et pour chaque heure, le moteur les additionne afin de déterminer la charge de refroidissement totale pour chaque heure et sélectionne l'heure présentant la charge maximale dans un objectif de conception du système de conditionnement d'air. Le moteur répète ce processus pour plusieurs mois étalons de manière à déterminer le mois présentant la charge maximale.

Le gain de chaleur issu des surfaces extérieures opaques est dérivé des mêmes éléments de rayonnement solaire et de gradient thermique que pour les zones des fenêtres. Il varie principalement en tant que fonction du volume et de la nature de la construction du mur ou du toit, car ces éléments ont une incidence sur le taux de chaleur conductive.

II.3.3. Formules de calcul méthode RTS :

A. Valeurs "Température sol (Tsol)" :

La température sol ("Tsol") est la température de l'air extérieur qui, en l'absence de changement de rayonnement, donne le même taux d'entrée de chaleur dans la surface que la combinaison du rayonnement solaire incident, de l'échange d'énergie rayonnante avec le ciel et le milieu extérieur et de l'échange de chaleur convective avec l'air extérieur.

Le bilan thermique sur une surface éclairée par la lumière du soleil donne le flux thermique dans la surface (q/A), tel que ;

$$\frac{Q}{A} = \alpha E_t + h_0(t_0 - t_s) - \epsilon \Delta R_{(28)}$$

Ou

α = coefficient d'absorptance de surface pour le rayonnement solaire.

E_t = incident total du rayonnement solaire sur la surface, Btu/h pi².

h_o = coefficient de transfert de chaleur par rayonnement à grandes ondes et convection sur la surface extérieure, Btu/h pi² °F.

t_o = température de l'air extérieur, °F.

t_s = température de la surface, °F.

ϵ = émittance hémisphérique de la surface.

ΔR = différence entre l'incidence de rayonnement à grandes ondes sur une surface provenant du ciel et du milieu extérieur et le rayonnement émis par un corps noir à la température de l'air extérieur, Btu/h pi².

En supposant que le taux de transfert de chaleur peut être exprimé en termes de température sol (T_{sol}),

$$\frac{Q}{A} = h_o (t_e - t_s) \quad (29)$$

et tiré des équations (28) et (29) :

$$t_e = t_o + \frac{\alpha E_t}{h_o} - \frac{\epsilon \Delta R}{h_o} \quad (30)$$

B. Calcul du gain de chaleur conductive :

La conduction à travers les murs extérieurs et les toits est calculée à l'aide de la série de conduction (CTS).

L'apport thermique conductif des murs et des toits à l'extérieur est définie par l'équation de conduction standard telle que

$$Q_{i,q-n} = UA(t_{e,q-n} - t_{rc}) \quad (31)$$

Ou

$q_{i,q-n}$ = entrée de chaleur par conduction pour la surface, n heures plus tôt, Btu/h.

U = coefficient de transfert de chaleur global pour la surface, Btu/h pi² °F.

A = superficie de la surface, pi².

$t_{e,q-n}$ = température sol (Tsol), n heures plus tôt, °F.

t_{rr} = évaluation de la température constante de la pièce, °F.

Le gain de chaleur conductive à travers les murs ou les toits peut être calculé à l'aide des apports thermiques conductifs pour l'heure actuelle et les 23 dernières heures et de la série temporelle de conduction :

$$Q_q = c_0 q_{i,q} + c_1 q_{i,q-1} + c_2 q_{i,q-2} + c_3 q_{i,q-3} + \dots + c_{23} q_{i,q-23} \quad (23)$$

Ou

q_q = gain de chaleur conductive horaire de la surface, Btu/h.

$q_{i,q}$ = apport thermique pour l'heure actuelle.

$q_{i,q-n}$ = apport thermique pour l'heure actuelle.

$c_1, c_0, \text{etc.}$ = facteurs temps de conduction.

Les facteurs temps de conduction peuvent être utilisés dans l'équation (32) et offrent un moyen de comparaison des caractéristiques du délai entre différentes constructions de murs et de toits. Les gains de chaleur d'une construction calculés pour des murs ou des toits à l'aide de facteurs de réponse périodique (et donc CTS) sont identiques à ceux calculés à l'aide des fonctions de transfert par conduction pour les conditions périodiques stables évaluées dans les calculs des charges de refroidissement étalons. (14)

C. Gain de chaleur à travers des surfaces intérieures :

Lorsqu'un espace conditionné est adjacent à un espace présentant une autre température (c'est-à-dire dans une autre zone), le transfert de chaleur à travers la séparation physique doit être pris en compte.

Le taux de transfert de chaleur est donné par

$$Q = UA(t_b - t_i) \quad (33)$$

Ou

q = taux de transfert de chaleur, Btu/h.

U = coefficient du transfert de chaleur global entre un espace conditionné et un espace adjacent, Btu/h pi² °F.

A = superficie de la zone de séparation, pi².

t_b = température de l'air moyenne dans l'espace adjacent, °F.

t_i = température de l'air dans l'espace conditionné, °F.

D. Gain de chaleur par les fenêtres :

Pour les fenêtres et les lucarnes, le moteur utilise les équations ci-après pour calculer le gain de chaleur :

Gain de chaleur solaire par faisceau direct (q_b) :

$$Q_b = A E_D S H G C(\Theta) \quad (13)$$

Gain de chaleur solaire diffuse (q_d) :

$$Q_d = A (E_d + E_r) (S H G C)_D \quad (14)$$

Gain de chaleur conductive (q_c) :

$$Q_c = U A (T_{out} - T_{in}) \quad (15)$$

Gain de chaleur total par les fenêtres (Q) :

$$Q = q_b + q_d + q_c \quad (16)$$

Ou

A = superficie de fenêtres, pi²

E_D , E_d et E_r = irradiance directe, diffuse et réfléchie au sol

$S H G C(\Theta)$ = coefficient d'apport thermique solaire direct, en tant que fonction de l'angle d'incidence q ; peut-être interpolé entre des valeurs

$(SHGC)_D$ = coefficient d'apport thermique solaire diffus (également appelé SHGC hémisphérique)

T_{in} = température intérieure, °F

T_{out} = température extérieure, °F

U = facteur U global, cadre et support compris

Une fois cette répartition de toutes les charges d'espaces et de serpentins terminée, le moteur détermine le mois et l'heure pour la charge maximale de la zone (pour les besoins de l'affichage, la charge d'une zone est toujours une charge de volume constant, soit la valeur maximale des sommes, même si des espaces sont de volume variable). Le moteur s'occupe alors des plénums et des psychrométries.

