

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU

FACULTE DE GENIE DE LA CONSTRUCTION

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Master professionnel en Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Option : Froid, chauffage et climatisation

Thème

Optimisation énergétique d'une installation de climatisation à détente directe

Proposé et dirigé par :

Mr. S. BOUDAUD

Etudier et réalisé par :

M^{elle}. HAMOUM Thinhinane

Mr. MAMOUNI Aghiles

Promotion 2022/2023

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude à notre encadreur, Mr. Boudaoud, de nous avoir guidés, conseillés et orientés durant chaque étape de ce projet.

Nous tenons aussi à remercier Mr. Beltagy pour ses encouragements et ses précieux conseils.

Nos remerciements vont à chaque enseignant du département du génie mécanique nous ayant prêté main-forte à chaque fois que nous avons eu besoin.

Nos remerciements vont aux membres de jury pour avoir évalué ce travail.

Et pour finir, nos remerciements vont à chaque personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma mère qui m'a toujours soutenu et qui a cru en moi quand moi j'ai perdu l'espoir.

À ma sœur qui m'a épaulé et encouragé.

À mes amis qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont suivi depuis le début de ce travail.

À toute personne qui a eu un passage positif dans ma vie et qui m'a boosté pour devenir une meilleure personne.

HAMOUM Thinhinane

Dédicaces

*Je remercie Dieu de m'avoir donné l'occasion de présenter toutes mes
dédicaces à :*

*Mon père, et ma source de vie, chère Mère, Mes sœurs (Lila et Dihia) et
mon frère (coco) et à toute ma chère Famille qui m'a donné un souffle et
qu'ils me le donnent toujours, et ils m'ont procuré toutes les
circonstances convenables à l'accomplissement de ce projet, et a tous
mes amis Surtout (Aghiles, Youcef, Aziz et Boussad).*

MAMOUNI Aghiles

Nomenclature		
Symbole	Signification	Unité
A%	Pourcentage de majoration sur K	%
AI _l	Partie latente des apports calorifiques internes	W
AI _{l,ec}	Partie latente des apports internes dû à l'éclairage	W
AI _{l,j}	Partie latente d'apport interne j	W
AI _{l,oc}	Partie latente des apports internes dus aux occupants	W
AI _{l/p}	Apport latent dégagé par une personne	W/Per s.
AINF _l	Partie latente des apports calorifiques dus aux infiltrations d'airextérieur	W
AINF _s	Partie sensible des apports calorifiques dus aux infiltrations d'airextérieur	W
AI _s	Partie sensible des apports calorifiques internes	W
AI _{s,ec}	Partie sensible des apports internes du à l'éclairage	W
AI _{s,j}	Partie sensible d'apport interne j	W
AI _{s,oc}	Partie sensible des apports internes dus aux occupants	W
AI _{s/p}	Apport sensible dégagé par une personne	W/Per s.
alt	Altitude	m
APO	Apports calorifiques à travers les parois opaques	W
APOI _{lc}	Apports calorifiques à travers une paroi opaque en contact avec un local climatisé	W
APOI _{nc}	Apports calorifiques à travers une paroi opaque en contact avec un local non climatisé	W
APO _s	Apports de chaleur à travers une paroi en contact avec le sol	W

AT	Apports calorifiques totaux	W
AV	Apports calorifiques à travers les parois vitrées	W
AVE	Apports calorifiques à travers une paroi vitrée extérieure	W
AVR	Apports calorifiques par rayonnement à travers une paroi vitrée extérieure	W
AVT	Apports calorifiques par transmission à travers une paroi vitrée extérieure	W
Clnc	Coefficient correcteur	°C
Cp	Chaleur spécifique.	J/Kg
Cte	Coefficient de correction	-
CTS	Coefficient correcteur	-
DHb,i	Humidité relative de base de l'air intérieur	%
E	Est	-
e1	Longueur d'ombre latérale	m
e2	Longueur d'ombre verticale	m
Eb	Ecart diurne de base	°C
FS	Facteur solaire du vitrage	-
he	Coefficient d'échange superficiel extérieur	W/m ² .°C
hi	Coefficient d'échange superficiel intérieur	W/m ² .°C
HS	Humidité spécifique de l'air	gvap/Kg a s
HSb,e	Humidité spécifique de base de l'air extérieur	gvap/Kg a s
Id	Rayonnement diffus maximal réel	W/m ²

Id,b	Rayonnement diffus de base	W/m ²
It	Rayonnement total maximal réel	W/m ²
It,b	Rayonnement total de base	W/m ²
It,b	Rayonnement total de base	W/m ²
It,b(°40)	Rayonnement total de base pour le mois de juillet et la latitude °40Nord	W/m ²
K	Coefficient de transmission thermique surfacique	W/m ² . °C
Kmoy	Coefficient de transmission thermique surfacique moyen	W/m ² . °C
Kvn	Coefficient de transmission thermique du vitrage	W/m ² . °C
M	Masse rapportée à la surface du plancher	m ²
n	Nombre de couches de matériaux formant une paroi	-
N	Nord	-
NE	Nord Est	-
NL	Nombre de lampes ou de tubes fluorescents	-
NO	Nord-Ouest	-
Np	Nombre de personnes	-
NPVI	Coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers une paroi vitrée extérieure	-
O	Ouest	-
Sapp	Surface de la zone apport	m ²
SE	Sud Est	-
Sint	Surface intérieure totale de la paroi opaque	m ²

So	Surface vitrée à l'ombre	m ²
SO	Sud-Ouest	-
Souv	Surface d'ouverture dans la paroi opaque	m ²
Spl	Surface de plancher du local climatisé	m ²
Spl	Surface de plancher	m ²
SV	Surface totale vitrée	m ²
SVenc	Surface vitrée ensoleillée	m ²
TSa	Température sèche de l'air intérieur du local adjacent climatisé	°C
TSb,e	Température sèche de base de l'air extérieur	°C
TSb,i	Température sèche de base de l'air intérieur du local climatisé	°C
TSe	Température sèche de l'air extérieur	°C
TSm	Température moyenne sèche de l'air extérieur	°C
Δte	Différence de température équivalente	°C
Δtes	Différence de température équivalente non corrigé (conditions standard) Pour une paroi à l'ombre	°C
Δtem	Différence de température équivalente non corrigé (conditions standard) Pour une paroi ensoleillée	°C
α	Facteur d'absorption de la paroi	-
ΔTS_{max}	Différence maximale de température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur	°C
ΔT_{inc}	Ecart de température entre espace non conditionné et local climatisé	°C
V inf	Débit d'air dû aux infiltrations d'air extérieur	m ³ /h
V inf,oi	Débit d'infiltration pour l'ouvrant i	m ³ /h. m ²

β	Hauteur du soleil	degré
Φ	Azimuth solaire	degré
φ	Azimuth d'une paroi	degré
ρ	La masse volumique	[kg / m ³]
ζ	Coefficient de perte de charge spécifique d'une singularité.	-
V	La vitesse	[m/s].
D_n	Diamètre circulaire	m
L	Longueur de la conduite	m
D	Diamètre de la conduite	m
ΔP_s	Perte de charge singulière	Pa
ΔP_l	Perte de charge linéaire	Pa
Pd	Pression dynamique	kg/m ² .s
ΔP_T	Perte de charge Totale	Pa
Φ	Flux de chaleur	W
h	Coefficient de transfert thermique par convection	W/m ² .k
ΔT	Gradient de température	°C
λ	Conductivité thermique	W/m.°C
e	Epaisseur de la paroi	m
T _{bi}	Température intérieure de base	°C
T _{be}	Température extérieure de base	°C

U	Coefficient d'échange global	W/m ² . K
A	Surface	m ²
D	Déperditions totales d'un logement	W/°C
Di	Déperditions totales d'un volume i	W/°C
DT	Déperditions par transmission	W/°C
DR	Déperditions par renouvellement d'air	W/°C
DS	Déperditions surfaciques	W/°C
Dli	Déperditions à travers les liaisons	W/°C
K	Coefficients de transmission globale	W/°C. m ²

Table des matières

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I: Généralités

I.	Introduction aux systèmes de climatisation	2
I.1.	Système à détente directe	2
I.2.	Système VRV.....	2
I.3.1.	Température ambiante.....	5
I.3.2.	Température des parois	6
I.3.3.	Humidité relative de l'air	7
I.3.4.	Mouvements d'air	8
I.3.5.	Occupant	9
I.4.	Remarque	9
II.	Caractéristiques de la Clinique EL-HILAL	9
II.1.	Type et architecture.....	9
II.2.	Quelques établissements classés en type U par activité.....	9
II.3.	Seuils des catégories du type U sont.....	9
II.4.	Architecture.....	10

Chapitre II: Bilans thermiques et optimisation

I.	Préambule.....	14
II.	Bilan thermique estival	14
II.1.	Calcul des apports calorifiques de la clinique.....	15
II.2.	Formules générales	16
II.2.1.	Calcul des apports	16
II.2.2.	Vérification réglementaire	16
II.3.	Apports de chaleur à travers les parois opaques	17
II.3.1.	Parois aériennes.....	17
II.3.2.	Parois ensoleillées	17
II.3.3.	Parois intérieurs.....	18
II.4.	Apports à travers les parois vitrées	19
II.5.	Calcul de la surface ensoleillée et ombrée de vitrage	19
II.5.1.	Cas d'une saillie verticale	20
II.5.2.	Cas d'une saillie horizontale	21
II.6.	Etapas de calcul.....	22
II.7.	Apports de chaleur internes.....	23

II.7.1.	Gain dus aux occupants.....	24
II.7.2.	Gains dus aux machines électriques.....	26
II.7.3.	Gains dus à l'éclairage	28
II.7.4.	Apport de chaleur par introduction d'air extérieur	29
II.8.	Discussion	34
III.	Bilan thermique hivernal.....	34
III.1.	Définition des déperditions thermiques	34
III.2.	Calculs préliminaires.....	35
III.2.1.	Coefficient d'échange global	35
III.2.2.	Résistance thermique	35
III.3.	Déperditions thermiques	36
III.3.1.	Déperditions totales d'un logement	36
III.3.2.	Déperditions totales d'un volume	36
III.3.3.	Déperditions par transmission d'un volume	37
III.3.4.	Déperditions surfaciques.....	37
III.3.5.	Déperditions linéiques.....	38
III.3.6.	Déperditions à travers les sols.....	38
III.3.7.	Déperditions à travers les locaux non chauffés.....	39
III.3.8.	Déperditions par renouvellement d'air.....	40
III.3.9.	Déperditions de base pour un volume	40
III.4.	La puissance de chauffage	41
III.5.	Discussion	41
IV.	Plan architectural.....	11
V.	Optimisation énergétique selon le logiciel CTBAT Apprue	43
V.1.	Définition de la résistance thermique.....	43
V.2.	Composition et détails de l'enveloppe	43
V.3.	Optimisation énergétique avec le logiciel CTBAT Apprue	45
V.4.	Epaisseur de l'isolant	48
V.5.	Discussion	49

Chapitre III: Conception de l'installation de climatisation

I.	Dimensionnement et présentation de réseau gaz.....	50
I.1.	Fluide frigorigène R22	50
I.2.	Dimensionnement et calcul	50
I.2.1.	Calcul des pertes de charge	51
I.2.2.	Détermination de diamètres des tuyauteries	51

I.3.	Diagrammes de tuyauterie	52
I.4.	Discussion	61
II.	Dimensionnement de réseau aéraulique	61
II.1.	Dimensionnement et Calcul des conduites de ventilation.....	62
Exemple de calcul		62
II.2.	Calcul des débits.....	63
II.3.	Diamètre de gaines aérauliques à installer	63
II.4.	La vitesse réelle.....	63
II.5.	Pertes de charge	64
II.5.1.	Pertes de charge linéaire	64
II.5.1.1.	Calcul de coefficient de pertes de charge λ	65
II.5.2.	Pertes de charge singulières	66
II.6.	Discussion	75

Chapitre IV: Choix des équipements

I.	Préambule.....	76
II.	Choix des équipements réseau aéraulique.....	76
II.1.	Unité intérieure	76
II.1.1.	Caractéristiques d'une cassette à 4 voies	77
II.1.2.	Caractéristiques physiques et fonctionnement	77
II.1.3.	Caractéristiques techniques.....	78
II.2.	Unité extérieure.....	79
II.2.1.	Caractéristiques physiques et fonctionnement	80
II.2.2.	Caractéristiques techniques.....	81
II.3.	Discussion	82
III.	Choix des équipements réseau gaz.....	82
III.1.	Définition d'une pompe à chaleur.....	82
III.2.	Choix de la pompe à chaleur	84
III.3.	Discussion	87
	Conclusion générale	85

Liste des figures

Le numéro	Titre de la figure	La page
I-1	Exemple d'installation d'un système VRV.	3
I-2	Schéma du VRV à récupération d'énergie à deux tubes.	4
I-3	Représente le rapport entre l'humain et les critères de confort.	5
I-4	Thermostat d'apprentissage intelligent de chauffage réglé à 25°.	6
I-5	Influence des parois sur la température intérieure du local.	7
I-6	Température de l'air en fonction de quantité de vapeur.	8
I-7	Effet de l'air sur une température.	8
I-8	Implantation géographique de la clinique EL-HILAL.	10
I-9	Plan AutoCAD du rez-de-chaussée de la clinique EL-HILAL.	11
I-10	Plan AutoCAD du 1 ^{er} étage de clinique EL-HILAL.	12
I-11	Plan AutoCAD du 2 ^{eme} étage de la clinique EL-HILAL.	13
II-1	Schéma d'une saillie verticale.	21
II-2	Schéma d'une saillie horizontale.	22
II-3	Surface ombrée d'un vitrage.	23
II-4	Schéma d'un flux de chaleur traversant une paroi opaque.	35
II-5	Déperditions totales d'un local.	37
II-6	Composition de la paroi Est et Sud après optimisation.	46
II-7	Composition de la paroi Ouest après optimisation.	46
II-8	Composition du plafond après optimisation.	47
II-9	Conformité estivale après optimisation avec le logiciel CTBAT Apprue.	48
II-10	Evolution des couts selon l'épaisseur de l'isolant.	49
III-1	Abaque du réfrigérant R22.	52
III-2	Schéma de la tuyauterie RDC.	53
III-3	Schéma de câblage RDC.	54
III-4	Schéma de la tuyauterie du 1 ^{er} étage.	56
III-5	Schéma du câblage du 1 ^{er} étage.	57
III-6	Schéma de tuyauterie du 2 ^{eme} étage.	59
III-7	Schéma de câblage du 2 ^{eme} étage.	60
III-8	Exemple d'une gaine de réseaux aéraulique rectangulaire.	62
III-9	Déplacement des particules en régime laminaire.	65

