



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement Supérieur de la recherche Scientifique
Université 20 Aout 1955 Skikda
Faculté de technologie
Département de Génie Civil



Mémoire de fin d'étude
*En vue de l'obtention du diplôme de Master
en Equipement de l'habitat*

Présentée par
BEN AYACHE Oumaima
Hadji Chaima

Le thème :

**Dimensionnement d'un système HVAC
(chauffage, ventilation et climatisation)
et sa digitalisation à l'aide du logiciel
Revit MEP**

Cas d'étude : Hôtel Le Napolitain-SKIKDA-

Devant le Jury composé de :

Mr BOULKENAFET.N

Docteur Univ. 20 août 1955

Président

Mme MAONSOURI.W

Docteur Univ. 20 août 1955

Examinatrice

Mr ZAIDIA

Docteur Univ. 20 août 1955

Rapporteur

Promotion : 2023/2024.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien, leurs conseils et leur encouragement ont été précieux tout au long de ce projet académique. Je remercie également mes proches pour leur soutien inconditionnel et leur compréhension pendant cette période d'étude intense. Ce mémoire n'aurait pas été possible sans leur apport précieux.

Un merci spécial à ma famille pour leur amour inconditionnel, leur soutien inébranlable et leur compréhension tout au long de cette période exigeante.

Dédicaces

À ma chère famille, ma maman et mon papa, mes frères et mes enfants qui sont ma force.

À mes amis proches et à tous mes amis chéris qui ont illuminé mon chemin.

Ce moment est le souvenir de tout ce qui nous lie, de nos rires partagés, de nos peines surmontées. Dans le livre de ma vie, vous êtes les chapitres les plus précieux, les pages remplies de tendresse, de soutien et de bonheur. À travers les défis et les réussites, vos sourires ont été ma lumière, votre amour mon ancre dans les tempêtes, ma joie dans les jours de fête.

À ma famille, source inépuisable de compréhension et d'encouragement, à mes amis, compagnons de rires et de confidences sincères, je dédie ces mots empreints de gratitude et d'affection sincère, pour chaque instant partagé, pour chaque geste qui m'a fait grandir.

Que cette mémoire soit tissée de souvenirs doux comme des poèmes, de moments gravés dans le marbre de nos cœurs, indestructibles et éternels. À vous tous, je dis merci du plus profond de mon âme, pour avoir enrichi mon voyage, pour avoir été ma famille, mon foyer.

Dans l'album de mon cœur, vous êtes les protagonistes qui ont fait de moi ce que je suis, des étoiles brillantes dans le ciel de mes jours sombres, des bouquets de fleurs parfumées dans le jardin de mon existence.

À ma famille, mes amis, je vous aime infiniment, et cette dédicace est un humble témoignage de ma reconnaissance éternelle.

HADJI Chaima

Dédicaces

A mes chers parents :

Votre Amour inconditionnel et votre soutien sans faille ont été les fondations sur lesquelles j'ai construit ma vie. Vous m'avez montré la voie avec patience et sagesse, et pour cela, je vous suis infiniment reconnaissante.

A mon cher petit frère, Djassem

Ta présence joyeuse et ton soutien constant ont enrichi mon parcours de vie de manière indescriptible. Nos liens sont une source de force et de bonheur constants pour moi.

A ma Famille

Kawtar, Nesrine, Amani, à travers vos sourires chaleureux et vos encouragements sincères, vous avez toujours été mes piliers. Chaque moment partagé avec vous est un trésor précieux que je chérirai toujours.

A ma cher amie Hind,

Ton amitié est un cadeau précieux qu'illumine mes journées et apaise mes peines.

Merci d'être toujours là, avec ton soutien inébranlable et ton amour désintéressé.

A tous ceux qui ont enrichi ma vie de leur présence et de leur Amour :

Votre influence bienveillante a façonné qui je suis aujourd'hui. Je vous remercie du fond du cœur pour votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel.

BEN AYACHE Oumaima

Nomenclature

A- Notion latine

Symbole	Désignation	Unité
Cp	Chaleur calorifique massique	KJ / kg c°
h	Enthalpie	Kcal / kg
Id	Flux solaire	W/ m ^é
K	Coefficient global d'échange de chaleur	Kcal / h.m ² c°
m	Masse relative de l'air	-
rd	Résistance à la différence	m ² hmmhg/gr
Ps	Pression de saturation	mm hg
q	Quantité chaleur	Kcal/h
g	Débit massique	Kg/h
w	Vitesse	m/s
vs	Débit d'air soufflé	m ³ /h

B- Notion grecque

Symbole	Désignation	Unité
ρ	Masse volumique	Kg/m »
α	Coefficient de transmission superficielle	Kcal / h.m ² .c°
β	Coefficient de correction	Sans
γ	Angle solaire	Degré
μ	Rapport entre les amplitudes de variation	Sans
δ	Déclinaisons du soleil	Degré
Φ	Latitude du lieu	Degré
ψ	Coefficient d'utilisation	Sans
φ	Humidité relative	%
λ	Coefficient de conductivité thermique	Kcal/h.m ² .c°

Table des matières

Nomenclature

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale..... 1

Chapitre 1 Confort thermique

1.1 Historique	9
1.2 Introduction.....	10
1.3 Le confort.....	10
1.4 Confort thermique.....	10
1.5 Facteurs de sensation thermique.....	10
1.5.1 Physique	10
1.5.2 Physiologique	11
1.5.3 Psychologique	11
1.6 Facteurs Affectant Le Confort Thermique.....	11
1.6.1 Facteurs Environnementaux	12
1.6.2 Facteurs personnels	15
1.7 Facteurs d'inconfort thermique.....	17
1.7.1 Effet des courants d'air	17
1.7.2. Effet de l'asymétrie d'un rayonnement thermique.....	17
1.7.3 Effet de gradient thermique vertical de l'air	17
1.7.4 Effet de la température du sol.....	17
1.8 Mesure du confort thermique.....	18
1.8.1 Questionnement direct des occupants	18
1.9 Évaluation du confort thermique	20
1.9.1 Indices pour l'évaluation du confort thermique.....	20

Chapitre 2 Système HVAC

2.1 introductions	22
2.1.1 définition du système HVAC	22
2.2 Apprendre les bases du système HVAC	23
2.3 les différents types du système HVAC.....	23
2.3.1 Systèmes CVC résidentiels.....	23
2.3.2 Systèmes de CVC commerciaux et systèmes CVC bâtiment.....	24
2.4 Apprendre à connaître les pièces de votre système CVC.....	25
2.5 l'importance du système HVAC	27
2.6 les avantages et les inconvénients de différents système HVAC.....	27
2.7 fonctionnements de base du système HVAC.....	28
2.8 comment on choisit le système d'une installation HVAC ?.....	29
2.9 Conclusion.....	31

Chapitre 3 Présentation du projet

3.1 Présentation du site	33
3.2 Présentation du projet	34
3.2.1 Hôtel le Napolitain.....	34
3.2.2 Paramètre géographique	35
3.3 Cas d'étude	36
3.4 Données climatique de base.....	36
3.4.1 paramètres extérieurs de base	36
3.4.2 Paramètre géographique	36
3.4.3 Paramètres climatiques (période hivernale et estivale)	36
3.4.4 Conditions climatiques intérieurs	37

Chapitre 4 Calcule thermique des parois

4.1 Introduction	41
4.1.1 Définition de la résistance thermique	41
4.2 Transmission de chaleur	41
4.2.1 Transfert par conduction.....	42
4.2.2 Transfert par convection	42

4.2.3 Transfert par Rayonnement	42
4.3 Coefficient de transfert de chaleur global	43
4.4 Application sur projet	44
4.4.1 calcul K.....	44

Chapitre 5 Calcule de condensation

5.1 Introduction.....	129
5.1.2 Définition de la condensation	129
5.1.4 condensations dans la masse	130
5.2 Diagramme de Phase.....	130
5.3 Méthode de calcul.....	131
5.3.2 Méthode de calcul et ces limites	131
5.4 Calcul des températures intermédiaires.....	133
5.5 Détermination de la pression partielle et pression de saturation	134
5.5.2 Pression de saturation	135
5.5.3 pression partielle	135
5.6 Conclusion.....	136

Chapitre 6 Calcule de bilan thermique

6.1 Calcule des déperditions.....	138
6.1.1 Introduction	138
6.1.2 Déperdition par transmission.....	139
6.1.3 Déperdition par ventilation	140
6.2 Application au projet.....	142
6.2.1 Application sur le RDC	142
6.2.2 Application sur le 1er étage	143
6.2.3 Application sur le 2 étages.....	145
6.2.4 Application sur le 3ème étage	147
6.2.5 Application sur le 4ème étage	150
6.2.6 Application sur le 5ème étage	153
6.3 Calcule des apports calorifiques.....	155
6.3.1 introduction	155

6.4 Apport interne.....	155
6.4.1 Apports occupants.....	155
6.5 Apports par ensoleillement	157
6.6 Apports par parois opaques	160
6.6.1 Apports externes.....	160
6.7 Application sur projet.....	161
6.7.1 Apport par éclairage.....	161
6.7.2 Apports dus machine électrique	163
6.7.3 apports par occupants	165
6.8 débits d'air.....	169
6.8.1 généralité	169
6.8.2 Comment estimer le débit de soufflage nécessaire ?.....	169
6.8.3 Cycle d'évolution de l'air sur le diagramme (H – X)	169

Chapitre 7 Digitalisation le système choisi

7.1 introduction générale sur Revit Mep	160
7.1.1 Revit pour MEP (mécanique, électrique, plomberie) Ingénierie.....	160
7.1.2 Avantages de Revit pour MEP BIM	160
7.2 Système HVAC centraliser Hybrid	178
7.2.1 Définition	178
7.3 L'installation du réaux HVAC au niveau de 5ème étage.....	179

Conclusion générale

Table des figures

Figure 1.1 : Les facteurs environnementaux les plus importants affectant le confort thermique...	11
Figure 1.2 : Illustration des facteur environnementaux affectant le confort thermique	12
Figure 1.3 : Relation entre la température de l'air et la sensation thermique	13
Figure 1.4 : Illustration de la température radiante moyenne sure différentes surfaces d'une chambre.....	14
Figure 1.5 : Asymétrie de la température rayonnante et insatisfaction	16
Figure 2.1 : installation système HVAC.	23
Figure 2.2 : schéma du fonctionnement de système HVAC	28
Figure 2.3 : Système de tuyauterie canalisée pour la ventilation et la climatisation	30
Figure 3.1 : wilaya de Skikda.	33
Figure 3.2 : Hôtel le Napolitain	34
Figure 3.3 : Plan de situation hôtel Le Napolitain à Skikda.	35
Figure 3.4 : Situation géographique hôtel Le Napolitain à Skikda.	35
Figure 5.1 : diagrammes de changement d'état	130
Figure 5.2 : Changements de phases.	131
Figure 6.1 : évolution de l'air pour $T_i=20^{\circ}\text{C}$ sur le digramme de Mollier (H-X).....	171
Figure 6.2 : évolution de l'air pour $T_i=27^{\circ}\text{C}$ sur le digramme de Mollier (H-X).....	172
Figure 7.1 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -1.....	179
Figure 7.1 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -2	180
Figure 7.1 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -3	180
Figure 7.1 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -3	181

Résumé

Le confort thermique est très important pour notre vie quotidienne, ce projet a pour but de concevoir une installation complète des systèmes CVC (climatisation, chauffage, ventilation) et de mettre en œuvre les principes de conception et de dimensionnement des systèmes adaptés aux besoins spécifiques d'un bâtiment de grande envergure comme un hôtel. Il comprend également la finalisation de la digitalisation à l'aide du logiciel Revit MEP. Cette étape est cruciale pour intégrer les conceptions HVAC dans un environnement numérique, ce qui permet une gestion efficace et précise de toutes les composantes du système. La maîtrise de Revit MEP permettra non seulement de modéliser le système HVAC, mais également de simuler son fonctionnement et d'optimiser sa performance avant l'installation réelle et de maîtriser leur installation son conflit avec les autres systèmes comme les installations électriques et hydrauliques du bâtiment et c'est l'un des avantages des digitalisations BIM.

Abstract

Thermal comfort is very important for our daily life, this project aims to design a complete installation of HVAC systems (air conditioning, heating, ventilation) and to implement the principles of design and sizing of systems adapted to the specific needs of 'a large-scale building like a hotel. It also includes finalizing the digitalization using Revit MEP software. This step is crucial for integrating HVAC designs into a digital environment, enabling efficient and accurate management of all system components. Mastery of Revit MEP will not only allow you to model the HVAC system, but also to simulate its operation and optimize its performance before the actual installation and to control their installation and its conflict with other systems such as the electrical and hydraulic installations of the building. And this is one of the advantages of BIM digitalization.

ملخص

الراحة الحرارية مهمة جدًا لحياتنا اليومية، ويهدف هذا المشروع إلى تصميم تركيب كامل لأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (تكييف الهواء والتدفئة والتهوية) وتنفيذ مبادئ التصميم وحجم الأنظمة التي تتكيف مع الاحتياجات المحددة لـ "مجموعة كبيرة من الأشخاص". بناءً على نطاق واسع مثل الفندق. ويتضمن أيضًا الانتهاء من الرقمنة باستخدام برنامج Revit MEP. تعتبر هذه الخطوة ضرورية لدمج تصميمات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) في بيئة رقمية، مما يتيح إدارة فعالة ودقيقة لجميع مكونات النظام. لن يسمح لك إتقان Revit MEP بنمذجة نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) فحسب، بل سيسمح لك أيضًا بمحاكاة تشغيله وتحسين أدائه قبل التنشيط الفعلي والتحكم في تركيبه وتعارضه مع الأنظمة الأخرى مثل التركيبات الكهربائية والهيدروليكية للمبنى وهذه إحدى مميزات رقمنة BIM.

Introduction générale

Introduction générale

Le besoin en climatisation, chauffage et ventilation se pose dans de nombreux contextes, que ce soit pour des bâtiments résidentiels, commerciaux ou industriels. Dans notre sujet, **nous chercherons à répondre à un large éventail de questions sur plusieurs aspects parmi lesquelles :**

- 1) **Dimensionnement adapté** : Comment calculer avec précision la capacité nécessaire pour la climatisation, le chauffage et la ventilation afin de répondre aux besoins spécifiques d'un espace donné ?
- 2) **Critères de confort** : Quels sont les critères de confort thermique et de qualité de l'air à respecter pour assurer le bien-être des occupants tout en optimisant la consommation d'énergie ?
- 3) **Impact environnemental** : Comment minimiser l'empreinte écologique tout en assurant des conditions intérieures confortables et saines ?
- 4) **Technologies et normes** : Quelles sont les technologies disponibles et les normes à suivre pour garantir des systèmes de climatisation, chauffage et ventilation efficaces et conformes aux réglementations locales ?
- 5) **Optimisation des coûts** : Comment optimiser les coûts initiaux d'installation et les coûts d'exploitation à long terme tout en assurant des performances optimales des systèmes ?
- 6) **Adaptabilité et flexibilité** : Comment concevoir des systèmes qui peuvent s'adapter aux variations de charge, aux changements climatiques et aux évolutions des besoins des utilisateurs ?
- 7) **Intégration BIM et coordination des disciplines** : Comment Revit facilite-t-il la coordination entre les disciplines (architecture, structure, MEP) lors du dimensionnement du système HVAC, et quels sont les défis rencontrés pour éviter les chevauchements et les interférences entre les différents systèmes (électrique, mécanique, plomberie) ?
- 8) **Modélisation détaillée et clash détection** : En quoi la modélisation détaillée des systèmes MEP dans Revit permet-elle une détection précoce des conflits potentiels entre les divers composants MEP et avec d'autres disciplines comme l'architecture et la structure ?

- 9) **Réduction des retards et des coûts de construction** : Quel est l'impact de l'élimination des chevauchements des systèmes MEP grâce à Revit sur la réduction des retards sur site, des modifications de dernière minute et des coûts associés à ces ajustements ?
- 10) **Amélioration de la qualité et de la durabilité** : En quoi la coordination améliorée des systèmes MEP via Revit contribue-t-elle à améliorer la qualité de construction et à promouvoir des solutions plus durables et efficaces sur le plan énergétique ?
- 11) **Innovation et perspectives futures** : Quelles sont les innovations potentielles dans le dimensionnement du système HVAC avec l'évolution de Revit et des technologies BIM ?

Chacune de ces pistes pourrait fournir une base solide pour structurer notre thèse et explorer les implications pratiques, technologiques et environnementales, En structurant notre problématique autour de ces aspects, nous pourrions ensuite nous focaliser sur les méthodes de calcul, les outils requis et les données nécessaires pour résoudre efficacement les défis liés à la climatisation, au chauffage et à la ventilation.

Chapitre 1

Confort

thermique

Chapitre 1

Confort thermique

1.1 Historique

Le confort est une notion étroitement liée à la sensation de bien-être et qui ne possède pas de définition absolue. A l'époque médiévale, le terme latin **Confortare** signifiait le renforcement et la fortification. Au XVIII^e siècle, le terme confort signifiait aux anglais un bien-être matériel ^[1].

Le terme ne fut introduit en France qu'au XIX^e et était très lié aux classes sociales de l'époque (noblesse, bourgeoisie, ouvrière). Malgré qu'on puisse affirmer que le premier confort atteint par l'humanité a été certainement la possibilité de disposer d'un endroit clos et couvert (un vrai abri), la notion de confort demeure plus vaste et ne peut se limiter aux seules conditions physiques qui déterminent le confort de type hygrothermique (température, humidité...etc.), sonore ou olfactif ^[1].

Cette notion comprend aussi les paramètres esthétiques et psychologiques (qualité de la lumière, les espaces verts, le paysage, la sécurité, le prestige...etc.). Également les conditions de confort ne sont pas figées dans le temps et dans l'espace. Bien au contraire, elles varient :

Socialement (selon le niveau de vie et les classes), Géographiquement (selon les régions) et Historiquement (selon les périodes). Donc, loin d'être une valeur immanente le confort est une construction culturelle qui s'élabore et se transforme selon les mythes et les valeurs dominantes de la culture dans laquelle il se déploie ^[1].

L'homme a toujours construit pour s'abriter des aléas du climat. Nous pourrions à priori retenir quatre raisons essentielles qui ont poussé l'homme à construire :

- Sociale ;
- Symbolique ;
- Fonctionnelle ;
- Artistique.

Mais il faut noter que l'objectif primaire de l'homme, à travers la construction, reste celui de "modifier le climat". D'où le concept du "bâtiment comme élément modificateur du climat".

K. Slater (1985) indique que « le confort est un terme si nébuleux à définir, et si subjectif, qu'un consensus universel sur son sens est presque impossible à obtenir » [1].

Toutefois, il en précise les dimensions en le définissant comme étant un état agréable d'harmonie physiologique, psychologique et physique entre un être humain et l'environnement'. Cet état agréable d'harmonie, comme le précise la définition du dictionnaire pour le terme confort, est l'état d'une personne qui exprime un sentiment de bien-être.[1]

1.2 Introduction

La haute consommation énergétique des bâtiments non industriels qui peut arriver jusqu'à 70% de la consommation totale est, dans la plupart des cas, le résultat ou la conséquence de la nécessité des occupants à apporter un meilleur confort thermique à leur habitat. Ce phénomène montre que le besoin de pratiques de construction plus raisonnables et bien pensées doit être satisfait, afin d'éviter de le reproduire avec chaque année qui passe.

1.3 Le confort

Le confort dépend de l'ensemble des commodités procurant de l'agrément, générant une impression plaisante ressentie par les sens et l'esprit, voire même un certain plaisir, tout ce qui fait défaut, qui est difficile à utiliser, qui ne correspond pas aux attentes, qui gêne ou qui est désagréable est contraire à la notion d confort [2].

1.4 Confort thermique

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis des ambiances thermiques, il est décrit comme une absence d'inconfort ou de gêne due au froid et à la chaleur. Il s'agit d'une des quatre cibles fondamentales pour la qualité des ambiances et certainement l'indicateur le plus étudié du confort à ce jour car il est un des plus complexes à gérer, en effet, il fait intervenir différents aspects physiques, psychologiques [3].

Outre ces aspects, la relation entre le sujet et son environnement, ses expériences, ses humeurs affectent également sa perception thermique et il est nécessaire de le prendre en compte. Le confort thermique dépend généralement de quatre indicateurs tels que la température opérative (qui regroupe la température de l'air et température des parois), l'humidité relative, la vitesse du vent, l'habillement et l'activité de l'utilisateur [3].

1.5 Facteurs de sensation thermique

1.5.1 Physique

Ce sont les composantes physiques du milieu qu'elles soient stables ; façades thermiques ; végétation, mobilier...etc. ou variables dans le temps (éléments du climat) [1].

1.5.2 Physiologique

Qui représentent la faculté de l'individu à accepter en s'y adaptant ou à rejeter une situation en affichant des réflexes de régulation : sudation, frissons...etc. [1].

1.5.3 Psychologique

Caractérisée par la façon dont on perçoit et on évalue psychiquement son milieu et la situation dans laquelle on se trouve [1].

1.6 Facteurs Affectant Le Confort Thermique

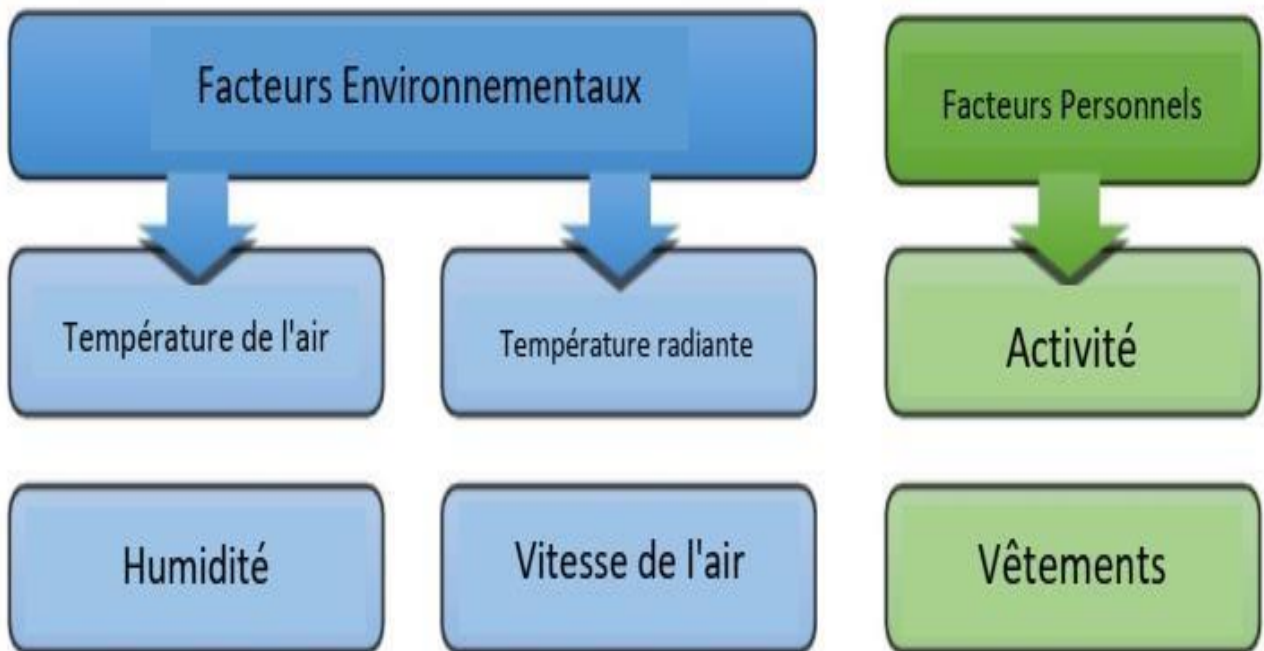


Figure 1.1 : Les facteurs environnementaux les plus importants affectant le confort thermique [4].

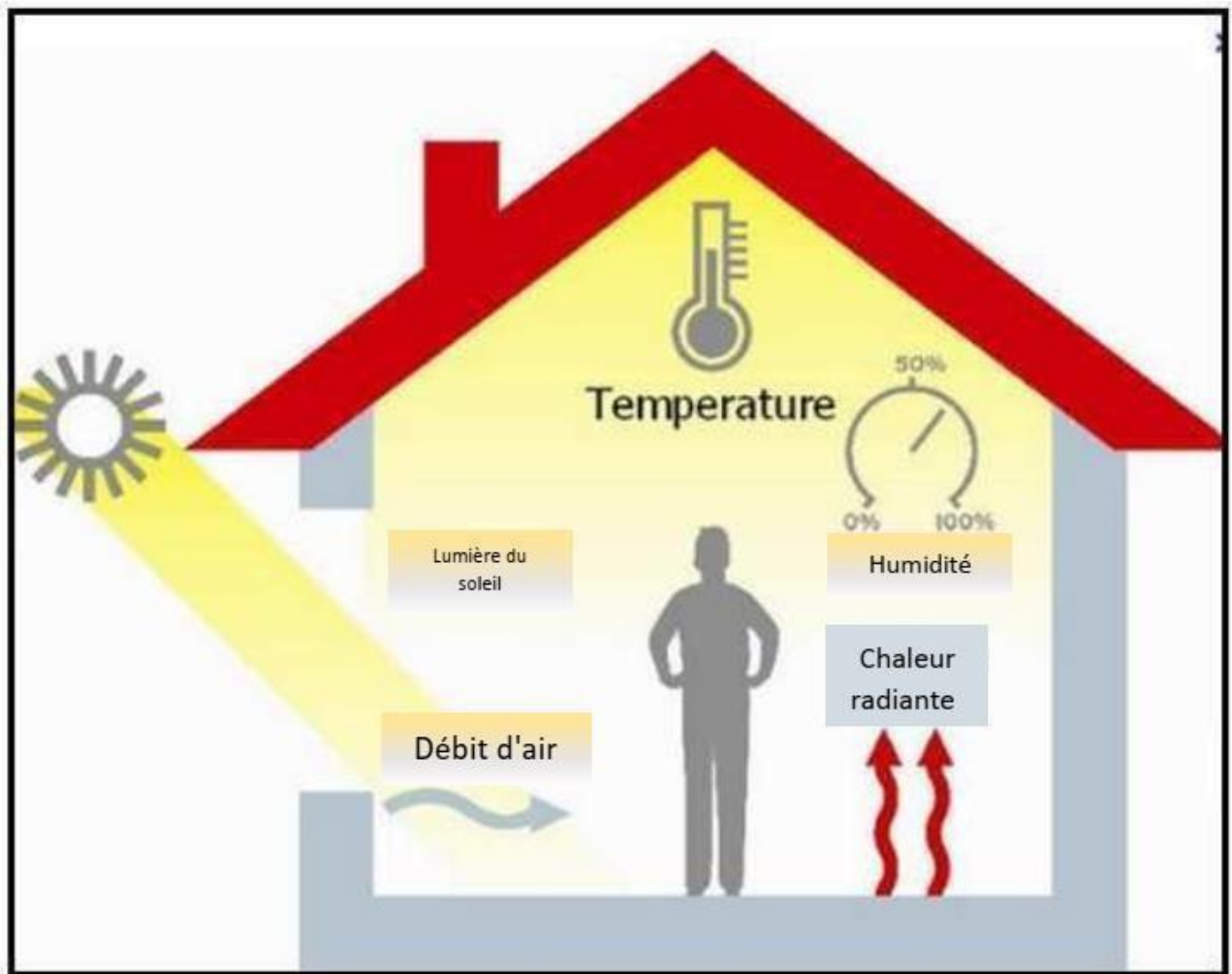


Figure 1.2 : Illustration des facteurs environnementaux affectant le confort thermique [4].

1.6.1 Facteurs Environnementaux

1.6.1.1 La Température de L'air

La température cutanée (de la peau) du locataire est fortement influencée par la température de l'air et le transfert de chaleur qui se produit entre la personne et l'environnement. De ce fait, le confort thermique des occupants est directement influencé par la température de l'air [5].

Les effets de la température de l'air sur le confort thermique ont été largement étudiés et il a été constaté que la plage de température optimale pour le confort thermique se situe entre 25°C et 26°C, cette plage peut changer radicalement en fonction des changements de température rencontrés dans les environnements de test [5][6].

Le bien-être des occupants est déterminé par le niveau d'inconfort amené par une température de l'air trop élevée ou trop basse [5].