E. Charges de plénum :

L'espace au-dessus d'un plafond, lorsqu'il est utilisé comme trajectoire de reprise, est un plénum de reprise du plafond. Contrairement à un retour à gaines classique, le plénum peut avoir plusieurs sources de chaleur le long de sa trajectoire. Ces sources de chaleur peuvent être des charges convectives et rayonnantes provenant d'éclairages et de transformateurs, des charges de conduction provenant des murs, des vitrages ou des toits adjacents, ou encore des systèmes de gaines et de canalisation à l'intérieur du plénum.(14)

Les équations ci-après montrent comment les températures et le transfert de chaleur des plénums sont calculés dans le moteur :

$$Q1=U_c A_c (t_p - t_r) \quad (35)$$

$$Q2=U_f A_f (t_p - t_{fa}) \quad (36)$$

$$Q3=1.1Q(t_p - t_r) \quad (37)$$

$$q_{lp} - q2 - q1 - q3 = 0 \quad (38)$$

$$Q = \frac{qr + q1}{1.1(tr - ts)} \quad (39)$$

Chapitre IV : Etude et simulation

Ou :

q_1 = gain de chaleur de l'espace provenant du plénum à travers le plafond, Btu/h

q_2 = perte de chaleur provenant du plénum à travers le sol du dessus, Btu/h

q_3 = gain de chaleur "récupérée par retour d'air, Btu/h

Q = gain de chaleur "récupérée par retour d'air, Btu/h

q_{lp} = gain de chaleur d'éclairage pour le plénum par reprise, Btu/h

q_{lr} = gain de chaleur d'éclairage pour l'espace, Btu/h

q_f = gain de chaleur provenant du plénum d'en dessous, à travers le sol, Btu/h

q_w = gain de chaleur provenant du mur extérieur, Btu/h

q_r = charge de refroidissement de l'espace, y compris le traitement approprié de q_{lr} , q_f et/ou

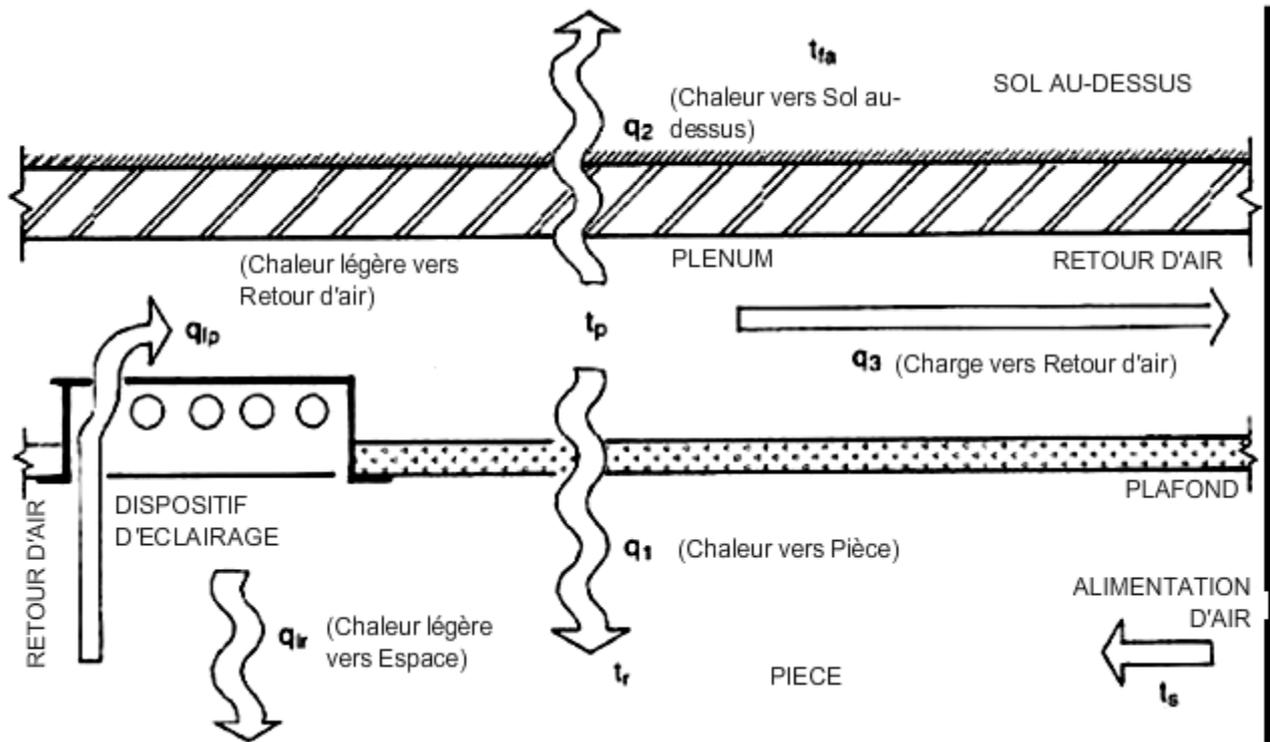
q_w , btu/h

t_p = température du plénum, °F

t_r = température de l'espace, °F

t_{sa} = température de l'espace de l'étage supérieur, °F

t_s = température de soufflage, °F



II.3.4. Charges de chauffage :

Une fois que vous avez obtenu tous les composants des charges de refroidissement pour chaque espace, la charge de chauffage est calculée.

Les techniques permettant l'estimation des charges de chauffage de bâtiments commerciaux sont essentiellement les mêmes que celles pour l'estimation des charges de refroidissement étalons, avec les exceptions suivantes :

_Les températures en dehors des espaces conditionnés sont généralement inférieures aux températures d'espaces conditionnés.

_L'influence des gains de chaleur solaire ou interne n'est pas incluse.

_L'effet de stockage thermique de la structure du bâtiment ou du contenu est ignoré.

Les pertes de chaleur (gains de chaleur négatifs) sont par conséquent considérées comme instantanées, le transfert de chaleur est alors essentiellement conductif et la chaleur latente est uniquement traitée en tant que fonction de remplacement de l'humidité perdue dans l'espace, vers l'environnement extérieur. Cette approche simplifiée est justifiée, car elle évalue les conditions extrêmes qui peuvent raisonnablement se produire au cours d'un hiver. Par conséquent, la charge extrême est basée sur les éléments suivants :

_Conditions intérieures et extérieures étalons

_Infiltration et/ou ventilation incluses

_Pas d'effet solaire (la nuit ou les jours d'hiver nuageux)

_Avant que la présence périodique de personnes, d'éclairages et d'appareils n'ait un effet de décalage

II.3.5. Psychrométrie :

Les calculs de psychrométrie utilisent des propriétés thermodynamiques pour analyser les conditions et processus impliquant l'air humide. Le calcul de ces diverses saturations permet de déterminer les écoulements d'air nécessaires, les températures de l'air entrant et sortant et les charges des équipements de la zone.