III-10	Déplacement de particules en régime turbulent.	66
III-11	Coefficient de pertes de charge singulières.	67
III-12	Abaque d'un conduit circulaire.	68
III-13	Représente la conversion de différentes sections circulaires vers rectangulaires.	71
III-14	Schéma du réseau aéraulique au RDC.	72
III-15	Schéma du réseau aéraulique au 1 ^{er} étage.	73
III-16	Schéma du réseau aéraulique au 2 ^{eme} étage.	74
IV-1	Cassette à 4 voies.	77
IV-2	Composition d'une cassette à 4 voies.	79
IV-3	Caisson de soufflage C4.	80
IV-4	Débit total en fonction de pression.	81
IV-5	Modèle et mesure de l'appareil (JBRB ECOWATT92).	82
IV-6	Image d'une pompe à chaleur.	83
IV-7	Schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur.	84
IV-8	Capacité de la tuyauterie en longueur.	85

Liste des tableaux		
Le numéro	Titre du tableau	La page
II-1	Gains dus aux occupants.	25
II-2	Apports calorifiques dus aux appareils ménagers et de restaurants.	26
II-3	Apports calorifiques dus aux machines de bureaux.	27
II-4	Apports de chaleur dus à l'éclairage.	28
II-5	Bilan thermique (salle de Réunion).	31
II-6	Bilan thermique (directeur administratif).	32
II-7	Bilan thermique complémentaire (directeur administratif).	33
II-8	Bilan thermique hivernal de la salle de réunion.	42
II-9	Bilan thermique hivernal du directeur administratif.	42
II-10	Conductances des parois de la salle de réunion avant optimisation.	44
II-11	Résultat de la conformité de la salle de réunion initialement.	45
III-1	Variation de pertes de charge pour le R22.	51
III-2	Diamètres de la tuyauterie du RDC.	55
III-3	Diamètres de la tuyauterie du 1 ^{er} étage.	58
III-4	Diamètres de la tuyauterie du 2 ^{eme} étage.	61
III-5	Débit par occupant 1 ^{er} étage.	63
III-6	Valeurs indicatives de rugosité de matériaux.	67
III-7	L'ensemble du travail de dimensionnement du réseau aéraulique.	69
III-8	La puissance totale des pertes de charge de la clinique.	70
IV-1	Caractéristiques techniques d'une cassette à 4 voies.	78
IV-2	Caractéristiques techniques de l'appareil (JBRB ECOWATT92).	81
IV-3	Les codes des équipements choisis.	85
IV-4	La fiche techniques des deux premiers codes.	86
IV-5	Fiche technique du troisième code.	86
IV-6	Fiche technique des trois deniers codes.	87

Introduction générale

Dans l'antiquité, les premiers systèmes de chauffage étaient primitifs. Étant le combustible le plus accessible pour la population première, le bois était l'outil du chauffage premier dans l'histoire de l'humanité. À travers le temps, les systèmes de chauffage ont été développés. Au 20^{ème} siècle, le chauffage centralisé et les systèmes de climatisation ont été introduits, changeant le besoin de chauffage et de climatisation en un besoin de confort thermique. La concurrence entre les fabricants, afin de proposer les meilleurs produits tout en prenant en compte des exigences de la population et de l'écologie, a poussé les avancées technologiques à améliorer le confort et réduire la consommation d'énergie tout en gardant le rôle principal de l'équipement qui est chauffer et climatiser.

La climatisation est principalement utilisée pour créer et maintenir des conditions de confort thermique, d'hygiène de l'air et de qualité de l'air à l'intérieur des espaces clos. Les systèmes HVAC de leurs noms (Heating, Ventilation and Air Conditioning), sont des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation, utilisés pour contrôler la température dans un espace ainsi que l'humidité et la qualité de l'air.

Dans notre étude, nous avons choisi l'un de ces systèmes qui, les pompes à chaleur à détente directe, qui se définissent comme étant des systèmes de chauffage et de climatisation polyvalents et éco-énergétiques. Le choix est porté sur ce système vu sa performance et son adaptation à nos besoins dans ce projet.

Notre projet consiste à climatiser une clinique de plusieurs niveaux, et dont la présentation, la situation géographique et tout caractéristique sont mentionnées dans les généralités qu'on trouvera dans le premier chapitre.

Le second chapitre étudiera minutieusement chaque pièce de la clinique, en effectuant les bilans thermiques des périodes froides et chaudes conformément aux règles des documents techniques réglementaires (DTR 3.2 et DTR 3.4), ainsi qu'une optimisation énergétique avec le logiciel CTBAT Apprue.

Le troisième chapitre traitera la mise en œuvre des systèmes de climatisation gaz et air en exploitant les puissances calculées dans le chapitre précédent, ce qui va nous permettre d'élaborer des schémas de distribution pour chaque réseau.

Le quatrième chapitre qui est le dernier chapitre dans notre étude portera accent sur les équipements choisis pour achever l'installation de nos systèmes.

CHAPITRE I

Généralités

I. Introduction aux systèmes de climatisation :

La climatisation est un système qui permet de modifier les conditions climatiques dans un espace fermé, tel qu'un bâtiment, une maison, etc. Il régule la circulation, l'humidité, la qualité et la température de l'air, afin de rendre l'espace agréable et assurer le confort (refroidissement de l'air en été, chauffage en hiver) aux occupants. On distingue quatre systèmes de climatisation :

- Les systèmes à détente directe.
- Les systèmes air/air.
- Les systèmes tout-eau.
- Les systèmes de pompe à chaleur sur boucle d'eau.

I.1. Système à détente directe :

Nous appelons un système à détente directe une technique qui inclut, dans un cycle frigorifique, permis de faire une détente directe par un détendeur qui est relié directement avec une source de chaleur qui sera récupérée dans le cas d'un capteur, d'une pompe à chaleur (géothermique), ou avec split système (climatiseur). On répartie quatre systèmes à détente directe :

- Les unités monoblocs.
- Les climatiseurs mobiles.
- Les split-systèmes.
- Les variantes (VRV).

I.2. Système VRV : [5]

Système VRV (Volume Refrigerant Variable) appelé également VRF (Variable Refrigerant Flow) est un système à détente directe multizones réversibles ou irréversibles. La technologie est constituée d'une ou plusieurs unités intérieures, éventuellement d'un grand nombre d'unités intérieures, et une unité extérieure qui sert à évacuer l'air chaud, réversible, avec simple climatisation ou récupération de chaleur. Il assure une bonne ventilation, confortable et idéale dans l'environnement (figure I.1)

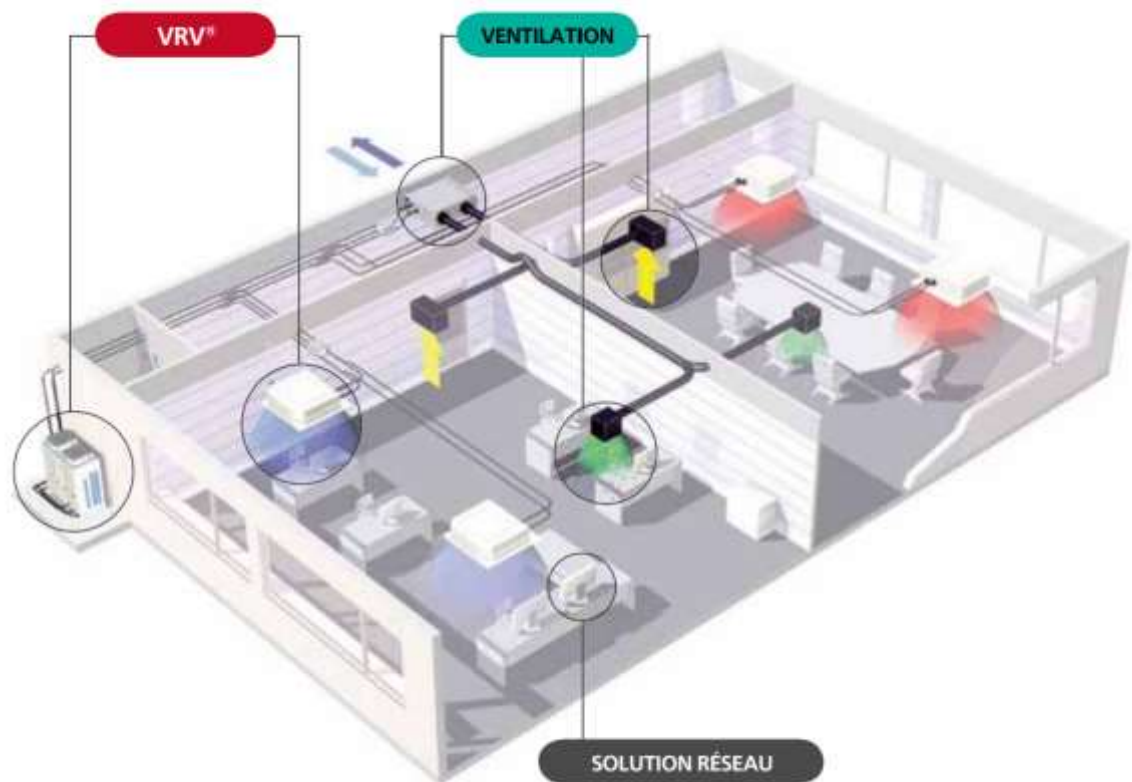


Figure I.1 : Exemple d'installation d'un système VRV.

Il existe deux types de VRV à récupération d'énergie, comme suit :

- VRV à récupération d'énergie à deux tubes.
- VRV à récupération d'énergie à trois tubes.

Dans notre installation nous utilisons le système VRV à récupération à deux tubes.

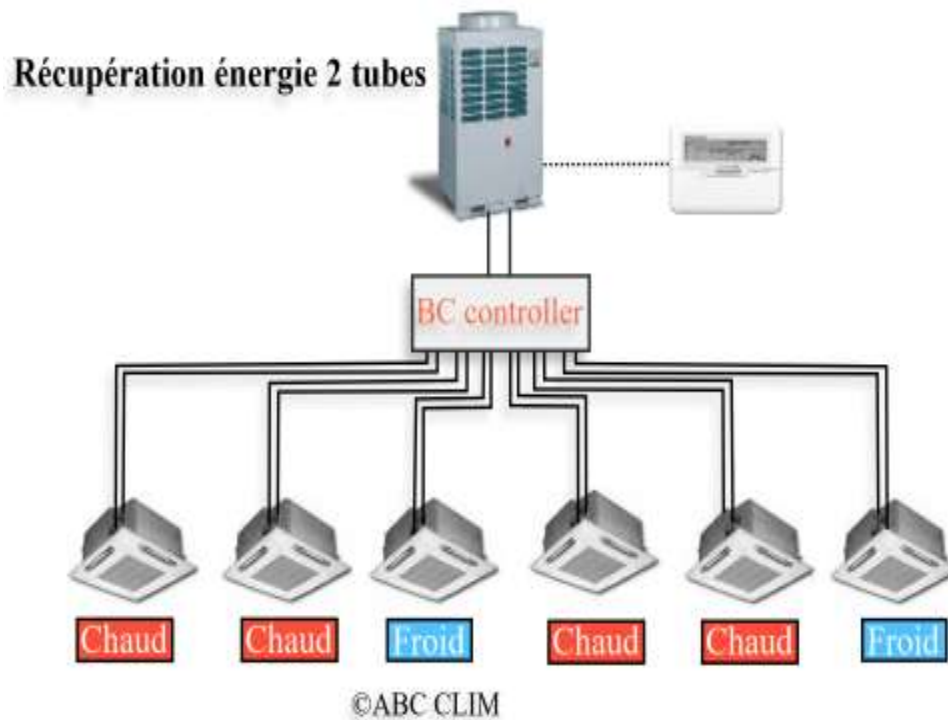


Figure I.2 : Schéma du VRV à récupération d'énergie à deux tubes.

I.3. Confort thermique :

Le confort dit (l'équilibre thermique) [6] est une sensation qui est liée à un paramètre de chaleur propre pour chaque individu. En hiver, pour avoir un meilleur confort thermique et soit-il assuré, lorsqu'on a une chaleur également suffisante. En été, cette chaleur doit être limitée afin d'éviter les surchauffes. Pour atteindre le confort thermique, nous avons listé différents critères qui l'influencent :

- La température ambiante (ou de consigne).
- La température des parois.
- L'humidité relative de l'air.
- Les mouvements d'air.
- L'occupant.

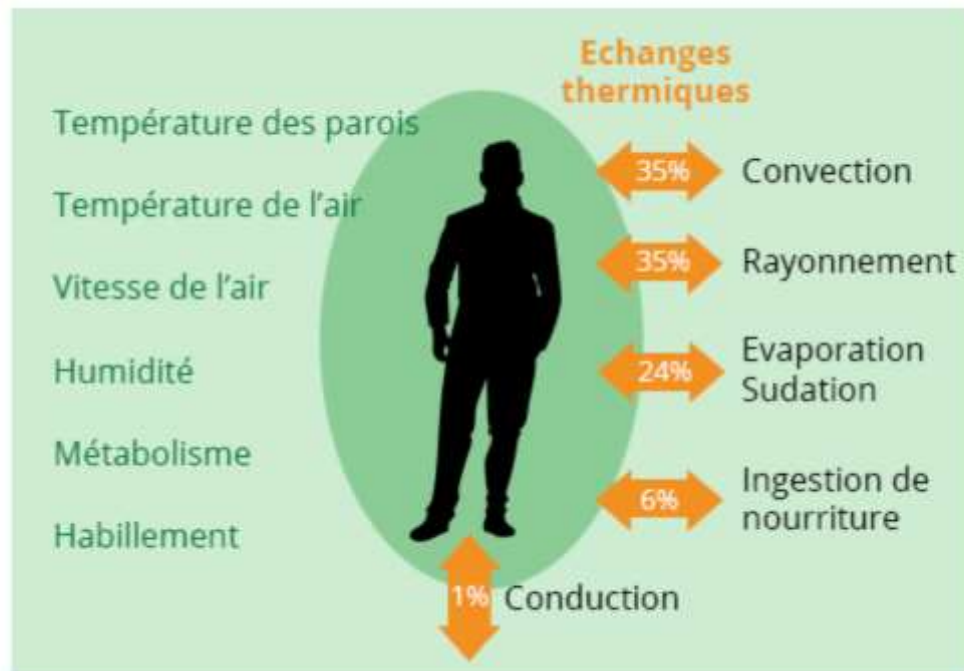


Figure I.3 : Représente le rapport entre l'humain et les critères de confort.