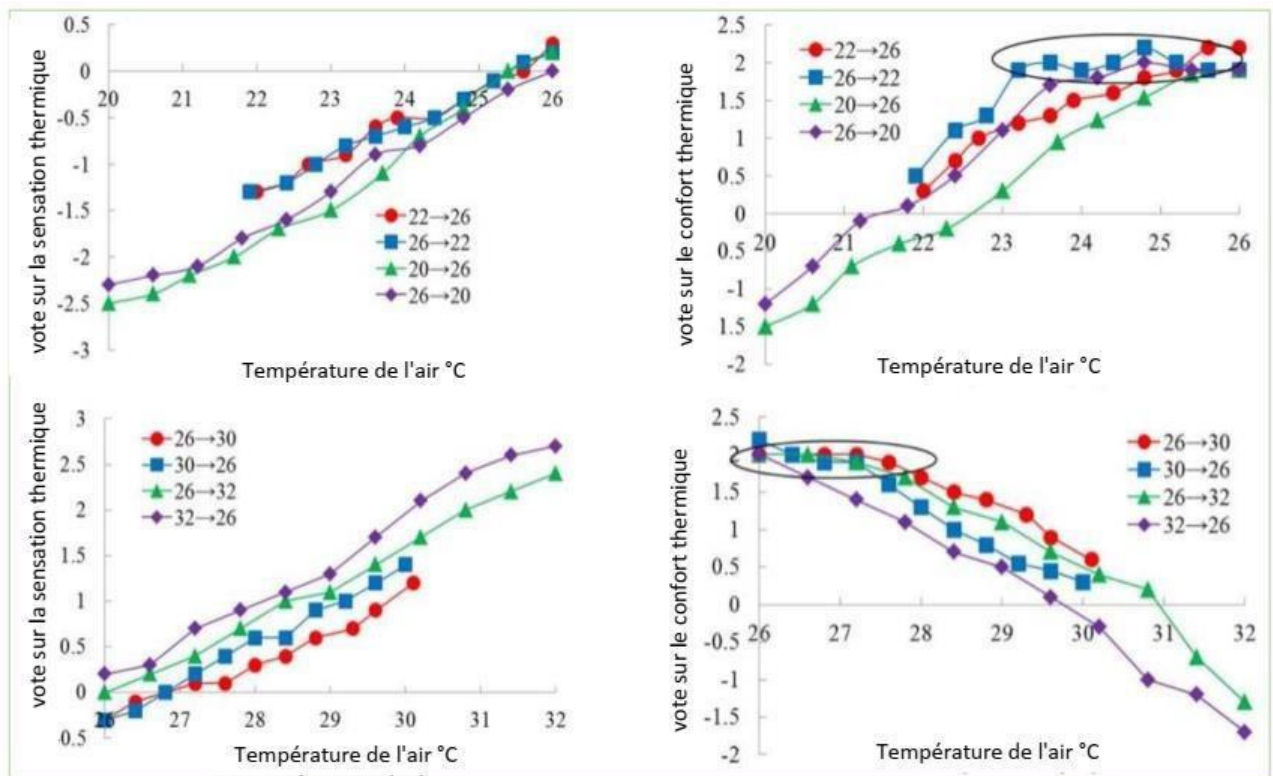


Figure 1.3 : Relation entre la température de l'air et la sensation thermique [5].

Lorsque les occupants subissent des températures de l'air élevées, ils sont exposés à certains effets tels que :

- Stress thermique ;
- Déshydratation ;
- Fatigue.

En revanche, lorsqu'ils connaissent des basses températures, ils peuvent être sous l'effet de :

- L'inconfort ;
- Frissons ;
- Dextérité réduite.

1.6.1.2 La température radiante

La température radiante est la température des surfaces qui entourent une personne, et c'est un facteur important dans la détermination du confort thermique intérieur. C'est un paramètre physique utilisé pour évaluer la satisfaction de la condition thermique ambiante.

La température radiante est un paramètre environnemental important qui affecte les performances du bâtiment et le confort thermique des occupants [7].

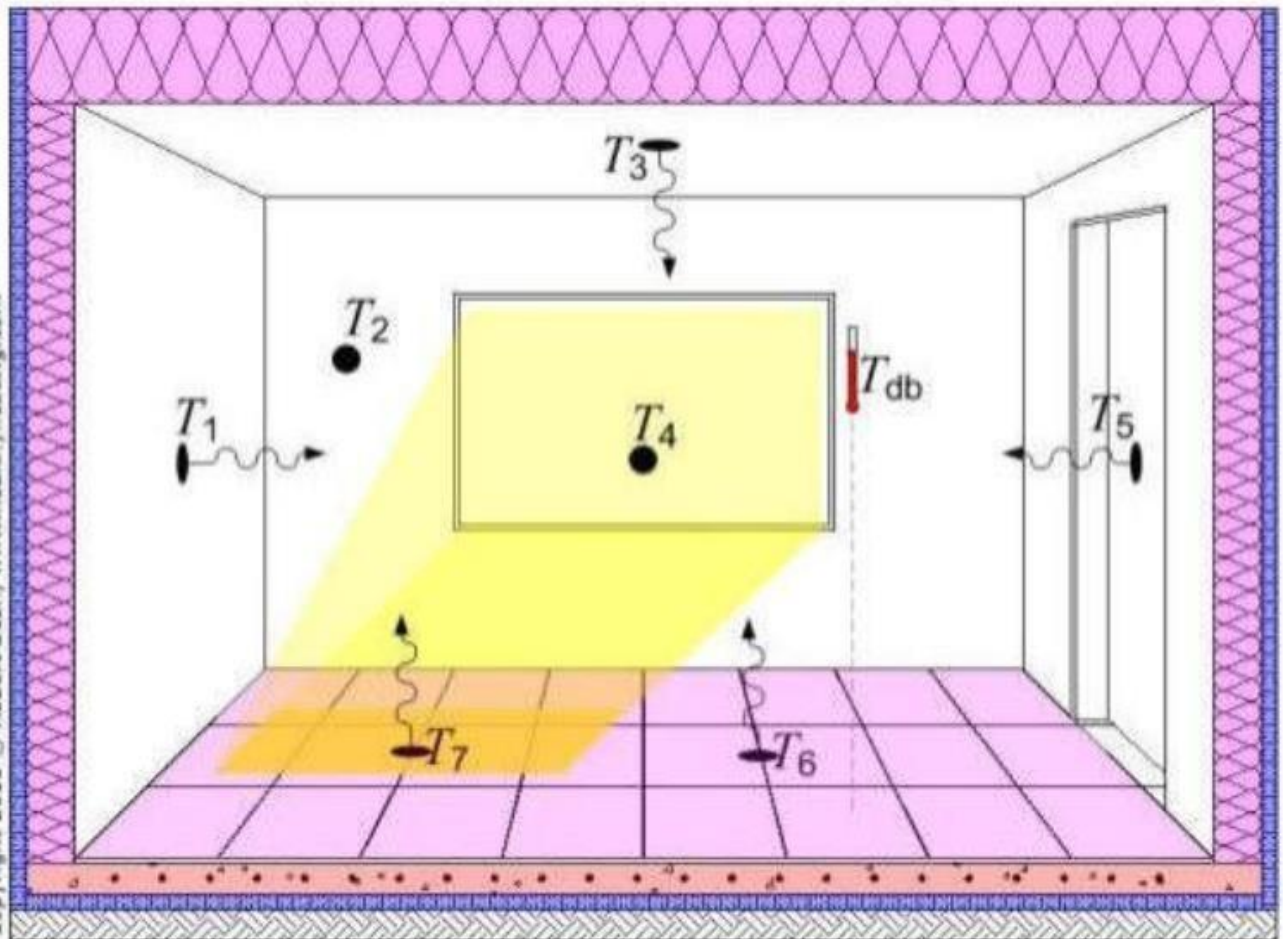


Figure 1.4 : Illustration de la température radiante moyenne sur différentes surfaces d'une chambre [7].

L'effet du transfert de chaleur radiatif sur le confort thermique a été exploré, mais il reste un mécanisme relativement inexploité pour les gains d'efficacité. Le contrôle des flux de chaleur radiative dans les espaces intérieurs peut aider à maintenir le confort thermique [8].

Une température radiante élevée peut provoquer des différences locales entre les segments du corps et affecter la surface intérieure [9].

1.6.1.3 L'humidité relative de l'air (HR)

L'humidité relative par définition est : « le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette température » [10].

L'humidité détermine la capacité évaporatoire de l'air et donc l'efficacité de refroidissement de la sueur (relative à la différence entre les tensions de vapeur d'eau de l'air ambiant et celle de la peau). Dans le cas où le corps humain n'atteint pas à évaporer toute la sueur, une couche liquide se forme sur la peau (peau humidifiée) [10].

Les réactions physiologiques et sensorielles dû à l'humidité sont relevées lorsque la vitesse de l'air augmente. Entre 30% et 70% elle pèse peu sur la sensation du confort thermique.

1.6.1.4 La vitesse de l'air

La vitesse de l'air influe sur les échanges convectifs et évaporatifs, à l'intérieur des bâtiments ces vitesses demeurent limitées et ne dépassent pas 0,20m/s. Toutefois elle est responsable à l'apparition de gêne chez l'occupant, lié à la présence de courants d'air froids ou chauds ^[11].

1.6.2 Facteurs personnels

1.6.2.1 Le métabolisme

Il s'agit de la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. Le niveau d'activité se mesure en "met", les valeurs caractéristiques de l'activité métabolique des individus sont fournies dans le tableau suivant ^[11] :

1.6.2.2 Asymétrie de rayonnement

Est définie par la différence de température radiante moyenne entre deux faces d'une pièce. Elle peut engendrer une sensation d'inconfort. « Les parois froides ou chaudes entraînent des déséquilibres au niveau des échanges radiatifs qui peuvent engendrer une sensation d'inconfort. On considère qu'il n'y a pas de gêne si, à 1m devant la façade, l'écart entre la température radiante orientée vers cette façade et la température radiante vers la cloison opposée ne dépasse pas 8°C »¹³.

D'après la figure-II.5, on notera que le plafond chaud est nettement moins bien supporté qu'un plafond froid, alors qu'une paroi chaude est préférée qu'une paroi froide ^[11].

Généralement, « l'asymétrie de température rayonnante due à des surfaces verticales froides doit être inférieure à 10°C. L'asymétrie rayonnement due à un plafond chauffant doit être inférieure à 5°C »¹⁴^[11].



Figure 1.5 : Asymétrie de la température rayonnante et insatisfaction.

1.6.2.3 La tenue vestimentaire

Elle représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Les vêtements constituent une deuxième barrière thermique après la peau, ils influencent sur les échanges de chaleur convective et radiative, "A des températures de l'air inférieures à 35°C, l'effet est toujours de réduire la perte de chaleur « sèche » du corps et ainsi de produire un effet d'échauffement. A des températures de l'air supérieures à 35°C, les effets des vêtements sont plus complexes. D'un côté ils réduisent le gain de chaleur « sèche » en provenance de l'ambiance mais d'un autre côté, ils augmentent l'humidité et réduisent la vitesse de l'air en contact avec la peau, ce qui se traduit par une diminution du refroidissement résultant de l'évaporation de la sueur" [12].

Mais parfois une partie de l'évaporation se produit par les vêtements par l'effet de réchauffement. Généralement l'effet des vêtements sur la thermique du corps humain est lié à des paramètres internes et d'autres externes [11] :

- Les paramètres internes (liés aux vêtements) : la couleur et la perméabilité à l'air des vêtements ;

- Les paramètres externes : l'humidité, vitesse de l'air, métabolisme. L'unité de la résistance thermique est le "clo", en terme physique le clo est équivalent à $0,18^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^2/\text{kcal}$.

1.7 Facteurs d'inconfort thermique

Malgré la réalisation d'un confort thermique global, des zones d'inconforts sont susceptibles d'être observées dans les bâtiments. Un environnement thermique inégal peut être la source d'inconfort pour certaines parties du corps. L'insatisfaction thermique peut être causée par un inconfort, causée par un refroidissement ou un réchauffement non désiré d'une partie du corps (tête, pieds, ou mains), par exemple, un courant d'air ^[12].

Un inconfort local peut également être dû à des différences de températures anormalement élevées entre la tête et la cheville, avec un sol trop chaud ou trop froid, ou à une asymétrie de rayonnement thermique. Ainsi, le confort thermique peut être affecté par plusieurs facteurs, citons ³⁸ : Le courant d'air local, l'asymétrie de la température de rayonnement, la différence verticale de la température de l'air et la température des planchers ^[12].

1.7.1 Effet des courants d'air

La perception d'un courant d'air localisé notamment au niveau de la nuque ou du visage est un élément d'inconfort. Cette perception du courant d'air dépend de la vitesse de l'air, de la température de l'air, de la zone du corps concernée. Les courants d'air provoquent aussi une sensation de froid due à une convection assez importante entre la peau et l'air ambiant. Des courants d'air excessifs en hiver conduisent souvent les occupants à augmenter la température intérieure pour contrecarrer la sensation de froid. La norme recommande une vitesse d'air moyenne inférieure à $0,15$ m/s en hiver et à $0,25$ m/s en été lors d'un travail sédentaire ^[12].

1.7.2. Effet de l'asymétrie d'un rayonnement thermique

Les asymétries du rayonnement sont dues, à la présence d'une paroi chaude ou froide telle qu'un plafond ou un plancher chauffant, un vitrage chaud ou froid. En outre, le gradient vertical de température est aussi une source d'inconfort. S'il est suffisamment élevé, il peut apparaître une sensation de chaud au niveau de la tête ou de froid au niveau des pieds, même si le corps est en état d'équilibre thermique. Moujalled ⁴⁰ conclut que l'asymétrie de température radiante doit être inférieure à 10°C pour une paroi verticale froide (baie vitrée en hiver), et 5°C pour un plafond chaud (plafond chauffant).

1.7.3 Effet de gradient thermique vertical de l'air

En général, les températures sont plus élevées en hauteur donc au niveau de la tête, La norme admet une différence de température d'air maximum de 3°C entre $0,1$ m du sol (niveau des chevilles) et $1,1$ m du sol (niveau de la tête chez une personne assise).

1.7.4 Effet de la température du sol

Hoffman J B.,⁴² précise qu'une température de plancher trop élevée ou trop basse entraîne un inconfort au niveau des pieds. Plusieurs auteurs ont effectué des recherches sur ce sujet et selon Olsen BW⁴³, les températures optimales de sol pour les personnes chaussées et à la neutralité thermique sont de 23 °c pour les personnes debout et de 25°c pour les personnes assises, avec un minimum de 6% d'insatisfaits ^[13].

D'autres éléments influençant le confort thermique ont été étudiés : l'âge, le sexe, la nourriture, la localisation géographique, la couleur des murs, le bruit, la lumière. Toutefois, ne peut exister de règles de confort universelles du fait de grandes variations géographiques et intra-individuelles⁴⁴, sauf que Les médecins de l'habitat sain proposent les valeurs suivantes pour chaque facteur du confort ^[13] :

- ✓ Température des murs : $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- ✓ Humidité relative entre 30 et 70% ;
- ✓ Température du sol : 19 à 24°C ;
- ✓ Vitesse de l'air : inférieure à 0,20 m/s ;
- ✓ Différence de température entre deux murs d'une même pièce doit être inférieure à 10°C ;
- ✓ Différence de température entre le sol et le plafond doit être inférieure à 5°C.

1.8 Mesure du confort thermique

1.8.1 Questionnement direct des occupants

L'interrogation directe des occupants sur leur sensation thermique et de qualité de l'air est une méthode utilisée pour mesurer le confort thermique dans les bâtiments. Cette méthode consiste à interroger les occupants sur leur niveau de confort ou d'inconfort avec la température de leur environnement. C'est une méthode subjective qui peut fournir des informations précieuses sur la perception qu'ont les occupants de l'environnement intérieur.

Nous pouvons estimer que les avantages de cette méthode sont multiples ^[14] :

- **Premièrement**, il fournit une évaluation subjective du confort thermique, ce qui est important car le confort thermique est une expérience hautement subjective ;
- **Deuxièmement**, il permet un retour en temps réel sur le confort thermique, qui peut être utilisé pour ajuster l'environnement intérieur afin d'améliorer le confort des occupants ;
- **Troisièmement**, il peut fournir des informations sur les facteurs qui influencent le confort thermique, tels que la température de l'air, l'humidité et la vitesse de l'air, qui peuvent être utilisés pour éclairer la conception des bâtiments et les systèmes CVC ;
- **Quatrièmement**, il peut être utilisé pour évaluer l'efficacité des systèmes CVC et de la conception des bâtiments en matière de confort thermique ;
- **Enfin**, il permet d'évaluer l'impact du confort thermique sur la santé, la productivité et le bien-être des occupants.

Cependant, l'interrogation directe des occupants pour la mesure du confort thermique présente certaines limitations :

La perception du confort thermique est subjective et peut varier d'un individu à l'autre, ce qui peut conduire à des résultats incohérents.

De plus, les occupants peuvent ne pas être en mesure de décrire avec précision leur sensation thermique, surtout s'ils ne sont pas familiers avec la terminologie utilisée pour décrire le confort thermique.

Par ailleurs, l'interrogation directe ne peut se faire qu'à un moment précis et peut ne pas refléter le confort thermique des occupants sur une période prolongée.

Enfin, l'interrogation directe est limitée aux environnements intérieurs et ne permet pas de mesurer le confort thermique dans les espaces extérieurs.

1.8.2 Méthodes pratiques

Même s'il est utile de demander à chaque personne de répondre à un questionnaire sur leurs propre confort thermique, cela peut s'avérer peu pratique et fastidieux. C'est pourquoi les scientifiques se sont efforcés de mettre au point des mesures de substitution qui peuvent être mesurées automatiquement à l'aide de divers capteurs [14].

1.8.2.1 Les capteurs environnementaux

Par exemple, le modèle VMP-PPD calcule le vote moyen prédit (VMP) de la perception thermique moyenne d'un groupe de personnes à l'aide de la température de l'air, de la température radiante moyenne, de la vitesse de l'air, de l'humidité et de variables humaines. Le pourcentage de personnes susceptibles d'être insatisfaites de leur environnement thermique est déterminé par le pourcentage prédit d'insatisfaction (PPD), qui utilise le PMV [14].

1.8.2.2 Capteurs corporels

Les capteurs de température de la peau peuvent être utilisés pour mesurer la température de la peau des extrémités supérieures (doigt, main, avant-bras) et étudier comment ces températures sont liées à la perception thermique. L'emplacement des capteurs de température sur le corps a également été expérimenté dans diverses configurations, ce qui a permis d'identifier les dispositions les plus efficaces [14].

1.8.2.3 Caméras

Des chercheurs ont récemment étudié l'utilisation de caméras pour prédire le confort thermique grâce aux progrès de la vision industrielle. La perception thermique et le confort thermique des personnes ont été corrélés à la température moyenne du front à partir d'images infrarouges (IR). Une autre méthode consiste à utiliser le processus de thermorégulation humaine et à filtrer les images RVB en lumière visible à l'aide de l'algorithme d'agrandissement vidéo eulérien pour prédire les états de thermorégulation, ce qui constitue une mesure du confort thermique [14].

1.9 Évaluation du confort thermique

L'évaluation du confort thermique dans les espaces est un paramètre capital dans toute conception architecturale. Les premières recherches se sont basées sur les enquêtes de terrain avec des questionnaires en classifiant la sensation thermique (très chaud, neutre et très froid) ainsi que sur les essais de laboratoires sous des conditions climatiques artificielles ^[15].

Cette évaluation a conduit plusieurs chercheurs à développer et à élaborer des indices de prédiction des niveaux de confort à l'intérieur des bâtiments, En plus des indices thermiques, des tentatives ont été effectuées pour combiner les facteurs environnementaux sous forme d'outils graphiques qui permettent de prédire des zones de confort, connus sous le nom de diagrammes bioclimatiques, ils sont l'aboutissement direct de la connaissance du climat, ces outils sont également développés pour permettre d'obtenir des bâtiments confortables, adaptés aux variables climatiques.

1.9.1 Indices pour l'évaluation du confort thermique

De nombreux travaux de recherche, réalisés à l'intérieur des bâtiments ou dans des conditions expérimentales parfaitement contrôlées en laboratoire, ont recensé les principales causes d'inconfort et ont permis d'établir un certain nombre d'indices, nommés « indices de confort thermique », qui sont en général définis en fonction de la température et de la vitesse de l'air.

Nous ne citerons ici que les indices les plus couramment utilisés dans l'ensemble des normes de confort.

- Les indices PMV et PPD ;
- La température de l'air ambiant (T_a) ;
- La température opérative (T_{op}).

Chapitre 2

Systeme HVAC

Chapitre 2

Systeme HVAC

2.1 Introductions

2.1.1 Définition du système HVAC

L'acronyme HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) ou CVAC en français signifie chauffage, ventilation et air conditionné (climatisation). Avec cette définition, il est possible de cerner que le système CVAC englobe des fonctions de chauffage, de ventilation et de climatisation de l'air. Le CVAC agit en tant que fournisseur d'air froid et chaud pour tout type de bâtiment, d'une maison à un bâtiment commercial. Sa mission ultime est donc de procurer un confort atmosphérique aux individus fréquentant ces lieux ^[1].

Les systèmes CVC sont davantage utilisés dans différents types de bâtiments tels que les bâtiments industriels, commerciaux, résidentiels et institutionnels. La mission principale du système HVAC est de satisfaire le confort thermique des occupants en ajustant et en modifiant les conditions de l'air extérieur en fonction des conditions souhaitées dans les bâtiments occupés [1].

En fonction des conditions extérieures, l'air extérieur est aspiré dans les bâtiments et chauffé ou refroidi avant d'être distribué dans les espaces occupés, puis il est évacué dans l'air ambiant ou réutilisé dans le système. La sélection des systèmes CVC dans un bâtiment donné dépend du climat, de l'âge du bâtiment, des préférences individuelles du propriétaire du bâtiment et du concepteur d'un projet, du budget du projet, de la conception architecturale des bâtiments, etc. [2].

Le HVAC fournit un confort thermique et maintient la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments résidentiels, commerciaux et industriels [3]. Les fonctions de base d'un système HVAC sont :

- Chauffage et refroidissement ;
- Nettoyage de l'air ;
- Régulation du flux d'air ;
- Pressurisation ;
- Humidification et déshumidification.



Figure 2.1 : installation système HVAC.

2.2 Apprendre les bases du système HVAC

Un système HVAC (chauffage, ventilation et climatisation) est conçu pour prévenir la contamination et fournir des conditions de vie et de travail confortables [3].

- Le chauffage maintient la température ambiante appropriée, particulièrement par temps froid ;
- La ventilation implique l'échange ou le remplacement de l'air dans un espace pour réguler la température ou éliminer les contaminants ;
- La climatisation refroidit les espaces intérieurs en éliminant la chaleur et l'humidité de l'air.

2.3 Les différents types du système HVAC

Il existe de nombreux types de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) qui fonctionnent bien dans les environnements résidentiels.

Voici une liste des types de systèmes CVC les plus courants [4].

2.3.1 Systèmes CVC résidentiels

a) CVC chauffage central et de climatisation

Elle permet de centraliser la climatisation de l'ensemble de la maison. Les unités centrales ont généralement les mêmes réglages, comme l'humidité et la température, pour chaque pièce. Les propriétaires peuvent personnaliser leur appareil pour y inclure un thermostat avancé et d'autres fonctions, moyennant un certain coût [4].

b) Systèmes sans conduit

Les systèmes hybrides à deux étages, parfois appelés systèmes de chauffage hybrides, intègrent la redondance dans le plan de chauffage de votre maison en combinant une pompe à chaleur et un générateur d'air chaud pour une flexibilité maximale. La pompe à chaleur assure la totalité du refroidissement et la majeure partie du chauffage lorsque les températures extérieures sont douces. Lorsqu'il fait très froid, l'appareil de chauffage prend le relais, car il peut chauffer plus efficacement, même lorsque les températures sont inférieures au point de congélation [4].

c) Unités de conditionnement

Ce système se situe à mi-chemin entre le système de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) central et les systèmes de division sans conduit. Ce système CVC est capable de refroidir une plus grande surface mais est plus petit qu'une unité centralisée. Les unités groupées peuvent être installées à l'intérieur ou à l'extérieur. L'unité extérieure qui contient des condensateurs refroidis par air est une option populaire car elle nécessite moins d'entretien [4].

d) CVC de type fenêtre

Ce système est recommandé pour les zones plus petites et spécifiques, tout comme le système de type split. La principale différence est qu'il n'y a pas de pièces intérieures et extérieures distinctes à installer, car les serpentins de refroidissement et les compresseurs font partie d'un seul et même boîtier. C'est le système le plus facile à installer par rapport aux autres systèmes de CVC domestiques [4].

2.3.2 Systèmes de CVC commerciaux et systèmes CVC bâtiment

a) Système monobloc

Il est recommandé pour les espaces commerciaux tels que les cafés, les magasins de détail et les bureaux. La principale différence avec le système split résidentiel est que des éléments supplémentaires, tels que des gaines, peuvent être incorporés au système. Cela permet une meilleure distribution de l'air afin que l'ensemble de l'espace commercial puisse être refroidi ou chauffé aux niveaux souhaités [4].

b) Climatisation par système multi-split

Ce système fonctionne en ajoutant des unités intérieures supplémentaires à une seule unité extérieure. Les espaces commerciaux qui ont l'intention d'installer des systèmes CVC

dans plusieurs pièces peuvent utiliser ce type. Cette option coûte également moins cher que les systèmes centralisés et les réglages peuvent être contrôlés par unité intérieure [4].

c) Climatiseurs terminaux monoblocs (PTAC)

Les hôtels et les bâtiments commerciaux similaires utilisent couramment ce type de système de CVC. Cela permet que chaque pièce puisse contrôler la climatisation individuellement. Par rapport aux systèmes CVC de type fenêtre, cette unité est plus grande et plus chère [4].

d) Climatisation à débit de réfrigérant variable (VRF en anglais)

Cette solution est idéale pour les espaces ouverts de taille moyenne à grande, tels que les bureaux et les restaurants. Un système VRF peut chauffer et refroidir plusieurs zones simultanément. La technologie du réfrigérant est certifiée pour être économe en énergie en fournissant la plus petite quantité de réfrigérant en fonction de la température sur laquelle il a été réglé [4].

e) Système combiné de CVC

Les espaces et bâtiments commerciaux peuvent installer une combinaison de types de systèmes CVC btp pour mieux répondre aux besoins de l'entreprise. L'installation de ventilateurs industriels supplémentaires est également une option qui permettra d'obtenir une meilleure circulation de l'air. Cela permet au bâtiment d'économiser de l'énergie et de réduire les coûts [4].

2.4 Apprendre à connaître les pièces de votre système CVC

Pour prolonger le cycle de vie des systèmes CVC, il est important de comprendre et d'apprendre leurs pièces. De cette façon, l'identification et la résolution des problèmes deviennent plus faciles. Bien que les pièces d'un système CVC varient en fonction du type d'unité, voici les 6 composants principaux [4] :

a) Échangeur de chaleur

L'échangeur de chaleur est l'une des pièces les plus essentielles d'une unité CVC. Ce composant contribue au chauffage et au refroidissement. Il absorbe la chaleur produite dans la chambre de combustion et la déplace d'un endroit à l'autre. Il est essentiel que les échangeurs de chaleur soient inspectés et nettoyés tous les 12 mois afin d'identifier les premiers signes d'endommagement. Le moindre problème avec ce composant peut entraîner de graves problèmes de santé, comme une intoxication au monoxyde de carbone.

b) Thermostat

Le thermostat sert de contrôle pour réguler et stabiliser la température dans un bâtiment résidentiel ou commercial. Il permet aux utilisateurs de définir des températures et des conditions idéales. Les thermostats doivent être installés et calibrés correctement pour éviter une usure précoce causée par un fonctionnement excessif ou inefficace du système.

c) Chambres de combustion

Une chambre de combustion, également appelée brûleur, est responsable de la production d'air chaud que le système CVC distribue. Le cycle de chauffage commence lorsque des mélanges d'oxygène et de gaz pénètrent dans la chambre de combustion, puis une veilleuse ou un bâton lumineux s'allume pour enflammer les mélanges de manière contrôlée.

d) Soufflerie

Un moteur de soufflerie est un composant petit mais important d'un système de CVC. Il est chargé de déplacer l'air chauffé ou refroidi dans les conduits. Une fois que l'échangeur de chaleur a réchauffé l'air en fonction de la température désirée réglée par le thermostat, le moteur du ventilateur actionne son ventilateur pour souffler l'air vers les conduits afin de le distribuer dans la maison ou le bâtiment.

e) Serpentin du condenseur/compresseur

Le serpentin du condenseur ou le compresseur est responsable de la libération de l'air chaud à l'extérieur. Il abaisse la température intérieure en siphonnant l'air chaud de l'intérieur. En utilisant un réfrigérant, il permet le cycle de circulation et de filtration de l'air. Le serpentin du condenseur est situé à l'extérieur de la maison ou du bâtiment, ce qui le rend sujet à l'accumulation de feuilles, de saletés ou de débris qui peuvent affecter les performances du système. Pour le maintenir en bon état de fonctionnement, un entretien et un nettoyage réguliers sont nécessaires.

f) Serpentin de l'évaporateur

Comme le serpentin du condenseur, il absorbe également l'air chaud de l'intérieur. Cependant, au lieu de le rejeter à l'extérieur, il refroidit cet air chaud à l'aide d'un réfrigérant, puis le distribue par le biais de la climatisation pour abaisser la température intérieure. Un entretien et un nettoyage réguliers sont également nécessaires pour éviter que l'évaporateur ne soit gelé ou endommagé.

2.5 l'importance du système HVAC

Les systèmes HVAC jouent un rôle pivot dans le maintien d'un environnement intérieur adéquat pour diverses raisons [4].

- a) **Qualité de l'air intérieur (QAI)** : Les systèmes HVAC commerciaux sont cruciaux pour gérer la qualité de l'air intérieur en filtrant les contaminants, les allergènes et les particules. Une QAI améliorée crée un environnement plus sain, atténuant le risque de conditions respiratoires et de réactions allergiques parmi les occupants du bâtiment.
- b) **Contrôle de la température** : Atteindre et maintenir des niveaux de température idéaux assure le confort et la productivité. Les systèmes HVAC offrent un contrôle précis de la température.
- c) **Régulation de l'humidité** : Une humidité appropriée est clé pour maintenir le confort et protéger la santé dans les espaces intérieurs. Les systèmes HVAC jouent un rôle crucial dans le contrôle des niveaux d'humidité, évitant des problèmes comme la génération de moisissures et l'inconfort qui vient avec un air excessivement humide ou sec.
- d) **Efficacité énergétique** : Les systèmes HVAC modernes sont conçus avec un accent sur l'efficacité énergétique, ce qui aide les entreprises et les propriétaires de maisons à contrôler les dépenses opérationnelles et à réduire leur impact environnemental.