Les équations impliquées sortent du contexte de ce document, mais voici une brève présentation du processus.

Les conditions de psychrométrie sont contrôlées par trois variables : la température de soufflage, le point de consigne et l'humidité (que Revit permet de déterminer comme flottante). Dans Revit, l'utilisateur doit définir les deux premières variables sur une valeur et peut décider de définir la troisième ou de la laisser flottante (c'est-à-dire qu'il laisse le moteur déterminer l'humidité optimale). Si l'humidité est autorisée à flotter, le moteur tente de trouver une humidité qui minimise les gains de charges supplémentaires. Si l'humidité est spécifiée, dans certains cas, les conditions de psychrométrie risquent de ne pas être atteintes (le moteur permet une tolérance de 5 %) ; une erreur s'affiche alors dans le rapport de charges.

Si les conditions peuvent être atteintes, l'écoulement d'air pour la zone est le premier composant calculé, suivi de la ventilation requise. Après ces calculs, le moteur détermine les caractéristiques de psychrométrie pour les conditions de l'air extérieur. Cela permet le calcul des températures de l'air entrant et de l'air mixte. Une fois ces températures et écoulements d'air connus, le moteur peut déterminer les valeurs restantes, y compris les charges de ventilation, les charges des équipements et les valeurs de réchauffage.(14)

II.3.6. Charges des zones, des niveaux et du bâtiment :

Une fois les charges de l'espace, la psychrométrie et les charges des équipements calculés, le moteur détermine les charges de bloc finales des zones, des niveaux et du bâtiment.

Ces valeurs sont des charges de bloc simples qui ajoutent les répartitions des composants à l'heure et au mois de la valeur de charge maximale. Le récapitulatif des zones et du bâtiment comprend également l'équipement provenant de leurs sources respectives. Les valeurs des charges maximales varient selon si l'équipement utilisé présente un volume d'air variable ou constant. Elles se répartissent de la manière suivante :

Chapitre IV : Etude et simulation

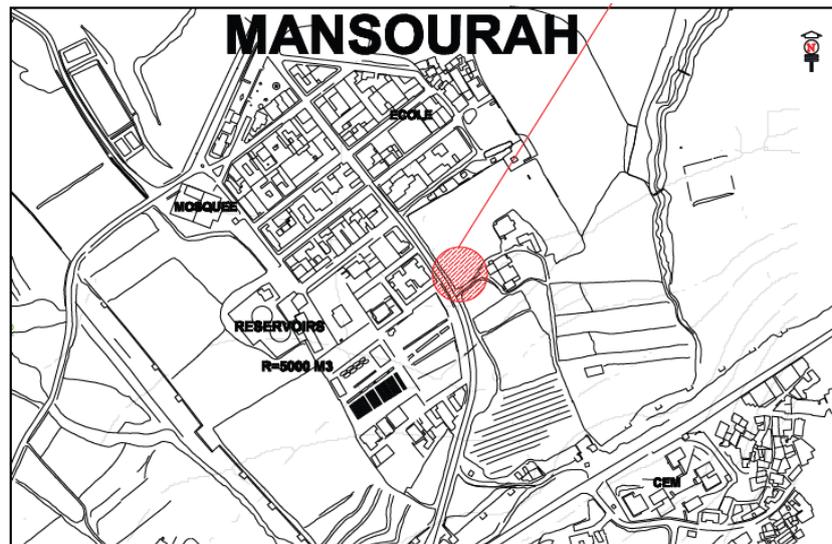
	Volume d'air constant	Volume d'air variable
Bâtiment	Valeur maximale des sommes des espaces dans le bâtiment + somme des équipements des zones	Valeur maximale des sommes des espaces dans le bâtiment + somme des équipements des zones
Niveau	Valeur maximale des sommes des espaces du niveau (sans équipement)	Valeur maximale des sommes des espaces du niveau (sans équipement)
Zone	Valeur maximale des sommes des espaces dans la zone + équipement	Valeur maximale des sommes des espaces dans la zone + équipement
Espace	Charge à la valeur mois/heure maximale de la zone	Charge à la valeur mois/heure maximale de l'espace

A la fin du processus, le moteur a rempli les réseaux des répartitions des composants qui couvrent chaque combinaison d'heure et de mois pour chaque espace, et donnent une valeur maximale de chacun de ces composants pour chaque niveau, chaque zone et le bâtiment. Il s'agit d'une grande quantité de données, mais cela permet à l'application (Revit) de montrer à l'utilisateur une variété de patrons, tendances et données.(14)

III. ETUDE DE CAS :

Notre étude se fait sur une villa de 137 m² qui se situe à Mansourah (TLEMCCEN) .Les mur extérieurs sont en doubles cloison de brique, et le plafond et une dalle en béton plein avec une isolation de plaque en polystyrène.

III.1. Plan de situation :