I.3.1. Température ambiante :

C'est la température affichée dans nos appareils, équivalente à la température de la pièce à chauffer ou à climatiser. Pour atteindre un confort thermique qui satisfait nos besoins, un degré de température doit être fixé. D'une manière générale, une température idéale confortable se situe entre 19°C et 20°C. Mais pas toujours, car ça risque d'une surchauffe, comme de passer de 20°C jusqu'à 21°C se fait entraîner une consommation d'énergie supplémentaire d'environ 7%. Dans La nuit et en cas d'inoccupation, cette température peut être réduite de 2 à 3°C à cause du contrôle du chauffage.



Figure I.4 : Thermostat d'apprentissage intelligent de chauffage réglé à 25°.

I.3.2. Température des parois :

La température des parois, c'est le paramètre qui a une grande influence sur la température ressentie. Pour calculer la température ressentie, nous faisons la somme des températures (paroi et ambiante).

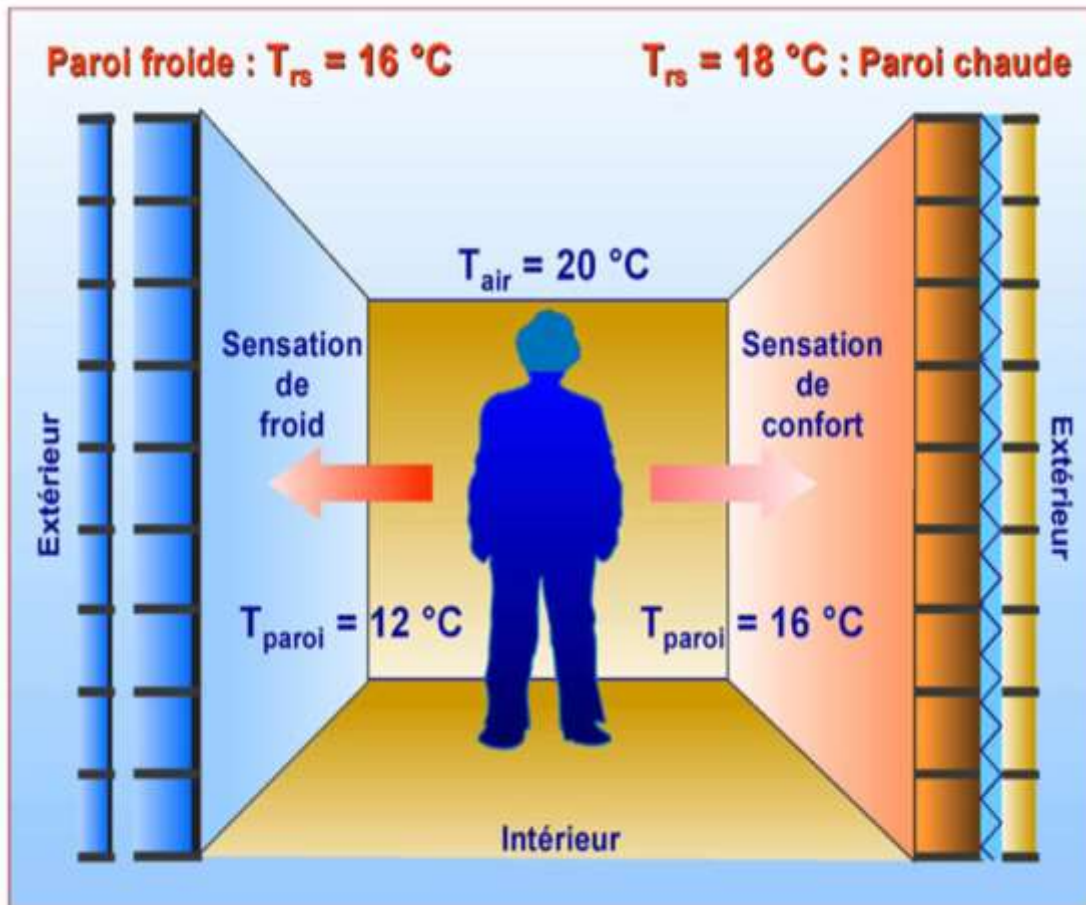


Figure I.5 : Influence des parois sur la température intérieure du local.

I.3.3. Humidité relative de l'air :

Lorsque le taux d'humidité relative dit (hygrométrie) se trouve dans une zone qui est entre 40% et 60% permis d'avoir un bon confort thermique, d'autre part avec un taux d'humidité relative élevée, nous sommes obligés d'augmenter la température de consigne (surconsommation d'énergie). Dans un environnement plus sec, on aura tendance à baisser la température de consigne.

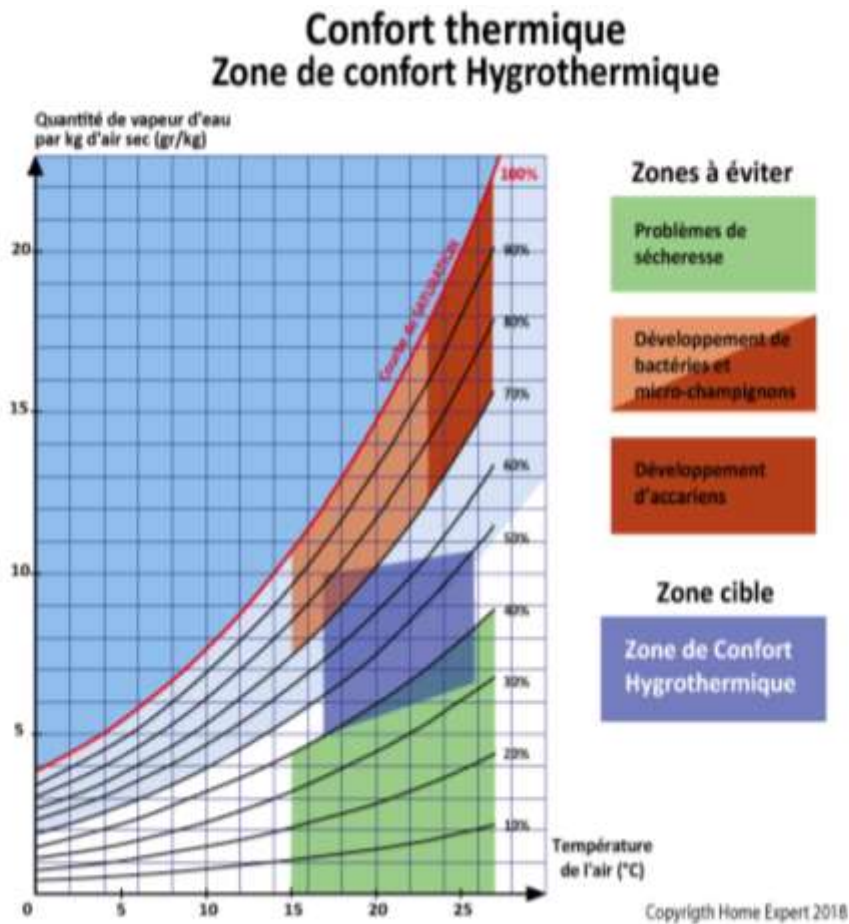


Figure I.6 : Température de l'air en fonction de quantité de vapeur.

I.3.4. Mouvements d'air :

Les mouvements d'air font augmenter les échanges de chaleur par convection, cela signifie que la température affichée dans la météo est totalement déférente de celle ressentie, elle peut atteindre un écart de 7°C. En général, nous recevons des mouvements d'air à partir de 0,2 m/s.

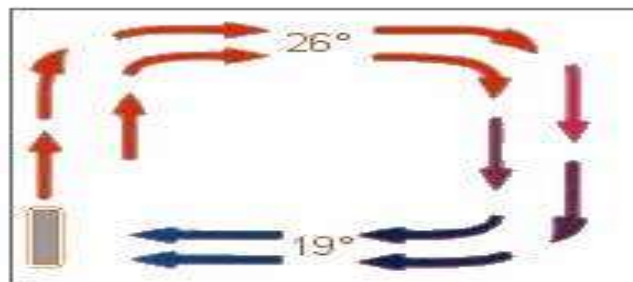


Figure I.7 : Effet de l'air sur une température.

I.3.5. Occupant :

L'occupant influence par rapport à sa sensibilité, sa tenue portée et la nature d'activité. Plus l'occupant se met à une activité physique importante, plus il habille chaudement, plus aussi la température de consigne sera faible.

I.4. Remarque :

Pour avoir un bon équilibre thermique ou faire des améliorations pour l'atteindre, il faut d'abord vérifier tous les critères et on tient au compte de tous les paramètres cités. Le confort thermique est meilleur lorsque l'amplitude des températures est faible.

II. Caractéristiques de la Clinique EL-HILAL :**II.1. Type et architecture :**

La structure du bâtiment à traiter est un ERP de 5^e catégorie du type PU. Ce dernier est un établissement de santé privé qui offre des soins payants de premier linge varié tel que les (soins d'urgence, opération générale, des suivis médicaux et autres).

II.2. Quelques établissements classés en type U par activité :

- Les établissements de santé publics ou privés qui dispensent des soins de courte durée en médecine, chirurgie, obstétriques.
- Les établissements de santé publics ou privés qui dispensent des soins de psychiatrie, de suite ou de réadaptation, des soins de longue durée.
- Les établissements de santé qui reçoivent des enfants jour et nuit aux moins de 3 ans.

II.3. Seuils des catégories du type U sont : [8]

- **1^{re} Catégorie :** Plus de 1500 personnes.
- **2^{eme} Catégorie :** à partir de 700 à 1500 personnes.
- **3^{eme} Catégorie :** à partir de 300 à 700 personnes.

- **4^{ème} Catégorie :** à partir de 100 à 300 personnes ou Moins de 100 personnes (lits chaque jour, consultants et visiteurs) peuvent atteindre 20 lits d'hospitalisation.
- **5^{ème} Catégorie :** Moins de 100 personnes (lit chaque jour, consultants,) environ de 20 lits.
- **6^{ème} Catégorie :** Moins de 100 personnes (hospitalisation avec des soins plus de 12 heures).

L'hôpital (dispensaires, centres de transfusions, dispensaire, locaux médicaux de thermalisme...).

II.4. Architecture :

L'établissement de santé (clinique EL-HILAL) d'une surface totale de (2083,6425 m²) qui reçoit une capacité moins de 100 personnes et 10 lits d'hospitalisation.

D'après le DTR C3.4 la clinique EL-HILAL est située dans une région appartenant à la zone climatique A. (P4H3+M2, EL MaghariaTM EL HILAL), chaque zone est caractérisée par un type de climat dont les conditions communes à l'ensemble de la zone indiquée.



Figure I.8 : Implantation géographique de la clinique EL-HILAL.

II.5 Plan architectural :

Dans notre manuscrit nous faisons une étude sur la clinique EL-HILLAL, qui est un centre médico-chirurgical spécialisé situé à El Magharia à la wilaya d'Alger. C'est un établissement de trois étage, un rez-de-chaussée dont la partie sud est enterrée (figure II.6), un premier étage tel que nous le montre le plan (figure II.7), et un deuxième étage plus spacieux avec une superficie de 172,73 m² (figure II.8).

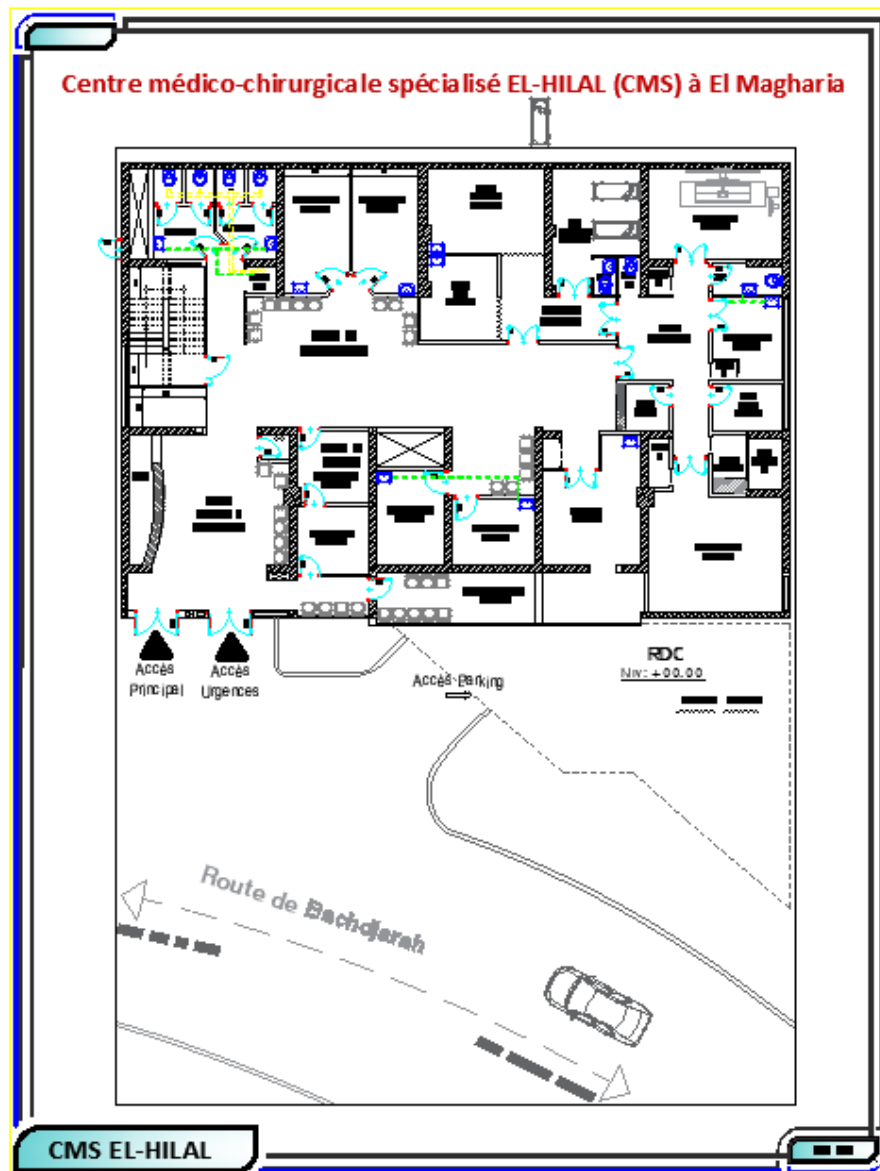


Figure I.9 : Plan AutoCAD du rez-de-chaussée de la clinique EL-HILAL.