2.6 les avantages et les inconvénients de différents système HVAC

Le tableau suivant présente un résumé pratique des principales différences entre les types de systèmes CVC les plus courants :

Type	Chauffage ou refroidissement	Avantage	Inconvénients
Climatiseur central	Refroidissement	Adorable et durable	Nécessite un système de chauffage séparer
Fourneaux	Chauffage	Très efficace	Nécessite beaucoup d'entretien
Mini-Splits sans conduit	Chauffage et climatisation	Plus abordable qu'une pompe à chaleur, il peut à la fois chauffer et refroidir votre maison.	Il en faut un par pièce
Pompe à chaleur	Chauffage et climatisation	Assure le confort de votre maison tout au long de l'année	Coût initial plus élevé
Systèmes de climatisation terminaux monoblocs	Chauffage et refroidissement	Unité tout-en-un facile à entretenir	La capacité de chauffage n'est pas suffisante pour les climats plus froids

Climatiseurs de fenêtre et muraux	Refroidissement	Facile à installer	Pas aussi efficace que les autres options et ne fournit pas de chaleur
--	-----------------	--------------------	--

2.7 fonctionnements de base du système HVAC [4]

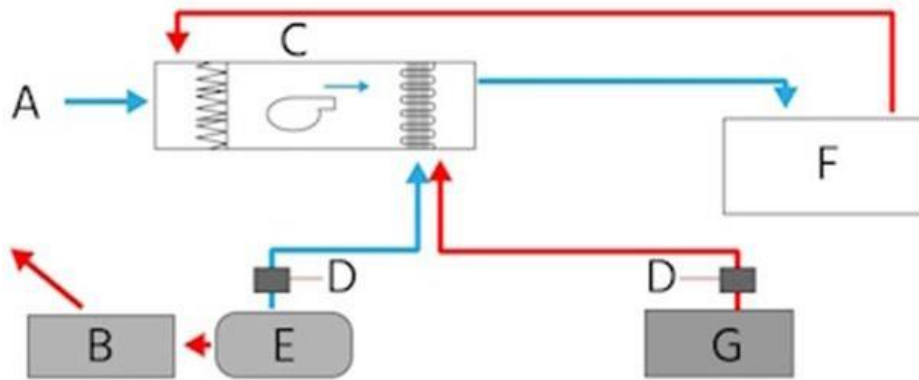


Figure 2.2 : schéma du fonctionnement de système HVAC.

- **Air extérieur (A)** : Le système prend l'air extérieur (A), essentiel pour la ventilation. Cet air est aspiré dans le système pour être filtré et conditionné avant d'entrer dans les espaces intérieurs.
- **Unité de traitement d'air (C)** : L'unité de traitement d'air (AHU) est un composant central qui contient le filtre, le ventilateur et les bobines (C). Le filtre nettoie l'air entrant en éliminant les particules, le ventilateur propulse l'air à travers le système, et les bobines, qui sont connectées au refroidisseur et à la chaudière, conditionnent l'air en le chauffant ou en le refroidissant.
- **Refroidisseur (E)** : Le refroidisseur (E) produit de l'eau glacée. Il retire la chaleur de l'eau à travers un cycle de réfrigération, impliquant l'évaporation et la condensation d'un réfrigérant. L'eau glacée est ensuite pompée vers l'AHU, qui absorbe la chaleur de l'air, le refroidissant efficacement. Le circuit d'eau glacée inclut un réservoir d'expansion pour accommoder les changements de volume d'eau dus aux fluctuations de température.
- **Tour de refroidissement (B)** : La tour de refroidissement (B) fait partie du cycle de refroidissement, particulièrement dans les systèmes HVAC plus grands. Elle aide à dissiper la chaleur du bâtiment en refroidissant l'eau qui a absorbé la chaleur de l'air intérieur. L'eau chaude du condenseur du refroidisseur est envoyée à la tour de refroidissement, qui est refroidie par évaporation avant de recirculer vers le refroidisseur. La tour de refroidissement est spécifiquement associée aux refroidisseurs à eau plutôt qu'aux refroidisseurs à air qui n'utilisent pas de tour de refroidissement.

- **Chaudière (G)** : La chaudière (G) génère de l'eau chaude ou de la vapeur puis la distribue aux bobines de chauffage de l'AHU. Alors que l'air passe sur ces bobines, il est réchauffé avant d'être envoyé à travers les conduits dans les espaces intérieurs. La chaudière est typiquement utilisée pendant les mois plus froids lorsque le chauffage est nécessaire. L'eau chaude/vapeur de la chaudière est également utilisée pour d'autres applications de chauffage dans le bâtiment, telles que les radiateurs ou les systèmes de chauffage par le sol.
- **Pompe (D)** : La pompe (D) déplace l'eau chauffée ou refroidie depuis et vers le refroidisseur et la chaudière jusqu'aux bobines dans l'AHU. Cette circulation est cruciale pour transférer l'énergie thermique nécessaire pour chauffer ou refroidir le bâtiment. Il y a typiquement des pompes séparées pour les circuits du refroidisseur et de la chaudière. La pompe à eau glacée fait circuler l'eau entre le refroidisseur et l'AHU, et la pompe à eau chaude fait circuler l'eau entre la chaudière et l'AHU.
- **Pièce ventilée (F)** : La pièce ventilée (F) représente les espaces intérieurs desservis par le système HVAC. L'air conditionné de l'AHU est livré dans ces pièces, offrant un environnement confortable pour les occupants. Le système élimine également l'air vicié de ces espaces pour maintenir une bonne qualité de l'air. L'air de retour de ces pièces est typiquement ramené à l'AHU pour être reconditionné.

2.8 comment on choisit le système d'une installation HVAC ?

Le choix d'un nouveau système de chauffage, de ventilation et de climatisation implique plusieurs considérations importantes. Voici un guide d'achat pour aider les propriétaires à prendre les meilleures décisions :

a) Taille et capacité :

Un dimensionnement adéquat est essentiel pour l'efficacité et la performance des systèmes CVC. Les appareils qui sont trop grands ou trop petits pour la surface habitable auront du mal à chauffer ou à refroidir uniformément. Il faut travailler avec un professionnel du CVC pour calculer la puissance BTU idéale nécessaire en fonction de la taille de la maison, des niveaux d'isolation, du nombre d'étages et de fenêtres, etc.

b) Taux SEER/HSPF

Il faut chercher des appareils ayant un taux d'efficacité énergétique saisonnier (SEER) élevé pour le refroidissement et un facteur de performance saisonnier (HSPF) élevé pour le chauffage. Aujourd'hui, les cotes minimales sont de 14 SEER et de 7,7 HSPF, mais le choix de modèles ayant un SEER de plus de 16 et un HSPF de plus de 9 permettra de réaliser de plus grandes économies d'énergie au fil du temps.

c) Capacité variable

Les appareils à capacité variable ou à deux étages peuvent fonctionner à différents niveaux de puissance plutôt que de se mettre en marche et de s'arrêter à pleine capacité. Cela permet un contrôle plus efficace et uniforme de la température et de l'humidité.

d) Réputation de la marque

Privilégiez les marques de chauffage, de ventilation et de climatisation réputées pour la qualité de leur fabrication et l'efficacité de leurs produits, assortis de garanties solides. Il faut lire les avis des professionnels et les commentaires des consommateurs.

e) Installation professionnelle

Une installation correcte est essentielle pour que les systèmes de CVC fonctionnent en toute sécurité et comme prévu. Il faut faire toujours appel à des entrepreneurs en CVC agréés et assurés qui ont de l'expérience dans l'installation du type de système dont on a besoin.



Figure 2.3 : Système de tuyauterie canalisée pour la ventilation et la climatisation.

2.9 Conclusion

On conclusion, les systèmes HVAC jouent un rôle essentiel dans nos environnements bâtis en assurant le confort thermique, la qualité de l'air intérieur et l'efficacité énergétique.

Ils offrent une gamme de solution, de la ventilation simple à la climatisation complexe, adaptées aux besoins variés des bâtiments résidentiels commerciaux et industriels.

Chapitre 3

Présentation du projet

Chapitre 3

Présentation du projet

3.1 Présentation du site

Skikda est un village situé au Nord-Est de l'Algérie. La frontière entre la mer Méditerranée et Annaba est située à l'est, la wilaya de Jijel à l'ouest, les wilayas de Constantine et Guelma au sud et la wilaya de Mila au sud-ouest. Elle est située entre les 36°5 N et 36°15 N et les 7°15 E et 7°30 E. Elle est composée de 4137,68 km² et sa frange littorale est de 142 km, ce qui représente 12 % du littoral algérien.



Figure 3.1 : wilaya de Skikda.

3.2 Présentation du projet

3.2.1 Hôtel le Napolitain

Hôtel le napolitain à Skikda est idéalement située sur la placette casino Rue de Stora offrent une expérience unique au cœur de la ville, l'hôtel bénéficie d'une proximité remarquable avec les services qu'il offrent et les commodités essentielles.



Figure 3.2 : Hôtel le Napolitain.

3.2.2 Paramètre géographique

L'hôtel le Napolitain est situé sur la corniche de Stora, il est localisé à proximité de la plage de la ville, dans le quartier appelé plage Marquette, il est bordé à l'est et à l'ouest par diverses constructions offrant des activités variées, telles que des résidences et des restaurants.

Elle est limitrophe au sud d'un plateau montagneux surmonté d'habitation et de la route : route ben Gana.

Adresse : Casino La placette, Skikda 21000, Algérie

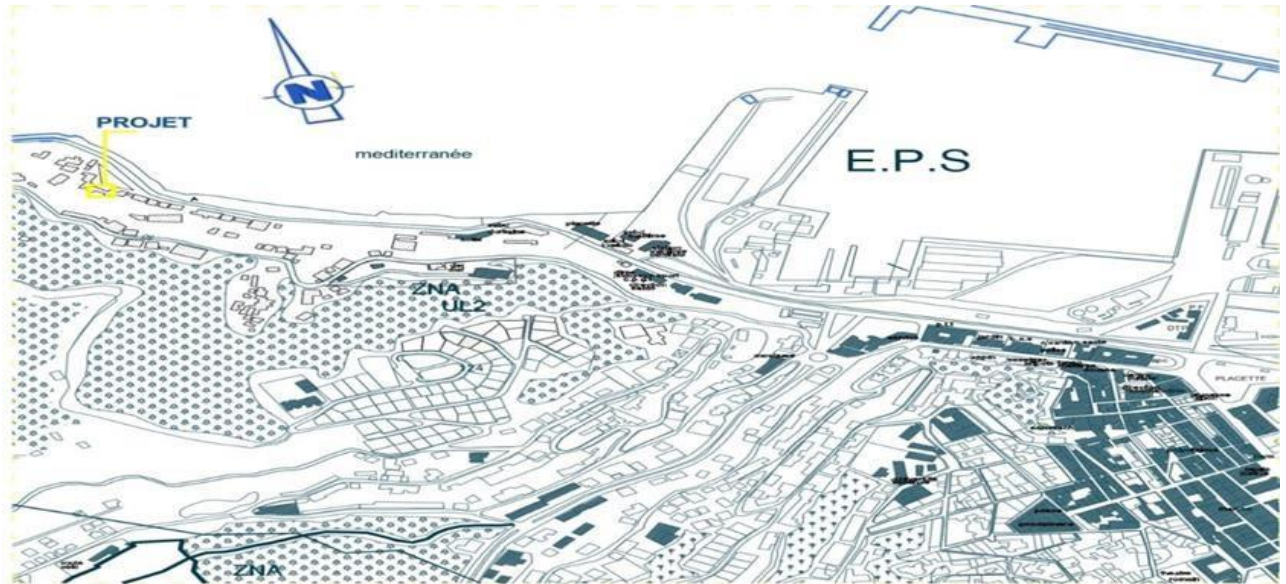


Figure 3.3 : Plan de situation hôtel Le Napolitain à Skikda.



Figure 3.4 : Situation géographique hôtel Le Napolitain à Skikda.

3.3 Cas d'étude

Notre projet a pour but d'étudier l'installation d'un système Hvac pendant festivals et les hivernaux pour un hôtel R+5 situé à Skikda.

Cette construction est composée de 6 niveaux :

- ✓ RDC ;
- ✓ 1ère étage ;
- ✓ 2ème étage ;
- ✓ 3ème étage ;
- ✓ 4ème étage ;
- ✓ 5ème étage.

3.4 Données climatique de base

3.4.1 paramètres extérieurs de base

Les échanges thermiques entre le corps et l'air ambiant dépendent des paramètres climatiques suivants :

- ✓ La température de l'air ;
- ✓ L'humidité de l'air ;
- ✓ La vitesse de l'air ;
- ✓ La température du globe noir ;
- ✓ La température humide naturelle.

3.4.2 Paramètre géographique

Skikda se trouve dans la zone climatique (A). Avec une altitude de (9m) une l'altitude (36,52°N), et longitude de (6,57°E).

3.4.3 Paramètres climatiques (période hivernale et estivale)

Période hivernale			Période estivale		
Tex (°c)	ψ (%)	V (m/s)	Tex (°c)	ψ (%)	V (m/s)
6	80	3	34	44	2,5

3.4.4 Conditions climatiques intérieurs

La désignation des locaux se fera comme suit :

- **R-x** : désigne le niveau (RDC) ;
- **n-E-x** : désigne le niveau (étage-n) ;
- **x** : nombre des locaux ;
- **n** : nombre des étages.

Les tableaux ci-dessous comportent la désignation des locaux :

RDC					
Local	Désignation	Ti hivernal	Φe	Ti festival	Φi
R01	Réception	21	80	24	44
R02	Hall	21	80	24	44
R03	Buffet	21	80	24	44
R04	WC	15	80	24	44
R05	Cuisine	21	80	24	44

1^{er} étage					
Local	Désignation	Ti hivernal	Φe	Ti festival	Φi
R01	Chambre 01	21	80	24	44
R02	Chambre02	21	80	24	44
R03	Administration	21	80	24	44
R04	Bureau directeur	15	80	24	44
R05	Hamem	21	80	24	44

2^{ème} étage					
Local	Désignation	Ti hivernal	Φe	Ti festival	Φi
R01	Chambre 01	21	80	24	44
R02	Chambre02	21	80	24	44
R03	Chambre 03	21	80	24	44
R04	Chambre 04	15	80	24	44
R05	Chambre 05	21	80	24	44
R06	Chambre 06	21	80	24	44

3^{ème} étage					
Local	Désignation	Ti hivernal	Φe	Ti festival	Φi
R01	Chambre 01	21	80	24	44
R02	Chambre02	21	80	24	44
R03	Chambre 03	21	80	24	44
R04	Chambre 04	15	80	24	44
R05	Chambre 05	21	80	24	44
R06	Chambre 06	21	80	24	44
R07	Chambre 07	21	80	24	44
R08	Chambre 08	21	80	24	44

4^{ème} étage					
Local	Désignation	Ti hivernal	Φe	Ti festival	Φi
R01	Chambre 01	21	80	24	44
R02	Chambre02	21	80	24	44
R03	Chambre 03	21	80	24	44
R04	Chambre 04	15	80	24	44
R05	Chambre 05	21	80	24	44
R06	Chambre 06	21	80	24	44
R07	Chambre 07	21	80	24	44
R08	Chambre 08	21	80	24	44
R09	Chambre employée	21	80	24	44
R10	Buanderie	21	80	24	44

5^{ème} étage					
Local	Désignation	Ti hivernal	Φe	Ti festival	Φi
R01	Chambre 01	21	80	24	44
R02	Chambre02	21	80	24	44
R03	Chambre 03	21	80	24	44
R04	Chambre 04	15	80	24	44
R05	Chambre 05	21	80	24	44
R06	Salle de sport	21	80	24	44
R07	Restaurants	21	80	24	44

Chapitre 4
Calcule
thermique des
parois

Chapitre 4

Calcule thermique des parois

4.1 Introduction

4.1.1 Définition de la résistance thermique

La résistance thermique mesure la capacité d'isolation d'une couche de matériau : plus la couche sera isolante, plus la résistance thermique sera élevée. L'outil donne, en plus du calcul de la résistance thermique de la paroi, la valeur de sa déperdition thermique appelée aussi coefficient de transmission thermique de la paroi. Plus celui-ci est faible, plus la paroi est isolante ⁽¹⁾.

La résistance thermique est mesurée en mètres carrés Kelvins par Watt ($m^2.K.W^{-1}$ ou $m^2.K/W$). Elle est égale au rapport entre l'épaisseur e en mètres (m) et la conductivité thermique du matériau λ en Watts par mètre et par Kelvin ($W.m^{-1}.K^{-1}$ ou W/mK). Elle est donnée par la formule :

$$R = e / \lambda$$

A - La conductivité thermique λ

La conductivité thermique sera d'autant plus faible que le matériau est un bon isolant. Pour l'isolation, il faut donc choisir des matériaux dont les conductivités thermiques sont très faibles. Elle s'exprime en watt par mètre et Kelvin, W/mK ou $W.m^{-1}.K^{-1}$

4.2 Transmission de chaleur

Il existe trois modes de transfert de chaleur :

- ✓ Conduction ;
- ✓ Convection ;
- ✓ Rayonnement.

4.2.1 Transfert par conduction

La conduction thermique est le phénomène de transfert d'énergie thermique qui se produit lorsque deux régions, présentant des températures différentes, entrent en contact.

La quantité de chaleur se calcule par la loi :

$$\phi = \lambda * s * (t_1 - t_2) / e$$

Avec :

- **e** : épaisseur d'un élément de construction de la paroi (m) ;
- **s** : surface de la paroi (m²) ;
- **λ** : conductivité thermique d'un élément de construction (W/m.c°) ;
- **φ** : flux de chaleur échangé (W) ;
- **t₁** : température de la surface chaude (C°) ;
- **t₂** : température de la surface froide (C°).

4.2.2 Transfert par convection

En mécanique des fluides, la convection est un transfert d'énergie thermique qui s'accompagne d'un transport de la matière à l'état de fluide. Ce fluide peut être un gaz ou un liquide.

La convection induit un déplacement global de la matière. Le mouvement de la matière se fait de manière verticale, de haut en bas ou de bas en haut. Les zones du fluide plus denses descendent, tandis que les parties moins denses montent. La convection thermique désigne également le transfert thermique occasionné entre un fluide en mouvement et une paroi solide.

Il existe deux types de convection : la convection naturelle et la convection forcée ⁽²⁾.

La formule de calcul :

$$\phi = \alpha c . s . (T_1 - T_2)$$

- **αc** : coefficient de convection exprimé en (W/m².C°), il dépend de la nature du fluide et par fois de sa température, vitesse d'écoulement et la viscosité ;
- **s** : surface d'échange thermique ;
- **(T₁ - T₂)** : différence de température entre les deux ambiances.

4.2.3 Transfert par Rayonnement

Le rayonnement thermique représente, avec la convection et la conduction, l'un des phénomènes physiques qui autorisent le transfert de chaleur.

Son signe particulier : il ne nécessite pas la présence d'un milieu matériel intermédiaire et peut donc transporter de la chaleur à travers le vide. Ainsi, c'est grâce au rayonnement thermique que le Soleil nous transmet, presque instantanément, sa chaleur.

La formule :

$$\phi = \alpha r.s. (T_1 - T_2)$$

Avec :

- αr : coefficient d'échange superficiel par rayonnement ;
- T_1, T_2 : température absolue du corps de rayonnement en (K°).

4.3 Coefficient de transfert de chaleur global

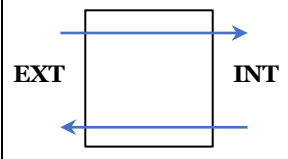
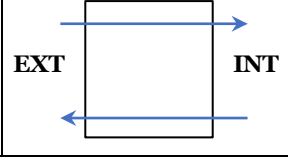
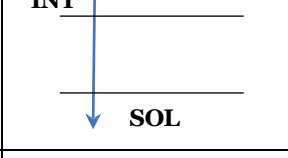
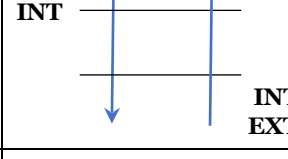
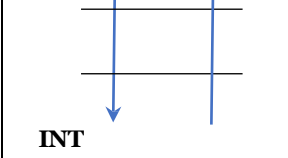
Le coefficient de transfert thermique global est déterminé par l'épaisseur et la conductivité thermique des matériaux à travers lesquels la chaleur est transférée. Plus le coefficient est élevé, meilleur est la diffusion thermique (3).

Pour les parois à plusieurs couches, le coefficient de chaleur global se calcule par la formule suivante :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\sum e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} \text{ En } \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ} \right)$$

- K : coefficient de transfert de chaleur global (Kcal/h.m². C°) ;
- h_i et h_e : coefficients de transfert de chaleur (superficiel) intérieur et extérieur en (Kcal/h.m².C°) ;
- e_i : épaisseur de la paroi i (m) ;
- λ_i : coefficient de conductivité thermique de la paroi i (Kcal/h.m.C°).

Pour (h_i et h_e) on a le tableau suivant :

	Flux	h_e	h_i
Mur extérieure		20	7
Mur intérieure		7	/
Plancher sur sol		5	/
Plancher entre étage		7	/
Terrasse		20	7

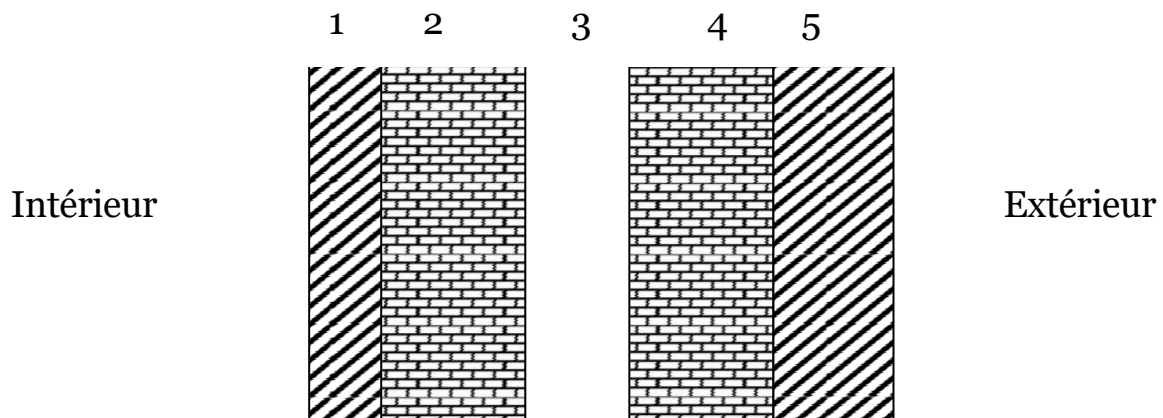
4.4 Application sur projet

Exemple de calcul sur le 4ème étage :

4.1.1 calcul K

Mur extérieur 01 :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\sum et}{i} + \frac{1}{h_e}} \text{ En (Kcal/h. m}^2 \cdot \text{c}^\circ)$$



N	Elément de construction	E(m)	λ_i (w/m C)	R
Mur extérieur E= 30cem				
1	Enduit mortier ciment	0,025	1,395	0,0179
2	Lame d'air	0,05		0,2440
3	Enduit mortier ciment	0,025	1,395	0,0179
4	Polystyrène	0,058	0,03	1,9333
5	Brique creuse	0,15	0,465	0,3226
	Σ	0,308		2,5358
	K	0,0327		
Mur extérieur E=40cem				
1	Enduit mortier ciment	0,025	1,395	0,0179
2	Lame d'air	0,05		0,2440
3	Enduit mortier ciment	0,025	1,395	0,0179
4	Polystyrène	0,058	0,03	1,9333
5	Brique creuse	0,25	0,465	0,5376
	Σ	0,408		2,7508
Mur extérieur Ep 50cm				
1	Enduit mortier ciment	0,125	1,395	0,0896
2	Lame d'air	0,02		0,2440
3	Enduit mortier ciment	0,012	1,395	0,0086
4	Polystyrène	0,05	0,03	1,6667
5	Brique creuse	0,3	0,465	0,6452
	Σ	0,51		2,6540
	K	0,0326		
Plancher entre étage				
1	Dalle pleine	0,05	0,3	0,1667
2	Mortier ciment	0,025	1,395	0,0179
3	Enduit	0,15	0,6	0,2500
	Σ	0,225		0,4346
	K	0,0804		

Calcule quantité de chaleur

Application sur le 4ème étage

Calcule Q SDB

$$\phi = \lambda * s * (t_1 - t_2) / e$$

- Le tableau calcule K salle de bain

	L	E	Largeur	H	S	SR	ΔT	k	Q
Salle de bain chambre 01									
Mur intérieur 01	2,3	0,1		3,4	7,82	7,82	8	0,033	2,064
Mur intérieur 02	1,73	0,1		3,4	5,882	5,882	8	0,033	1,553
Mur intérieur 03	1,5	0,1		3,4	5,1	3,12	8	0,033	0,824
Mur intérieur 04	1,7	0,1		3,4	5,78	5,78	8	0,033	1,526
Porte	0,9	0,2		2,2	1,98	1,98	8	3,4	53,856
Plafond	1,73		2,3	0,2	3,979	3,979	8	1,13	35,970
Plancher	1,73		2,3	0,2	3,979	3,979	8	1,31	41,700
								Σ	137,493
Salle de bain chambre 02									
Mur extérieur	1,48	0,3		3,4	5,032	5,032	8	0,033	1,328
Mur intérieur 01	2,02	0,1		3,4	6,868	6,868	8	0,033	1,813
Mur intérieur 02	2,02	0,1		3,4	6,868	5,218	8	0,033	1,378
Mur intérieur 03	2,02	0,1		3,4	6,868	6,868	8	0,033	1,813
Porte	0,75	0,2		2,2	1,65	1,65	8	3,4	44,880
Plafond	1,8		2,11	0,2	3,798	3,798	8	1,13	34,334
Plancher	1,8		2,11	0,2	3,798	3,798	8	1,31	39,803
								Σ	125,349
Salle de bain chambre 03									
Mur extérieur	1,9	0,3		3,4	6,46	6,46	8	0,0327	1,690
Mur intérieur 01	1,9	0,1		3,4	6,46	6,46	8	0,033	1,705
Mur intérieur 02	2,11	0,1		3,4	7,174	7,174	8	0,033	1,894
Mur intérieur 03	2,11	0,1		3,4	7,174	5,524	8	0,033	1,458
Porte	0,75	0,2		2,2	1,65	1,65	8	3,4	44,880
Plafond	1,8		2,11	0,2	3,798	3,798	8	1,13	34,334
Plancher	1,8		2,11	0,2	3,798	3,798	8	1,31	39,803
								Σ	125,765

Salle de bain chambre 04									
Mur extérieur	2,29	0,3		3,4	7,786	7,786	8	0,0327	2,037
Mur intérieur 01	1,74	0,1		3,4	5,916	5,916	8	0,033	1,562
Mur intérieur 02	1,74	0,1		3,4	5,916	5,916	8	0,033	1,562
Mur intérieur 03	1,22	0,1		3,4	4,148	2,498	8	0,033	0,659
Porte	0,75	0,2		2,2	1,65	1,65	8	3,4	44,880
Plafond	3,26		1,74	0,2	5,6724	5,6724	8	1,13	51,278
Plancher	3,26		1,74	0,2	5,6724	5,6724	8	1,31	59,447
								Σ	161,425
Salle de bain chambre 05									
Mur extérieur	1,9	0,1		3,4	6,46	6,46	8	0,0327	1,690
Mur intérieur 01	2,5	0,1		3,4	8,5	8,5	8	0,033	2,244
Mur intérieur 02	2,5	0,1		3,4	8,5	8,5	8	0,033	2,244
Mur intérieur 03	1,9	0,1		3,4	6,46	4,81	8	0,033	1,270
Porte	0,75	0,2		2,2	1,65	1,65	8	3,4	44,880
Plafond	2,5		1,9	0,2	4,75	4,75	8	1,13	42,940
Plancher	2,5		1,9	0,2	4,75	4,75	8	1,31	49,780
								Σ	145,048
Salle de bain chambre 06									
Mur extérieur	2,15	0,1		3,4	7,31	7,31	8	0,0327	1,912
Mur intérieur 01	2,45	0,1		3,4	8,33	8,33	8	0,033	2,199
Mur intérieur 02	2,1	0,1		3,4	7,14	7,14	8	0,033	1,885
Mur intérieur 03	2,1	0,1		3,4	7,14	5,49	8	0,033	1,449
Porte	0,75	0,2		2,2	1,65	1,65	8	3,4	44,880
Plafond	2,1		2,45	0,2	5,145	5,145	8	1,13	46,511
Plancher	2,1		2,45	0,2	5,145	5,145	8	1,31	53,920
								Σ	152,756
Salle de bain chambre 07									
Mur extérieur	1,6	0,1		3,4	5,44	5,44	8	0,0327	1,423
Mur intérieur 01	1,6	0,1		3,4	5,44	5,44	8	0,033	1,436
Mur intérieur 02	2	0,1		3,4	6,8	6,8	8	0,033	1,795
Mur intérieur 03	2	0,1		3,4	6,8	5,15	8	0,033	1,360
Porte	0,75	0,2		2,2	1,65	1,65	8	3,4	44,880
Plafond	1,6		2	0,2	3,2	3,2	8	1,13	28,928
Plancher	1,6		2	0,2	3,2	3,2	8	1,31	33,536
								Σ	113,358