PLAN DE SITUATION
Ech :1/2000

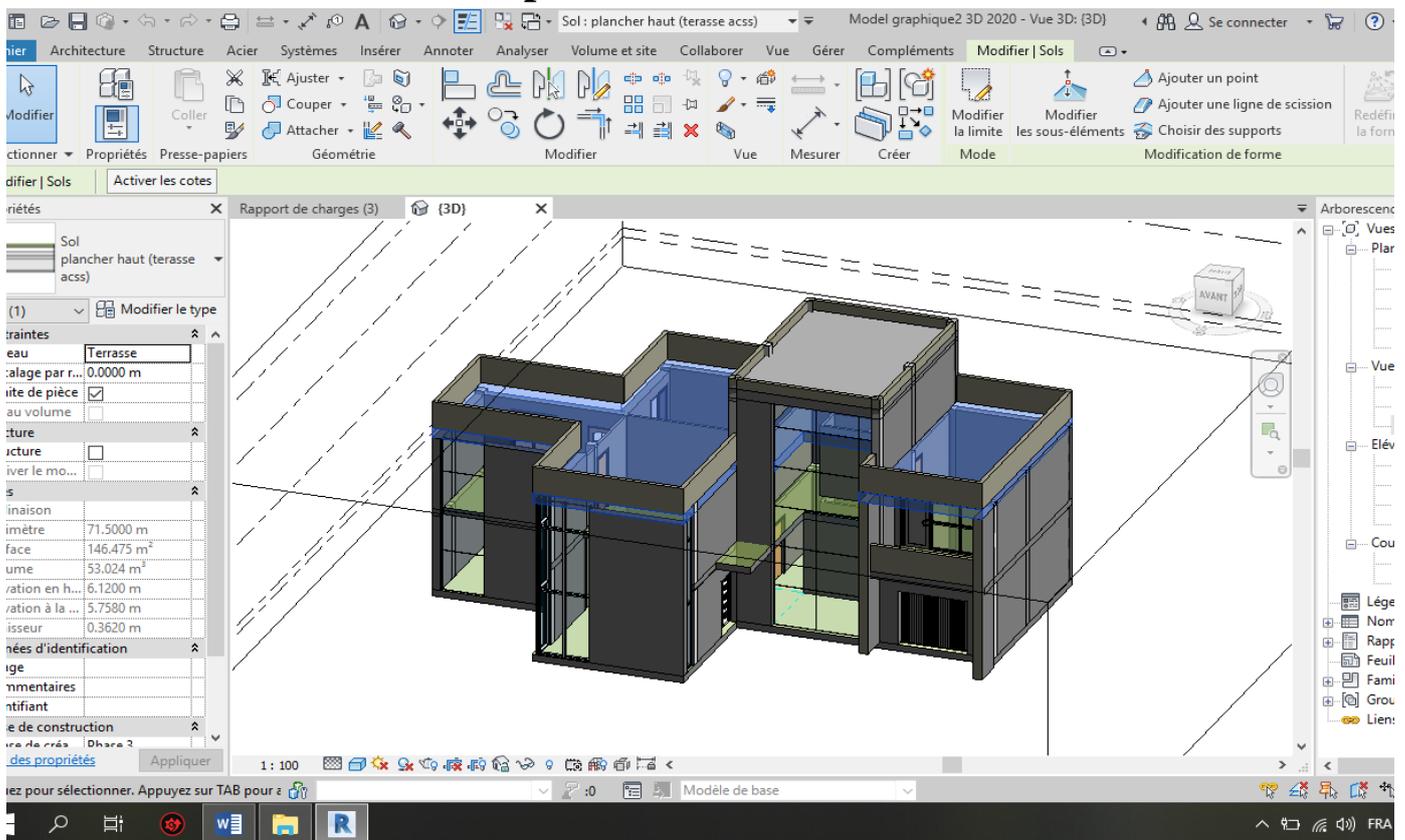
III.2. Illustration 3D :





Figure 13 modelisation 3D

III.3. Modélisation par REVIT :



III.4. Affectation des matériaux : (toiture, plancher, cloison, mur extérieur)

Nous avons procédé à l'affectation des principaux matériaux constituant l'enveloppe de notre maison incluant leurs caractéristiques physiques et thermiques comme montrer ci-dessous :

Modifier l'assemblage

Famille: Mur de base
 Type: mur ext pfe
 Epaisseur totale: 0.3500 m
 Résistance (R): 2.4630 (m²·K)/W
 Masse thermique: 30.25 kJ/K

COTE EXTERIEUR				
	Fonction	Matériau	Epaisseur	Retournements
1	Porteur/Ossature [1]	Enduit Ciment	0.0250 m	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Limite de la couche principale	Couches au-dessus	0.0000 m	
3	Porteur/Ossature [1]	Brique, perforée	0.1500 m	<input type="checkbox"/>
4	Isolant/Vide [3]	Air	0.0500 m	<input type="checkbox"/>
5	Porteur/Ossature [1]	Brique, perforée	0.1000 m	<input type="checkbox"/>
6	Limite de la couche principale	Couches en dessous	0.0000 m	
7	Finition 1 [4]	Enduit Ciment	0.0250 m	<input checked="" type="checkbox"/>

COTE INTERIEUR

Retournement par défaut
 Insertions: Ne pas retourner
 Extrémités: Aucun(e)

Navigateur de matériaux - Enduit Ciment

Rechercher

Matériaux du projet: Tout

Coupe, Coupe - Zone...oupe, Coupure, Cuivre

Dalles sur dallage, Enduit Ciment, Espaces analytiques, Fenêtre - Appui

Fenêtre - Cadre, Fenêtre - Poignée, Fenêtre - Vitrage, Fenêtres mobiles

Bibliothèques de matériaux

Identité | Graphiques | Apparence | Thermique

Enduit de ciment - Granulat de sable(1)

Informations

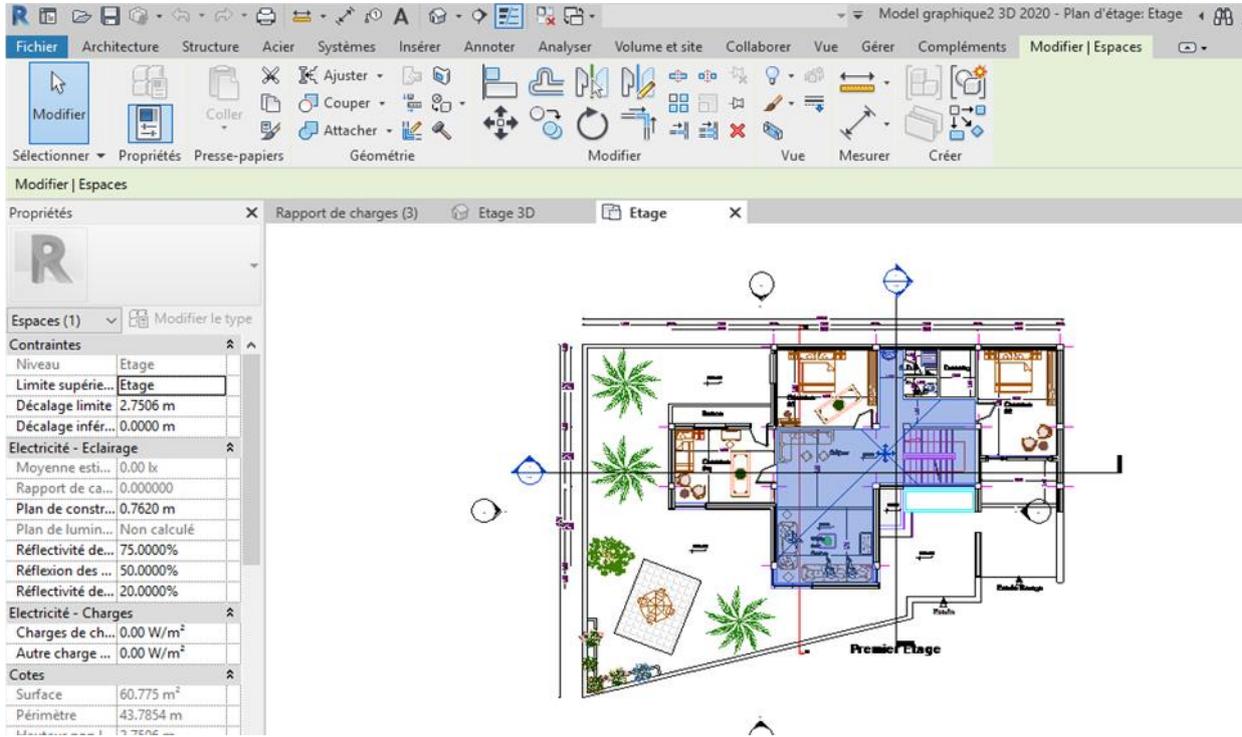
Propriétés

- Transmet la lumière
- Comportement: Isotrope
- Conductivité thermique: 1,4000 W/(m·K)
- Chaleur spécifique: 0,8400 J/(g·°C)
- Densité: 2 200,00 kg/m³
- Emissivité: 0,90
- Perméabilité: 216,6000 ng/(Pa·s·m²)
- Porosité: 0,01
- Réflectivité: 0,00
- Résistivité électrique: 2 000 000,0000 Ω·m