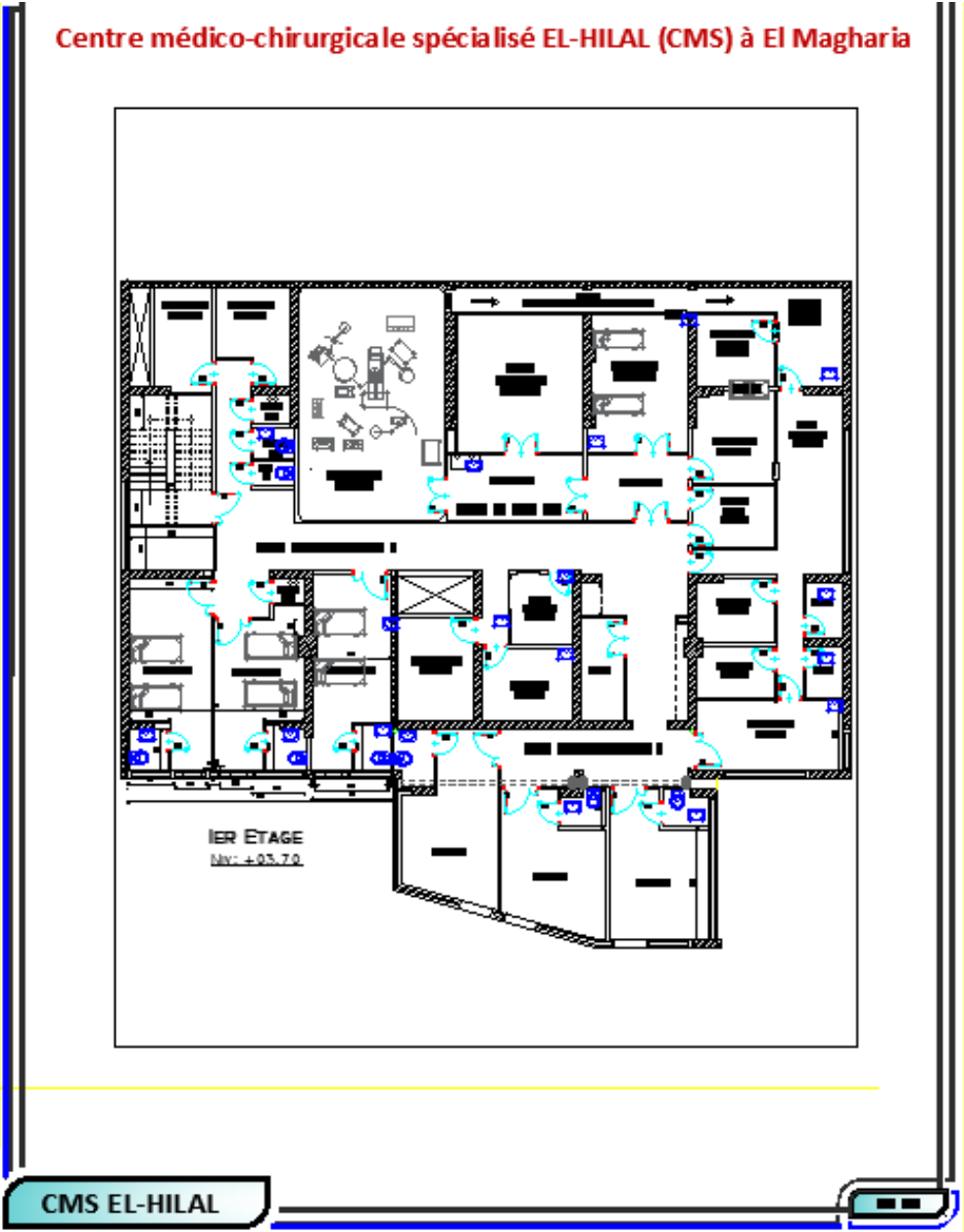


Figure I.10 : Plan AutoCAD du 1^{er} étage de clinique EL-HILAL.



Figure I.11 : Plan AutoCAD du 2^{eme} étage de la clinique EL-HILAL.

CHAPITRE II

Bilans thermiques et optimisation

I. Préambule

Un bilan thermique est un outil de l'efficacité énergétique d'un bâtiment. Il a pour vocation de fournir des informations précises sur les déperditions et apports thermiques des locaux et des projets de rénovation énergétique.

L'objectif principal d'un bilan thermique estival ou hivernal est d'identifier les apports thermiques ou les déperditions de chaleur dans le but de proposer des solutions d'amélioration, tel un ajout d'un isolant.

II. Bilan thermique estival :

Le calcul du bilan thermique en été dépend de la construction, de l'orientation, de l'équipement et de l'usage de locale. Contrairement à la méthode de calcul du bilan thermique hivernal où l'on considère un état donné (fixe), dans ce cas nous devons considérer un état variable puisque la lumière du soleil et la température extérieure changent constamment dans le temps. Par ailleurs, l'inertie thermique (effets de stockage des parois) et donc la non-simultanéité des maxima des différents gains doivent être prises en compte. Le gain thermique instantané d'un site comprend la chaleur issue de l'insolation (rayonnement solaire), de l'éclairage, des occupants, des équipements divers, de la transmission à travers les murs, le verre, etc.

Pour réaliser ce bilan thermique on tiendra compte des points suivants :

- Matériaux de construction :
 - Nature et composition des murs avec leurs épaisseurs.
 - La couleur des murs extérieurs.
- Destination des locaux.
- Dimensions des locaux.
- Conditions de base intérieure et extérieure.
- Le nombre d'occupant et la durée d'occupation.
- La durée de fonctionnement de différentes machines électriques.

- L'emplacement de l'équipement et le réseau de distribution d'air.
- L'orientation de l'immeuble et la situation des locaux par rapport :
 - Aux points cardinaux et aux vents dominants.
 - Aux locaux adjacents.

II.1. Calcul des apports calorifiques de la clinique :

En fait, le nombre de bonus (gains) qui entrent réellement en jeu est bien plus important. Selon la provenance, on peut diviser les dépenses en deux grandes catégories, les dépenses externes et les dépenses internes. La charge interne fait référence à la chaleur dégagée sous forme de chaleur latente ou sensible dans le local à climatiser, ces gains sont obtenus grâce à l'apport de chaleur des sources de chaleur du local à climatiser.

Les principales sources de chaleur en provenance de l'intérieur sont :

- Les occupants (personnes).
- L'éclairage.
- Les machines électriques.
- L'air chaud circulant dans la conduite aéraulique.

Les gains externes représentent la chaleur entrant dans la pièce climatisée en raison de l'apport de chaleur provenant de sources situées ailleurs à l'extérieur de la pièce climatisée.

Les principales sources de chaleur en provenance de l'extérieur sont :

- Le transfert de chaleur dû au gradient de température à travers une paroi ; on distingue deux cas :
 - Cas d'une paroi (opaque ou vitrée) ne donnant pas sur l'extérieur.
 - Cas d'une paroi (opaque ou vitrée) donnant sur l'extérieur.
- Le renouvellement d'air.
- Calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique, et pour toute heure de la journée.

- Les calculs doivent être opérés pour les trois mois de l'été : Juillet (calcul obligatoire), Août et Septembre.

II.2. Formules générales :

II.2.1. Calcul des apports :

Les apports calorifiques sensibles et latents sont donnés par :

$$A_s = APO + AV + AI_s + AINF_s \quad [W] \quad (II.1)$$

$$A_l = APO + AV + AINF_l \quad [W] \quad (II.2)$$

Où :

AP0 [W] : Les apports calorifiques à travers les parois opaques.

AV [W] : Les apports calorifiques à travers les parois vitrées.

Ais, Ail [W] : Les parties sensible et latente des apports internes.

AINFs, AINFl [W] : Les parties sensibles et latentes des apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur.

II.2.2. Vérification réglementaire :

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

$$APO(15h) + AV(15h) \leq 1,05 \cdot Aréf(15h) \quad [W]$$

Où :

AP0 (W) : Les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes.

AV (W) : Les apports calorifiques à travers les parois vitrées.

Aréf (W) : Les apports calorifiques de référence.

II.3. Apports de chaleur à travers les parois opaques :

II.3.1. Parois aériennes :

Les parois opaques aériennes sont celles qui sont en contact direct avec l'air extérieur (parois verticales ou horizontales).

Pour estimer le flux à un instant donné pour une paroi en contact avec l'extérieur, nous avons recours à la notion de « différence de températures équivalente » (en °C) notée $\Delta te(t)$. La différence de températures équivalente à un instant donné est une différence de températures fictive qui produirait au même instant, en régime permanent, le même apport de chaleur dans le local que celui produit par le régime variable. Les apports de chaleur à travers une paroi opaque aérienne à instant t . $APO(t)$ est donné par la formule suivante :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{inc}(t) \text{ [W]} \quad (\text{II.3})$$

Où :

$K_{été}$ (W/m².°C) : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.

S_{int} (m²) : La surface intérieure de la paroi considérée.

Δt_{inc} (°C) : L'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré. Δt_{inc} est donné par la formule suivante :

$$\Delta t_{inc} = (T_{se}(t) - C_{inc}) - T_{sb,i} \text{ [W]} \quad (\text{II.4})$$

$T_{se}(t)$ (°C) : La température extérieure sèche à l'instant considéré.

C_{inc} (°C) : Un coefficient correcteur.

$T_{sb,i}$ (°C) : La température intérieure du local conditionné.

II.3.2. Parois ensoleillées :

La loi que nous utilisons dans le calcul des parois ensoleillées est présentée comme suit :

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} + \frac{a}{0,9} \times [\Delta tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40^\circ)} \quad (\text{II.5})$$

$\Delta t_{es}(t)$ (°C) : La différence de température équivalente non corrigée (conditions standard) à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre

$C\Delta t_e$: Le facteur de correction en fonction de l'écart diurne (E_b) et la différence maximale de température sèche de l'air entre l'intérieur et l'extérieur (ΔT_{Smax}) pour le mois considéré.

α : Le facteur d'absorption de la paroi extérieur, il est donné en fonction de la couleur de la paroi, si elle est peinte, si non en fonction des matériaux constituant cette paroi.

$\Delta t_{em}(t)$: La différence de température équivalente à l'heure (t) en fonction de l'orientation de la paroi considérée.

$I_{t,b}$: Le rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérée.

$I_{t,b}(40)$: Le rayonnement total de base pour le mois de juillet, la latitude de 40° Nord et pour l'orientation considérée.

II.3.3. Parois intérieures :

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

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times [TSa - TS_{b,i}] \quad [W] \quad (II.6)$$

K (W/m².°C) : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.

S_{int} (m²) : La surface intérieure de la paroi considérée.

TSa (°C) : La température sèche de l'air intérieur de local adjacent.

$TS_{b,i}$ (°C) : La température sèche de l'air intérieur du local considéré.

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

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{nc}(t) \quad [W] \quad (II.7)$$

Où :

$K_{été}$ (W/m².°C) : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.

S_{int} (m²) : La surface intérieure de la paroi considérée.

Δt_{inc} (°C) : L'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré. Δt_{inc} est donné par la formule suivante :

$$\Delta t_{inc} = [(T_{Se}(t) - C_{inc}) - T_{Sb,i}] [W] \quad (II.8)$$

$T_{Se}(t)$ (°C) : La température extérieure sèche à l'instant considéré.

C_{inc} (°C) : Un coefficient correcteur.

$T_{Sb,i}$ (°C) : La température intérieure du local conditionné.

II.4. Apports à travers les parois vitrées :

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures $AVE(t)$ sont donnés par :

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times It + (SV - SV_{ens}) \times Id] \times FS \times N_{pvi} [W] \quad (II.9)$$

Où :

SV (m²) : La surface totale vitrée.

SV_{ens} (m²) : La surface vitrée ensoleillée (pour la détermination des parties ensoleillées).

$SV - SV_{ens}$ (m²) : La surface vitrée à l'ombre (pour la détermination de parties ensoleillées).

It (W/m²) : Le rayonnement total maximal réel.

Id (W/m²) : Le rayonnement diffus maximal réel.

$N_{pvi}(t)$: Le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

FS : Le facteur solaire du vitrage.

II.5. Calcul de la surface ensoleillée et ombrée de vitrage :

La plupart des vitrages sont plus ou moins protégés de l'ensoleillement direct par les ombres projetées par les parties en saillie de la construction ou par les bâtiments environnants. Les parties du vitrage situées à l'ombre ne sont alors atteintes que par le flux solaire diffus.

Pour déterminer si un vitrage ou une façade est à l'ombre ou non, il faut auparavant déterminer :

- Les coordonnées apparentes du soleil (paramètres solaires) par rapport à la façade.
- Les dimensions caractéristiques de la saillie ou du retrait du vitrage.

Les coordonnées apparentes du soleil par rapport au vitrage (ou à la façade) sont données par les figures (figure II.1 et figure II.2).

Nous distinguons :

- La hauteur β (en degrés) du soleil au-dessus de l'horizon. Cette dernière, en un lieu donné varie de 0 à 90°.
- L'azimut Φ (en degrés) du soleil par rapport à la normale à la façade considérée.