Salle de bain chambre 08									
Mur intérieur 01	1,73	0,1		3,4	5,882	5,882	8	0,033	1,553
Mur intérieur 02	1,73	0,1		3,4	5,882	5,882	8	0,033	1,553
Mur intérieur 03	2,32	0,1		3,4	7,888	7,888	8	0,033	2,082
Mur intérieur 04	2,32	0,1		3,4	7,888	6,238	8	1,033	51,551
Porte	0,75	0,2		2,2	1,65	1,65	8	3,4	44,880
Plafond	2,32		1,73	0,2	4,0136	4,0136	8	1,13	36,283
Plancher	2,32		1,73	0,2	4,0136	4,0136	8	1,31	42,063
								Σ	179,964

• Calcul climatisation 4^{ème} étage :

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 01									
Mur extérieur 1	2,23		0,3	3,4	7,582	7,582	0,0327	-8	-1,983
Mur intérieur 1	8,11		0,2	3,4	27,574	25,594	0,033	-8	-6,757
Mur intérieur 2	6,34		0,2	3,4	21,556	21,556	0,033	-8	-5,691
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	0,08	-8	-25,441
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	1,13	-8	-359,356
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	-8	-130,416
Mur (sdb/ ch) 07	4,05		0,1	3,4	13,77	12,12	0,033	-8	-3,200
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-631,580

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 02									
Mur extérieur 1	6,26		0,3	3,4	21,284	16,734	0,0327	-8	-4,378
Mur intérieur 1	4		0,3	3,4	13,6	9,05	0,033	-8	-2,389
Mur intérieur 2	4		0,3	3,4	13,6	13,6	0,033	-8	-3,590
Mur intérieur 3	6,2		0,1	3,4	21,08	19,1	0,033	-8	-5,042
Plancher	6,2	4		0,2	24,8	24,8	0,08	-8	-15,872
Plafond	6,2	4		0,2	24,8	24,8	1,13	-8	-224,192
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	-8	-72,800
Mur (sdb/ ch) 07	3,6		0,1	3,4	12,24	10,59	0,033	-8	-2,796
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-429,795

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 03									
Mur extérieur 1	5,42		0,3	3,4	18,428	18,428	0,0327	-8	-4,821
Mur extérieur 2	3,22		0,1	3,4	10,948	9,388	0,0327	-8	-2,456
Mur intérieur 1	7,58		0,3	3,4	25,772	25,772	0,033	-8	-6,804
Mur intérieur 3	3,17		0,1	3,4	10,778	7,148	0,033	-8	-1,887
Plancher	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	0,08	-8	-10,716
Plafond	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	1,13	-8	-151,366
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	-8	-24,960
Mur (sdb/ ch) 06	2,45		0,1	3,4	8,33	8,33	0,033	-8	-2,199
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-303,945

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 04									
Mur extérieur 1	4,27		0,3	3,4	14,518	12,958	0,0327	-8	-3,390
Mur intérieur 2	4,58		0,15	3,4	15,572	15,572	0,033	-8	-4,111
Mur intérieur 1	8,36		0,15	3,4	28,424	28,424	0,033	-8	-7,504
Mur intérieur 2	4,86		0,1	3,4	16,524	14,544	0,033	-8	-3,840
Plancher	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	0,08	-8	-20,591
Plafond	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	1,13	-8	-290,846
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	-8	-24,960
Mur (sdb/ ch) 01	2,92		0,1	3,4	9,928	8,278	0,033	-8	-2,185
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-456,162

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 05									
Mur extérieur 1	3,6		0,3	3,4	12,24	12,24	0,0327	-8	-3,202
Mur extérieur 2	5,75		0,1	3,4	19,55	19,55	0,0327	-8	-5,114
Mur extérieur 3	6,8		0,3	3,4	23,12	8,16	0,0327	-8	-2,135
Mur intérieur	3,67		0,1	3,4	12,478	4,052	0,033	-8	-1,070
Plancher	6,56	3,67		0,2	24,0752	24,0752	0,08	-8	-15,408
Plafond	6,62	3,67		0,2	24,2954	24,2954	1,13	-8	-219,630
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,83		0,3	2,2	8,426	8,426	2	-8	-134,816
Mur (sdb/ ch) 05	4,4		0,1	3,4	14,96	13,31	0,033	-8	-3,514
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-483,625

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 06									
Mur extérieur 1	6,1		0,3	3,4	20,74	20,74	0,0327	-8	-5,426
Mur extérieur 2	3,47		0,3	3,4	11,798	10,238	0,0327	-8	-2,678
Mur intérieur 1	5,88		0,1	3,4	19,992	19,992	0,033	-8	-5,278
Mur intérieur 2	4,16		0,1	3,4	14,144	12,164	0,033	-8	-3,211
Plancher	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	0,08	-8	-17,451
Plafond	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	1,13	-8	-246,494
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	-8	-24,960
Mur (sdb/ ch) 01	2,11		0,1	3,4	7,174	5,524	0,033	-8	-1,458
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-405,692

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 07									
Mur extérieur	3,24		0,3	3,4	11,016	7,496	0,0327	-8	-1,961
Mur intérieur 1	5,33		0,1	3,4	18,122	16,142	0,033	-8	-4,261
Mur intérieur 2	6,37		0,18	3,4	21,658	19,678	0,033	-8	-5,195
Mur intérieur 3	6,37		0,18	3,4	21,658	21,658	0,033	-8	-5,718
Plancher	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	0,080	-8	-13,076
Plafond	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	1,13	-8	-183,734
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	-8	-56,320
Mur (sdb/ ch) 01	1,9		0,1	3,4	6,46	4,48	0,033	-8	-1,183
Porte 2	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
								Σ	-379,160

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 08									
Mur extérieur 1	3,37		0,3	3,4	11,458	7,938	0,0327	-8	-2,077
Mur extérieur 2	7,25		0,3	3,4	24,65	24,65	0,0327	-8	-6,448
Mur intérieur 1	6,72		0,1	3,4	22,848	22,848	0,033	-8	-6,032
Mur intérieur 2	1,8		0,18	3,4	6,12	4,14	0,033	-8	-1,093
Plancher	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	0,08	-8	-15,637
Plafond	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	1,13	-8	-220,870
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	-8	-56,320
Mur (sdb/ ch) 02	2,1		0,1	3,4	7,14	5,49	0,033	-8	-1,449
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-408,662

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre employée									
Mur extérieur 1	2,95		0,4	3,4	10,03	8,73	0,0325	-8	-2,270
Mur extérieur 2	3,9		0,4	3,4	13,26	13,26	0,0325	-8	-3,448
Mur intérieur 1	4,3		0,3	3,4	14,62	14,62	0,033	-8	-3,860
Mur intérieur 2	3,75		0,2	3,4	12,75	8,79	0,033	-8	-2,321
Plancher	2,93	4		0,2	11,72	11,72	0,08	-8	-7,501
Plafond	2,93	4		0,2	11,72	11,72	1,13	-8	-105,949
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,3		0,3	1	1,3	1,3	2	-8	-20,800
Mur (sdb/ ch) e	6,12		0,1	3,4	20,808	20,808	0,033	-8	-5,493
Porte 2	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
								Σ	-259,353

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Buanderie									
Mur extérieur 1	9		0,4	3,4	30,6	29,4	0,0327	-8	-7,691
Mur extérieur 2	3		0,3	3,4	10,2	9	0,0327	-8	-2,354
Mur intérieur 1	3,25		0,2	3,4	11,05	9,07	0,033	-8	-2,394
Mur intérieur 2	3,21		0,2	3,4	10,914	10,914	0,033	-8	-2,881
Plancher	3,6	6,3		0,2	22,68	22,68	0,08	-8	-14,515
Plafond	3,6	6,3		0,2	22,68	22,68	1,13	-8	-205,027
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,2		0,3	1	1,2	1,2	2	-8	-19,200
								Σ	-307,920

Totale de quantité de la chaleur dans le 4ème étage : -3496,75382247621

• Calcule chauffage 4ème étage :

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 01									
Mur extérieur 1	2,23		0,3	3,4	7,582	7,582	0,0327	11	2,727
Mur intérieur 1	8,11		0,1	3,4	27,574	25,594	0,033	11	9,291
Mur intérieur 2	6,34		0,1	3,4	21,556	21,556	0,033	11	7,825
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	0,08	11	34,982
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	1,13	11	494,115
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	11	179,322
Mur (sdb/ ch) 07	4,05		0,1	3,4	13,77	12,12	0,033	11	4,400
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	868,423

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 02									
Mur extérieur 1	6,26		0,3	3,4	21,284	16,734	0,0327	11	6,019
Mur intérieur 1	4		0,3	3,4	13,6	9,05	0,033	11	3,285
Mur intérieur 2	4		0,3	3,4	13,6	13,6	0,033	11	4,937
Mur intérieur 3	6,2		0,1	3,4	21,08	19,1	0,033	11	6,933
Plancher	6,2	4		0,2	24,8	24,8	0,08	11	21,824
Plafond	6,2	4		0,2	24,8	24,8	1,13	11	308,264
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	11	100,100
Mur (sdb/ ch) 07	3,6		0,1	3,4	12,24	10,59	0,033	11	3,844
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	590,969

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 03									
Mur extérieur 1	5,42		0,3	3,4	18,428	18,428	0,0327	11	6,629
Mur extérieur 2	3,22		0,1	3,4	10,948	9,388	0,0327	11	3,377
Mur intérieur 1	7,58		0,3	3,4	25,772	25,772	0,033	11	9,355
Mur intérieur 3	3,17		0,1	3,4	10,778	7,148	0,033	11	2,595
Plancher	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	0,08	11	14,735
Plafond	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	1,13	11	208,128
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	11	34,320
Mur (sdb/ ch) 06	2,45		0,1	3,4	8,33	8,33	0,033	11	3,024
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	417,924

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 04									
Mur extérieur 1	4,27		0,3	3,4	14,518	12,958	0,0327	11	4,661
Mur intérieur 2	4,58		0,15	3,4	15,572	15,572	0,033	11	5,653
Mur intérieur 1	8,36		0,15	3,4	28,424	28,424	0,033	11	10,318
Mur intérieur 2	4,86		0,1	3,4	16,524	14,544	0,033	11	5,279
Plancher	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	0,08	11	28,312
Plafond	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	1,13	11	399,913
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	11	34,320
Mur (sdb/ ch) 01	2,92		0,1	3,4	9,928	8,278	0,033	11	3,005
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	627,223

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 05									
Mur extérieur 1	3,6		0,3	3,4	12,24	12,24	0,0327	11	4,403
Mur extérieur 2	5,75		0,1	3,4	19,55	19,55	0,0327	11	7,032
Mur extérieur 3	6,8		0,3	3,4	23,12	8,16	0,0327	11	2,935
Mur intérieur	3,67		0,1	3,4	12,478	4,052	0,033	11	1,471
Plancher	6,56	3,67		0,2	24,0752	24,0752	0,08	11	21,186
Plafond	6,62	3,67		0,2	24,2954	24,2954	1,13	11	301,992
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,83		0,3	2,2	8,426	8,426	2	11	185,372
Mur (sdb/ ch) 05	4,4		0,1	3,4	14,96	13,31	0,033	11	4,832
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	664,984

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 06									
Mur extérieur 1	6,1		0,3	3,4	20,74	20,74	0,0327	11	7,460
Mur extérieur 2	3,47		0,3	3,4	11,798	10,238	0,0327	11	3,683
Mur intérieur 1	5,88		0,1	3,4	19,992	19,992	0,033	11	7,257
Mur intérieur 2	4,16		0,1	3,4	14,144	12,164	0,033	11	4,416
Plancher	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	0,08	11	23,995
Plafond	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	1,13	11	338,929
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	11	34,320
Mur (sdb/ ch) 01	2,11		0,1	3,4	7,174	5,524	0,033	11	2,005
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	557,826

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 07									
Mur extérieur	3,24		0,3	3,4	11,016	7,496	0,0327	11	2,696
Mur intérieur 1	5,33		0,2	3,4	18,122	16,142	0,033	11	5,860
Mur intérieur 2	6,37		0,18	3,4	21,658	19,678	0,033	11	7,143
Mur intérieur 3	6,37		0,18	3,4	21,658	21,658	0,033	11	7,862
Plancher	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	0,080	11	17,980
Plafond	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	1,13	11	252,635
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	11	77,440
Mur (sdb/ ch) 01	1,9		0,1	3,4	6,46	4,48	0,033	11	1,626
Porte 2	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
								Σ	521,346

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 08									
Mur extérieur 1	3,37		0,3	3,4	11,458	7,938	0,0327	11	2,855
Mur extérieur 2	7,25		0,3	3,4	24,65	17,51	0,0327	11	6,298
Mur intérieur 1	6,72		0,1	3,4	22,848	22,848	0,033	11	8,294
Mur intérieur 2	1,8		0,18	3,4	6,12	4,14	0,033	11	1,503
Plancher	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	0,08	11	21,501
Plafond	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	1,13	11	303,696
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	11	77,440
Mur (sdb/ ch) 02	2,1		0,1	3,4	7,14	5,49	0,033	11	1,993
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	559,342

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre employée									
Mur extérieur 1	2,95		0,4	3,4	10,03	8,73	0,0327	11	3,140
Mur extérieur 2	3,9		0,4	3,4	13,26	13,26	0,0327	11	4,770
Mur intérieur 1	4,3		0,3	3,4	14,62	14,62	0,033	11	5,307
Mur intérieur 2	3,75		0,1	3,4	12,75	8,79	0,033	11	3,191
Plancher	2,93	4		0,2	11,72	11,72	0,08	11	10,314
Plafond	2,93	4		0,2	11,72	11,72	1,13	11	145,680
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,3		0,3	1	1,3	1,3	2	11	28,600
Mur (sdb/ ch) e	6,12		0,1	3,4	20,808	20,808	0,033	11	7,553
Porte 2	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
								Σ	356,658

	Longueur	Largeur	e (m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Buanderie									
Mur extérieur 1	9		0,4	3,4	30,6	29,4	0,0327	11	10,575
Mur extérieur 2	3		0,3	3,4	10,2	9	0,0327	11	3,237
Mur intérieur 1	3,25		0,1	3,4	11,05	9,07	0,033	11	3,292
Mur intérieur 2	3,21		0,1	3,4	10,914	10,914	0,033	11	3,962
Plancher	3,6	6,3		0,2	22,68	22,68	0,08	11	19,958
Plafond	3,6	6,3		0,2	22,68	22,68	1,13	11	281,912
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,2		0,3	1	1,2	1,2	2	11	26,400
								Σ	423,389

Totale de quantité de la chaleur dans le 4ème étage : 4808,03650590479

RDC climatisation

	L	E	Longueur	h	s	Sr	ΔT	k	Q
WC RDC									
Mur extérieur	2,97	0,4		3,4	10,098	10,098	8	0,0325	2,62548
Mur intérieur 01	3,28	0,1		3,4	11,152	11,152	8	0,033	2,944128
Mur intérieur 02	3,11	0,1		3,4	10,574	6,834	8	0,033	1,804176
Mur intérieur 03	2,97	0,1		3,4	10,098	10,098	8	0,033	2,665872
Porte 1	0,85	0,2		2,2	1,87	1,87	8	3,4	50,864
Porte 2	0,85	0,2		2,2	1,87	1,87	8	3,4	50,864
Plafond	1,8		2,11	0,2	3,798	3,798	8	1,13	34,33392
Plancher	1,8		2,11	0,2	3,798	3,798	8	1,31	39,80304
								Σ	185,904616

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Réception + Salon									
Mur extérieur 1	10,26		0,51	3,4	34,88	34,88	0,0326	-8	-9,098
Mur extérieur 2	11,26		0,3	3,4	38,28	38,28	0,0327	-8	-10,015
Mur intérieur 1	12,26		0,23	3,4	41,68	41,68	0,033	-8	-11,005
Mur intérieur 2	13,26		0,23	3,4	45,08	45,08	0,033	-8	-11,902
Porte	1,2		0,5	2,2	2,64	2,64	3,4	-8	-71,808
Plancher	5,82	10,26		0,2	59,71	59,713	0,08	-8	-38,216
Plafond	5,82	10,26		0,2	59,71	59,713	1,13	-8	-539,807
Fenêtre	6			1,2	7,20	7,200	2	-8	-115,200
								Σ	-807,051

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Hall									
Mur extérieur 1	2,97		0,4	3,4	10,098	10,098	0,0327	-8	-2,642
Mur intérieur 1	2,97		0,23	3,4	10,10	6,03	0,033	-8	-1,591
Mur intérieur 2	9,43		0,23	3,4	32,06	28,32	0,033	-8	-7,477
Porte	1,85		0,5	2,2	4,07	4,07	3,4	-8	-110,704
Porte WC	1,7		0,5	2,2	3,74	3,74	3,4	-8	-101,728
Mur WC	2,97		0,23	3,4	10,098	10,098	0,033	-8	-2,666
Plancher	4,33	2,97		0,2	12,86	12,860	0,08	-8	-8,230
Plafond	5,33	2,97		0,2	15,83	15,830	1,13	-8	-143,104
								Σ	-378,142

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Buffet									
Mur extérieur 1	6,33		0,4	3,4	21,52	21,52	0,0325	-8	-5,596
Mur intérieur 1	9,81		0,23	3,4	33,35	28,03	0,033	-8	-7,400
Mur intérieur 2	6,48		0,23	3,4	22,03	22,03	0,033	-8	-5,816
Mur intérieur 3	8		1,23	3,4	27,20	21,88	1,033	-7	-158,185
Porte	2,42		0,5	2,2	5,324	5,324	3,4	-8	-144,813
Plancher	8	6,33		0,2	50,64	50,640	0,08	-8	-32,410
Plafond	8	6,33		0,2	50,64	50,640	1,13	-8	-457,786
								Σ	-812,005

Totale de quantité de la chaleur dans RDC : Q=-1997,199

Chauffage RDC

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Réception + Salon									
Mur extérieur 1	10,26		0,51	3,4	34,88	34,88	0,0326	11	12,509
Mur extérieur 2	11,26		0,3	3,4	38,28	38,28	0,0327	11	13,771
Mur intérieur 1	12,26		0,23	3,4	41,68	41,68	0,033	11	15,131
Mur intérieur 2	13,26		0,23	3,4	45,08	45,08	0,033	11	16,365
Porte	1,2		0,5	2,2	2,64	2,64	3,4	11	98,736
Plancher	5,82	10,26		0,2	59,71	59,713	0,08	11	52,548
Plafond	5,82	10,26		0,2	59,71	59,713	1,13	11	742,235
Fenêtre	6			1,2	7,20	7,200	2	11	158,400
								Σ	1109,696

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Hall									
Mur extérieur 1	2,97		0,4	3,4	10,098	10,098	0,0327	11	3,632
Mur intérieur 1	2,97		0,23	3,4	10,10	6,03	0,033	11	2,188
Mur intérieur 2	9,43		0,23	3,4	32,06	28,32	0,033	11	10,281
Porte	1,85		0,5	2,2	4,07	4,07	3,4	11	152,218
Porte WC	1,7		0,5	2,2	3,74	3,74	3,4	11	139,876
Mur WC	2,97		0,23	3,4	10,098	10,098	0,033	11	3,666
Plancher	4,33	2,97		0,2	12,86	12,860	0,08	11	11,317
Plafond	5,33	2,97		0,2	15,83	15,830	1,13	11	196,768
								Σ	519,946

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Buffet									
Mur extérieur 1	6,33		0,4	3,4	21,52	21,52	0,0325	11	7,694
Mur intérieur 1	9,81		0,23	3,4	33,35	28,03	0,033	11	10,175
Mur intérieur 2	6,48		0,23	3,4	22,03	22,03	0,033	11	7,998
Mur intérieur 3	8		1,23	3,4	27,20	21,88	1,033	11	248,577
Porte	2,42		0,5	2,2	5,324	5,324	3,4	11	199,118
Plancher	8	6,33		0,2	50,64	50,640	0,08	11	44,563
Plafond	8	6,33		0,2	50,64	50,640	1,13	11	629,455
								Σ	1147,580

$$Q = 2777,221$$

Climatisation 1^{er} étage

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Administration									
Mur intérieur 1	2,56		0,2	3,4	8,704	8,704	0,033	-8	-2,298
Mur intérieur 2	4,47		0,2	3,4	15,198	15,198	0,033	-8	-4,012
Mur intérieur 3	4,47		0,2	3,4	15,198	15,198	0,033	-8	-4,012
Mur intérieur 4	2,07		0,2	3,4	7,038	5,058	0,033	-8	-1,335
Plancher	4,5	3,21		0,2	14,445	14,445	0,08	-8	-9,245
Plafond	4,5	3,21		0,2	14,445	14,445	1,13	-8	-130,583
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
								Σ	-205,341

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Bureau directeur									
Mur extérieur 1	2,81		0,4	3,4	9,554	9,554	0,0325	-8	-2,484
Mur intérieur 1	6,32		0,2	3,4	21,488	21,488	0,033	-8	-5,673
Mur intérieur 2	5,44		0,2	3,4	18,496	18,496	0,033	-8	-4,883
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,752	0,08	-8	-25,441
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,752	1,13	-8	-359,356
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	-8	-130,416
								Σ	-582,109

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1								
Mur extérieur	3,25		3,4	11,05	7,53	0,0325	-8	-1,958
Mur intérieur 1	6,32		3,4	21,488	21,488	0,033	-8	-5,673
Mur intérieur 2	3,02		3,4	10,268	8,288	0,033	-8	-2,188
Mur intérieur 3	4,47		3,4	15,198	15,198	0,033	-8	-4,012
Plancher	6,35	3,4		21,590	21,590	1,130	-8	-195,174
Plafond	6,35	3,4		21,590	21,590	1,13	-8	-195,174
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,6		2,2	3,52	3,52	2	-8	-56,320
Mur (sdb/ ch) 01	4,41		3,4	14,994	13,344	0,033	-8	-3,523
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-562,757

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2								
Mur extérieur	3,5		3,4	11,9	8,38	0,0325	-8	-2,179
Mur extérieur2	6,84		3,4	23,256	23,256	0,0325	-8	-6,047
Mur intérieur 1	2,9		3,4	9,86	7,88	0,033	-8	-2,080
Mur intérieur 2	6,68		3,4	22,712	22,712	0,033	-8	-5,996
Plancher	6,35	3,4		21,590	21,590	1,130	-8	-195,174
Plafond	6,35	3,4		21,590	21,590	1,13	-8	-195,174
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,6		2,2	3,52	3,52	2	-8	-56,320
Mur (sdb/ ch) 02	4,41		3,4	14,994	13,344	0,033	-8	-3,523
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-565,228

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Hamam								
Mur extérieur	14,29		3,4	48,586	48,586	0,0325	-8	-12,632
Mur extérieur2	6,51		3,4	22,134	22,134	0,0325	-8	-5,755
Mur extérieur3	3,18		3,4	10,812	10,812	1,0325	-8	-89,307
Mur intérieur 1	9,96		3,4	33,864	31,884	0,033	-8	-8,417
Plancher	5,38	14,42		77,580	77,580	1,130	-8	-701,320
Plafond	5,38	14,42		77,580	77,580	1,13	-8	-701,320
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
							Σ	-1572,607

Qtotale -2905,933

Chauffage 1^{er} étage

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Administration									
Mur intérieur 1	2,56		0,2	3,4	8,704	8,704	0,033	11	3,160
Mur intérieur 2	4,47		0,2	3,4	15,198	15,198	0,033	11	5,517
Mur intérieur 3	4,47		0,2	3,4	15,198	15,198	0,033	11	5,517
Mur intérieur 4	2,07		0,2	3,4	7,038	5,058	0,033	11	1,836
Plancher	4,5	3,21		0,2	14,445	14,445	0,08	11	12,712
Plafond	4,5	3,21		0,2	14,445	14,445	1,13	11	179,551
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
								Σ	282,344

	Longueur	Largeur	E(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Bureau directeur									
Mur extérieur 1	2,81		0,4	3,4	9,554	9,554	0,0325	11	3,416
Mur intérieur 1	6,32		0,2	3,4	21,488	21,488	0,033	11	7,800
Mur intérieur 2	5,44		0,2	3,4	18,496	18,496	0,033	11	6,714
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,752	0,08	11	34,982
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,752	1,13	11	494,115
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	11	179,322
								Σ	800,400

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1								
Mur extérieur	3,25		3,4	11,05	7,53	0,0325	11	2,692
Mur intérieur 1	6,32		3,4	21,488	21,488	0,033	11	7,800
Mur intérieur 2	3,02		3,4	10,268	8,288	0,033	11	3,009
Mur intérieur 3	4,47		3,4	15,198	15,198	0,033	11	5,517
Plancher	6,35	3,4		21,590	21,590	1,130	11	268,364
Plafond	6,35	3,4		21,590	21,590	1,13	11	268,364
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,6		2,2	3,52	3,52	2	11	77,440
Mur (sdb/ ch) 01	4,41		3,4	14,994	13,344	0,033	11	4,844
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	773,790

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2								
Mur extérieur	3,5		3,4	11,9	8,38	0,0325	11	2,996
Mur extérieur2	6,84		3,4	23,256	23,256	0,0325	11	8,314
Mur intérieur 1	2,9		3,4	9,86	7,88	0,033	11	2,860
Mur intérieur 2	6,68		3,4	22,712	22,712	0,033	11	8,244
Plancher	6,35	3,4		21,590	21,590	1,130	11	268,364
Plafond	6,35	3,4		21,590	21,590	1,13	11	268,364
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,6		2,2	3,52	3,52	2	11	77,440
Mur (sdb/ ch) 02	4,41		3,4	14,994	13,344	0,033	11	4,844
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	777,188

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Hamam								
Mur extérieur	14,29		3,4	48,586	48,586	0,0325	11	17,369
Mur extérieur2	6,51		3,4	22,134	22,134	0,0325	11	7,913
Mur extérieur3	3,18		3,4	10,812	10,812	1,0325	11	122,797
Mur intérieur 1	9,96		3,4	33,864	31,884	0,033	11	11,574
Plancher	5,38	14,42		77,580	77,580	1,130	11	964,314
Plafond	5,38	14,42		77,580	77,580	1,13	11	964,314
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
							Σ	2162,334

Qtotale 4796,057794

2eme étage Climatisation

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1								
Mur extérieur	2,81		3,4	9,554	9,554	0,0327	-8	-2,499
Mur intérieur 1	3,92		3,4	13,328	11,348	0,033	-8	-2,996
Mur intérieur 2	3,14		3,4	10,676	9,026	0,033	-8	-2,383
Plancher	6,3	4,85		30,555	30,555	1,130	-8	-276,217
Plafond	6,3	4,85		30,555	30,555	1,13	-8	-276,217
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	6,29		2,2	13,838	13,838	2	-8	-221,408
Mur (sdb/ ch) 01	1,83		3,4	6,222	6,222	0,033	-8	-1,643
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-882,099

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2								
Mur extérieur	5,26		3,4	17,884	17,884	0,0325	-8	-4,650
Mur extérieur	3,18		3,4	10,812	7,798	0,0327	-8	0,120
Mur intérieur 1	5,87		3,4	19,958	17,978	0,033	-8	-4,746
Mur intérieur 2	2,48		3,4	8,432	8,432	0,033	-8	-2,226
Plancher	3,16	5,87		18,549	18,549	1,130	-8	-167,685
Plafond	3,16	5,87		18,549	18,549	1,13	-8	-167,685
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,37		2,2	3,014	3,014	2	-8	-48,224
Mur (sdb/ ch) 02	3,8		3,4	12,92	11,27	0,033	-8	-2,975
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-496,807

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 3								
Mur extérieur	5,16		3,4	17,544	14,464	0,0325	-8	-3,761
Mur intérieur 1	3,26		3,4	11,084	11,084	0,033	-8	-2,926
Mur intérieur 2	4,5		3,4	15,3	13,32	0,033	-8	-3,516
Mur intérieur 3	4,35		3,4	14,79	14,79	0,033	-8	-3,905
Plancher	3,49	5,11		17,834	17,834	1,130	-8	-161,218
Plafond	3,49	5,11		17,834	17,834	1,13	-8	-161,218
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,4		2,2	3,08	3,08	2	-8	-49,280
Mur (sdb/ ch) 03	3,74		3,4	12,716	11,066	0,033	-8	-2,921
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-487,482

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 4								
Mur extérieur	3,58		3,4	12,172	12,172	0,0325	-8	-3,165
Mur extérieur 2	2,62		3,4	8,908	5,894	0,0325	-8	-1,532
Mur intérieur 1	3,22		3,4	10,948	10,948	0,033	-8	-2,890
Plancher	3,12	3,58		11,170	11,170	1,130	-8	-100,973
Plafond	3,12	3,58		11,170	11,170	1,13	-8	-100,973
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,37		2,2	3,014	3,014	2	-8	-48,224
Mur (sdb/ ch) 03	1,6		3,4	5,44	3,79	0,033	-8	-1,001
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-357,494

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 5								
Mur extérieur	3,37		3,4	11,458	7,938	0,0325	-8	-2,064
Mur extérieur 2	5,04		3,4	17,136	13,616	0,0325	-8	-3,540
Mur intérieur 1	6,84		3,4	23,256	23,256	0,033	-8	-6,140
Mur intérieur 2	1,37		3,4	4,658	2,678	1,033	-8	-22,131
Plancher	6,82	3,67		25,029	25,029	1,130	-8	-226,266
Plafond	6,82	3,67		25,029	25,029	1,13	-8	-226,266
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,6		2,2	3,52	3,52	2	-8	-56,320
Mur (sdb/ ch) 03	3,2		3,4	10,88	9,23	0,033	-8	-2,437
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-643,898