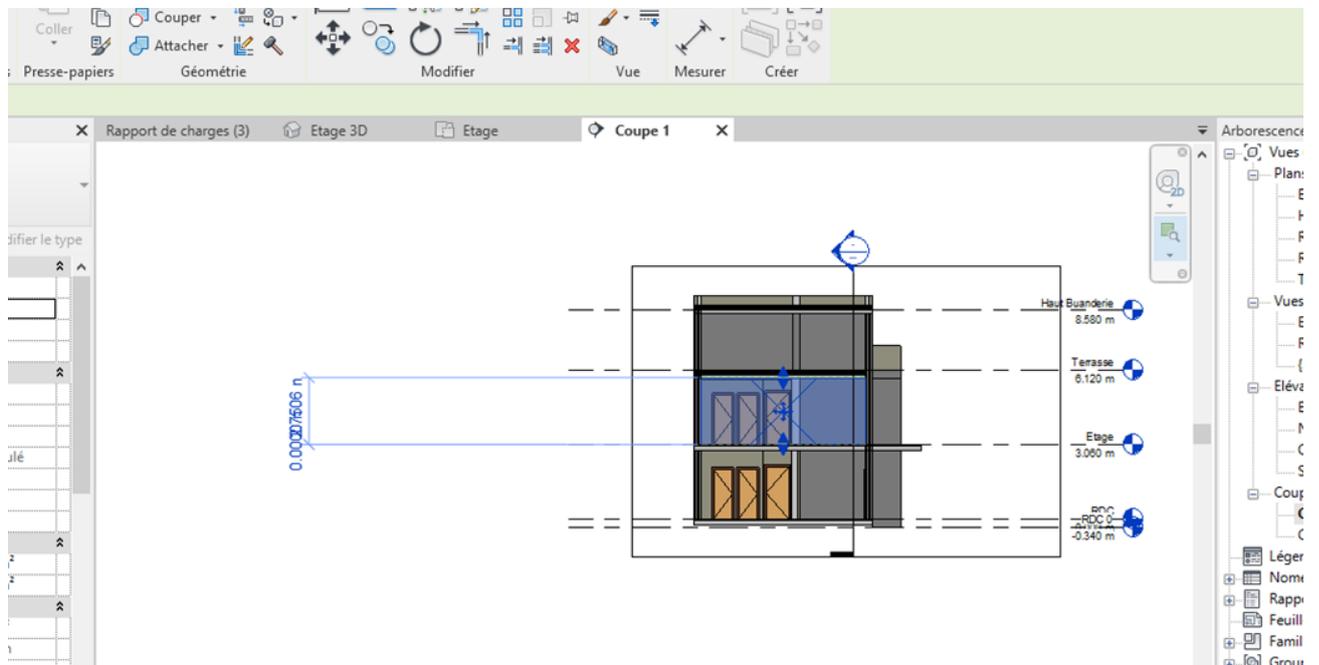
OK | Annuler | Appliquer

III.5. Analyse des charges de chauffage et de refroidissement :

III.5.1. Définir les espace et volumes :



Sélection des volumes (vue en plan)



Sélection des volumes (vue en coupe)