II.5.1. Cas d'une saillie verticale :

La longueur d'ombre latérale (horizontale) e_1 d'un vitrage du fait d'une saillie verticale est fonction de l'angle $\Psi = \Phi$ (azimut solaire) - φ (azimut de la paroi) et de la profondeur d de la partie en saillie (voir figure II.1).

Pour $-90^\circ < \Psi < 90^\circ$ la façade est ensoleillée, si non la façade est à l'ombre. La longueur d'ombre latérale e_1 est donnée par : [4]

$$e_1 = \text{tg}[\Psi] \cdot d \quad [\text{m}] \quad (\text{II.10})$$

Où :

L'angle Ψ (en degrés) est égal à la différence $\Phi - \varphi$.

d (m) : La largeur de la saillie verticale.

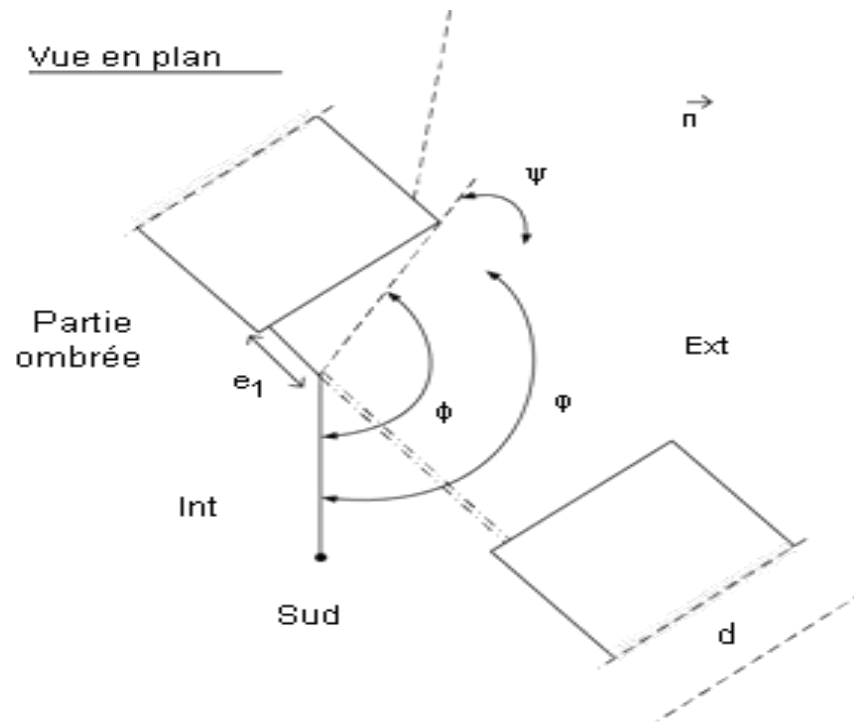


Figure II.1 : Schéma d'une saillie verticale.

II.5.2. Cas d'une saillie horizontale :

Si la saillie est horizontale (figure III.2), la longueur d'ombre verticale e_2 est fonction de la profondeur c , de la partie en saillie, de la hauteur du soleil β , de l'azimut solaire et de l'azimut de la paroi φ .

La valeur de e_2 est calculée par la formule suivante :

$$e_2 = \text{tg}(h_1) \times c = s_2 \times c \quad [\text{m}] \quad (\text{II.11})$$

L'angle h_1 est défini par $\text{tg}(h_1) = \frac{\text{tg}(\beta)}{\cos(\Psi)}$

L'angle Ψ (en degrés) égal à la différence $\Phi - \varphi$.

Φ : L'azimut solaire et

φ : L'azimut de la paroi.

β (en degrés) : La hauteur du soleil.

c (en m) : La profondeur de la partie en saillie.

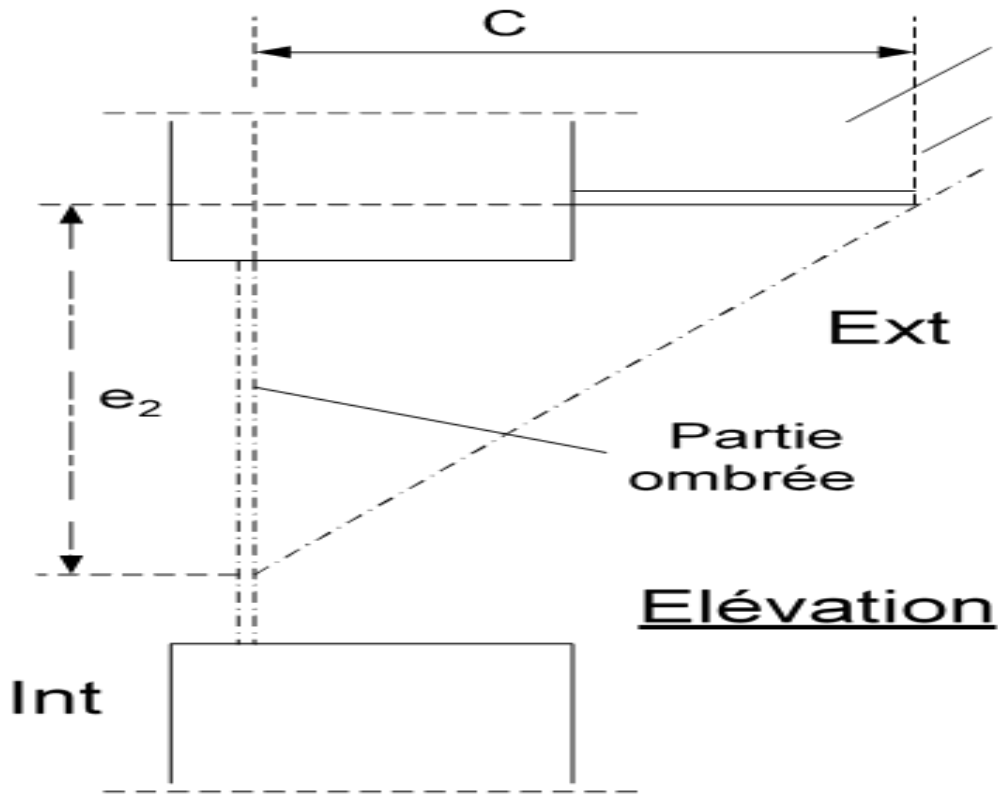


Figure II.2 : Schéma d'une saillie horizontale.

II.6. Etapes de calcul :

Ci-dessous nous décrivons les différentes étapes de calcul des apports :

- Déterminer à l'aide des tableaux (voir annexe B), ou à l'aide des formules données en [3] l'azimut Φ et la hauteur β du soleil pour l'instant considéré.
- Déterminer l'azimut φ de la paroi soit à l'aide du tableau donné en [3], soit graphiquement.
- Effectué la déférence $\Psi = \Phi - \varphi$.
- Si Ψ n'est pas compris dans l'intervalle $]-90^\circ, 90^\circ [$, la paroi est à l'ombre.
- Calculer la surface vitrée ensoleillée SV_{ens} , cette dernière devient avec les désignations de la figure III.3 : [4].

$$SV_{ens} = [B - (e_1 - b)] \times [H - (e_2 - f)] \quad [m^2] \quad (II.12)$$

À condition que : $e_1 - b \geq 0$ et $e_2 - f \geq 0$

- Calculer la surface vitrée à l'ombre S_0 , ce dernier est égal à [4]:

$$S_0 = (B - H) - SV_{\text{ens}} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{II.13})$$

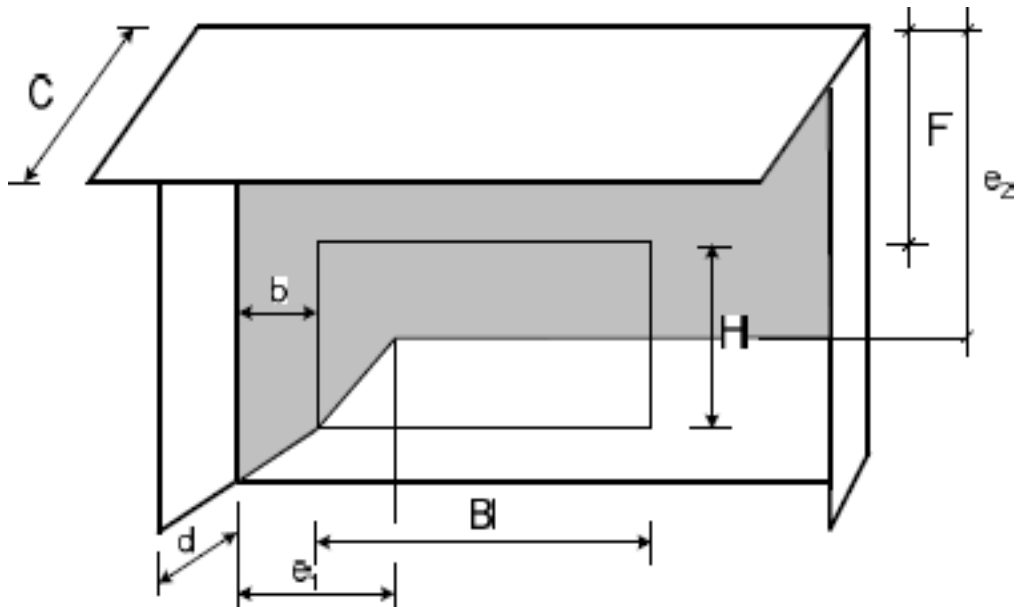


Figure II.3 : Surface ombrée d'un vitrage.

e1: longueur d'ombre verticale (m).

H : hauteur du vitrage (m).

d : valeur du retrait vertical (m).

e2: longueur d'ombre latérale (m).

c: valeur du retrait horizontal (m).

B : largeur du vitrage (m).

II.7. Apports de chaleur internes :

Le gain de chaleur interne ou gain interne fait référence à la chaleur dégagée sous forme de chaleur latente ou sensible au sein d'un local climatisé.

Les éventuelles contributions internes sont calculées en tenant compte du fait qu'elles restent constantes pendant le fonctionnement de l'unité de climatisation.

II.7.1. Gain dus aux occupants :

Toute personne, active ou non, émet de la chaleur et de la vapeur d'eau. La quantité de chaleur et de vapeur d'eau dégagée est essentiellement fonction du niveau d'activité d'une part et de la température ambiante d'autre part. La chaleur dégagée par le corps humain est la somme de la chaleur sensible dissipée dans l'environnement par rayonnement et convection (contribution qui contribue directement à l'augmentation de la température ambiante) et de la chaleur latente de transpiration ; la chaleur générée par les occupants sera donc décomposée en ces deux postes. Les gains internes des occupants sont donnés dans le tableau II.1 : [4].

Tableau II.1 : Gains dus aux occupants.

Degré d'activité	Exemple d'application	Température sèche du local (°C)									
		28		27		26		25		24	
		Apports sensibles (Sen) et latents (Lat) en W/pers.									
		Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat
Assis, repos	Classe, salle de spectacle	51	51	57	45	62	40	67	35	76	27
Assis, travail très léger	Logement, bureau, amphithéâtre	52	79	58	73	63	90	71	80	83	49
		52	58	88	64	83	74	72	88	62	49
Debout, marche	Magasin, accueil	60	102	66	96	72	91	82	80	93	70
Travail léger	Atelier, usine	56	104	64	56	72	48	86	34	100	113
		56	64	64	66	72	48	86	34	100	113
Travail assez pénible	Atelier, usine, salle de sport	79	104	88	100	97	99	101	88	103	158
		79	84	88	85	97	77	101	81	105	158
Travail pénible	Atelier, usine, salle de sport	131	104	136	108	144	108	151	107	177	248
		131	139	136	138	144	123	151	141	177	248

II.7.2. Gains dus aux machines électriques :

Les appareils peuvent constituer à la fois une source de chaleur sensible et latente, ou seulement une source de gains sensibles. Une machine électrique utilisée dans un local dégage intégralement l'équivalent calorifique de la puissance électrique moyenne absorbée.

Tableau II.2 : Apports calorifiques dus aux appareils ménagers et de restaurants.

Appareils	Gain s à admettre (en W)		
	Sens.	Lat.	Total
Appareils Ménagers			
Four électrique	3000	610	3610
Four micro-onde	1400	-	1400
Cuisinière électrique	3000	1500	4500
Plaque chauffante (Wn = 500 W)	500	280	780
Plaque chauffante (Wn = 1000 W)	1000	560	1560
Télévision	150	-	150
Réfrigérateur (100 l)	100	-	100
Réfrigérateur (200 l)	175	-	175
Machine à laver (3 kg)	3000	1500	4500
Machine à laver (5 kg)	6000	3000	9000
Télévision	150	-	150
Appareils de restaurants			
Percolateurs avec chauffe-eau	400	140	540
2 percolateurs, 2 litres d'eau	1800	350	2150
4 percolateurs, 4 litres d'eau			
Table chauffante (par m ² de surface)	2200	1110	3310
avec chauffe-assiette sans chauffe assiette	1750	1180	2930
Grille-pain	1900	760	2510
Gril à viandes (250 à 300 mm)	1750	620	2370
Friteuse 5 l d'huile	1200	690	1890
10 l d'huile	3000	1660	4660
Sorbetière Capacité : 50 kg/jour	2730	-	2730
Capacité : 100 kg/jour	1880	-	1880
Four micro-ondes	2630	-	2630

Tableau II.3 : Apports calorifiques dus aux machines de bureaux.

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Lat.	Total
Machine à écrire	90	-	90
Micro-ordinateur (écran compris)	450	-	450
Mini-ordinateur (les valeurs peuvent varier de 2200 à 6600 W) 44	00 -	44	00
Imprimante Plus de 5000 lignes/minute 18	0 376 -	18	00
300 à 600 lignes/minute	0	-	376
Terminal écran	160	-	160
Machine comptable	105	-	105
Photocopieur 100 cop./h	100	-	100
200 cop./h	200	-	200
500 cop./h	0 900 -	-	00 900
1000 cop./h et plus 18	0	18	
Machine à tirer des plans Vitesse de sortie 40 [m/h]			
100 [m/h]	1000	-	1000
200 [m/h]	1400	-	1400
400 [m/h]	3712	-	3712
600 [m/h]	4640	-	4640
	6500	-	6500
Rétroprojecteur	400	-	400
Plotter	70	-	70
Projecteur de diapositives	300	-	300
Lecteur de microfilm	520	-	520
Lecteur de microfiches	85	-	85

II.7.3. Gains dus à l'éclairage :

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible ($A_{l,ec} \neq 0$), Cette chaleur est dégagée par :

- Rayonnement (absorbé par les parois environnantes).
- Convection (avec l'air ambiant).
- Conduction (à travers les parois de la lampe).