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 6								
Mur extérieur	3,02		3,4	10,268	6,726	0,0325	-8	-1,749
Mur intérieur 1	6,74		3,4	22,916	22,916	0,033	-8	-6,050
Mur intérieur 2	6,85		3,4	23,29	21,64	0,033	-8	-5,713
Mur intérieur 3	2,94		3,4	9,996	8,016	0,033	-8	-2,116
Plancher	6,78	5,13		34,781	34,781	1,130	-8	-314,424
Plafond	6,78	5,13		34,781	34,781	1,13	-8	-314,424
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,61		2,2	3,542	3,542	2	-8	-56,672
Mur (sdb/ ch) 03	3,34		3,4	11,356	9,706	0,033	-8	-2,562
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
							Σ	-802,445

Q -3670,2274576

2eme étage chauffage

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1								
Mur extérieur	2,81		3,4	9,554	9,554	0,0327	11	3,437
Mur intérieur 1	3,92		3,4	13,328	11,348	0,033	11	4,119
Mur intérieur 2	3,14		3,4	10,676	9,026	0,033	11	3,276
Plancher	6,3	4,85		30,555	30,555	1,130	11	379,799
Plafond	6,3	4,85		30,555	30,555	1,13	11	379,799
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	6,29		2,2	13,838	13,838	2	11	304,436
Mur (sdb/ ch) 01	1,83		3,4	6,222	6,222	0,033	11	2,259
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	1212,886

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2								
Mur extérieur	5,26		3,4	17,884	17,884	0,0325	11	6,394
Mur extérieur	3,18		3,4	10,812	-0,458	0,0327	11	-0,165
Mur intérieur 1	5,87		3,4	19,958	17,978	0,033	11	6,526
Mur intérieur 2	2,48		3,4	8,432	8,432	0,033	11	3,061
Plancher	3,16	5,87		18,549	18,549	1,130	11	230,567
Plafond	3,16	5,87		18,549	18,549	1,13	11	230,567
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,37		2,2	3,014	3,014	2	11	66,308
Mur (sdb/ ch) 02	3,8		3,4	12,92	11,27	0,033	11	4,091
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	683,109

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 3								
Mur extérieur	5,16		3,4	17,544	14,464	0,0325	11	5,171
Mur intérieur 1	3,26		3,4	11,084	11,084	0,033	11	4,023
Mur intérieur 2	4,5		3,4	15,3	13,32	0,033	11	4,835
Mur intérieur 3	4,35		3,4	14,79	14,79	0,033	11	5,369
Plancher	3,49	5,11		17,834	17,834	1,130	11	221,675
Plafond	3,49	5,11		17,834	17,834	1,13	11	221,675
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,4		2,2	3,08	3,08	2	11	67,760
Mur (sdb/ ch) 03	3,74		3,4	12,716	11,066	0,033	11	4,017
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	670,288

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 4								
Mur extérieur	3,58		3,4	12,172	12,172	0,0325	11	4,351
Mur extérieur 2	2,62		3,4	8,908	5,894	0,0325	11	2,107
Mur intérieur 1	3,22		3,4	10,948	10,948	0,033	11	3,974
Plancher	3,12	3,58		11,170	11,170	1,130	11	138,838
Plafond	3,12	3,58		11,170	11,170	1,13	11	138,838
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,37		2,2	3,014	3,014	2	11	66,308
Mur (sdb/ ch) 03	1,6		3,4	5,44	3,79	0,033	11	1,376
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	491,554

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 5								
Mur extérieur	3,37		3,4	11,458	7,938	0,0325	11	2,838
Mur extérieur 2	5,04		3,4	17,136	13,616	0,0325	11	4,868
Mur intérieur 1	6,84		3,4	23,256	23,256	0,033	11	8,442
Mur intérieur 2	1,37		3,4	4,658	2,678	1,033	11	30,430
Plancher	6,82	3,67		25,029	25,029	1,130	11	311,115
Plafond	6,82	3,67		25,029	25,029	1,13	11	311,115
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,6		2,2	3,52	3,52	2	11	77,440
Mur (sdb/ ch) 03	3,2		3,4	10,88	9,23	0,033	11	3,350
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	885,360

	Longueur	Largeur	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 6								
Mur extérieur	3,02		3,4	10,268	6,726	0,0325	11	2,405
Mur intérieur 1	6,74		3,4	22,916	22,916	0,033	11	8,319
Mur intérieur 2	6,85		3,4	23,29	21,64	0,033	11	7,855
Mur intérieur 3	2,94		3,4	9,996	8,016	0,033	11	2,910
Plancher	6,78	5,13		34,781	34,781	1,130	11	432,333
Plafond	6,78	5,13		34,781	34,781	1,13	11	432,333
Porte 1	0,9		2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,61		2,2	3,542	3,542	2	11	77,924
Mur (sdb/ ch) 03	3,34		3,4	11,356	9,706	0,033	11	3,523
Porte 2	0,75		2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
							Σ	1103,363

Q 5046,5627542

Clim 3 étage

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1									
Mur extérieur 1	2,81		0,4	3,4	9,554	9,554	0,0325	-8	-2,484
Mur intérieur 1	6,32		0,2	3,4	21,488	21,488	0,033	-8	-5,673
Mur intérieur 2	5,44		0,2	3,4	18,496	18,496	0,033	-8	-4,883
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	0,08	-8	-25,441
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	1,13	-8	-359,356
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	-8	-130,416
Mur (sdb/ ch) 07	2,04		0,1	3,4	6,936	6,936	0,033	-8	-1,831
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-628,820

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2									
Mur extérieur 1	6,26		0,3	3,4	21,284	16,734	0,0327	-8	-4,378
Mur intérieur 1	4		0,3	3,4	13,6	9,05	0,033	-8	-2,389
Mur intérieur 2	4		0,3	3,4	13,6	13,6	0,033	-8	-3,590
Mur intérieur 3	5,59		0,1	3,4	19,006	17,026	0,033	-8	-4,495
Plancher	6,2	4		0,2	24,8	24,8	0,08	-8	-15,872
Plafond	6,2	4		0,2	24,8	24,8	1,13	-8	-224,192
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	-8	-72,800
Mur (sdb/ ch) 07	3,6		0,1	3,4	12,24	10,59	0,033	-8	-2,796
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-429,247

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 3									
Mur extérieur 1	5,42		0,3	3,4	18,428	18,428	0,0327	-8	-4,821
Mur extérieur2	3,22		0,1	3,4	10,948	9,388	0,0327	-8	-2,456
Mur intérieur 1	7,58		0,3	3,4	25,772	25,772	0,033	-8	-6,804
Mur intérieur 3	3,17		0,1	3,4	10,778	7,148	0,033	-8	-1,887
Plancher	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	0,08	-8	-10,716
Plafond	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	1,13	-8	-151,366
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	-8	-24,960
Mur (sdb/ ch) 06	2,45		0,1	3,4	8,33	8,33	0,033	-8	-2,199
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-303,944

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 4									
Mur extérieur 1	3,6		0,3	3,4	12,24	12,24	0,0327	-8	-3,202
Mur extérieur2	5,75		0,1	3,4	19,55	19,55	0,0327	-8	-5,114
Mur extérieur3	6,8		0,3	3,4	23,12	8,16	0,0327	-8	-2,135
Mur intérieur	3,67		0,1	3,4	12,478	4,052	0,033	-8	-1,070
Plancher	6,56	3,67		0,2	24,0752	24,0752	0,08	-8	-15,408
Plafond	6,62	3,67		0,2	24,2954	24,2954	1,13	-8	-219,630
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,83		0,3	2,2	8,426	8,426	2	-8	-134,816
Mur (sdb/ ch) 05	4,4		0,1	3,4	14,96	13,31	0,033	-8	-3,514
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-483,625

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 5									
Mur extérieur 1	4,27		0,3	3,4	14,518	12,958	0,0327	-8	-3,390
Mur intérieur 2	4,58		0,15	3,4	15,572	15,572	0,033	-8	-4,111
Mur intérieur 1	8,36		0,15	3,4	28,424	28,424	0,033	-8	-7,504
Mur intérieur 2	4,86		0,1	3,4	16,524	14,544	0,033	-8	-3,840
Plancher	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	0,08	-8	-20,591
Plafond	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	1,13	-8	-290,846
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	-8	-24,960
Mur (sdb/ ch) 01	2,92		0,1	3,4	9,928	8,278	0,033	-8	-2,185
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-456,162

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 6									
Mur extérieur 1	6,1		0,3	3,4	20,74	20,74	0,0327	-8	-5,426
Mur exeterieur2	3,47		0,3	3,4	11,798	10,238	0,0327	-8	-2,678
Mur intérieur 1	5,88		0,1	3,4	19,992	19,992	0,033	-8	-5,278
Mur intérieur 2	4,16		0,1	3,4	14,144	12,164	0,033	-8	-3,211
Plancher	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	0,08	-8	-17,451
Plafond	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	1,13	-8	-246,494
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	-8	-24,960
Mur (sdb/ ch) 01	2,11		0,1	3,4	7,174	5,524	0,033	-8	-1,458
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-405,691

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 7									
Mur extérieur 1	3,37		0,3	3,4	11,458	7,938	0,0327	-8	-2,077
Mur extérieur2	7,25		0,3	3,4	24,65	24,65	0,0327	-8	-4,581
Mur intérieur 1	6,72		0,1	3,4	22,848	22,848	0,033	-8	-6,032
Mur intérieur 2	1,8		0,18	3,4	6,12	4,14	0,033	-8	-1,093
Plancher	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	0,08	-8	-15,637
Plafond	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	1,13	-8	-220,870
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	-8	-56,320
Mur (sdb/ ch) 02	2,1		0,1	3,4	7,14	5,49	0,033	-8	-1,449
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-406,793

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 8									
Mur extérieur	3,24		0,3	3,4	11,016	7,496	0,0327	-8	-1,961
Mur intérieur 1	5,33		0,1	3,4	18,122	16,142	0,033	-8	-4,261
Mur intérieur 2	6,37		0,18	3,4	21,658	19,678	0,033	-8	-5,195
Mur intérieur 3	6,37		0,18	3,4	21,658	21,658	0,033	-8	-5,718
Plancher	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	0,000	-8	0,000
Plafond	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	1,13	-8	-183,734
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	-8	-56,320
Mur (sdb/ ch) 01	1,9		0,1	3,4	6,46	4,48	0,033	-8	-1,183
Porte 2	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
								Σ	-366,084

Q totale -3480,370

Chauffage 3 étage

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1									
Mur extérieur 1	2,81		0,4	3,4	9,554	9,554	0,0325	11	3,416
Mur intérieur 1	6,32		0,2	3,4	21,488	21,488	0,033	11	7,800
Mur intérieur 2	5,44		0,2	3,4	18,496	18,496	0,033	11	6,714
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	0,08	11	34,982
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	1,13	11	494,115
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	11	179,322
Mur (sdb/ ch) 07	2,04		0,1	3,4	6,936	6,936	0,033	11	2,518
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	864,627

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2									
Mur extérieur 1	6,26		0,3	3,4	21,284	16,734	0,0327	11	6,019
Mur intérieur 1	4		0,3	3,4	13,6	9,05	0,033	11	3,285
Mur intérieur 2	4		0,3	3,4	13,6	13,6	0,033	11	4,937
Mur intérieur 3	5,59		0,1	3,4	19,006	17,026	0,033	11	6,180
Plancher	6,2	4		0,2	24,8	24,8	0,08	11	21,824
Plafond	6,2	4		0,2	24,8	24,8	1,13	11	308,264
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	11	100,100
Mur (sdb/ ch) 07	3,6		0,1	3,4	12,24	10,59	0,033	11	3,844
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	590,215

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 3									
Mur extérieur 1	5,42		0,3	3,4	18,428	18,428	0,0327	11	6,629
Mur extérieur2	3,22		0,1	3,4	10,948	9,388	0,0327	11	3,377
Mur intérieur 1	7,58		0,3	3,4	25,772	25,772	0,033	11	9,355
Mur intérieur 3	3,17		0,1	3,4	10,778	7,148	0,033	11	2,595
Plancher	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	0,08	11	14,735
Plafond	3,22	5,2		0,2	16,744	16,744	1,13	11	208,128
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	11	34,320
Mur (sdb/ ch) o6	2,45		0,1	3,4	8,33	8,33	0,033	11	3,024
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	417,924

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 4									
Mur extérieur 1	3,6		0,3	3,4	12,24	12,24	0,0327	11	4,403
Mur extérieur2	5,75		0,1	3,4	19,55	19,55	0,0327	11	7,032
Mur extérieur3	6,8		0,3	3,4	23,12	8,16	0,0327	11	2,935
Mur intérieur	3,67		0,1	3,4	12,478	4,052	0,033	11	1,471
Plancher	6,56	3,67		0,2	24,0752	24,0752	0,08	11	21,186
Plafond	6,62	3,67		0,2	24,2954	24,2954	1,13	11	301,992
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,83		0,3	2,2	8,426	8,426	2	11	185,372
Mur (sdb/ ch) 05	4,4		0,1	3,4	14,96	13,31	0,033	11	4,832
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	664,984

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 5									
Mur extérieur 1	4,27		0,3	3,4	14,518	12,958	0,0327	11	4,661
Mur extérieur2	4,58		0,15	3,4	15,572	15,572	0,033	11	5,653
Mur extérieur3	8,36		0,15	3,4	28,424	28,424	0,033	11	10,318
Mur intérieur	4,86		0,1	3,4	16,524	14,544	0,033	11	5,279
Plancher	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	0,08	11	28,312
Plafond	6,62	4,86		0,2	32,1732	32,1732	1,13	11	399,913
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	11	34,320
Mur (sdb/ ch) 05	2,92		0,1	3,4	9,928	8,278	0,033	11	3,005
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	627,223

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 6									
Mur extérieur 1	6,1		0,3	3,4	20,74	20,74	0,0327	11	7,460
Mur intérieur 2	3,47		0,3	3,4	11,798	10,238	0,0327	11	3,683
Mur intérieur 1	5,88		0,1	3,4	19,992	19,992	0,033	11	7,257
Mur intérieur 2	4,16		0,1	3,4	14,144	12,164	0,033	11	4,416
Plancher	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	0,08	11	23,995
Plafond	6,1	4,47		0,2	27,267	27,267	1,13	11	338,929
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	11	34,320
Mur (sdb/ ch) 01	2,11		0,1	3,4	7,174	5,524	0,033	11	2,005
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	557,826

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 7									
Mur extérieur 1	3,37		0,3	3,4	11,458	7,938	0,0327	11	2,855
Mur exeterieur2	7,25		0,3	3,4	24,65	17,51	0,0327	11	6,298
Mur intérieur 1	6,72		0,1	3,4	22,848	22,848	0,033	11	8,294
Mur intérieur 2	1,8		0,18	3,4	6,12	4,14	0,033	11	1,503
Plancher	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	0,08	11	21,501
Plafond	7,25	3,37		0,2	24,4325	24,4325	1,13	11	303,696
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	11	77,440
Mur (sdb/ ch) 01	2,1		0,1	3,4	7,14	5,49	0,033	11	1,993
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	559,341

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 8									
Mur extérieur 1	3,24		0,3	3,4	11,016	7,496	0,0327	11	2,696
Mur extérieur2	5,33		0,1	3,4	18,122	16,142	0,033	11	5,860
Mur intérieur 1	6,37		0,18	3,4	21,658	19,678	0,033	11	7,143
Mur intérieur 2	6,37		0,18	3,4	21,658	21,658	0,033	11	7,862
Plancher	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	0,000	11	0,000
Plafond	6,73	3,02	0,2		20,3246	20,3246	1,13	11	252,635
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	1,6		0,3	2,2	3,52	3,52	2	11	77,440
Mur (sdb/ ch) 02	1,9		0,1	3,4	6,46	4,48	0,033	11	1,626
Porte 2	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
								Σ	503,365

Q totale -3480,370

Clim 5 étage

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1									
Mur extérieur 1	2,81		0,4	3,4	9,554	9,554	0,0325	-8	-2,484
Mur intérieur 1	6,32		0,2	3,4	21,488	21,488	0,033	-8	-5,673
Mur intérieur 2	5,44		0,2	3,4	18,496	18,496	0,033	-8	-4,883
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	0,08	-8	-25,441
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	1,13	-8	-359,356
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	-8	-130,416
Mur (sdb/ ch) 01	2,04		0,1	3,4	6,936	6,936	0,033	-8	-1,831
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-628,820

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2									
Mur extérieur 1	5,81		0,4	3,4	19,754	15,204	0,0325	-8	-3,953
Mur intérieur 1	4,23		0,2	3,4	14,382	14,382	0,033	-8	-3,797
Mur intérieur 2	4,03		0,2	3,4	13,702	13,702	0,033	-8	-3,617
Mur intérieur 3	5,75		0,2	3,4	19,55	17,57	0,033	-8	-4,638
Plancher	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	0,08	-8	-16,162
Plafond	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	1,13	-8	-228,288
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	-8	-72,800
Mur (sdb/ ch) o2	4,73		0,1	3,4	16,082	14,432	0,033	-8	-3,810
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-435,801

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 3									
Mur extérieur 1	3,96		0,4	3,4	13,464	8,914	0,0325	-8	-2,318
Mur intérieur 1	4,28		0,2	3,4	14,552	14,552	0,033	-8	-3,842
Mur intérieur 2	4,28		0,2	3,4	14,552	14,552	0,033	-8	-3,842
Mur intérieur 3	3,15		0,2	3,4	10,71	7,08	0,033	-8	-1,869
Plancher	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	0,08	-8	-16,162
Plafond	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	1,13	-8	-228,288
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	-8	-72,800
Mur (sdb/ ch) 03	6,62		0,1	3,4	22,508	22,508	0,033	-8	-5,942
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-433,798

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 4									
Mur extérieur 1	4,87		0,4	3,4	16,558	12,008	0,0325	-8	-3,122
Mur extérieur2	5,27		0,4	3,4	17,918	17,918	0,0325	-8	-4,659
Mur intérieur 1	4,03		0,2	3,4	13,702	13,702	0,033	-8	-3,617
Mur intérieur 2	5		0,2	3,4	17	15,02	0,033	-8	-3,965
Plancher	5,08	4,36		0,2	22,1488	22,149	0,08	-8	-14,175
Plafond	5,08	4,36		0,2	22,1488	22,149	1,13	-8	-200,225
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	-8	-72,800
Mur (sdb/ ch) 04	5,48		0,1	3,4	18,632	16,982	0,033	-8	-4,483
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-405,783

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 5									
Mur extérieur 1	3,15		0,4	3,4	10,71	10,71	0,0325	-8	-2,785
Mur extérieur2	9,03		0,4	3,4	30,702	29,142	0,0325	-8	-7,577
Mur extérieur3	6,53		0,4	3,4	22,202	18,692	0,0325	-8	-4,860
Mur intérieur 1	9,18		0,2	3,4	31,212	29,232	0,033	-8	-7,717
Plancher	9,1	6,77		0,2	61,607	61,607	0,08	-8	-39,428
Plafond	9,1	6,77		0,2	61,607	61,607	1,13	-8	-556,927
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre1	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	-8	-24,960
Fenêtre2	2,7		1,3	1,3	3,51	3,51	2	-8	-56,160
Mur (sdb/ ch) 05	4,78		0,1	3,4	16,252	14,602	0,033	-8	-3,855
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-803,005

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Salle de sport									
Mur extérieur 1	3,49		0,4	3,4	11,866	11,866	0,0325	-8	-3,085
Mur intérieur 1	6,5		0,2	3,4	22,1	22,1	0,033	-8	-5,834
Mur intérieur 2	3,49		0,2	3,4	11,866	11,866	0,033	-8	-3,133
Mur intérieur 3	5,39		0,1	3,4	18,326	16,346	0,033	-8	-4,315
Plancher	6,03	3,59		0,2	21,6477	21,648	0,08	-8	-13,855
Plafond	6,03	3,59		0,2	21,6477	21,648	1,13	-8	-195,695
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	-8	-53,856
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	-8	-72,800
Mur (sdb)	4,85		0,1	3,4	16,49	14,84	0,033	-8	-3,918
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	-8	-44,880
								Σ	-401,371

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Restaurant									
Mur extérieur 1	8,87		0,4	3,4	30,158	30,158	0,0325	-8	-7,841
Mur intérieur 1	12,87		0,2	3,4	43,758	35,862	0,033	-8	-9,468
Mur intérieur 2	3,49		0,2	3,4	11,866	11,866	0,033	-8	-3,133
Plancher	12,87	9,4		0,2	120,978	120,978	0,08	-8	-77,426
Plafond	12,87	9,4		0,2	120,978	120,978	1,13	-8	-1093,641
Porte 1	1,2		0,5	2,2	2,64	2,64	3,4	-8	-71,808
Fenêtre	18,34		0,3	1,3	23,842	23,842	2	-8	-381,472
Mur (sdb)	3,8		0,1	3,4	12,92	12,92	0,033	-8	-3,411
Porte sdb	0,86		0,1	3,4	2,924	2,924	0,033	-8	-0,772
Mur cuisine	9,65		0,1	3,4	32,81	32,81	0,033	-8	-8,662
Porte cuisine	1,06		0,5	2,2	2,332	2,332	3,4	-8	-63,430
								Σ	-1721,063

Q -4829,6432

Chauffage 5 étage

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 1									
Mur extérieur 1	2,81		0,4	3,4	9,554	9,554	0,0325	11	3,416
Mur intérieur 1	6,32		0,2	3,4	21,488	21,488	0,033	11	7,800
Mur intérieur 2	5,44		0,2	3,4	18,496	18,496	0,033	11	6,714
Plancher	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	0,08	11	34,982
Plafond	6,34	6,27		0,2	39,7518	39,7518	1,13	11	494,115
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	6,27		0,3	1,3	8,151	8,151	2	11	179,322
Mur (sdb/ ch) 01	2,04		0,1	3,4	6,936	6,936	0,033	11	2,518
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	864,627

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 2									
Mur extérieur 1	5,81		0,4	3,4	19,754	15,204	0,0325	11	5,435
Mur intérieur 1	4,23		0,2	3,4	14,382	14,382	0,033	11	5,221
Mur intérieur 2	4,03		0,2	3,4	13,702	13,702	0,033	11	4,974
Mur intérieur 3	5,75		0,2	3,4	19,55	17,57	0,033	11	6,378
Plancher	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	0,08	11	22,223
Plafond	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	1,13	11	313,896
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	11	100,100
Mur (sdb/ ch) 02	4,73		0,1	3,4	16,082	14,432	0,033	11	5,239
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	599,227

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 3									
Mur extérieur 1	3,96		0,4	3,4	13,464	8,914	0,0325	11	3,187
Mur intérieur 1	4,28		0,2	3,4	14,552	14,552	0,033	11	5,282
Mur intérieur 2	4,28		0,2	3,4	14,552	14,552	0,033	11	5,282
Mur intérieur 3	3,15		0,2	3,4	10,71	7,08	0,033	11	2,570
Plancher	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	0,08	11	22,223
Plafond	5,97	4,23		0,2	25,2531	25,2531	1,13	11	313,896
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	11	100,100
Mur (sdb/ ch) 03	6,62		0,1	3,4	22,508	22,508	0,033	11	8,170
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	596,473

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 4									
Mur extérieur 1	4,87		0,4	3,4	16,558	12,008	0,0325	11	4,293
Mur extérieur2	5,27		0,4	3,4	17,918	17,918	0,0325	11	6,406
Mur intérieur 1	4,03		0,2	3,4	13,702	13,702	0,033	11	4,974
Mur intérieur 2	5		0,2	3,4	17	15,02	0,033	11	5,452
Plancher	5,08	4,36		0,2	22,1488	22,149	0,08	11	19,491
Plafond	5,08	4,36		0,2	22,1488	22,149	1,13	11	275,310
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	11	100,100
Mur (sdb/ ch) 04	5,48		0,1	3,4	18,632	16,982	0,033	11	6,164
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	557,952

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Chambre 5									
Mur extérieur 1	3,15		0,4	3,4	10,71	10,71	0,0325	11	3,829
Mur extérieur2	9,03		0,4	3,4	30,702	29,142	0,0325	11	10,418
Mur extérieur3	6,53		0,4	3,4	22,202	18,692	0,0325	11	6,682
Mur intérieur 1	9,18		0,2	3,4	31,212	29,232	0,033	11	10,611
Plancher	9,1	6,77		0,2	61,607	61,607	0,08	11	54,214
Plafond	9,1	6,77		0,2	61,607	61,607	1,13	11	765,775
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre1	1,2		0,3	1,3	1,56	1,56	2	11	34,320
Fenêtre2	2,7		1,3	1,3	3,51	3,51	2	11	77,220
Mur (sdb/ ch) 05	4,78		0,1	3,4	16,252	14,602	0,033	11	5,301
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	1104,132

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Salle de sport									
Mur extérieur 1	3,49		0,4	3,4	11,866	11,866	0,0325	11	4,242
Mur intérieur 1	6,5		0,2	3,4	22,1	22,1	0,033	11	8,022
Mur intérieur 2	3,49		0,2	3,4	11,866	11,866	0,033	11	4,307
Mur intérieur 3	5,39		0,1	3,4	18,326	16,346	0,033	11	5,934
Plancher	6,03	3,59		0,2	21,6477	21,648	0,08	11	19,050
Plafond	6,03	3,59		0,2	21,6477	21,648	1,13	11	269,081
Porte 1	0,9		0,5	2,2	1,98	1,98	3,4	11	74,052
Fenêtre	3,5		0,3	1,3	4,55	4,55	2	11	100,100
Mur (sdb)	4,85		0,1	3,4	16,49	14,84	0,033	11	5,387
Porte 2	0,75		0,5	2,2	1,65	1,65	3,4	11	61,710
								Σ	551,885

	Longueur	Largeur	e(m)	h	s	Sr	k	ΔT	Q
Restaurant									
Mur extérieur 1	8,87		0,4	3,4	30,158	30,158	0,0325	11	10,781
Mur intérieur 1	12,87		0,2	3,4	43,758	35,862	0,033	11	13,018
Mur intérieur 2	3,49		0,2	3,4	11,866	11,866	0,033	11	4,307
Plancher	12,87	9,4		0,2	120,978	120,978	0,08	11	106,461
Plafond	12,87	9,4		0,2	120,978	120,978	1,13	11	1503,757
Porte 1	1,2		0,5	2,2	2,64	2,64	3,4	11	98,736
Fenêtre	18,34		0,3	1,3	23,842	23,842	2	11	524,524
Mur (sdb)	3,8		0,1	3,4	12,92	12,92	0,033	11	4,690
Porte sdb	0,86		0,1	3,4	2,924	2,924	0,033	11	1,061
Mur cuisine	9,65		0,1	3,4	32,81	32,81	0,033	11	11,910
Porte cuisine	1,06		0,5	2,2	2,332	2,332	3,4	11	87,217
								Σ	2366,462

Q 6640,7594

Chapitre 5

Calcul de

condensation

Chapitre 5

Calcul de condensation

5.1 Introduction

5.1.2 Définition de la condensation

La condensation est le phénomène physique qui désigne le passage de la matière de l'état gazeux à l'état liquide. Dans l'atmosphère, la condensation se manifeste sous la forme de nuages, de brouillard, de rosée [1].

Il existe deux types de condensation :

- Condensation superficielle ;
- Condensation dans la masse.

5.1.3 condensation superficielle

L'air intérieur d'une pièce peut arriver en contact avec une surface ayant une température plus faible. Il se refroidit. La température de l'air peut alors se retrouver en dessous du point de rosée. Lorsque cela arrive, la condensation de surface fait son apparition [1].

5.1.3.1 Méfaits de la condensation superficielle

Ce problème de condensation se manifeste par la présence d'humidité ou/et de moisissure. On peut cependant remarquer que des moisissures peuvent apparaître même sans condensation de surface.[1] En effet, cette dernière se produit lorsque l'humidité relative atteint 100 %, les moisissures pouvant déjà se développer à 80 % d'humidité relative.

5.1.3.2 Empêcher la condensation de surface

- Posséder une qualité d'isolation performante, pour éviter la présence de pont thermique et conserver une température des parois intérieures suffisamment élevée pour que l'air n'atteigne pas sa température de rosée.
- Ventiler suffisamment, pour évacuer l'humidité contenue dans l'air intérieur
- Chauffer les faces intérieures des parois froides [1].

5.1.4 condensations dans la masse

La condensation dans la masse est due à la diffusion de la vapeur dans les matériaux poreux de l'enveloppe. Elle peut aussi résulter d'un autre mécanisme de transfert de masse qui est la convection (transport de la vapeur par écoulement d'air) [2].

5.2 Diagramme de Phase

Il est possible de représenter le comportement de l'eau suivant ses trois phases, solide, liquide, gazeux.

Ce diagramme tridimensionnel est construit à partir de trois diagrammes utilisés en thermodynamique :

- Les diagrammes de changement d'état ;
- Les diagrammes isothermes de Clapeyron ;
- Les diagrammes isobares.