Chapitre IV : Etude et simulation

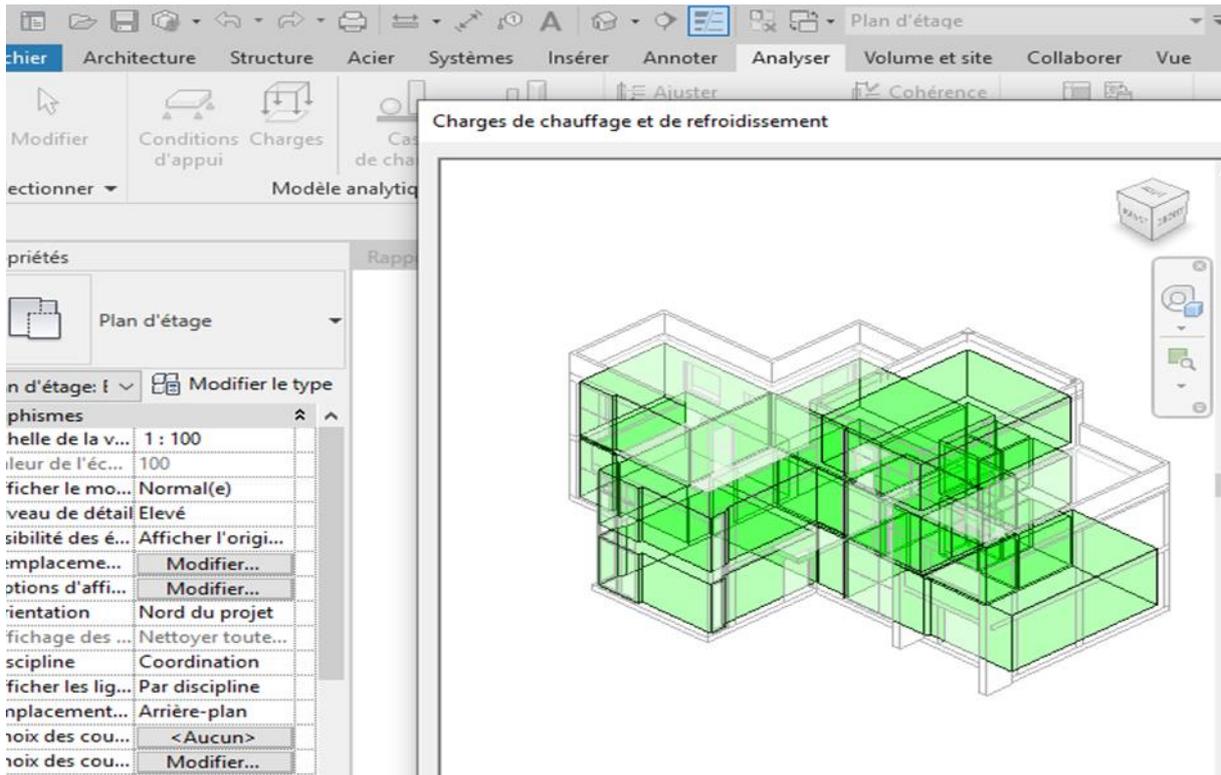
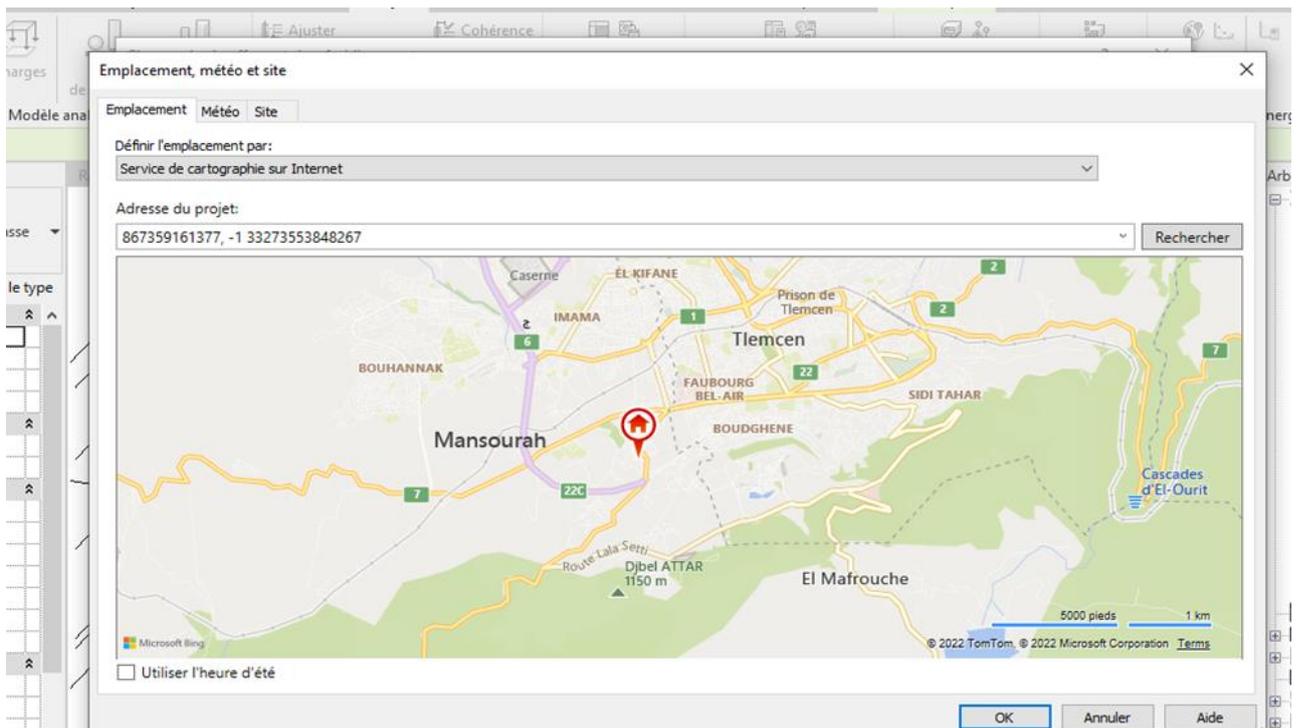


Image montrant les volumes définis

III.5.2. Localisation et données climatique :

On a introduit les coordonnées GPS pour obtenir les données climatiques de la station météo la plus proche qui se situe à ZENATA/TLEMCEN