Les apports internes dus à l'éclairage dépendent du type de ce dernier. Il existe actuellement de types de lampes :

- Lampes à incandescence.
- Lampes fluorescentes.

Tableau II.4 : Apports de chaleur dus à l'éclairage.

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée ou des tubes (lux)	Puissance dégagée des lampes des tubes (W/m ²)	
		Lampes à incandescence	Lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux, salles d'opération	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

II.7.4. Apport de chaleur par introduction d'air extérieur :

L'air extérieur pénètre dans les locaux du fait des défauts d'étanchéité des ouvrants (portes et fenêtres), de la présence d'orifices ou les bouches de ventilation.

Les apports de chaleur dus à l'introduction d'air extérieur constituent une source de chaleur latente et sensible.

Nous distinguons :

- Les apports dus aux infiltrations, qui interviennent dans le bilan du local, ces apports sont à associer au débit d'infiltration V_{inf} .
- Les apports dus à l'introduction d'air neuf dont une partie, du fait du facteur by-passe BF, intervient dans le bilan calorifique du local, on associe à ces apports le débit d'air neuf V_{an} .

$$AREN_s(t) = 0,320 \times QV_{an} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad [W] \quad (II.14)$$

$$AINF_s(t) = 0,320 \times QV_{inf} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad [W] \quad (II.15)$$

0.320 : (J/m³.°C) : Le produit de la chaleur spécifique de l'air (1004 J/Kg.°C) par la masse volumique moyenne de l'air (1.15 Kg/m³) et par un facteur de conversion (1/3600).

V_{an} (m³/h) : Le débit d'air neuf.

V_{inf}(m³/h) : Le débit d'air dû aux infiltrations.

T_{se} (°C) : La température sèche de l'air extérieur.

T_{Sb,i} (°C) : La température sèche de base de l'air intérieur.

Les gains latents dus au renouvellement de l'air $AREN_1$, et dus aux infiltrations $AINF_1$ sont donnés par les formules données ci-après :

$$AREN_1 = 0,797 \times QV_{an} \times \text{Max}[(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad [W] \quad (II.16)$$

$$AINF_1 = 0,797 \times QV_{inf} \times \text{Max}[(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad [W] \quad (II.17)$$

0,797 (J.kg air/gvap.m³ air) représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air (1,15 kg/m³) par la chaleur de vaporisation de l'eau (2498 J/g) et par un facteur de conversion.

qvan (m³/h) : Le débit d'air neuf.

qvinf (m³/h) : Le débit dû aux infiltrations.

HSb,e (gvap/kgas) : L'humidité spécifique de base de l'air extérieur.

HSb,i (gvap/kgas) : L'humidité spécifique de base de l'air intérieur .

Pour notre cas d'étude, on présente deux cas de calcul du bilan thermique porté sur deux locaux (salle réunion et directeur administratif) qui se situent au niveau du deuxième étage (R+2), les détails et les résultats de calcul sont regroupé dans le tableau II.5.

Tableau II.5 : Bilan thermique (salle de Réunion).

Salle de Réunion														
Mur Ouest														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Δte(t) (°C)	6,54444444	6,21111111	5,65555556	5,37777778	5,04444444	5,04444444	5,04444444	5,37777778	5,65555556	5,87777778	6,14444444	6,74444444	7,3	
s(m ²)	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	10,653	
K été	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	
Appo (w)	112,621331	106,8851	97,3247154	92,5445231	86,8082923	86,8082923	86,8082923	92,5445231	97,3247154	101,148869	105,737854	116,063069	125,623454	
Mur Est														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
TSa (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
TSbi(°C)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
s(m ²)	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	
K été	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	
Appo (w)	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	40,54872	
Porte														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
TSa (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
TSbi(°C)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
s(m ²)	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	
K été	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
Appo (w)	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	
Plafond														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Δte(t) (°C)	5,93724372	5,6542525	5,57507357	5,57507357	5,91466303	6,45806479	7,63724372	9,98240509	11,7049858	12,861584	14,6275665	15,7501471	16,6463348	
s(m ²)	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	
K été	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	
appo	53,6034118	51,0484729	50,3336192	50,3336192	53,3995458	58,3055577	68,9515774	90,1244745	105,676506	116,11866	132,062537	142,197569	150,28865	
Plancher														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΔTinc (°C)	4,63	5,35	5,07	5,33	6,68	6,85	7,11	7,40	8,00	7,00	7,00	6,58	6,92	
S(m ²)	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	18,57	
Kété	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	
Appo (w)	213,23	246,39	233,49	245,47	307,64	315,47	327,44	340,66	368,43	322,38	322,38	302,89	318,69	
Occupants										438,144				
machines										236,55				
éclairages										160				
AREN										57,6				
AINF										82,1184				
Apport tot (w)										1604,16				

Tableau II.6 : Bilan thermique (directeur administratif).

Directeur Administratif															
Nord Est															
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Δte(t) (°c)	4,39139889	4,39139889	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	5,68812778	6,97952667	7,81641333	7,46190111	7,10738889	6,65287667		
s(m²)	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315		
K été	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385		
Appo (w)	16,4221428	16,4221428	16,6520461	16,6520461	16,6520461	16,6520461	16,6520461	21,2714101	26,1007453	29,2303796	27,9046402	26,5789008	24,8791999		
Vitre par transmission															
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
tse(t)	25,63	26,35	27,07	28,33	29,68	30,85	32,11	33,40	34,00	34,00	34,00	33,58	32,92		
TSe - TSb,i	1,63	2,35	3,07	4,33	5,68	6,85	8,11	9,40	10,00	10,00	10,00	9,58	8,92		
S(m²)	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49		
Kété	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80		
Appo (w)	119,03	171,61	224,18	316,20	414,78	500,22	592,23	686,21	730,24	730,24	730,24	699,35	651,38		
vitre 1 par ensoleillement															
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Cadre metal/PVC	Ccade			1,17	Climp			0,92	Calt			1	Cros		0,99
It (w/m²)	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80	430,80		
Id (w/m²)	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13		
SV (m²)	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49		
β (degrés)	11,9066667	23,9066667	36	47,0933333	59,0933333	69,1866667	73,28	69,1866667	59,0933333	47,0933333	36	23,9066667	11,9066667		
Φ (degrés)	-106,09333	-98,093333	-89,28	-79,28	-65,466667	-60,6	0	60,6	65,4666667	79,28	89,28	98,0933333	106,09		
Ψ (degrés)	-286,09333	-278,09333	-269,28	-259,28	-245,46667	-240,6	-180	-119,4	-114,53333	-100,72	-90,72	-81,906667	-73,906667		
e ₁ (m)	0,97	1,97	-22,28	-1,48	-0,61	-0,50	0,00	0,50	0,61	1,48	22,28	-1,97	-0,97		
e ₂ (m)	0,17	0,69	-12,72	-1,27	-0,89	-1,18	-0,73	-1,18	-0,89	-1,27	-12,72	0,69	0,17		
s ensoleil(m²)	0,00	2,56	25,36	5,90	3,46	2,56	25,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Fs=0,95	orientation Nord Est														
Npvi (t)	0,47	0,58	0,54	0,42	0,27	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12		
AVE(t)(W)	239,54	1327,30	10536,62	2636,71	1580,92	1184,78	10782,24	96,84	91,74	86,64	81,55	71,35	61,16		
Nord /Ouest															
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Δte(t) (°c)	5,28976333	5,00902444	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,67213778	4,93525111	5,53525111	6,03525111		
s(m²)	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705	0,705		
K été	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385		
Appo (w)	6,02422663	5,70450822	5,07114147	5,07114147	5,07114147	5,07114147	5,07114147	5,07114147	5,07114147	5,32084614	5,62049175	6,30379944	6,87322252		
Vitre par transmission															
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
tse(t)	25,63	26,35	27,07	28,33	29,68	30,85	32,11	33,40	34,00	34,00	34,00	33,58	32,92		
TSe - TSb,i	1,63	2,35	3,07	4,33	5,68	6,85	8,11	9,40	10,00	10,00	10,00	9,58	8,92		
S(m²)	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03		
Kété	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80		
Appo (w)	34,39	49,58	64,77	91,36	119,84	144,53	171,11	198,27	210,99	210,99	210,99	202,07	188,21		
vitre 2 par ensoleillement															
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Cadre metal/PVC	Ccade			1,17	Climp			0,92	Calt			1	Cros		0,99
It (w/m²)	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57	431,57		
Id (w/m²)	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13	51,13		
SV (m²)	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03		
β (degrés)	11,9066667	23,9066667	36	47,0933333	59,0933333	69,1866667	73,28	69,1866667	59,0933333	47,0933333	36	23,9066667	11,9066667		
Φ (degrés)	-106,09333	-98,093333	-89,28	-79,28	-65,466667	-60,6	0	60,6	65,4666667	79,28	89,28	98,0933333	106,09		
Ψ (degrés)	-286,09333	-278,09333	-269,28	-259,28	-245,46667	-240,6	-180	-119,4	-114,53333	-100,72	-90,72	-81,906667	-73,906667		
e ₁ (m)	0,87	1,76	-19,89	-1,32	-0,55	-0,44	0,00	0,44	0,55	1,32	19,89	-1,76	-0,87		
e ₂ (m)	0,19	0,79	-14,45	-1,45	-1,01	-1,34	-0,83	-1,34	-1,01	-1,45	-14,45	0,79	0,19		
s ensoleil(m²)	3,42	2,40	28,31	6,20	5,45	6,02	5,15	6,02	5,45	6,20	0,00	0,00	0,00		
Fs=0,95	orientation Nord Ouest														
Npvi (t)	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,18	0,16	0,33	0,49	0,61	0,60		
AVE(t)(W)	1473,04	1039,31	12095,94	2659,54	2340,19	2582,44	2214,32	2570,84	2333,14	2624,16	72,16	89,83	88,36		
Mur Nord Ouest brique															
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Δte(t) (°c)	5,28976333	5,00902444	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,67213778	4,93525111	5,53525111	6,03525111		
s(m²)	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525	16,346525		
K été	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385	1,34615385		
Appo (w)	139,681094	132,267924	117,582327	117,582327	117,582327	117,582327	117,582327	117,582327	117,582327	123,37212	130,319871	146,163426	159,366388		
Mur Nord Ouest béton															
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Δte(t) (°c)	5,28976333	5,00902444	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,67213778	4,93525111	5,53525111	6,03525111		
s(m²)	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18		
K été	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82		
Appo (w)	56,923778	53,9027131	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	50,2774353	53,1088294	59,5655014	64,9460614		

Tableau II.7 : Bilan thermique complémentaire (directeur administratif).

Mur Nord Ouest béton														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Δte(t) (°c)	5,28976333	5,00902444	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,45287667	4,67213778	4,93525111	5,53525111	6,03525111	
s(m²)	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	
K été	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	
Appo (w)	56,923778	53,9027131	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	47,9179402	50,2774353	53,1088294	59,5655014	64,9460614	
Mur Sud														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
TSa (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
TSbi(°C)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
s(m²)	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	
K été	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	
Appo (w)	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	2,66644	
Porte														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
TSa (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
TSbi(°C)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
s(m²)	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	
K été	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
Appo (w)	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	17,766	
Mur Sud Est/san														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΔTinc (°c)	4,63	5,35	5,07	5,33	6,68	6,85	7,11	7,40	8,00	7,00	7,00	6,58	6,92	
S(m²)	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	
Kété	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	
Appo (w)	81,28	93,92	89,00	93,57	117,27	120,25	124,82	129,86	140,44	122,89	122,89	115,46	121,48	
Plafond														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Δte(t) (°c)	5,93724372	5,6542525	5,57507357	5,57507357	5,91466303	6,45806479	7,63724372	9,98240509	11,7049858	12,861584	14,6275665	15,7501471	16,6463348	
s(m²)	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	
K été	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	0,40514866	
Appo (w)	91,0709554	86,7301733	85,5156534	85,5156534	90,7245919	99,0597924	117,147133	153,119395	179,541937	197,282914	224,371192	241,590377	255,336936	
Plancher														
heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΔTinc (°c)	4,63	5,35	5,07	5,33	6,68	6,85	7,11	7,40	8,00	7,00	7,00	6,58	6,92	
S(m²)	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	31,55	
Kété	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	
Appo (w)	362,27	418,61	396,70	417,04	522,67	535,97	556,31	578,77	625,95	547,71	547,71	514,61	541,45	
Occupants										191,424				
machines										85,5				
éclairages										160				
AREN										57,6				
AINF										82,1184				
Apport tot (w)										5395,10				

II.8. Conclusion :

Au terme d'un bilan thermique estival, nous pouvons désormais découvrir quelles améliorations énergétiques sont nécessaires dans notre logement (clinique EL-HILAL) pour réduire toutes les consommations et augmenter le confort thermique au quotidien.

III. Bilan thermique hivernal :

Le bilan thermique hivernal est une analyse indispensable pour l'efficacité énergétique et la gestion du chauffage des bâtiments en période de froid. Il s'agit d'évaluer les performances énergétiques d'une structure en prenant en compte les flux de chaleur entrants et sortants en calculant les déperditions thermiques, dans le but de maintenir un environnement confortable tout en réduisant la consommation d'énergie. Cette évaluation permet de prendre des mesures efficaces pour réduire les coûts de chauffage, réduire l'impact environnemental et améliorer le confort des occupants.

III.1. Définition des déperditions thermiques :

Les déperditions thermiques, également connues sous le nom de pertes thermiques, désignent la perte d'énergie thermique ou de chaleur d'un système, d'un bâtiment ou d'un objet vers son environnement. Ces pertes sont le résultat des différences de température entre l'intérieur et l'extérieur du système ou de l'objet. En thermodynamique et en ingénierie thermique, les déperditions thermiques sont un concept crucial, notamment dans la conception des bâtiments et des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation.

$$\Phi = U A \Delta T \text{ [W]} \quad (\text{II.18})$$

U (W/m².°C) : Le coefficient d'échange global appelé également K.