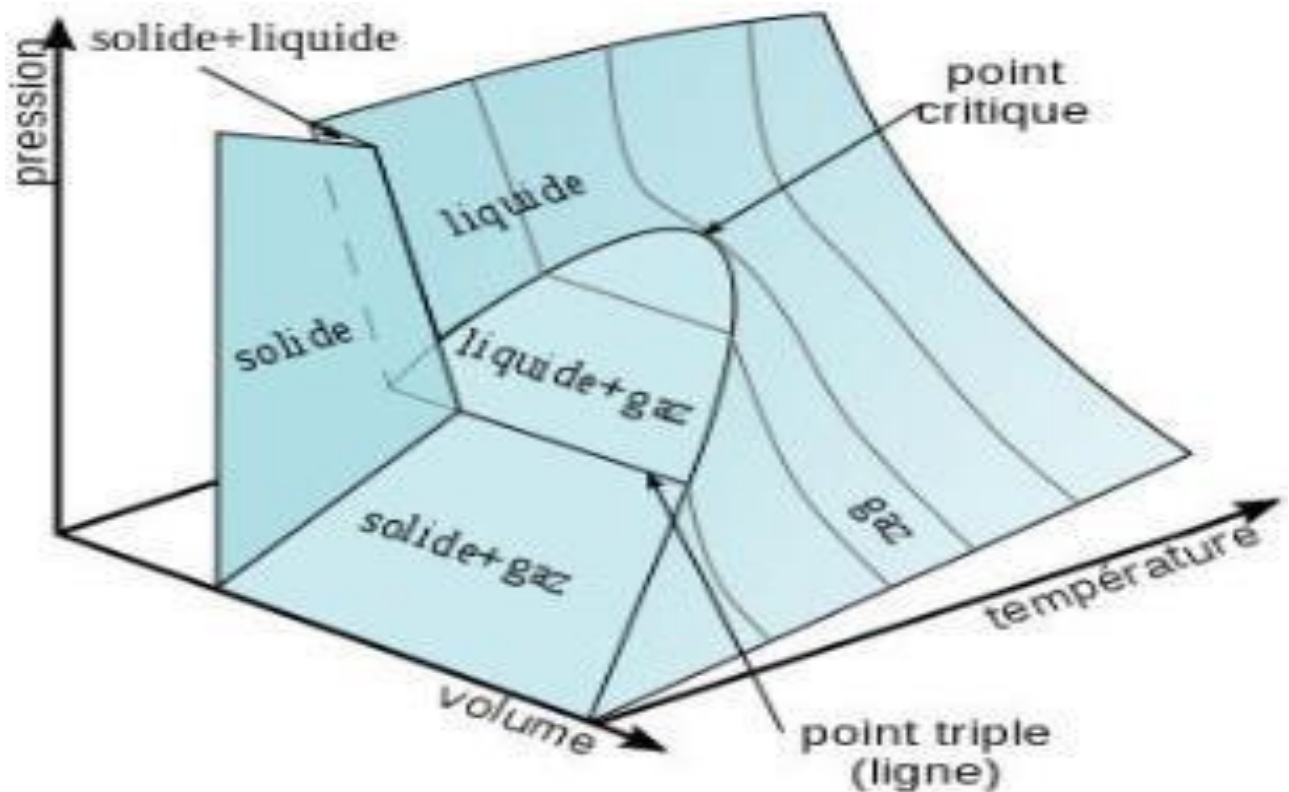


Figure 5.1 : diagrammes de changement d'état.

Pour plus de lisibilité on utilise le diagramme pression température qui permet plus simplement de visualiser les changements de phases :

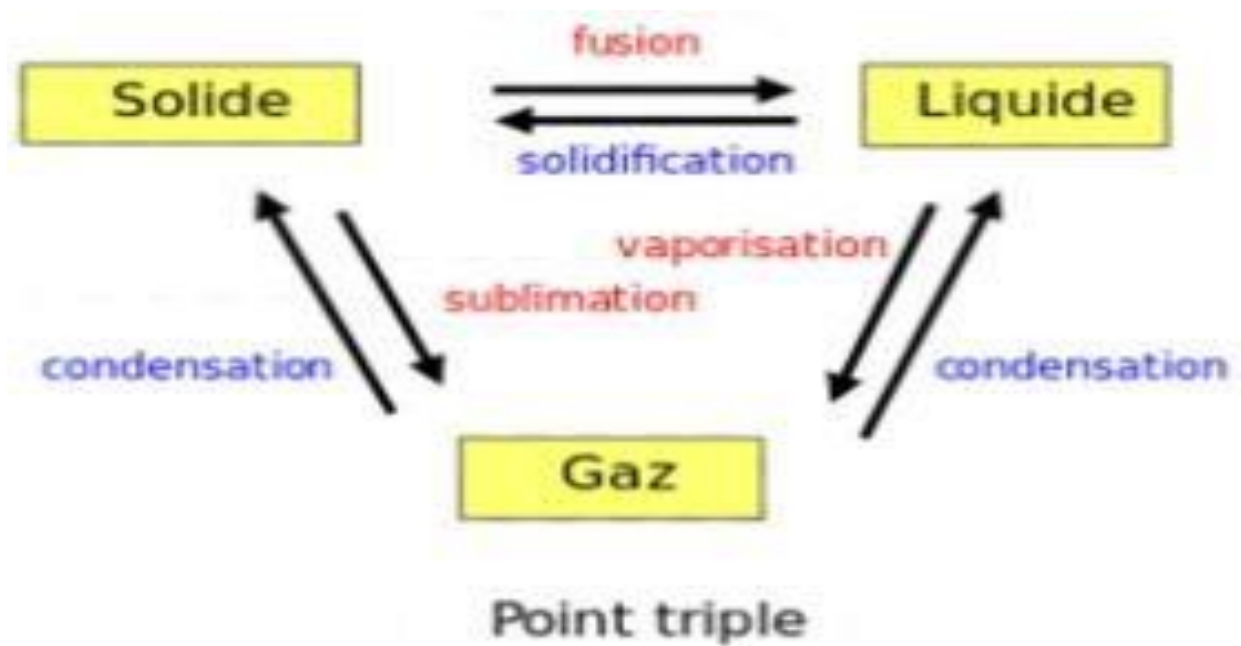


Figure 5.2 : Changements de phases.

5.3 Méthode de calcul

5.3.1 Méthode de calcul et ces limites

Les bases de calcul peuvent être trouvées dans l'ouvrage La vérification termoigrometrica delle pareti, G. Bervetti et F. Soma, éd. Hoepli, 1982. [3]

Le calcul de condensation que nous proposons à ses limites, dues à des contraintes physiques aussi bien qu'à la méthode Glaser elle-même. Ainsi :

- La méthode ne convient pas aux parois constituées d'une seule couche ;
- En présence d'une paroi non ventilée et protégée à la fois à l'intérieur et à l'extérieur par un matériau imperméable (deux plaques d'acier par exemple), la méthode Glaser est inapplicable. Dans une telle configuration, le degré d'hygrométrie à l'intérieur de la paroi ne pourrait être estimé qu'en faisant intervenir des éléments tels que les ponts thermiques et les conditions initiales ;
- Les lames d'air n'interviennent que comme éléments statiques. Le transfert d'humidité dû à la ventilation de la paroi n'est pas pris en compte ;
- L'influence d'un élément chauffant n'est pas prise en compte ;
- Les ponts thermiques inclus dans la paroi ne sont pas pris en compte.

T_i }
 ϕ } D'après le diagramme psychrométrique

$$T_{pi} = T_i - \frac{k(T_i - T_e)}{a_i}$$

- **T_{pi}** : Température intérieur de la paroi extérieure [°c] ;
- **T_i** : Température de l'ambiance intérieure du local [°c] ;
- **T_e** : Température de l'ambiance extérieure du local [°c] ;
- **K** : coefficient de transmission de chaleur [kcal /hm²°c] ;
- **a_i** : coefficient superficiel de transfert de chaleur de la surface intérieur de la paroi [Kcal /hm²°c]

5.3.1 Application sur le 4^{ème} étage

5.3.1.1 Vérification de la condensation superficielle

D'après le diagramme de psychométrie

- ✓ Tr = 13
- ✓ Φ_i = 50%

$$T_{pi} = T_i - \frac{k(T_i - T_e)}{a_i}$$

Types de paroi	k	t _i (°c)	t _e (°c)	tr (°c)	h _i	Φ%	t _{pi} (°c)	t _{pi} (°c)>tr (°c)
Mur ext 1	0,0327	21	13	12,95	8	60%	20,97	Pas de condensation
Mur ext 2	0,0325	21	13	12,95	8	60%	20,97	Pas de condensation

5.3.2.2 Vérification de la condensation dans la masse

On détermine

- Les températures des différentes couches de la paroi ;
- La pression de saturation correspondante aux différentes températures ;
- Les pressions partielles relatives de l'ambiance intérieures et extérieures.

$$P_{pi} = \frac{P_{pi} \times \phi_i}{100} = [mmHg]$$

$$P_{pe} = \frac{P_{se} \times \phi}{100} = [mmHg]$$

- **P_{pi}** : pression partielle intérieure [mmHg] ;
- **P_{pe}** : pression partielle extérieure [mmHg] ;
- **Φ_i** et **Φ_e** : l'humidité relative intérieur et extérieur [%] ;
- **P_{si}**, **P_{se}** : pression de saturation de l'air intérieur et extérieur [mmHg] ;
- $Rd = e\pi$ [m²mmHg/g] .

Avec

- **R_d** : résistance à diffusion de vapeur de différente couche de la paroi ;
- **e** : épaisseur de couche de la paroi [m] ;
- **π** : perméabilité à la diffusion [m²mmHg/g] .

Les pressions de saturation sont tirées du tableau suivant :

T°C	-20	-10	0	10	20
0	0,74	1,95	4,58	9,21	17,54
1	0,85	2,13	4,93	9,84	18,64
2	0,94	2,32	5,29	10,52	19,83
3	1,03	2,53	5,68	11,23	21,07
4	1,13	2,76	6,1	11,99	22,38
5	1,24	3,01	6,54	12,79	23,76
6	1,36	3,28	7,01	13,63	25,21
7	1,49	3,57	7,51	14,53	26,74
8	1,63	3,88	8,05	15,48	28,35
9	1,73	4,22	8,61	16,48	30,04

5.4 Calcul des températures intermédiaires

$$T1 = Tpi - \frac{R1}{RT} (Ti - Te)$$

N	Élément de construction	E(m)	λi (w/m C)	R	T
1	Enduit mortier ciment	0,025	1,395	0,0179	20,91
2	Lame d'air	0,05		0,2440	20,14
3	Enduit mortier ciment	0,025	1,395	0,0179	20,08
4	Polystyrène	0,058	0,03	1,9333	13,99
5	Brique creuse	0,15	0,465	0,3226	12,97
	Σ	0,308		2,5358	
	K	0,0327			

E (cm)	0,025	0,05	0,025	0,058	0,15
ps	18,56	17,88	17,83	12,41	11,51
pp	10,87	8,37			

5.5 Détermination de la pression partielle et pression de saturation

La pression de vapeur saturante de l'air humide représente donc une humidité relative de 100% (humidité absolue de saturation). Elle augmente avec la température (voir le tableau ci-dessous).

Température (C°)	Pression de vapeur saturante (mbar)	Pression de vapeur saturante (Pascals)
-60	0.001	0.1
-40	0.13	13
-20	1.03	103
-10	2.6	260
0	6.1	610
5	8.72	872
10	12.3	1230
15	17	1700
20	23.4	2340
25	31.7	3170
30	42.4	4240
40	73.8	7380
50	123	12300
60	199	19900
100	1013	101300

5.5.1 Pression de saturation

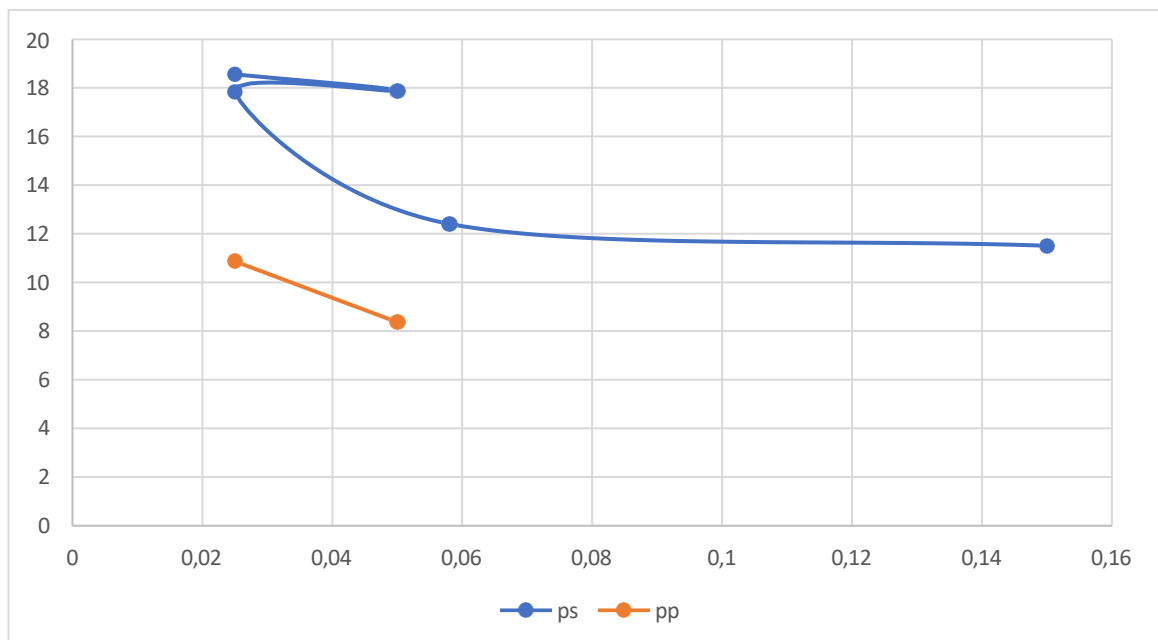
$T_i = 21^\circ\text{C}$ \longrightarrow $P_{si} = 18,64$

$T_{pi} = 20,94$ \longrightarrow $P_{s1} = \text{par interpolation ?}$

Psi	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Pse
18,61	18,56	17,88	17,83	12,41	11,51	18,11

5.5.2 Pression partielle

ppe	10,87
ppi	8,37



5.6 Conclusion

La courbe de pression de saturation est supérieure à la pression partielle donc il n'ya pas condensation dans la masse.

Chapitre 6

Bilan thermique

Chapitre 6

Bilan thermique

6.1 Calcule des déperditions

6.1.1 Introduction

6.1.1.1 Définition de la déperdition thermique

La définition de déperdition thermique correspond à la perte de chaleur d'un bâtiment par ses parois ou par les échanges de fluide et d'air avec l'extérieur. Cela est d'autant plus favorisé par une isolation faible ou inexistante.

La déperdition thermique peut avoir une incidence sur le confort thermique dans une maison mais aussi sur la facture énergétique. Dans la mesure où une perte de chaleur entraînera une surconsommation de chauffage. Votre facture de chauffage ou de gaz en sera impactée [1].

6.1.1.2 Quelles sont les déperditions thermiques dans une habitation ?

Selon l'ADEME ou l'Agence de Maitrise de l'Energie, la déperdition thermique d'une maison construite avant 1974 et non isolée, se produit de trois façons :

- ✓ La déperdition thermique ou surfacique par les parois (toit, murs, plancher bas, fenêtres). Environ 25 à 30% des déperditions de chaleur et des pertes thermiques se produisent sur la toiture. Le reste se répartit sur les murs, fenêtres, plancher bas ;
- ✓ La déperdition thermique par le renouvellement d'air lors de l'aération de la maison ou via le système de ventilation ;
- ✓ La déperdition thermique par les ponts thermiques : c'est une zone dans le bâtiment isolé où la barrière isolante est rompue. Les ponts thermiques représentent 10 à 20% des déperditions des bâtiments [1].

6.1.1.3 Comment réduire la déperdition thermique dans une maison ?

Pour réduire la déperdition thermique dans une maison et par conséquent réduire la consommation d'énergie pour aller vers une maison basse consommation, plusieurs travaux de rénovation énergétique sont envisageables :

- ✓ Renforcer l'isolation thermique par l'extérieur ou par l'intérieur des zones qui présentent le plus de pertes de chaleur et de fuites d'air (sur les combles, toitures, murs, ouvertures et planchers) en utilisant des isolants biosourcés, minéraux ou autres types d'isolants ;
- ✓ Opter pour des appareils de chauffage économique et à haute performance, comme une chaudière gaz à condensation qui consomme moins d'énergie qu'un chauffage classique ;
- ✓ Opter pour des appareils thermodynamiques utilisant des énergies renouvelables comme la pompe à chaleur, qui peut être combinée à un système de chauffage ou à la production d'eau chaude sanitaire, pour réduire la consommation énergétique et faire des économies d'énergie ;
- ✓ Installer un système de ventilation efficace comme un VMC (ventilation mécanique contrôlée) ou VMC double-flux qui renouvelle l'air sans perte de chaleur ^[1].

Les déperditions sont de deux types :

- ✓ Déperditions thermiques par transmission Q_{tr} ;
- ✓ Déperditions thermiques par ventilation Q_v .

$$Q_{dep} = Q_{tr} + Q_v$$

La méthode de calcul normalisée la "DIN4701" méthode allemande du Rietschell.Tom2.

6.1.2 Déperdition par transmission

Les déperditions de base perdue par transmission. Elles dépendent de la surface de toutes les parois du bâtiment entourant le volume chauffé, du coefficient de transmission thermique de celles-ci et des températures intérieures et extérieures correspondant à chaque local. On retrouve ce type de déperdition au travers ^[2] :

- ✓ De l'enveloppe du bâtiment ;
- ✓ Des espaces non chauffés ;
- ✓ Des espaces adjacents ;
- ✓ Du sol.

$$Q_{tr} = \sum Q_o (1 + Z_D + Z_H)$$

$$D'où \sum Q_o = Q_{mur} + Q_{plancher} + Q_{fenetre} + Q_{parois} + Q_{contenu}$$

Physiquement le coefficient "D" peut être regardé comme la perméabilité moyenne des éléments de l'enveloppe du local :

$$D = \frac{\sum Q_o}{ST(\Delta T)} = \frac{\sum Q_o}{ST(T_i - T_e)}$$

- **St** : surface totale de toute l'enveloppe (m²) ;
- **D** : perméabilité moyenne de l'ensemble des éléments de l'enveloppe du local ;
- **ΔT** : température intérieur (respectivement extérieur) "°c" ;
- **Za** : majoration pour compensation des surfaces des parois extérieures froides ;
- **ZD** : majoration pour interruption d'exploitation du chauffage ;
- **ZH** : majoration pour orientation, ces valeurs seront tirées du tableau (A14) du Rietschell (Tom 2p 615).

Orientation	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Z_B	-5	-5	0	+5	+5	0	0	-5

(Z_u et Z_a) : les deux majorations sont regroupés en une majoration (ZD) et ce dernier est tiré du tableau A14 du Rietschell (Tom 2p 615).

Mode d'exploitation	Coefficient	0.1 à 0.29	0.3 à 0.69	0.70 à 0.69	1.5
1	Exploitation réduite.	7	7	7	
2	Interruption de 9h à 11h	20	15	15	15
3	Interruption de 12h à 14h	30	20	20	15

Alors les déperditions :

$$Q_{tr} = \sum Q_0 \cdot Z_1$$

$$\text{Avec } Z = 1 + \frac{Z_H + Z_0}{100}$$

6.1.3 Déperdition par ventilation

Les déperditions de base par ventilation. C'est la chaleur perdue par renouvellement d'air du bâtiment qui dépend du taux de ventilation et de l'inétanchéité du bâtiment. Pour simplifier, la norme propose de déterminer ceux-ci en connaissant le volume chauffé et en choisissant un taux de renouvellement d'air forfaitaire [2].

$$Q_v = \sum (al) a \cdot R \cdot H \cdot Z_e \cdot \Delta T$$

- **a** : Perméabilité à l'air d'un interstice de fenêtre ou de porte par mètre des longueurs (Tableau A15) (traité de chauffage et de climatisation Tome2 Rietschell) ;
- **l** : longueur des joints des portes et fenêtre sur les façade extérieurs en (m) ;
- **R** : caractéristique du local (tableau A16) ;
- **ΔT** : Différence de température entre l'intérieur et l'extérieur (°C) ;
- **Z_e** : facteur de majoration pour fenêtre d'angle Z_e = 1,2 et pour les fenêtres normale Z_e =1.

Fenêtres en bois et matières synthétique	<ul style="list-style-type: none"> • Fenêtre simple. • Fenêtre composée. • Fenêtre double et • Fenêtre simple avec étanchéité garantie. 	3,00 2,3 2,00
Fenêtres en aciers fenêtres métalliques	<ul style="list-style-type: none"> • Fenêtre simple • Fenêtre composée • Fenêtre double et fenêtre simple avec étanchéité garantie 	1,5 1,5 1,2
Porte intérieures	<ul style="list-style-type: none"> • Non étanche (sans seuil) • Etanche (avec seuil) 	4,0 1,5
Porte extérieures	<ul style="list-style-type: none"> • Comme les fenêtres 	

Rapport des surfaces	Fenêtre en bois ou matière synthétiques		Fenêtre en acier ou métallique		
	Portes intérieures		Porte extérieures		
	Etanche	Non étanche	Etanche	Non étanche	
SE/SP	<1,5	<3	<2,5	<6	R= 0,9
SE/SP	1,5 3	3 9	2,5 6	6 20	R= 0,7

→ **SE** : surface des fenêtres et des pertes au vent ;

→ **SP** : surface des portes sous vent et pour les portes coulissantes R=1.

Régions	Site	Maison d'alignement	Maison individuelle
Région normale	• Site protégé	0,24	0,34
	• Site découvert	0,41	0,58
	• Site particulièrement découvert	0,60	0,84
Région à vents forts	• Site protégé	0,41	0,58
	• Site découvert	0,60	0,84
	• Site exceptionnelle ment découvert	0,82	1,13

6.2 Application au projet

6.2.1 Application sur le RDC

Qtransmission							
Exploitation réduite							
	Q	ST	ΔT	D	Zh	Zd	Qtran
Réception	1109,696	57	11	1,770	5	7	14426,04 3

Interruption de 9h à 11h							
	Q	ST	ΔT	D	Zh	Zd	Qtran
Réception	1109,696	57	11	1,770	5	15	23303,60 8

Interruption de 12h à 14h							
	Q	ST	ΔT	D	Zh	Zd	Qtran
Réception	1109,696	57	11	1,770	5	15	23303,608

Qventilation									
	a	l	al	SE/SP	R	Ze	H	ΔT	Qven
Réception	1,2	14,4	17,28	2,73	0,7	1	0,41	11	54,55

Exploitation réduite			
	Qtran	Qven	Qdep
Réception	14426,043	54,55	14480,596

Interruption de 9h à 11h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Réception	23303,608	54,55296	23358,161

Interruption de 12h à 14h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Réception	23303,608	54,55296	23358,161

6.2.2 Application sur le 1^{er} étage

Qtransmission							
Exploitation réduite							
	Q	ST	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	773,791	23,440	11	3,001	5	7	10059,281
Chambre 02	777,188	22,160	11	3,188	5	7	10103,444
Administration	282,344	14,41	11	1,781	5	7	3670,476
Bureau directeur	800,400	52,1	11	1,397	5	7	10405,203
HAMEM	2162,334	73,05	11	2,691	5	7	28110,348

Interruption de 9h à 11h							
	Q	ST	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	773,791	23,440	11	3,001	5	15	16249,607
Chambre 02	777,188	22,160	11	3,188	5	15	16320,949
Administration	282,344	14,41	11	1,781	5	15	5929,230
Bureau direction	800,400	52,1	11	1,397	5	15	16808,404
HAMEM	2162,334	73,05	11	2,691	5	15	45409,023

Interruption de 12h à 14h							
	Q	ST	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	773,791	23,440	11	3,001	5	15	16249,607
Chambre 02	777,188	22,160	11	3,188	5	15	16320,949
Administration	282,344	14,41	11	1,781	5	15	5929,230
Bureau direction	800,400	52,1	11	1,397	5	15	16808,404
HAMEM	2162,334	73,05	11	2,691	5	15	45409,023

Qventilation				
	a	l	al	SE/SP
Chambre 01	1,2	7,04	8,448	1,778
Chambre 02	1,2	7,04	8,448	1,778
Bureau directeur	1,2	16,3	19,5624	4,117

Exploitation réduite			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	10059,281	26,670	10085,951
Chambre 02	10103,444	26,670	10130,115
Bureau directeur	10405,203	61,758	10466,961
	30567,928	115,099	30683,027

SE/SP	R	Ze	H	ΔT	Qven
1,778	0,7	1	0,41	11	26,670
1,778	0,7	1	0,41	11	26,670
4,117	0,7	1	0,41	11	61,758

Interruption de 9h à 11h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	16249,607	26,670	16276,277
Chambre 02	16320,949	26,670	16347,619
Chambre 03	16808,404	61,758	16870,163

Interruption de 12h à 14h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	16249,607	26,670	16276,277
Chambre 02	16320,949	26,670	16347,619
Chambre 03	16808,404	61,758	16870,163

6.2.3 Application sur le 2 étages

Qtransmission							
Exploitation réduite							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	1212,88622	28,570	11	3,859	5	7	15767,521
Chambre 02	683,109739	17,030	11	3,647	5	7	8880,427
Chambre 03	670,288014	18,070	11	3,372	5	7	8713,744
Chambre 04	491,554745	13,540	11	3,300	5	7	6390,212
Chambre 05	885,360971	23,800	11	3,382	5	7	11509,693
Chambre 06	1103,36306	24,040	11	4,172	5	7	14343,720

Interruption de 9h à 11h							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	1212,88622	28,570	11	3,859	5	15	25470,611
Chambre 02	683,109739	17,030	11	3,647	5	15	14345,305
Chambre 03	670,288014	18,070	11	3,372	5	15	14076,048
Chambre 04	491,554745	13,540	11	3,300	5	15	10322,650
Chambre 05	885,360971	23,800	11	3,382	5	15	18592,580
Chambre 06	1103,36306	24,040	11	4,172	5	15	23170,624

Interruption de 12h à 14h							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	1212,886	28,570	11	3,859	5	15	25470,611
Chambre 02	683,110	17,030	11	3,647	5	15	14345,305
Chambre 03	670,288	18,070	11	3,372	5	15	14076,048
Chambre 04	491,555	13,540	11	3,300	5	15	10322,650
Chambre 05	885,361	23,800	11	3,382	5	15	18592,580
Chambre 06	1103,363	24,040	11	4,172	5	15	23170,624

Qventilation			
	a	l	al
Chambre 01	1,2	16,98	20,376
Chambre 02	1,2	7,14	8,568
Chambre 03	1,2	7,2	8,64
Chambre 04	1,2	7,14	8,568
Chambre 05	1,2	7,6	9,12
Chambre 06	1,2	7,62	9,144

Exploitation réduite			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	15767,521	64,3	15831,848
Chambre 02	8880,427	27,0	8907,476
Chambre 03	8713,744	27,3	8741,021
Chambre 04	6390,212	27,0	6417,261
Chambre 05	11509,693	28,8	11538,484
Chambre 06	14343,720	28,9	14372,587
	65605,316	203,4	65808,67712

Interruption de 12h à 14h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	25470,611	64,3	25534,938
Chambre 02	14345,305	27,0	14372,354
Chambre 03	14076,048	27,3	14103,325
Chambre 04	10322,650	27,0	10349,699
Chambre 05	18592,580	28,8	18621,372
Chambre 06	23170,624	28,9	23199,492

SE/SP	R	Ze	H	ΔT	Qven
6,989	0,7	1	0,41	11	64,3
1,522	0,7	1	0,41	11	27,0
1,556	0,7	1	0,41	11	27,3
1,522	0,7	1	0,41	11	27,0
1,778	0,7	1	0,41	11	28,8
1,789	0,7	1	0,41	11	28,9

Interruption de 9h à 11h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	25470,611	64,3	25534,938
Chambre 02	14345,305	27,0	14372,354
Chambre 03	14076,048	27,3	14103,325
Chambre 04	10322,650	27,0	10349,699
Chambre 05	18592,580	28,8	18621,372
Chambre 06	23170,624	28,9	23199,492

6.2.4 Application sur le 3^{ème} étage

Qtransmission							
Exploitation réduite							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	864,628	28,570	11	2,751	5	7	11240,164
Chambre 02	590,216	24,040	11	2,232	5	7	7672,805
Chambre 03	417,924	19,420	11	1,956	5	7	5433,009
Chambre 04	664,984	33,130	11	1,825	5	7	8644,797
Chambre 05	627,223	19,450	11	2,932	5	7	8153,902
Chambre 06	557,826	13,690	11	3,704	5	7	7251,743
Chambre 07	559,342	28,200	11	1,803	5	7	7271,443
Chambre 08	503,366	29,820	11	1,535	5	7	6543,756

Interruption de 9h à 11h							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	864,628	28,570	11	2,751	5	15	18157,187
Chambre 02	590,216	24,040	11	2,232	5	15	12394,531
Chambre 03	417,924	19,420	11	1,956	5	15	8776,400
Chambre 04	664,984	33,130	11	1,825	5	15	13964,673
Chambre 05	627,223	19,450	11	2,932	5	15	13171,688
Chambre 06	557,826	13,690	11	3,704	5	15	11714,354
Chambre 07	559,342	28,200	11	1,803	5	15	11746,176
Chambre 08	503,366	29,820	11	1,535	5	15	10570,683

Interruption de 12h à 14h							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	864,628	28,570	11	2,751	5	15	18157,187
Chambre 02	590,216	24,040	11	2,232	5	15	12394,531
Chambre 03	417,924	19,420	11	1,956	5	15	8776,400
Chambre 04	664,984	33,130	11	1,825	5	15	13964,673
Chambre 05	627,223	19,450	11	2,932	5	15	13171,688
Chambre 06	557,826	13,690	11	3,704	5	15	11714,354
Chambre 07	559,342	28,200	11	1,803	5	15	11746,176
Chambre 08	503,366	29,820	11	1,535	5	15	10570,683