Chapitre IV : Etude et simulation

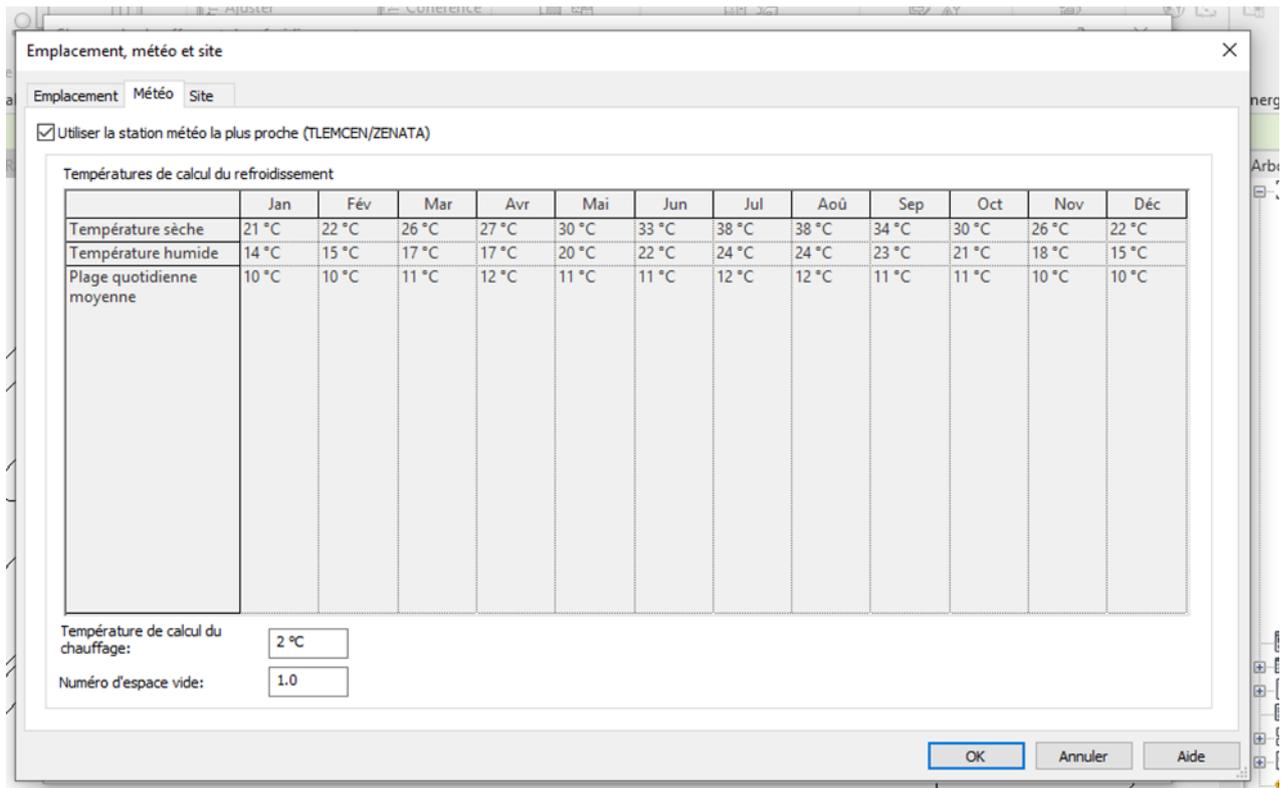
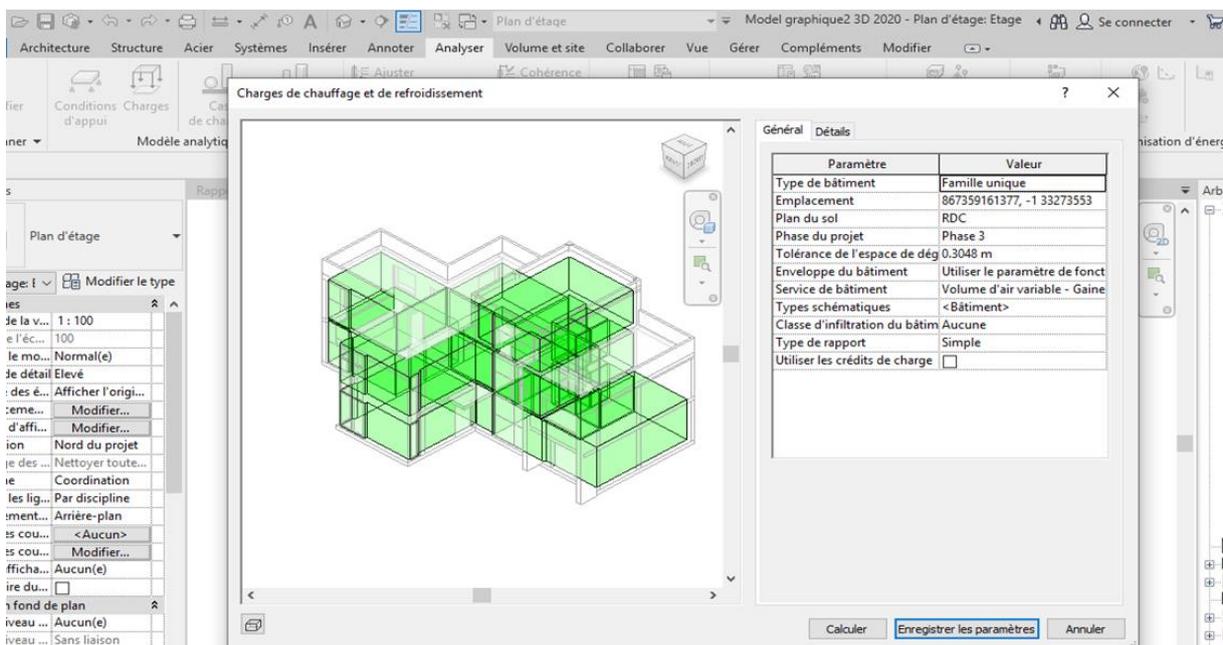


Figure15 : Données météorologique

III.5.3. Calcul des charges :

Après avoir affecté les espaces, volumes et donnée météorologiques revit calcul les charges de chauffage et de refroidissements puis les présente sous forme de rapports



III.5.1. Rapports de calcul :

Project Summary

Emplacement et météo	
Projet	Nom du projet
Adresse	34
Date de calcul	mardi 24 mai 2022 13:13
Type de rapport	Standard
Latitude	34.87°
Longitude	-1.33°
Température sèche en été	30°C
Température humide en été	17 °C
Température sèche en hiver	-4 °C
Plage quotidienne moyenne	8 °C

Building Summary

Entrées	
Type de bâtiment	Famille unique
Surface (m ²)	274.774
Volume (m ³)	720.473
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	12,774
Mois et heure du refroidissement maximal	Octobre 13:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	
Charge latente de refroidissement maximal (W)	20
Capacité de refroidissement maximale (W)	12,754
Ecoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	699.3
Charge de chauffage maximal (W)	13,056
Ecoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	457.9
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m ²)	101.49
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m ²))	7.26
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	71.54
Surface / Charge de refroidissement (m ² /kW)	9.85
Densité de la charge de chauffage (W/m ²)	47.52
Densité du flux de chauffage (L/(s·m ²))	1.67

Zone Summary - Par défaut

Entrées	
Surface (m ²)	274.774
Volume (m ³)	720.473
Point de consigne du refroidissement	23 °C
Point de consigne du chauffage	21 °C
Température de soufflage	12 °C
Nombre de personnes	10
Infiltration (L/s)	0.0
Type de calcul du volume d'air	Volume d'air variable - Gaine unique
Humidité relative	46.00% (Calculated)
Psychrométrie	
Message de psychrométrie	None
Température de bulbe sec en entrée du serpentin de refroidissement	23 °C
Température de bulbe humide en entrée du serpentin de refroidissement	16 °C
Température de bulbe sec en sortie du serpentin de refroidissement	11 °C
Température de bulbe humide en sortie du serpentin de refroidissement	11 °C
Température de bulbe sec d'air mixte	23 °C
Résultats calculés	
Charge de refroidissement maximal (W)	12,774
Mois et heure du refroidissement maximal	Octobre 13:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	12,754
Charge latente de refroidissement maximal (W)	536
Ecoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	1,995.1
Charge de chauffage maximal (W)	13,056
Ecoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	457.9
Ecoulement d'air de ventilation maximale (L/s)	143.8
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m ²)	101.49
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m ²))	7.26
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	71.54
Surface / Charge de refroidissement (m ² /kW)	9.85
Densité de la charge de chauffage (W/m ²)	47.52
Densité du flux de chauffage (L/(s·m ²))	1.67
Densité de la ventilation (L/(s·m ²))	0.52
Ventilation / Personne (L/s)	14.4

Par défaut spaces :

Nom d'espace	Surface m ²	Volume m ³	Charge de refroidissement maximal W	Écoulement d'air et de refroidissement L/S	Charge de chauffage maximal W	Écoulement d'air de chauffage maximal L/S
Espace 27	18,335	49,522	1,104	154,3	904	48
Espace 28	60,775	164,496	4,255	590,0	1,896	100,8
Espace 29	19,110	46,598	663	57,2	340	18,1
Espace 30	4,2	10,241	181	6,8	177	9,4
Espace 31	2,015	4,913	65	3,2	42	2,2
Espace 32	1,550	3,780	40	2,9	0	0,8
Espace 34	32,015	74,371	2,261	295,8	805	42,8
Espace 35	23,005	64,661	1,460	180,3	1,216	64,6
Espace 36	17,735	49,835	471	31,4	106	9,3
Espace 37	18,130	44,208	1,626	55,6	312	16,6
Espace 38	24,010	58,546	1,936	207,8	1,020	54,2
Espace 39	36,409	103,111	3,336	380,5	1,484	78,9
Espace 40	4,2	10,241	123	7,2	47	2,5
Espace 41	2,015	4,913	65	3,2	42	2,2
Espace 42	1,550	3,780	40	2,9	0	0,8
Espace 43	9,7	27,257	280	16,2	129	6,9

III.6. Interprétation des résultats :

Les tableaux représentent les charges énergétiques de chauffage et de refroidissement en Watt. On remarque que la quantité d'énergie consommée de chauffage est un peu plus importante que celle du refroidissement dans le climat de Tlemcen.