A (m²) : La surface d'échange.

ΔT (°C) : Le gradient de température entre l'intérieur de l'enceinte et le milieu extérieur.

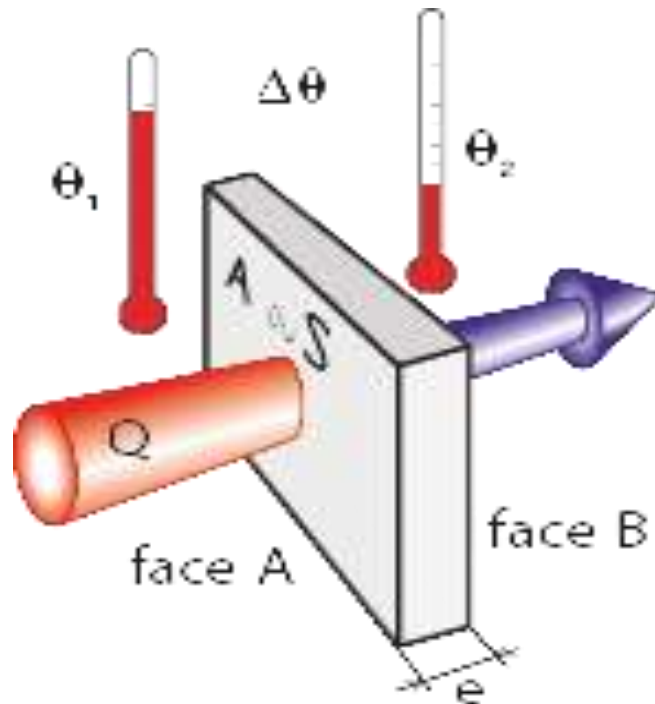


Figure II.4 : Schéma d'un flux de chaleur traversant une paroi opaque.

III.2. Calculs préliminaires :

Dans cette section du manuscrit, nous faisons référence aux méthodes simplifiées du Document Technique Réglementaires (DTR) dans toutes les lois que nous utilisons.

III.2.1. Coefficient d'échange global :

L'équation du coefficient d'échange global s'écrit comme suit :

$$1/K = \Sigma R + (1/h_i + 1/h_e) \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]} \quad (\text{II.19})$$

Où :

ΣR : La somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi, en $[\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}]$.

$1/h_i + 1/h_e$ ($\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$) : La somme des coefficients d'échange des surfaces intérieure et extérieure respectivement, et est déterminé selon le DTR. [3]

III.2.2. Résistance thermique :

Dans le cas général la formule de la résistance thermique est comme suit :

$$R_i = e_i / \lambda_i \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]} \quad (\text{II.20})$$

Où :

R_i (m².°C/W) : La résistance thermique de la couche.

e_i (m) : L'épaisseur de la couche de matériau.

λ_i (W/m.K) : La conductivité thermique du matériau.

Dans les cas particuliers on retrouve la valeur de la résistance thermique dans les documents spécifiques tels que le DTR en fonction du matériau.

III.3. Déperditions thermiques :

III.3.1. Déperditions totales d'un logement :

Les déperditions totales D pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques, sont données par :

$$D = \Sigma D_i \text{ [W/°C]} \quad (\text{II.21})$$

Où :

D_i (en W/°C) : Les déperditions totales du volume i.

III.3.2. Déperditions totales d'un volume :

Les déperditions totales D_i d'un volume i sont données par la relation qui suit :

$$D_i = (DT)_i + (DR)_i \text{ [W/°C]} \quad (\text{II.22})$$

Où :

$(DT)_i$ (W/°C) : Les déperditions par transmission du volume i.

$(DR)_i$ (W/°C) : Représente les déperditions par renouvellement d'air du volume technique. [3]

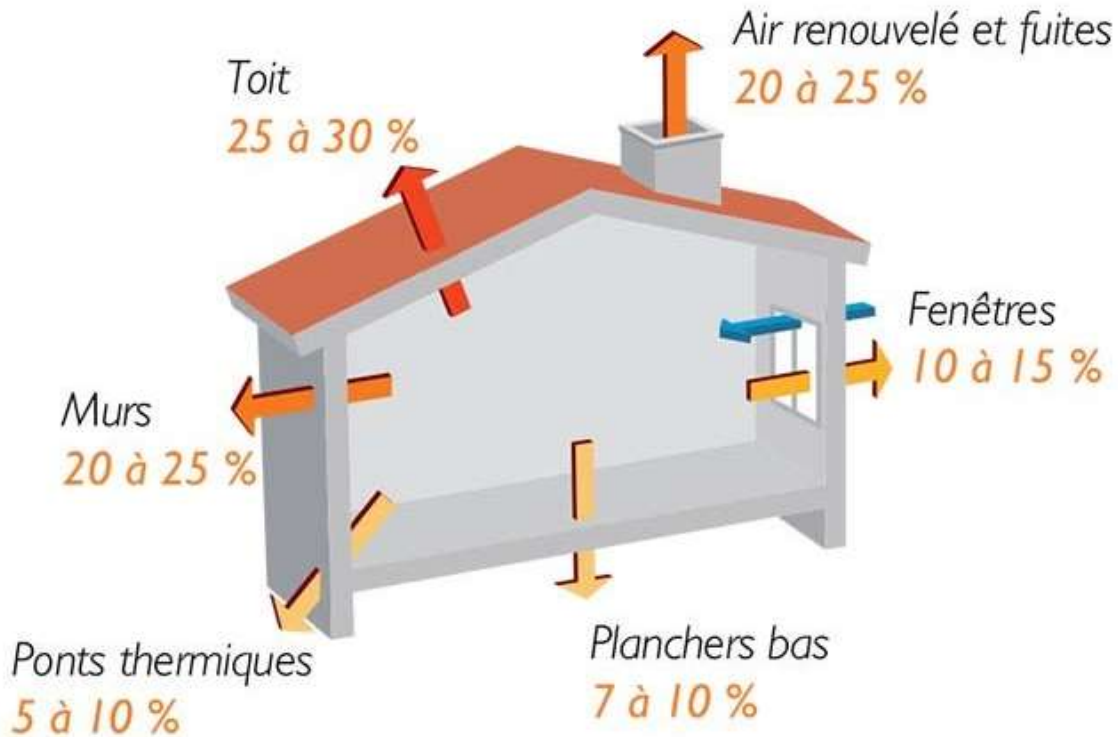


Figure II.5 : Déperditions totales d'un local.

III.3.3. Déperditions par transmission d'un volume :

Les déperditions par transmission $(DT)_i$ d'un volume i sont données par :

$$(DT)_i = (Ds)_i + (Dli)_i + (Dsol)_i + (Dlnc)_i \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.23})$$

Où :

$(Ds)_i$ (W/°C) : Les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.

$(Dli)_i$ (W/°C) : Les déperditions à travers les liaisons.

$(Dsol)_i$ (W/°C) : Les déperditions à travers les parois en contact avec le sol.

$(Dlnc)_i$ (W/°C) : Les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

III.3.4. Déperditions surfaciques :

Les déperditions surfaciques sont exprimées par l'équation suivante :

$$DS = K \times A \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.24})$$

Où :

A (m²) : la surface intérieure de la paroi.

K (W/m². °C) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour la saison d'hiver. [8]

III.3.5. Déperditions linéiques :

Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique, D_{li} , pour une différence de température de 1°C, sont données par la formule :

$$D_{li} = K_1 \times L \text{ [W/°C]} \quad (\text{II.25})$$

Où :

$$\Sigma (k_1 \times L) = 0,20 \Sigma (K_1 \times A) \text{ [W/°C]} \quad (\text{II.26})$$

K₁ (W/m.K) : Le coefficient de transmission linéique de la liaison.

L (m) : La longueur intérieure de la liaison.

Les déperditions par ponts thermiques pour tout le logement peuvent être évaluées à 20% des pertes surfaciques par transmission à travers les parois du logement. [8]

III.3.6. Déperditions à travers les sols :

Nous distinguons les planchers bas enterrés, les murs enterrés et les planchers hauts enterrés.

➤ Plancher haut enterré :

Les déperditions D_{sol} pour un plancher haut enterré sont données par la formule :

$$D_{sol} = K \times A \text{ [W/°C]} \quad (\text{II.27})$$

Où :

K (W/m².°C) : Le coefficient K du plancher haut enterré.

A (m²) : La surface intérieure du plancher.

Le coefficient K d'un plancher haut enterré est donné par la formule :

$$1/K = 0,14 + R_p + e/1,9 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]} \text{]}$$

Où :

R_p (m²°C/W) : La résistance du plancher, résistances superficielles non comprises ;

e (m) : L'épaisseur de la couverture de sol.

➤ **Plancher bas et mur enterré :**

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

$$D_{sol} = k_s \times p \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.28})$$

Où :

k_s (W/m.°C) : Le coefficient de transmission linéique du plancher bas ou du mur dont on retrouve les valeurs dans le DTR.

p (m) : La longueur de la paroi.

III.3.7. Déperditions à travers les locaux non chauffés :

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

$$D_{inc} = \tau \times [\Sigma (K \times A) + \Sigma (kl \times L)] \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.29})$$

Où :

K (W/m².°C) : Le coefficient de transmission surfacique.

A (m²) : La surface intérieure de chaque partie surfacique.

kl (W/m.°C) : Le coefficient de transmission linéique de chaque liaison.

L (m) : La longueur intérieure de chaque liaison.

τ : Le coefficient de réduction de température.

τ est donné par la formule suivante :

$$\tau = \frac{t_i - t_{inc}}{t_i - t_e} = \frac{d_e}{d_e - a_c}$$

Où :

t_i (°C) : La température intérieure.

t_n (°C) : La température de l'espace non chauffé.

t_e (°C) : La température extérieure.

ac (W/°C) : Les apports de chaleur des divers locaux chauffés vers le local non chauffé.

de (W/°C) : Les déperditions du local non chauffé vers l'extérieur.

III.3.8. Déperditions par renouvellement d'air :

Nous calculons les déperditions par renouvellement d'air comme suit :

$$D_r = 0,34 \times N \times V \text{ [W/°C]} \quad (\text{II.30})$$

Où :

V (m³) : Le volume de l'auditorium.

N (h⁻¹) : Le taux horaire de renouvellement d'air du volume V du local non chauffé.

0,34 (en Wh/m³.K) : La chaleur volumique de l'air.

III.3.9. Déperditions de base pour un volume :

Les déperditions de base pour un volume thermique (DB)_i ont pour expression :

$$(DB)_i = D_i \times (t_{bi} - t_{be}) \text{ [W]} \quad (\text{II.31})$$

Où :

D_i (W/°C) : Les déperditions totales du volume thermique i.

t_{bi} (°C) : La température intérieure de base du volume considéré (21°C).

t_{be} (°C) : La température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction (3°C).

➤ Température intérieure de base :

La température intérieure de base est la température de l'air que l'on désire obtenir au centre de la pièce en absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage.

➤ Température extérieure de base :

La température extérieure de base fait référence à la température à laquelle la température minimale quotidienne est inférieure à cette température seulement cinq jours par an.

III.4. La puissance de chauffage :

La puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement est donnée par la relation suivante :

$$Q = [t_{bi} - t_{be}] \times [[1 + \text{Max} (cr ; cin)] DT] + [(1 + cr) \times DR] [W] \quad (\text{II.32})$$

Où :

t_{bi} (°C) : La température intérieure de base.

t_{be} (°C) : La température extérieure de base.

DT (W/°C) : Les déperditions par transmission du logement.

DR (W/°C) : Les déperditions par renouvellement d'air du logement.

cr (sans dimension) : Un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.

cin (sans dimension) : Coefficient de surpuissance.

Dans le tableau I.1.6 on représente un cas de calcul d'un bilan thermique pour la salle de réunion située au 2ème étage

En raison de la taille du fichier Excel dans l'étude du bilan thermique hivernal, nous avons choisi deux espaces (salle de réunion et directeur administratif) comme cas d'étude, comme indiqué dans le tableau II.6 et le tableau II.7.

III.5. Conclusion :

Après avoir effectué un bilan thermique hivernal nous avons pu déterminer la puissance calorifique qu'on doit fournir à notre clinique afin de satisfaire les besoins de chaleur en saison froide ainsi qu'offrir un confort thermique aux employés et aux patients.

Tableau II.8 : Bilan thermique hivernal de la salle de réunion

Salle de Réunion														
Paroi	Composant	Epaisseur (m)	Coef. de Transmission Globale (W/m².K)	Resistances Th. Comp (m².K/W)	Th-Int	Th-Ext	Resistances Th. Tot (m².K/W)	Conducteur	L (m)	H (m)	A (m²)	Qs (W)	Qs (W/C)	Qs (W/C)
Mur Sud	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429		0.22	0.47742957	2.095884	4.38	2.65	11.607	24.32648		
	Brique	0.1	0.35	0.0257429										
	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429										
Mur Ouest	Brique	0.1	0.35	0.0257429										
	Lame d'air	0.05		0.6	0.7		0.77385743	1.2593002	4.32	2.65	11.448	14.81589		
	Brique	0.1		0.2										
	Enduit ciment	0.02	1.4	0.0423574										
Mur Nord	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429		0.22	0.47742957	2.095884	4.38	2.65	11.607			
	Brique	0.1	0.35	0.0257429										
	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429										
Mur Est	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429		0.22	0.47742957	2.095884	4.32	2.65	9.474	18.95889		
	Brique	0.1	0.35	0.0257429										
	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429										
Pote	Aluminium							4.5	0.34	2.1	1.914	8.883		
	Gravier	0.03	1.2	0.025										
Plafond	Eclanchéle	0.01	0.23	0.04347826										
	Polyuréthane	0.08	0.046	1.72910435										
	Chape	0.05	1.5	0.04347826		0.14	2.48223914	0.452428			18.57	1.71859		
	Minerle ourdi	0.2		0.6										
	Lame d'air	0.05		0.2										
	Platre	0.02	0.25	0.025742957										
Plancher	Dalle de solé	0.01	1	0.01										
	Chape	0.1	1.5	0.06656522		0.34	0.574347826	1.741052			18.57	12.12324		
	Minerle balai	0.02	1.5	0.0739104										
	Minerle ourdi	0.15		0.2										

Tableau II.9 : Bilan thermique hivernal du directeur administratif.