Qventilation				
	a	l	al	SE/SP
Chambre 01	1,2	15,14	18,168	4,117
Chambre 02	1,2	9,6	11,52	2,298
Chambre 03	1,2	5	6	0,788
Chambre 04	1,2	12,06	14,472	4,256
Chambre 05	1,2	5	6	0,788
Chambre 06	1,2	5	6	0,788
Chambre 07	1,2	7,6	9,12	1,778
Chambre 08	1,2	7,6	9,12	1,778

Exploitation réduite			
	Qtr	Qven	Qtotale
Chambre 01	11240,164	57,356	11297,520
Chambre 02	7672,805	36,369	7709,174
Chambre 03	5433,009	18,942	5451,951
Chambre 04	8644,797	45,688	8690,486
Chambre 05	8153,902	18,942	8172,844
Chambre 06	7251,743	18,942	7270,685
Chambre 07	7271,443	28,792	7300,234
Chambre 08	6543,756	28,792	6572,548
	62211,619	253,823	62465,442

SE/SP	R	Ze	H	ΔT	Qven
4,117	0,7	1	0,41	11	57,356
2,298	0,7	1	0,41	11	36,369
0,788	0,7	1	0,41	11	18,942
4,256	0,7	1	0,41	11	45,688
0,788	0,7	1	0,41	11	18,942
0,788	0,7	1	0,41	11	18,942
1,778	0,7	1	0,41	11	28,792
1,778	0,7	1	0,41	11	28,792

Interruption de 9h à 11h			
	Qtr	Qven	Qtotale
Chambre 01	18157,187	57,356	18214,544
Chambre 02	12394,531	36,369	12430,900
Chambre 03	8776,400	18,942	8795,342
Chambre 04	13964,673	45,688	14010,361
Chambre 05	13171,688	18,942	13190,630
Chambre 06	11714,354	18,942	11733,296
Chambre 07	11746,176	28,792	11774,968
Chambre 08	10570,683	28,792	10599,475

Interruption de 12h à 14h			
	Qtr	Qven	Qtotale
Chambre 01	18157,187	57,356	18214,544
Chambre 02	12394,531	36,369	12430,900
Chambre 03	8776,400	18,942	8795,342
Chambre 04	13964,673	45,688	14010,361
Chambre 05	13171,688	18,942	13190,630
Chambre 06	11714,354	18,942	11733,296
Chambre 07	11746,176	28,792	11774,968
Chambre 08	10570,683	28,792	10599,475

6.2.5 Application sur le 4^{ème} étage

Qtransmission							
Exploitation réduite							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	868,423	28,570	11	2,763	5	7	11289,495
Chambre 02	590,969	25,660	11	2,094	5	7	7682,592
Chambre 03	417,924	15,590	11	2,437	5	7	5433,009
Chambre 04	627,223	19,010	11	2,999	5	7	8153,902
Chambre 05	664,984	26,140	11	2,313	5	7	8644,797
Chambre 06	557,826	18,170	11	2,791	5	7	7251,743
Chambre 07	521,346	4,550	11	10,416	5	7	6777,493
Chambre 08	559,342	8,151	11	6,238	5	7	7271,443
Chambre em	356,658	15,600	11	2,078	5	7	4636,556
Buanderie	423,389	19,300	11	1,994	5	7	5504,063

Interruption de 9h à 11h							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	868,423	28,570	11	2,763	5	15	18236,877
Chambre 02	590,969	25,660	11	2,094	5	15	12410,341
Chambre 03	417,924	15,590	11	2,437	5	15	8776,400
Chambre 04	627,223	19,010	11	2,999	5	15	13171,688
Chambre 05	664,984	26,140	11	2,313	5	15	13964,673
Chambre 06	557,826	18,170	11	2,791	5	15	11714,354
Chambre 07	521,346	4,550	11	10,416	5	15	10948,257
Chambre 08	559,342	8,151	11	6,238	5	15	11746,176
Chambre em	356,658	15,600	11	2,078	5	15	7489,821
Buanderie	423,389	19,300	11	1,994	5	15	8891,179

Interruption de 12h à 14h							
	Q	St	ΔT	D	Zh	Zd	Qtr
Chambre 01	868,423	28,570	11	2,763	5	15	18236,877
Chambre 02	590,969	25,660	11	2,094	5	15	12410,341
Chambre 03	417,924	15,590	11	2,437	5	15	8776,400
Chambre 04	627,223	19,010	11	2,999	5	15	13171,688
Chambre 05	664,984	26,140	11	2,313	5	15	13964,673
Chambre 06	557,826	18,170	11	2,791	5	15	11714,354
Chambre 07	521,346	4,550	11	10,416	5	15	10948,257
Chambre 08	559,342	8,151	11	6,238	5	15	11746,176
Chambre em	356,658	15,600	11	2,078	5	15	7489,821
Buanderie	423,389	19,300	11	1,994	5	15	8891,179

Qventilation			
	a	l	al
Chambre 01	1,2	15,14	18,168
Chambre 02	1,2	9,6	11,52
Chambre 03	1,2	5	6
Chambre 04	1,2	5	6
Chambre 05	1,2	12,06	14,472
Chambre 06	1,2	5	6
Chambre 07	1,2	7,6	9,12
Chambre 08	1,2	7,6	9,12
Chambre em	1,2	4,6	5,52
Buanderie	1,2	4,4	5,28

Exploitation réduite			
	Qtr	Qven	Qtotale
Chambre 01	11289,495	57,356	11346,852
Chambre 02	7682,592	36,369	7718,961
Chambre 03	5433,009	18,942	5451,951
Chambre 04	8153,902	18,942	8172,844
Chambre 05	8644,797	45,688	8690,486
Chambre 06	7251,743	18,942	7270,685
Chambre 07	6777,493	28,792	6806,284
Chambre 08	7271,443	28,792	7300,234
Chambre em	4636,556	17,427	4653,982
Buanderie	5504,063	16,669	5520,732
	72645,093	287,918	72933,01189

SE/SP	R	Ze	H	ΔT	Qven
4,12	0,7	1	0,41	11	57,356
2,30	0,7	1	0,41	11	36,369
0,79	0,7	1	0,41	11	18,942
0,79	0,7	1	0,41	11	18,942
4,26	0,7	1	0,41	11	45,688
0,79	0,7	1	0,41	11	18,942
1,78	0,7	1	0,41	11	28,792
1,78	0,7	1	0,41	11	28,792
0,66	0,7	1	0,41	11	17,427
0,61	0,7	1	0,41	11	16,669

Interruption de 9h à 11h			
	Qtr	Qven	Qtotale
Chambre 01	18236,877	57,356	18294,233
Chambre 02	12410,341	36,369	12446,710
Chambre 03	8776,400	18,942	8795,342
Chambre 04	13171,688	18,942	13190,630
Chambre 05	13964,673	45,688	14010,361
Chambre 06	11714,354	18,942	11733,296
Chambre 07	10948,257	28,792	10977,049
Chambre 08	11746,176	28,792	11774,968
Chambre em	7489,821	17,427	7507,248
Buanderie	8891,179	16,669	8907,848

Interruption de 12h à 14h			
	Qtr	Qven	Qtotale
Chambre 01	18236,877	57,356	18294,233
Chambre 02	12410,341	36,369	12446,710
Chambre 03	8776,400	18,942	8795,342
Chambre 04	13171,688	18,942	13190,630
Chambre 05	13964,673	45,688	14010,361
Chambre 06	11714,354	18,942	11733,296
Chambre 07	10948,257	28,792	10977,049
Chambre 08	11746,176	28,792	11774,968
Chambre em	7489,821	17,427	7507,248
Buanderie	8891,179	16,669	8907,848

6.2.6 Application sur le 5^{ème} étage

Q_{transmission}							
Exploitation réduite							
	Q	ST	ΔT	D	Z_h	Z_d	Q_{tran}
Chambre 01	864,628	28,57	11	2,751	5	7	11240,164
Chambre 02	599,227	24,04	11	2,266	5	7	7789,956
Chambre 03	596,473	23,17	11	2,340	5	7	7754,145
Chambre 04	557,952	23,12	11	2,194	5	7	7253,371
Chambre 05	1104,132	23,120	11	4,342	5	7	14353,721
Restaurants	2366,462	90,680	11	2,372	5	7	30764,008

Interruption de 9h à 11h							
	Q	ST	ΔT	D	Z_h	Z_d	Q_{tran}
Chambre 01	864,628	28,57	11	2,751	5	15	18157,187
Chambre 02	599,227	24,04	11	2,266	5	15	12583,776
Chambre 03	596,473	23,17	11	2,340	5	15	12525,927
Chambre 04	557,952	23,12	11	2,194	5	15	11716,984
Chambre 05	1104,132	23,120	11	4,342	5	15	23186,780
Restaurants	2366,462	90,680	11	2,372	5	15	49695,705

Interruption de 12h à 14h							
	Q	ST	ΔT	D	Z_h	Z_d	Q_{tran}
Chambre 01	864,628	28,57	11	2,751	5	15	18157,187
Chambre 02	599,227	24,04	11	2,266	5	15	12583,776
Chambre 03	596,473	23,17	11	2,340	5	15	12525,927
Chambre 04	557,952	23,12	11	2,194	5	15	11716,984
Chambre 05	1104,132	23,120	11	4,342	5	15	23186,780
Restaurants	2366,462	90,680	11	2,372	5	15	49695,705

Q_{ventilation}			
	a	l	al
Chambre 01	1,2	15,14	18,168
Chambre 02	1,2	9,6	11,52
Chambre 03	1,2	9,6	11,52
Chambre 04	1,2	9,6	11,52
Chambre 05	1,2	13	31,2
Restaurants	1,2	39,08	46,896

Exploitation réduite			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	11240,164	57,356	11297,520
Chambre 02	7789,956	36,369	7826,325
Chambre 03	7754,145	36,369	7790,514
Chambre 04	7253,371	36,369	7289,740
Chambre 05	14353,721	98,498	14452,219
Restaurants	30764,008	148,051	30912,058
	79155,365	413,011	79568,37651

SE/SP	R	Ze	H	ΔT	Qven
4,117	0,7	1	0,41	11	57,356
2,298	0,7	1	0,41	11	36,369
2,298	0,7	1	0,41	11	36,369
2,298	0,7	1	0,41	11	36,369
2,561	0,7	1	0,41	11	98,498
9,031	0,7	1	0,41	11	148,051

Interruption de 9h à 11h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	18157,187	57,356	18214,544
Chambre 02	12583,776	36,369	12620,144
Chambre 03	12525,927	36,369	12562,296
Chambre 04	11716,984	36,369	11753,353
Chambre 05	23186,780	98,498	23285,279
Restaurants	49695,705	148,051	49843,755

Interruption de 12h à 14h			
	Qtran	Qven	Qtotale
Chambre 01	18157,187	57,356	18214,544
Chambre 02	12583,776	36,369	12620,144
Chambre 03	12525,927	36,369	12562,296
Chambre 04	11716,984	36,369	11753,353
Chambre 05	23186,780	98,498	23285,279
Restaurants	49695,705	148,051	49843,755

6.3 Calcule des apports calorifiques

6.3.1 introduction

Le pouvoir calorifique, également appelé pouvoir énergétique, est une mesure de la quantité de chaleur produite par la combustion d'un combustible. Il représente la capacité d'un combustible à libérer de l'énergie thermique sous forme de chaleur lorsqu'il est brûlé dans des conditions spécifiques. Le pouvoir calorifique est généralement exprimé en joules par kilogramme (J/kg) ou en calories par gramme (cal/g) [1].

Etablir le bilan thermique d'un local, c'est répertorier et quantifier toutes les sources de perturbation qui vont influencer l'ambiance en température et en humidité [2]:

- Apports de chaleur venant de l'extérieur (été) ou départs de chaleur vers l'extérieur (hiver) ;
- Apports de chaleur dus aux équipements internes ou aux occupants ;
- Apports ou départs d'humidité dus aux équipements, aux occupants et à la migration par les parois ;
- Apports ou extractions d'air.

Un local à climatiser est le siège d'échanges thermiques qui se répartissent en trois types d'apports :

- Les charges externes ;
- Les charges internes.

6.4 Apport interne

C'est la source des différentes charges ayant les sources à l'intérieur du local climatisé, et exprime par la relation suivante :

$$Q_{int} = Q_{occp} + Q_{ecl} + q_{Machine} (W)$$

6.4.1 Apports occupants

$$Q_{occp} = N (Q_l + Q_s) (W)$$

Avec :

- **Q_l** : chaleur latente en W ;
- **Q_s** : chaleur sensible en W ;
- **N** : les valeurs de Q_s, Q_l ainsi que la quantité de vapeur d'eau (W) dégagé par personne sont tiré du tableau suivant en fonction de la température interne et du mode d'activité.

Température intérieur		18	20	22	24	26	28
Personne n'inactive	Q _s (Kcal/h)	80	75	65	60	55	45
	Q _i (Kcal/h)	20	25	35	40	45	55
	W (g/h)	35	40	60	65	75	90
Activité modérée	Q _s (Kcal/h)	95	85	70	60	55	45
	Q _i (Kcal/h)	45	55	70	60	55	45
	W (g/h)	75	90	115	135	140	160
Activité moyenne	Q _s (Kcal/h)	125	115	105	90	75	55
	Q _i (Kcal/h)	115	125	135	150	165	180
	W (g/h)	190	210	210	250	275	300

6.4.2 Apports par éclairage

La chaleur dégagée par les lampes rentre entièrement dans les charges calorifiques de la salle d'autant plus qu'elle est plus importante pour les locaux.

La chaleur dégagée par les lampes est donnée par la relation

$$Q_{ecl} = K.M.N (W)$$

Avec :

- **K** : coefficient de spontanéité simultanée $k = 1,25$; $N = n.s$;
- **M** : la puissance électrique des lampes ;
- **n** : nombres de lampes ;
- **s** : surface du plancher ;
- **N** : la puissance électrique des lampes dans un (m²) $N = M/s$.

Différents équipements à l'intérieur des locaux peuvent contribuer à des apports thermiques complémentaires.

Les machines électriques que l'on rencontre dans les locaux climatisés sont très diverses, en raison de leur fonctionnement à l'intérieur même du local climatisé, elles émettent toute en certain quantité d'enthalpie de chaleur dégagée par les machines sont donné par la formule suivante :

$$Q_{machine} = Y.P (W)$$

Avec :

- **Y** : coefficient d'utilisation variant de (0,3 – 0,95) ;
- **P** : puissance de la machine (W).

6.5 Apports par ensoleillement

$$Q_{ens} = K.F.C (S_s .I_g + S_o.Id)$$

- **F** : coefficient de correction tenant compte de type de menuiserie ;
 - **F** = 0,85 (menuiserie en bois) ;
 - **F** = 1 (menuiserie métallique) ;
 - **C** : coefficient de correction tenant compte du dispositif de protection choisie ;
 - **S_s** : surface ensoleillée (m²) ;
 - **S_o** : surface ombrée (m²) ;
 - **I_G** : intensité du flux solaire global corrigé incident sur le vitrage ;
 - **I_d** : intensité du flux solaire diffus corrigé en fonction de l'orientation et de l'heure de calcul ;
 - **I_G** = I_d + I_D ;
 - **I_G** : flux de rayonnement solaire global ;
 - **I_d** : flux unitaire solaire diffus ;
 - **I_D** : flux unitaire solaire direct.
- Flux solaire direct reçu sur une surface horizontale : **I_{Dh} = I_{DN}.sinh.**
 - Flux solaire direct reçu sur une surface verticale : **I_{Dv} = I_{SN}.cosh.sinB**

$$B = a - am$$

- **am** : l'azimut du plan considéré par rapport à la direction sud ;
- **a** : l'azimut du soleil, elle est calculé par : $\sin a = \cos \delta . \cos \omega / \cosh$;
- **ω** : l'angle horaire ;
- **δ** : La déclinaison du soleil, calculée par :

$$\delta = 23,45 . \sin((N+284) . (360/365))$$

- **N** : numéro du de l'année compté à partir du 1er ja ;
- **a** : est corrigée par l'algorithme suivant :

$$\text{Si } \sinh > \sin \delta \sin \emptyset$$

$$\text{Si } a > 0 \text{ alors}$$

- $a = -a + 180$ si non ;
- $a = -a - 180$ fin si.

Si non $a=a$

Fin si $\sinh = \sin\delta \cdot \sin\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\omega$

→ ϕ : Latitude du lieu considéré.

IDN : rayonnement direct solaire reçu sur un plan normal situé à la surface de la terre, calculé par :

$$\mathbf{IDN} = I_o \cdot C_o \cdot A \cdot \exp(-B \cdot m \cdot p / 1000)$$

→ **I_o** : constante solaire. $I_o = 1367$;

→ **C_o** : facteur de correction qui tien compte de la variation de la distance terre-soleil, il est calculé par :

$$\mathbf{C_o} = 1 + 0,034 \cdot \cos(30 \cdot (N_m - 1) + N_j)$$

→ **N_m** : le numéro du mois dans l'année ;

→ **N_j** : le numéro du jour dans le mois ;

→ **A.B** : sont des coefficients qui tiennent compte des conditions météorologique ;

→ **P** : pression atmosphérique donné en fonction de l'altitude. $P = 985 - Z - 15010$;

→ **Z** : l'altitude ;

→ **m** : masse atmosphérique relative calculé par :

$$m = 1 / \sinh$$

Id : sera calculé par :

a) Pour le cas d'une paroi verticale $Id_v = 1/2 (d + \rho \cdot G)$;

b) Pour le cas d'une paroi horizontale $Id_h = d$.

$$\text{Avec : } \mathbf{d} = \mathbf{a1} \cdot (\sinh) \cdot \mathbf{b1}$$

$$\mathbf{G} = \mathbf{a2} \cdot (\sinh) \cdot \mathbf{b2}$$

→ **a₁, a₂, b₁, b₂** : coefficients donnés par le tableau ;

→ **ρ** : Albédo du sol.

D'où :

$$\mathbf{Id} = \mathbf{Id} \cdot \mathbf{K1}$$

→ **Id** : intensité du flux solaire diffus ;

→ **K₁** : coefficient de correction qui tient compte de l'épaisseur de la vitre E_t :

$$\mathbf{IG} = \mathbf{I_g} \cdot \mathbf{K1}$$

→ **IG** : intensité du flux solaire global.

Calcul de la surface ensoleillée et de la surface ombrée : $S_s = (H - H_o).(L - L_o)$.

→ $S_o = S_t - S_s$. $S_t = H_o.L$;

→ $L_o = R.tgh$;

→ $H_o = R.(tgh/cosb)$.

Les dimensions utilisées sont :

→ **L** : largeur de la vitre (m) ;

→ **H** : hauteur de la vitre (m) ;

→ **L_o** : largeur de la partie ombrée de la vitre (m) ;

→ **H_o** : hauteur de la partie ombrée de la vitre (m) ;

→ **R** : retrait de la vitre (m).

Pour le calcul on tient compte de :

$L_o > 0$

$H_o < 0$  $S_t = S_o$; $S_s = 0$

$L_o < 0$

$H_o < 0$  $S_t = S_o$; $S_o = 0$

6.6 Apports par parois opaques

6.6.1 Apports externes

Les apports calorifiques dans les locaux climatisés sont importants en raison de l'absorption et l'emmagasinement de la chaleur solaire par les parois extérieures.

Le calcul de ces apports est très complexe à cause de :

- De variation de la température de l'air ;
- La variation de l'isolation des parois qui varie avec leur orientation ;
- La variation de l'énergie thermique de la paroi.

La formule générale pour l'étude des apports à travers les parois externes est de :

$$QS = K.S.\Delta T \text{ (W)}$$

Avec :

- **K** : coefficient de transmission global de chaleur ;
- **S** : surface de la paroi (m²) ;
- $\Delta T = T_{eq} + (T_b - 32) + (25 - T_i)$;
- **T_b** : température de base ;
- **T_i** : température intérieure du local à climatiser.

6.1.2 Apports par les parois opaques internes

Il se fait dans le cas où il y a plusieurs locaux ayant une constante température interne ; ses apports sont calculer par la relation suivante :

$$Q_{par \text{ int}} = K.S.\Delta t \text{ (W)}$$

Avec :

- **K** : coefficient de transmission globale de chaleur (Kcal/h m² °c) ;
- **S** : surface de la paroi considérée (m²) ;
- $\Delta T : T_{nc} - T_{in}$

$$T_{nc} = T_{cn} + (0 \rightarrow 4^\circ c)$$

- **T_{cn}** : température extérieur moyenne. $T_{cn} = T_b - 0,52 * E$;
- **E** : écart diurne.

Ils sont dus à l'influence des facteurs climatiques sur le milieu dans lequel nous vivons.

6.7 Application sur projet

6.7.1 Apport par éclairage

RDC						
	K	n	s	N	M	Qelec
RECEPTION	1,25	50	59,71	2985,66	7	26124,53
BUFFET	1,25	42	50,64	2126,88	7	18610,20
Σ						44734,73

1^{er} étage						
	K	n	s	N	M	Qelec
Chambre 01	1,25	10	21,59	215,90	7	1889,13
Chambre 02	1,25	10	21,59	215,90	7	1889,13
Administration	1,25	5	14,45	72,23	10	902,81
Bureau directeur	1,25	7	39,75	278,26	10	3478,28
Σ						8159,35

2^{ème} étage						
	K	n	s	N	M	Qelec
Chambre 01	1,25	14	30,56	427,77	9	4812,41
Chambre 02	1,25	12	18,55	222,59	7	1947,67
Chambre 03	1,25	12	17,83	214,01	7	1872,56
Chambre 04	1,25	12	11,17	134,04	7	1172,81
Chambre 05	1,25	13	25,03	325,38	7	2847,09
Chambre 06	1,25	13	34,78	452,16	7	3956,38
Σ						16608,92

3^{ème} étage						
	K	n	s	N	M	Qelec
Chambre 01	1,25	14	39,75	556,53	9	6260,91
Chambre 02	1,25	12	24,80	297,60	7	2604
Chambre 03	1,25	12	16,74	200,93	7	1758,12
Chambre 04	1,25	12	24,08	288,90	7	2527,90
Chambre 05	1,25	12	32,17	386,08	7	3378,19
Chambre 06	1,25	12	27,27	327,20	7	2863,04
Chambre 07	1,25	13	24,43	317,62	7	2779,20
Chambre 08	1,25	13	20,32	264,22	7	2311,92
Σ						24483,27

4 ^{ème} étage						
	K	n	s	N	M	Qelec
Chambre 01	1,25	14	39,75	556,53	9	6260,91
Chambre 02	1,25	12	24,80	297,60	7	2604
Chambre 03	1,25	12	16,74	200,93	7	1758,12
Chambre 04	1,25	12	32,17	386,08	7	3378,19
Chambre 05	1,25	12	24,08	288,90	7	2527,90
Chambre 06	1,25	12	27,27	327,20	7	2863,04
Chambre 07	1,25	13	20,32	264,22	7	2311,92
Chambre 08	1,25	13	24,43	317,62	7	2779,20
Chambre em	1,25	10	11,72	117,20	7	1025,50
Buanderie	1,25	10	22,68	226,80	7	1984,50
					Σ	27493,27

5 ^{ème} étage						
	K	n	s	N	M	Qelec
Chambre 01	1,25	14	39,75	556,53	7	4869,60
Chambre 02	1,25	12	25,25	303,04	7	2651,58
Chambre 03	1,25	12	25,25	303,04	7	2651,58
Chambre 04	1,25	12	22,15	265,79	7	2325,62
Chambre 05	1,25	17	61,61	1047,32	7	9164,04
Restaurants	1,25	25	120,98	3024,45	7	26463,94
					Σ	48126,35

6.7.2 Apports dus machine électrique

RDC				
	N	Y	P	Q_{machine}
Télévision	1	0,70	250	175
Imprimantes	1	0,70	40	28
Ordinateur	2	0,70	250	350
			Σ	553

1^{er} étage						
	N tlv	N pc	N imp	Y	P	Q_{machine}
Chambre 01	1	0	0	0,70	125	87,50
Chambre 02	1	0	0	0,70	125	87,50
Administration	0	2	1	0,70	235	329
Bureau	0	1	1	0,70	235	164,50
					Σ	668,50

2^{ème} étage				
	N tlv	Y	P	Q_{machin}
Chambre 01	1	0,70	125	87,50
Chambre 02	1	0,70	125	87,50
Chambre 03	1	0,70	125	87,50
Chambre 04	1	0,70	125	87,50
Chambre 05	1	0,70	125	87,50
Chambre 06	1	0,70	125	87,50
			Σ	525

3^{ème} étage				
	N tlv	Y	P	Q_{machin}
Chambre 01	1	0,70	125	87,50
Chambre 02	1	0,70	125	87,50
Chambre 03	1	0,70	125	87,50
Chambre 04	1	0,70	125	87,50
Chambre 05	1	0,70	125	87,50
Chambre 06	1	0,70	125	87,50
Chambre 07	1	0,70	125	87,50
Chambre 08	1	0,70	125	87,50
			Σ	700

4 ^{ème} étage				
	N tlv	Y	P	Qmachin
Chambre 01	1	0,70	125	87,50
Chambre 02	1	0,70	125	87,50
Chambre 03	1	0,70	125	87,50
Chambre 04	1	0,70	125	87,50
Chambre 05	1	0,70	125	87,50
Chambre 06	1	0,70	125	87,50
Chambre 07	1	0,70	125	87,50
Chambre 08	1	0,70	125	87,50
			Σ	700

5 ^{ème} étage				
	N tlv	Y	P	Qmachin
Chambre 01	1	0,70	125	87,50
Chambre 02	1	0,70	125	87,50
Chambre 03	1	0,70	125	87,50
Chambre 04	1	0,70	125	87,50
Chambre 05	2	0,70	125	175
Restaurants	1	0,70	125	87,50
			Σ	612,50

6.7.3 apports par occupants

RDC					
	Hivernal	T=	21		
	N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
RECEPTION	6	49	83	132	792
BUFFET	20	49	83	132	2640
				Σ	3432

Festival	T=	24		
N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
6	60	71	131	786
20	60	71	131	2620
			Σ	3406

1 ^{er} étage					
	Hivernal	T=	21		
	N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
Chambre 01	2	49	83	132	264
Chambre02	2	49	83	132	264
Administration	3	49	83	132	396
Bureau	4	49	83	132	528
				Σ	1452

Festival	T=	24		
2	60	71	131	262
2	60	71	131	262
3	60	71	131	393
4	60	71	131	524
			Σ	1441

2 ^{ème} étage					
	Hivernal	T=	21		
	N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
Chambre 01	5	49	83	132	660
Chambre03	3	49	83	132	396
Chambre04	3	49	83	132	396
Chambre05	3	49	83	132	396
Chambre06	3	49	83	132	396
				Σ	2244

Festival	T=	24		
N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
5	60	71	131	655
2	60	71	131	262
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
			Σ	2489

3 ^{ème} étage					
	Hivernal	T=	21		
	N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
Chambre 01	5	49	83	132	660
Chambre02	2	49	83	132	264
Chambre03	3	49	83	132	396
Chambre04	3	49	83	132	396
Chambre05	3	49	83	132	396
Chambre06	2	49	83	132	264
Chambre07	4	49	83	132	528
Chambre08	4	49	83	132	528
				Σ	3432

Festival	T=	24		
N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
2	60	71	131	262
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
2	60	71	131	262
4	60	71	131	524
4	60	71	131	524
			Σ	2751

4^{ème} étage					
	Hivernal	T=	21		
Chambre 01	5	49	83	132	660
Chambre02	2	49	83	132	264
Chambre03	3	49	83	132	396
Chambre04	3	49	83	132	396
Chambre05	3	49	83	132	396
Chambre06	2	49	83	132	264
Chambre07	4	49	83	132	528
Chambre08	4	49	83	132	528
				Σ	3432

Festival	T=	24		
N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
5	60	71	131	655
2	60	71	131	262
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
2	60	71	131	262
4	60	71	131	524
4	60	71	131	524
			Σ	3406

5 ^{ème} étage					
	Hivernal	T=	21		
	N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
Chambre 01	5	49	83	132	660
Chambre02	2	49	83	132	264
Chambre03	3	49	83	132	396
Chambre04	3	49	83	132	396
Chambre05	6	49	83	132	792
Restaurants	60	49	83	132	7920
				Σ	10428

Festival	T=	24		
N	Ql	Qs	Qt	Qoccupe
5	60	71	131	655
3	60	71	131	393
3	60	71	131	393
6	60	71	131	786
60	60	71	131	7860
			Σ	10087

Résumée

	Qoccupe		Qelec	Qmachin	Qint	
	Hivernal	Festival			Hivernal	Festival
RDC	3432	3406	44734,73	533	48699,73	48673,73
1er étage	1452	1441	8159,35	668,50	10279,85	10268,85
2ème étage	2508	2489	16608,92	525	19641,92	19622,92
3ème étage	3432	3406	24483,27	700	28615,27	28589,27
4ème étage	3432	3406	27493,27	700	31625,27	31599,27
5ème étage	10428	10087	48126,35	612,50	59166,85	58825,85

6.8 débits d'air

6.8.1 généralité

Le débit d'air est la quantité d'air que peut traiter un équipement technique. Le débit d'air d'un climatiseur, d'une pompe à chaleur, d'une centrale de traitement d'air ou d'un ventilateur est en général indiqué en m³/h. L'unité légale étant le m³/s. Le débit d'air est lié aux pertes de charge du réseau aéraulique.