III.7. Comparaison entre méthode et conclusion :

	DTR 3-2 /3-4	REVIT
Charge chauffage	15100 W	13056 W
Charge refroidissement	7500 W	12774 W

Le tableau ci-dessus, représente le besoin d'énergie (chauffage / climatisation) traité par deux méthodes de calcul :

- Classique (DTR 3-2 / 3-4)
- Simulation thermique avec le logiciel REVIT

Dans le cas du chauffage on trouve 15100 W pour le calcul fait par le DTR et 13056 W calculé par le logiciel. Cette légère différence peut être dû à la différence de méthode de calcul de chacune. Dans le cas des charges de refroidissement on a trouvé 12774 W pour le calcul logiciel et 7500W avec la méthode DTR. Dans ce cas on trouve un écart un peu plus important et cela s'explique par le fait que REVIT prend pour ses données récoltées une température intérieure sèche en été de 30°C alors que le DTR indique une température intérieure sèche en été de 27 °C.

Chapitre IV : Etude et simulation

On constate un faible écart entre les valeurs trouvées par le logiciel et le calcul manuel suivant le DTR 3-2 / 3-4.

Les différences qui existent sont dues au fait que les températures moyennes prises en considération dans les deux calculs ne sont pas les mêmes. Pour le calcul manuel, moyennes des températures correspondent à la décennie 1991-2020 (**voir Tableau 25**).

La Simulation Thermique Dynamique simule au pas de temps horaire le comportement du bâtiment en fonction des données collecter en temps réel de la station météo la plus proche (**voir Figure15**). Par contre le calcul manuel du bilan thermique d'un bâtiment est une étude moins précise qu'une étude thermique dynamique.

Revit nous permet de calculer avec précision les charges de chauffage et de refroidissement pour chaque espace car il prend en compte plusieurs paramètre tel que les matériaux, le renouvellement d'air, les gains par personnes etc...

Donc c'est un outil idéal pour estimer les besoins énergétiques de bâtiment.

Conclusion Général

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation. La modeste recherche que nous avons effectuée se fait à l'aide d'un logiciel REVIT puis on a vérifié la conformité de la construction avec le DTR C3.2 pour le calcul des déperditions thermiques et le DTR C3.4 pour le calcul des apports calorifique.

Les éléments entrant en compte dans ce calcul sont nombreux, il faudra connaître la nature, l'exposition, la surface des murs, des parois vitrées, des plafonds, des sols, ces éléments étant multipliés par des coefficients variables selon l'altitude, le rayonnement solaire, la localisation géographique. D'autres éléments doivent être pris en compte comme le renouvellement d'air naturel ou mécanique, les divers ponts thermiques ainsi que les apports qui pondéreront le calcul par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers...Etc.

On a également constaté que bien que le bâtiment soit conforme, les apports calorifiques et les déperditions varient d'un volume à un autre. Et ceci est dû au manque de connaissances dans le transfert thermique dans le bâtiment. Car la maîtrise de ces dernies permet une gestion de la facture énergétique d'un bâtiment. la diminution de ces échange thermique permet de maintenir une température tempérée à l'intérieure des bâtiments en y apportant le moins d'énergie possible.

Nous préconisons l'utilisation de solutions passives comme par exemple avoir recours à une isolation thermique qui permet à la fois de réduire nos consommations d'énergie de chauffage et/ou de climatisation et d'accroître notre confort. Mais ce n'est pas tout : l'isolation est également bénéfique pour l'environnement car, en réduisant les consommations, elle permet de préserver les ressources énergétiques et de limiter les émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, l'isolation thermique est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières.

Recherche Bibliographique

I. Référence :

1. Intérieure, **CHERIER Mohamed Kamel. Etude Théorique et Expérimentale de l'Isolation Thermique.***CHERIER Mohamed Kamel. Etude Théorique et Expérimentale de l'Isolation Thermique Intérieure.*
2. **L2., Sophie Mergui. Cours thermique.***Sophie Mergui. Cours thermique L2.*
3. **composants, Benhissen Nacer Eddine. Modélisation des couplages Électrothermiques dans les.***Benhissen Nacer Eddine. Modélisation des couplages Électrothermiques dans les composants.*
4. **Transferts de chaleur par convection-fsr. [En ligne]**
<http://fsr.um5.ac.ma/cours/physique/bargach/Chap4.pdf> ..
5. **Cours thermique, LP éco-construction. Cours thermique, LP éco-construction.**
6. **futurasciences. futurasciences. [En ligne]**
<https://www.futurasciences.com/maison/definitions/maison-isolation-10728/>. (consulter juin 2021).
7. **B. BELGAIDD, 'Aide-mémoire de l'isolement thermique du bâtiment.**
8. **D.T.RC3.2. Règles de calcul des déperditions calorifiques, Fascicule 1. Règlementation thermique des bâtiments d'habitation.**
9. **Valeurs de coefficients de transmission thermique (U) de parois types. Energie Plus. [En ligne]** <https://energieplus-lesite.be/donnees/enveloppe44/enveloppe2/valeurs-de-coefficients-de-transmission-thermique-u-de-parois-types/>.
10. **[En ligne]** <https://www.abcclim.net/calcul-bilan-thermique.html>.
11. **[En ligne]** <https://www.ast-groupe.fr/contenu/promotion/reussir-son-achat/comprendre-les-differentes-regles/norme-rt-2012#:~:text=La%20r%C3%A9glementation%20thermique%202012%20permet,neufs%20%C3%A0%20usage%20d'habitation..>
12. **voyages, climat et. Tlemcen - Données climatiques. [En ligne]**
<https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/tlemcen>.
13. **D.T.RC3.4. calcul apports calorifiques (climatisation).**
14. **REVIT. autodesk revit. [En ligne]** <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/>.