Celle-ci augmentent avec le carré du débit, soit si le débit est multiplié par 2, les pertes de pression sont multipliées par 4. La puissance du ventilateur et son rendement sont donc liés au couple débit/pression. En génie climatique, les calculs de débit d'air s'effectuent via des diagrammes (ou logiciels) aérauliques qui pointent des sections ou diamètres aérauliques en fonction du débit d'air et des pertes de charges dans la longueur de gaines. A ces pertes de charges doivent s'ajouter toutes les pertes de charges singulières pour obtenir la pression disponible du ventilateur nécessaire à sa sélection chez les fabricants ventilation [1].

6.8.2 Comment estimer le débit de soufflage nécessaire ?

En théorie, le débit de soufflage doit permettre un taux de brassage compris entre 5 et 10 volumes par heure.

Mais en réalité, bien que la valeur courante soit de 7 à 8 environ, il ne doit pas dépasser 15 en climatisation de confort et peut aller jusqu'à 30 en climatisation industrielle.

Si on veut rapidement calculer le débit de soufflage, il suffit de multiplier le volume du local exprimé en mètre cubes au taux de brassage exprimé en volume par heure. Pour calculer le volume d'une pièce, on multiplie sa longueur par sa largeur par sa hauteur sous plafond [2].

6.8.3 Cycle d'évolution de l'air sur le diagramme (H – X)

Afin de déterminer les différents paramètres on doit suivre les étapes suivantes :

- a) Fixer sur le diagramme (H – X) les points I défini par (T_i , f_i) et E défini par (T_e , f_e) et on le trace sur la droite I E ;
- b) Déterminer la température de soufflage suivant l'écart de soufflage concernant chaque type de diffuseur (on prend DT_s = 7°C), et pour chaque période on détermine la température de soufflage car :
 - Pour la période hivernale : T_s = DT_s + T_i.
 - Pour la période estivale : T_s = T_i – DT_s.
- c) Calculer le rapport caractéristique j du traitement d'air est son angle d'inclinaison i.
 - $j = Q_{tot} / W$ (Kj / Kg)
 - Q_{tot} : charge totale (KW).
 - W : quantité de chaleur dégagé par les occupants (Kg / h).
- d) Tracer la droite de soufflage et fixer le point de soufflage S sur le diagramme H – X.

e) On trace la droite de soufflage inclinée d'un angle i par rapports à l'horizontale, grâce à ça on trace le point S.

f) On calcule le débit de soufflage (V_{as}) suivant :

$$V_{as} = (Q_{tot} / (h_i - h_s)) * v_s \text{ (m}^3\text{/h)}$$

h_i : Enthalpie de l'air intérieur (Kj / Kg).

h_s : Enthalpie de l'air soufflé (Kj / Kg).

v_s : volume spécifique de l'air soufflé.

- Var ?

$$Var = V_{as} \text{ (m}^3\text{/h)}.$$

g) On déterminera un ensemble de processus de traitement de l'air de mélange pour passer du point I jusqu'au point S.

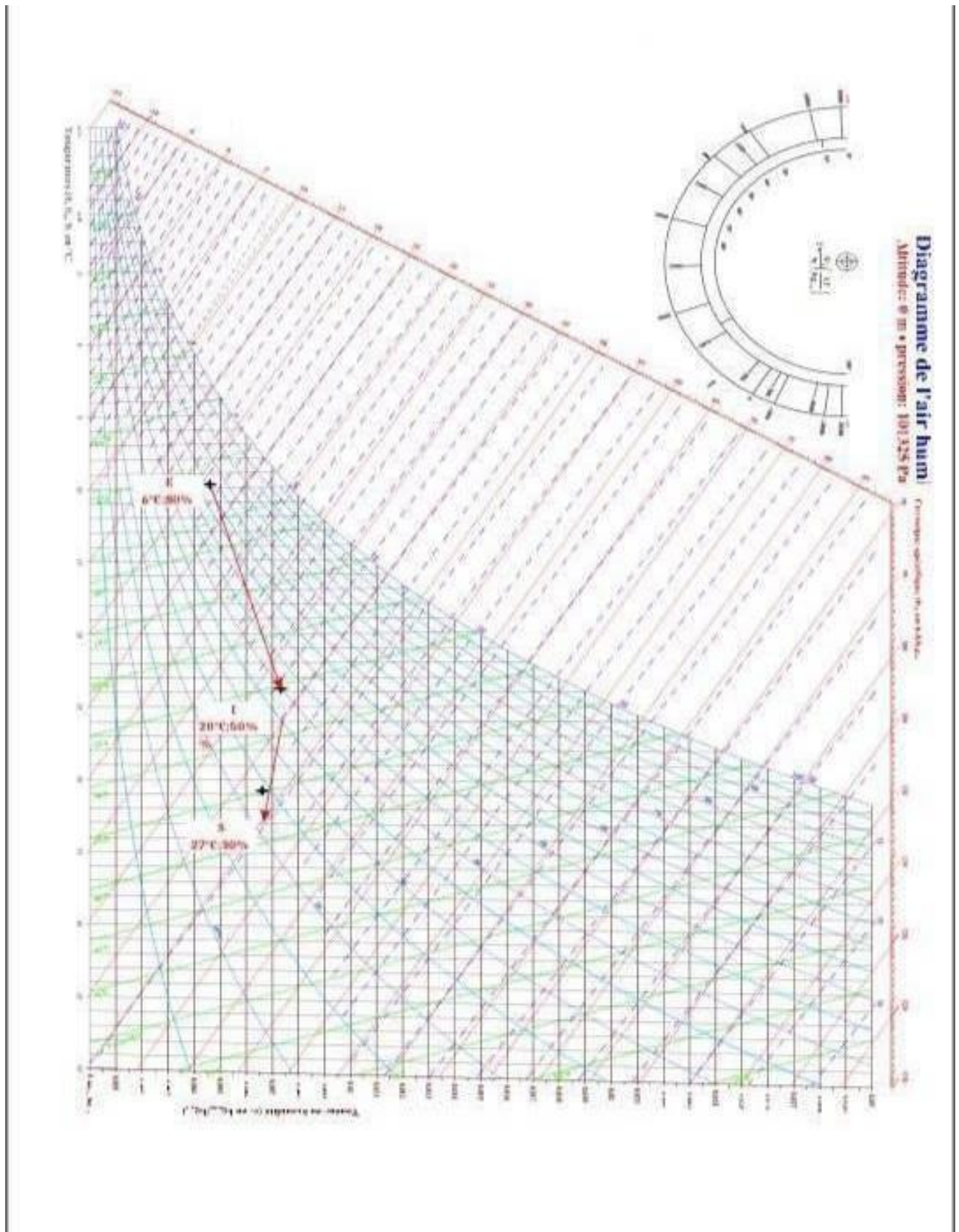


Figure 6.1 : évolution de l'air pour $T_i=20^{\circ}\text{C}$ sur le digramme de Mollier (H-X).

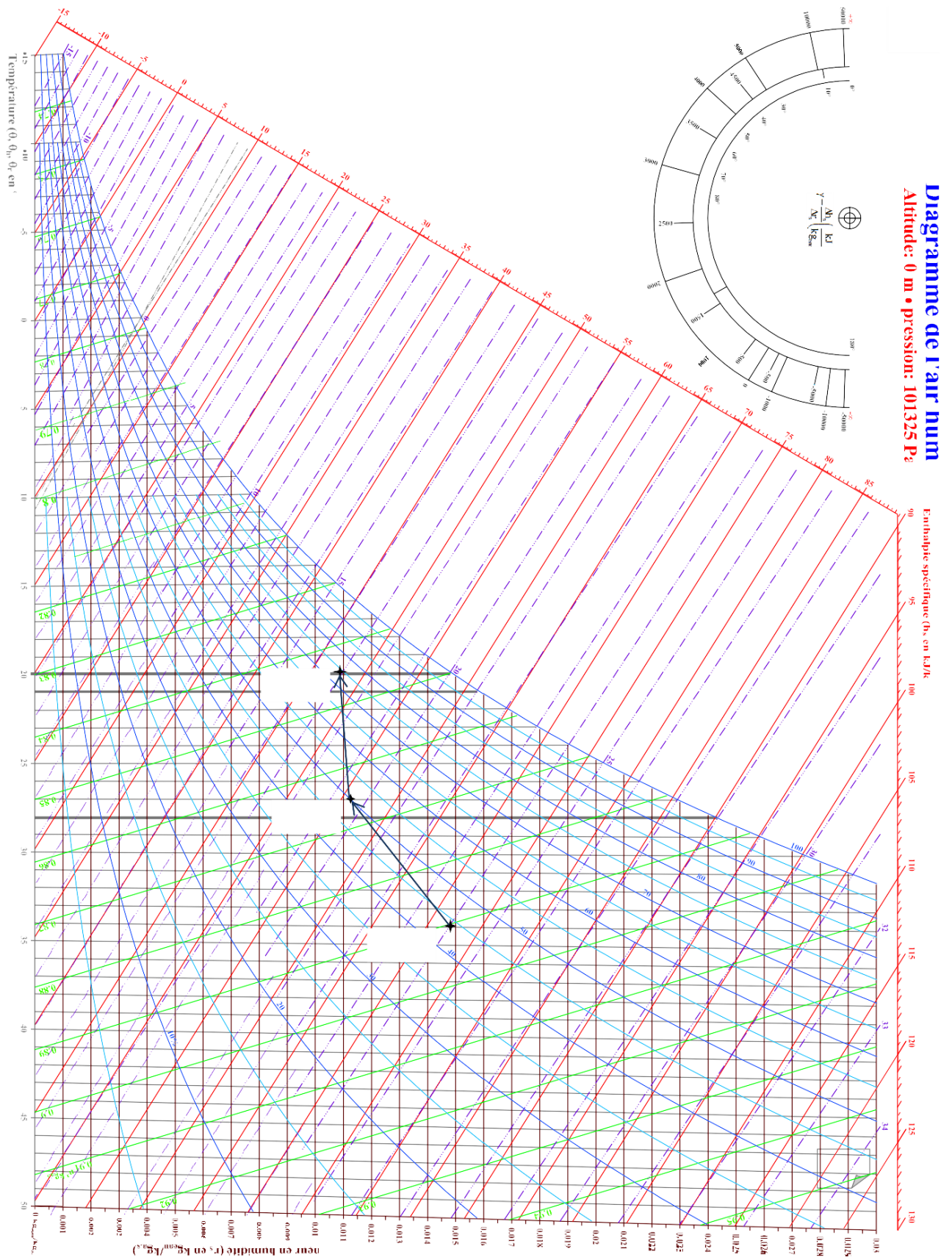


Figure 6.2 : évolution de l'air pour $T_i=27^\circ\text{C}$ sur le diagramme de Mollier (H-X).

Chapitre 6 : Bilan thermique

Application au projet

On a utilisé le simulateur de l'air humide enlinge

RDC Période Hivernal

	Qh	Ti	Te	Φ_i	Φ_e	Hi	He	Vs	Débit d'air
reception	-115,4	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-12,97

1ère étage Période Hivernal

	Qh	Ti	Te	Φ_i	Φ_e	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01	562,757	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-63,23
Chambre 02	565,228	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-63,51
Administration	205,341	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-23,07
Bureau directur	580,109	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-65,18

2ème étage Période Hivernal

	Qh	Ti	Te	Φ_i	Φ_e	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01	-882,099	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-99,11
Chambre 02	-496,807	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-55,82
Chambre 03	-487,482	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-54,77
Chambre 04	-357,494	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-40,17
Chambre 05	-643,899	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-72,35
Chambre 06	-802,446	21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	-90,16

3ème étage

	Qh	Ti	Te	Φ_i	Φ_e	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 02		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 03		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00

Chapitre 6 : Bilan thermique

Chambre 04		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 05		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 06		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 07		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 08		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00

4^{ème} étage

	Qh	Ti	Te	Φi	Φe	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 02		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 03		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 04		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 05		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 06		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 07		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 08		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 09		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
ch10		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00

5^{ème} étage

	Qh	Ti	Te	Φi	Φe	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 02		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 03		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 04		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 05		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
restaurants		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00
salle de sport		21	13	50	80	40,7	31,8	0,841	0,00

Période Festival

	Qf	Ti	Te	Φi	Φe	Hi	He	Vs	Débit d'air
reception	185,4	24	35	50	44	47,7	74,9	0,841	-6,82

Période Festival

	Qf	Ti	Te	Φi	Φe	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01	773,791	21	13	50	44	47,7	74,9	0,841	-28,45
Chambre 02	777,188	21	13	50	44	47,7	74,9	0,841	-28,57
administration	282,344	21	13	50	44	47,7	74,9	0,841	-10,38
bureau directur	800,4	21	13	50	44	47,7	74,9	0,841	-29,43

	Qf	Ti	Te	Φi	Φe	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 02		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 03		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 04		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 05		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 06		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00

	Qf	Ti	Te	Φi	Φe	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 02		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 03		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 04		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 05		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 06		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 07		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 08		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00

	Qf	Ti	Te	Φi	Φe	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 02		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 03		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 04		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 05		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 06		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 07		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 08		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 09		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
ch10		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00

	Qf	Ti	Te	Φ_i	Φ_e	Hi	He	Vs	Débit d'air
Chambre 01		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 02		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 03		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 04		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 05		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 06		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00
Chambre 07		21	13	50	44	40,7	31,8	0,841	0,00

Chapitre 7

Digitalisation le système choisi

Chapitre 7

Digitalisation le système choisi

7.1 introduction générale sur Revit Mep

7.1.1 Revit pour MEP (mécanique, électrique, plomberie) Ingénierie

Le logiciel Revit est une solution complète qui aide les ingénieurs, les dessinateurs et les fabricants de MEP (mécanique, électrique et plomberie) à modéliser, analyser et itérer la conception de systèmes en BIM (Building Information Modeling) pour soutenir une meilleure performance et une meilleure coordination entre les disciplines.

7.1.2 Avantages de Revit pour MEP BIM

- ✓ Revit permet aux ingénieurs, concepteurs et entrepreneurs MEP de mieux comprendre les systèmes de construction et de les coordonner facilement avec d'autres contributeurs au projet.
- ✓ Le logiciel en raison de son interopérabilité avec d'autres outils BIM, permet aux professionnels d'avoir un contrôle absolu sur le système, ce qui facilite ainsi une meilleure décision.
- ✓ Assure une meilleure coordination pour éviter les coûts inutiles et assurer la création d'une installation optimale
- ✓ Le logiciel REVIT est une plateforme de conception multidisciplinaire qui permet de relier les équipes et les outils en étendant la conception au détail.
- ✓ Les entrepreneurs en matière de MEP utilisent largement Revit pour la conception BIM car il s'agit d'un premier choix pour les logiciels de conception BIM dans le domaine MEP.

7.2 Système HVAC centraliser Hybrid

7.2.1 Définition

Un système HVAC centralisé hybride est un système de chauffage de ventilation et de climatisation qui combine une pompe à chaleur électrique et une chaudière au gaz ou au fioul.

Ce système alterne entre utilisation de chacune des deux unités en fonction de la saison, de la température extérieure et des besoins de chauffage ou de refroidissement, afin d'optimiser

l'efficacité énergétique. Lorsque les températures sont douces, la pompe à chaleur électrique fonctionne de manière efficace pour chauffer ou refroidir la maison, mais quand il fait plus froid, la chaudière prend les relais pour fournir rapidement et efficacement la chaleur nécessaire.

Cette combinaison permet de bénéficier des avantages des deux technologies, ce qui se traduit par des économies d'énergie et des coûts de fonctionnement réduits tout au long de l'année ^[1].

7.3 L'installation du réaux HVAC au niveau de 5ème étage



Figure 7.1 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -1-

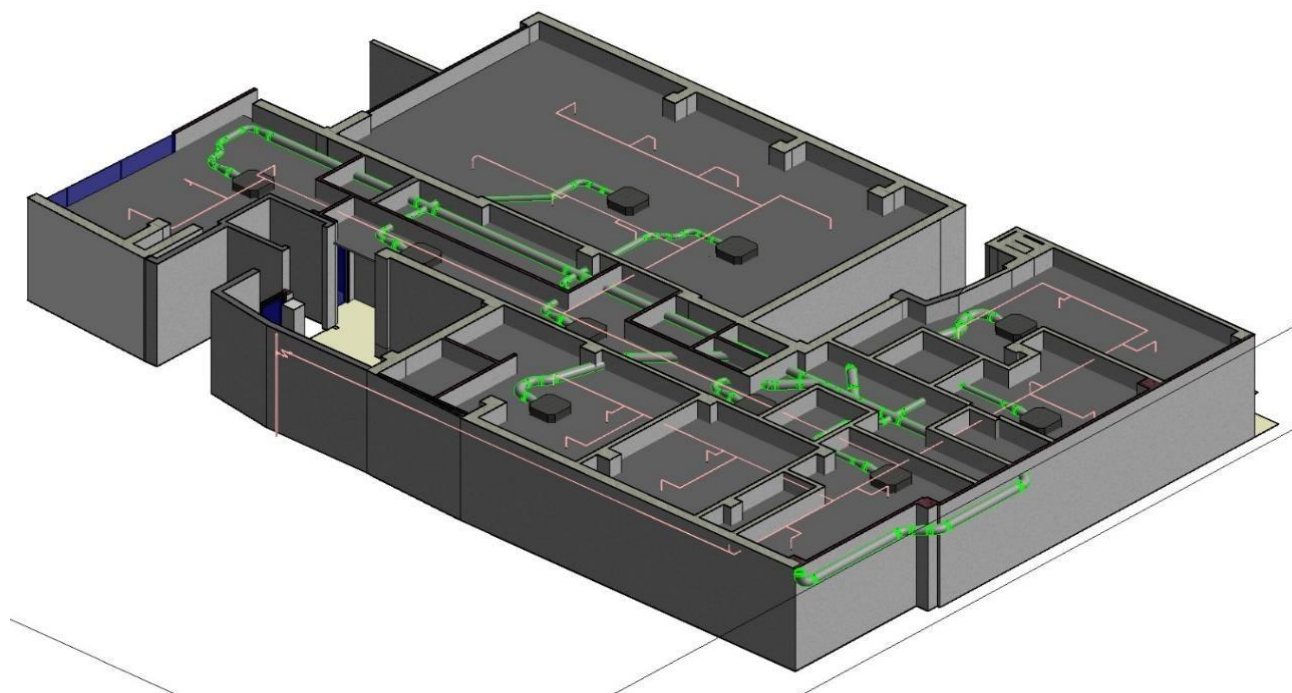


Figure 7.2 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -2-



Figure 7.3 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -3-

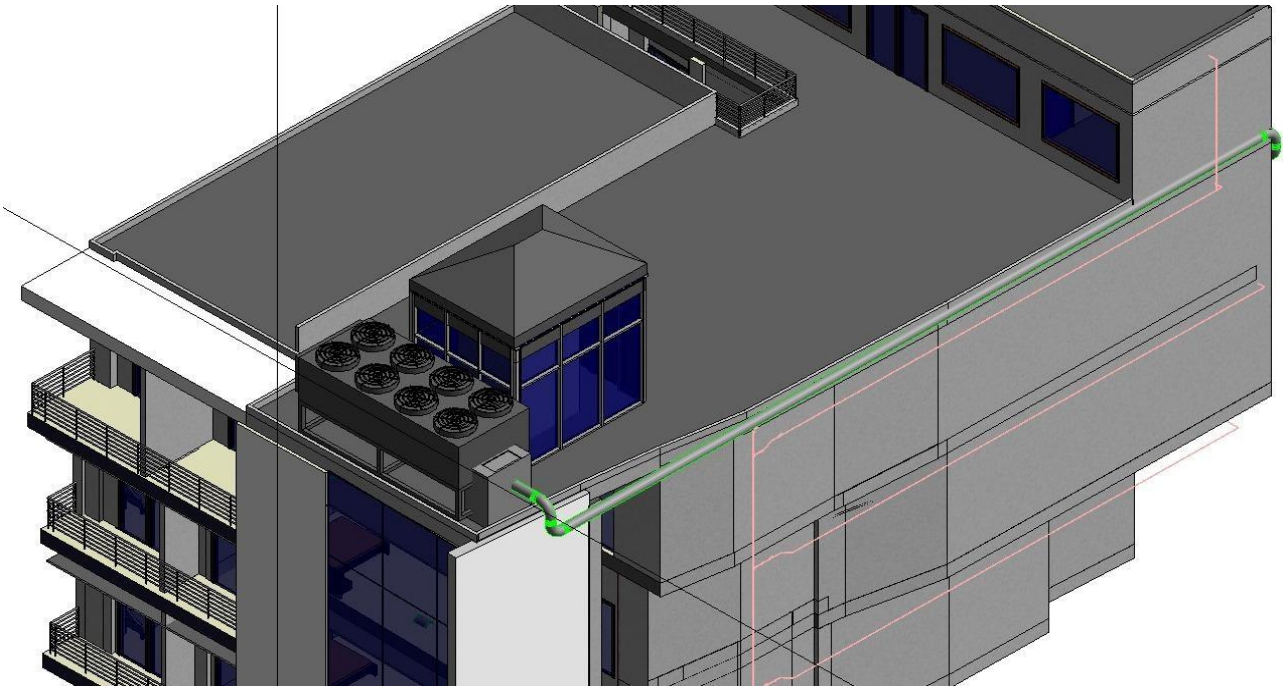


Figure 7.4 : schéma d'installation du Réseau HVAC 5ème étage -4-

Conclusion générale

Conclusion générale

Le besoin croissant en climatisation, chauffage et ventilation dans divers environnements architecturaux soulève une série de défis et opportunités clés. À travers l'exploration approfondie des aspects suivants :

1. **Dimensionnement adapté** : La précision dans le calcul de la capacité des systèmes HVAC est essentielle pour répondre efficacement aux besoins spécifiques de chaque espace, évitant ainsi le gaspillage énergétique et les coûts excessifs.
2. **Critères de confort** : L'optimisation du confort thermique et de la qualité de l'air est cruciale pour le bien-être des occupants tout en maximisant l'efficacité énergétique, nécessitant une conception soignée et l'utilisation de technologies avancées.
3. **Impact environnemental** : La réduction de l'empreinte écologique tout en maintenant des conditions intérieures saines requiert l'adoption de pratiques durables et de systèmes écoénergétiques conformes aux normes locales et internationales.
4. **Technologies et normes** : L'adoption de technologies innovantes et le respect des normes de performance sont fondamentaux pour garantir des systèmes HVAC efficaces et respectueux de l'environnement, favorisant ainsi une gestion efficace des ressources.
5. **Optimisation des coûts** : L'optimisation des coûts initiaux et à long terme tout en maintenant des performances optimales des systèmes nécessite une planification minutieuse et une gestion efficace des ressources et des processus.
6. **Adaptabilité et flexibilité** : Concevoir des systèmes HVAC adaptables aux variations de charge, aux changements climatiques et aux évolutions des besoins des utilisateurs est essentiel pour assurer une efficacité continue et une utilisation optimale des ressources.
7. **Intégration BIM et coordination des disciplines** : Les outils comme Revit facilitent la coordination entre les disciplines lors du dimensionnement des systèmes HVAC, tout en

nécessitant une gestion proactive pour éviter les conflits et maximiser l'efficacité opérationnelle.

8. **Modélisation détaillée et clash détection** : La modélisation détaillée des systèmes MEP dans Revit permet une détection précoce des conflits potentiels, réduisant ainsi les retards et les coûts liés aux ajustements en cours de projet.
9. **Réduction des retards et des coûts de construction** : Éliminer les chevauchements des systèmes MEP grâce à Revit conduit à une gestion plus efficace du projet, réduisant les retards sur site et les modifications de dernière minute.
10. **Amélioration de la qualité et de la durabilité** : La coordination améliorée des systèmes MEP via Revit contribue à une meilleure qualité de construction et favorise des solutions durables et énergétiquement efficaces, soutenant ainsi les objectifs de développement durable.
11. **Innovation et perspectives futures** : Les avancées technologiques telles que l'évolution de Revit et les technologies BIM ouvrent de nouvelles perspectives pour l'innovation dans le dimensionnement des systèmes HVAC, promettant des solutions plus intelligentes et adaptées aux défis futurs.

En conclusion, l'approche intégrée de la conception, de la mise en œuvre et de la gestion des systèmes HVAC est cruciale pour répondre aux exigences complexes des bâtiments modernes tout en promouvant une utilisation efficace des ressources et en assurant le confort et la santé des occupants. En adoptant les meilleures pratiques, technologies et normes, nous pouvons créer des environnements bâtis durables, résilients et adaptés aux besoins évolutifs de la société.

Référence

Référence

Chapitre 1

- 1) Melle Hamel khalissa, “CONFORT THERMIQUE,” in *Master I: Architecture et Environnement*, UNIVERSITE DE BISKRA FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE DEPARTEMENT D’ARCHITECTURE.
- 2) V. Candas, “Le confort thermique”, article sur la Technique de l’ingénieur,” www.techniquesingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/genie-energetique-ti200/.
- 3) T. Magali, “Le confort global dans les écoles élémentaires en milieu tropical: un réaménagement des échelles et étude de l’impact de la forme architecturale”, *Mémoire de Master, école nationale supérieure d’architecture Montpellier, Le*, vol. 26, 2017.
- 4) M. S. Alwetaishi, “Impact of building function on thermal comfort: A review paper,” *Am. J. Eng. Applied Sci*, vol. 9, pp. 928–945, 2016.
- 5) Y. Kim, Y. Shin, and H. Cho, “Influencing factors on thermal comfort and biosignals of occupant-a review,” *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 35, pp. 4201–4224, 2021.
- 6) S. ichi Tanabe and K. ichi Kimura, “Effects of air temperature, humidity, and air movement on thermal comfort under hot and humid conditions,” *ASHRAE Trans*, vol. 100, no. 2, pp. 953–969, 1994.
- 7) G. Gan, “Analysis of mean radiant temperature and thermal comfort,” *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 22, no. 2, pp. 95–101, 2001.
- 8) J. Xu and A. P. Raman, “Controlling radiative heat flows in interior spaces to improve heating and cooling efficiency,” *iScience*, vol. 24, no. 8, 2021.
- 9) I. Atmaca, O. Kaynakli, and A. Yigit, “Effects of radiant temperature on thermal comfort,” *Build Environ*, vol. 42, no. 9, pp. 3210–3220, 2007.
- 10) A. De Herde and A. Liébard, *Traité d’architecture et d’urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. 2005.
- 11) B. Givoni and J.-L. Izard, *L’homme, l’architecture et le climat*. Editions du moniteur Paris, 1978.
- 12) M. Corinne, “Travail à la chaleur et confort thermique,” *Les notes scientifiques et techniques de l’INRS, NST*, vol. 184, 1999.

- 13) J. J. Vogt, "confort physiologique. Technique de l'ingénieur," *B2180*, p. 10, 1995.
- 14) G. M. Revel, M. Arnesano, and F. Pietroni, "Integration of real-time metabolic rate measurement in a low-cost tool for the thermal comfort monitoring in AAL environments," in *Ambient assisted living: Italian forum 2014*, Springer, 2015, pp. 101–110.
- 15) N. Tixier, "De la Notion de Confort à la Notion d'Ambiance'," *Revue du Laboratoire Cresson de l'Ecole d'Architecture de Grenoble et CNRS Ambiances Architecturales et Urbaines, France*, 2007.

Chapitre 2

- 1) <https://www.leliacstjean.com/extra/592906/materiaux-de-construction-de-quoi-se-compose-un-systeme-hvac> (**consulté le 25/02/2024**)
- 2) <https://www.intechopen.com/chapters/62059>(**consulté le 28/02/2024**)
- 3) https://tameson.fr/pages/bases-hvac#_5or2oi9ddgvz(**consulté le 28/02/2024**)
- 4) <https://todayshomeowner.com/hvac/guides/types-of-hvac-systems/#h-central-air-conditioners> (**consulté le 28/02/2024**)

Chapitre 4

- 1) <https://calculis.net/resistance-thermique#resultat>(**consulté le 08/03/2024**)
- 2) <https://www.legarrec.com/entreprise/convection-thermique/>(**consulté le 09/03/2024**)
- 3) <https://www.tlv.com/fr-fr/steam-info/steam-theory/steam-basics/overall-heat-transfer-coefficient>(**consulté le 09/03/2024**)

Chapitre 5

- 1) <https://flores-amo.fr/la-condensation-de-surface/#:~:text=D%C3%A9finition%20de%20la%20condensation%20de%20surface&text=La%20temp%C3%A9rature%20de%20l'air,humidit%C3%A9%20ou%2Fet%20de%20mois%20issure>(**consulté le 08/03/2024**)
- 2) <https://metaletech.com/2019/12/10/condensation-dans-les-batiments-phenomene-physique-et-precautions-partie-3-condensation-dans-la-masse/#:~:text=La%20condensation%20dans%20la%20masse,par%20%C3%A9coulement%20d'air> (**consulté le 28/02/2024**)
- 3) <https://fr.scribd.com/document/505605759/CALCUL-DE-LA-CONDENSATION-GLASER> (**Consulté le 28/05/2024**)

Chapitre 6

- 1) https://www.xpair.com/lexique/definition/debit_air.htm#:~:text=Le%20d%C3%A9bit%20d'air%20est,de%20charge%20du%20r%C3%A9seau%20a%C3%A9raulique (**consulté le 28/03/2024**)
- 2) <https://www.cacheclimatisation.com/2020/11/30/debit-de-soufflage-climatisation/#:~:text=Si%20vous%20voulez%20rapidement%20calculer,par%20sa%20hauteur%20sous%20plafond>(**consulté le 03/03/2024**)