Directeur Administratif														
Paroi	Composant	Epaisseur (m)	Coef. de Transmission Globale (W/m².K)	Resistances Th. Comp (m².K/W)	Th-Int	Th-Ext	Resistances Th. Tot (m².K/W)	Conducteur	L (m)	H (m)	A (m²)	Qs (W)	Qs (W/C)	Qs (W/C)
Mur Sud	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429		0.22	0.47742957	2.095884	4.22	2.65	9.209			
	Brique	0.1	0.35	0.0257429										
	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429										
Passage									0.34	2.1	1.914			
Mur Nord	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429										
	Brique	0.1	0.35	0.0257429										
	Lame d'air	0.05		0.6	0.7		0.77385743	1.2593002	7.38	2.65	19.557	25.30486		
	Brique	0.1		0.2										
Mur Nord E	Enduit ciment	0.02	1.4	0.0423574										
	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429										
	Brique	0.1		0.2										
	Lame d'air	0.05		0.6	0.7		0.77385743	1.2593002	4.53	2.65	12.2835	15.87558		
Mur Sud E	Brique	0.1		0.2										
	Enduit ciment	0.02	1.4	0.0423574										
	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429		0.22	0.47742957	2.095884	6.81	2.65	10.0465	17.27265		
Plafond	Enduit plâtre	0.01	0.25	0.0257429										
	Brique	0.1	0.35	0.0257429										
	Gravier	0.03	1.2	0.025										
	Eclanchéle	0.01	0.23	0.04347826										
	Polyuréthane	0.08	0.046	1.72910435										
	Chape	0.05	1.5	0.04347826		0.14	2.48223914	0.452428			11.55	11.80589		
Plancher	Minerle ourdi	0.2		0.6										
	Lame d'air	0.05		0.2										
	Platre	0.02	0.25	0.025742957										
	Dalle de solé	0.01	1	0.01										
Plancher	Chape	0.1	1.5	0.06656522		0.34	0.574347826	1.741052			11.55	54.9387		
	Minerle balai	0.02	1.5	0.0739104										
	Minerle ourdi	0.15		0.2										

IV. Optimisation énergétique selon le logiciel CTBAT Apprue :

L'optimisation énergétique se concentre sur l'amélioration de la gestion de l'énergie, dans le but de minimiser la consommation tout en augmentant l'efficacité. Cela implique l'adoption de pratiques qui réduisent la demande énergétique, optimisent les processus de production et encouragent l'utilisation de sources d'énergie plus propres et plus durables. Dans notre étude, nous utilisons un logiciel approprié appelé CTBAT Apprue [10], qui consiste à détecter les zones les plus favorables aux déperditions de chaleur et apports thermiques dans le but de proposer une isolation meilleure.

IV.1. Définition de la résistance thermique :

La résistance thermique, également appelée valeur R, est une mesure de la capacité d'un matériau ou d'un assemblage de matériaux à résister au passage de la chaleur. Elle indique la capacité d'isolation thermique d'un élément de construction, tel qu'un mur, un plancher, un toit ou une fenêtre.

La résistance thermique est déterminée par l'épaisseur du matériau et sa conductivité thermique. Plus la résistance thermique est élevée, plus le matériau est isolant et moins il permet le passage de la chaleur. Elle est exprimée en mètre carré par watt ($m^2 \cdot K/W$) dans le système international d'unités (SI).

IV.2. Composition et détails de l'enveloppe :

Après une étude effectuée par le logiciel CTBAT sur une enveloppe nommée la salle de réunion située au niveau du 2eme étage. Le tableau II.10 nous montre la composition des parois du local ainsi que les différentes conductances. L'étude a montré que la conformité pour la saison hivernale est approuvée ce qui n'est pas le cas pour la saison estivale (tableau II.11), ce qui nous a poussés à chercher la conformité en faisant une réduction du flux thermique à travers la paroi avec un matériau d'isolation thermique avec une épaisseur adéquate. Le matériau d'isolation utilisé dans cette optimisation est le polystyrène expansé.

Tableau II.10 : Conductances des parois de la salle de réunion avant optimisation

Salle de Réunion								
Paroi	Composant	Epaisseur [m]	Coef de Transmission Global λ [W/m ² °C]	Resistance Th. Comp [m ² °C/W]	1/hi+1/he	1/hi+1/hc	Resistances Th. Tot [m ² °C/W]	Conductance
Mur Sud	Enduit platre		0,01	0,35	0,028571429			
	Brique		0,1		0,2	0,22	0,477142857	2,09580838
	Enduit platre		0,01	0,35	0,028571429			
Mur Ouest	Enduit platre		0,01	0,35	0,028571429			
	Brique		0,1		0,2			
	Lame d'air		0,05		0,16	0,17	0,772857143	1,29990018
	Brique		0,1		0,2			
	Enduit ciment		0,02	1,4	0,014285714			
Mur Nord	Enduit platre		0,01	0,35	0,028571429			
	Brique		0,1		0,2	0,22	0,477142857	2,09580838
	Enduit platre		0,01	0,35	0,028571429			
Mur Est	Enduit platre		0,01	0,35	0,028571429			
	Brique		0,1		0,2	0,22	0,477142857	2,09580838
	Enduit platre		0,01	0,35	0,028571429			
Porte	Aluminium							4,5
Plafond	Gravier		0,09	1,2	0,025			
	Etanchéité		0,01	0,23	0,043478261			
	Polystyrène		0,08	0,046	1,739130435			
	Chape		0,05	1,15	0,043478261	0,14	2,408229814	0,41524276
	Mortier ourdi		0,2		0,16			
	Lame d'air		0,5		0,2			
	Platre		0,02	0,35	0,057142857			
Plancher	Dalle de sole		0,01	1	0,01			
	Chape		0,1	1,15	0,086956522	0,34	0,574347826	1,74110522
	Mortier batard		0,02	1,15	0,017391304			
	Mortier ourdi		0,15		0,12			

Tableau II.11 : Résultat de la conformité de la salle de réunion initialement.

Donnée techniques				
Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
	100 m	37 °	A	A

Conditions externes				
Temp. externe en hiver	Temp. externe en été	Humidité spécifique	Ecart diurne	
3°	34 °	15	9	

Synthèse des enveloppes			
Nom de l'enveloppe	Usage	Conformité Hiver C-3.2	Conformité Eté C-3.4
Salle de réunion	bureaux	Conforme	Non conforme

IV.3. Optimisation énergétique avec le logiciel CTBAT Apprue :

En effectuant cette étude en utilisant le logiciel CTAB Apprue, nous avons constaté que les murs Est, Ouest et Sud ainsi que le plafond sont les zones de perte les plus sensibles, ce qui nous a amené à effectuer une optimisation en ajoutant des couches de polystyrène expansé pour les parois précédemment mentionnées telles que nous le montrent les figures (la figure II.6, la figure II.7 et la figure II.8).

Détails **Composition** Local adjacent

Composition (Paroi Est) Sélectionner un Modèle

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
0 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,01 m	0,0286 (m ² .°C)/W	7,5000	0,3500 W/m.°C
1 - Brique creuse	0,10 m	0,2083 (m ² .°C)/W	90,0000	0,4800 W/m.°C
2 - Polystyrène expansé	0,14 m	3,0435 (m ² .°C)/W	1,2800	0,0460 W/m.°C
3 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,01 m	0,0286 (m ² .°C)/W	7,5000	0,3500 W/m.°C
Total	0,2600 m	3,3090 (m².°C)/W	106,0000	

Figure II.6 : Composition de la paroi Est et Sud après optimisation.

Paroi Ouest Menu Paroi

Détails **Composition**

Composition (Parois Opaque Ouest) Sélectionner un Modèle

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
Facteur d'absorption α : 0,50 (couleur claire)				
0 - Mortier de ciment	0,02 m	0,0143 (m ² .°C)/W	44,0000	1,4000 W/m.°C
1 - Brique creuse	0,10 m	0,2083 (m ² .°C)/W	90,0000	0,4800 W/m.°C
2 - lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,05 m	0,1600 (m ² .°C)/W	0,0000	0,0000 W/m.°C
3 - Brique creuse	0,10 m	0,2083 (m ² .°C)/W	90,0000	0,4800 W/m.°C
4 - Polystyrène expansé	0,07 m	1,5217 (m ² .°C)/W	0,6300	0,0460 W/m.°C
5 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,01 m	0,0286 (m ² .°C)/W	7,5000	0,3500 W/m.°C
Total	0,3500 m	2,1413 (m².°C)/W	232,0000	

Figure II.7 : Composition de la paroi Ouest après optimisation.

Plafond Menu Param

Détails **Composition**

Composition (Plafond) Sélectionner un Modèle

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. A
Facteur d'absorption α : 0,80 (gravier) ✎				
0 - Sable + gravillons	0,03 m	0,0250 (m ² .°C)/W	54,0000	1,2000 W/m.°C
1 - Cartons feutres et chapes ouplés imprégnés	0,01 m	0,0435 (m ² .°C)/W	10,0000	0,2300 W/m.°C
2 - Polystyrène expansé	0,08 m	1,7391 (m ² .°C)/W	0,7200	0,0460 W/m.°C
3 - Mortier bâtard	0,05 m	0,0435 (m ² .°C)/W	95,0000	1,1500 W/m.°C
4 - Blocs creux en béton de granulats lourds	0,20 m	0,1818 (m ² .°C)/W	290,0000	1,1000 W/m.°C
5 - Lame d'air pour toiture de 55 à 300 mm	0,50 m	0,1400 (m ² .°C)/W	0,0000	0,0000 W/m.°C
6 - Panneaux courant	0,02 m	0,0571 (m ² .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C
Total	0,8900 m	2,2300 (m ² .°C)/W	435,0000	

Profil de température de l'intérieur vers l'extérieur

Figure II.8 : Composition du plafond après optimisation.

Donnée techniques				
Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
	100 m	37 °	A	A

Conditions externes			
Temp. externe en hiver	Temp. externe en été	Humidité spécifique	Ecart diurne
3°	34 °	15	9

Synthèse des enveloppes			
Nom de l'enveloppe	Usage	Conformité Hiver C-3.2	Conformité Eté C-3.4
Salle de réunion	bureaux	Conforme	Conforme

Figure II.9 : La conformité estivale après optimisation avec le logiciel CTBAT Apprue.

IV.4. Epaisseur de l'isolant :

Pour calculer l'épaisseur exacte de l'isolant choisi on a utilisé l'équation suivante :

$$R_{ref} = R_T + \frac{e_p}{\lambda_p} \tag{II.33}$$

$$e_p = (R_{ref} - R_T) \lambda_p \tag{II.34}$$

La figure ci-dessous (figure II.13) nous montre l'évolution des couts selon l'épaisseur de l'isolant pour une facture énergétique, les couts de mise en œuvre d'entretien ainsi que le cout total de l'isolant.

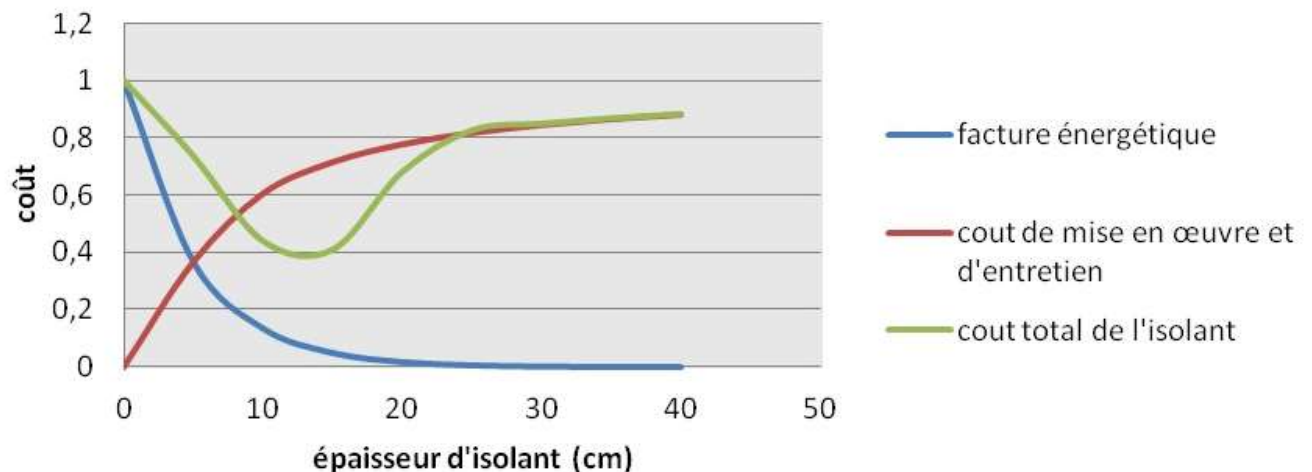


Figure II.10 : Evolution des couts selon l'épaisseur de l'isolant.

IV.5. Conclusion :

Le logiciel CTBAT Apprue nous a permis de détecter les imperfections de la construction des parois ainsi que la consommation d'énergie d'une simple salle. On a donc effectué une série de tests avec le même logiciel afin de trouver l'épaisseur exacte pour le matériau choisi pour une meilleure optimisation et une excellente isolation.

L'amélioration de la composition des parois par des isolations thermiques nécessaire est essentiel si on veut obtenir un bâtiment non énergivore et réduire ou minimiser les couts et les frais pour une économie durable. La figure II.12 nous montre les résultats après optimisation.

CHAPITRE III

Conception de l'installation de climatisation

I. Dimensionnement et présentation de réseau gaz :

Lors de la construction d'un réseau de gaz, une planification minutieuse et précise est essentielle pour garantir un approvisionnement en gaz fiable et sûr dans un environnement bâti. Dans cette exploration, nous examinerons les éléments clés de cette procédure, en mettant en évidence les considérations essentielles qui garantissent un approvisionnement en gaz fiable, rentable et sécurisé dans les structures immobilières. Notre installation prend le R22 comme étant le fluide frigorigène de la conception.

I.1. Fluide frigorigène R22 :

Le gaz R22 était très utilisé dans divers systèmes de climatisation. Appartenant à la famille des hydro chlorofluorocarbures (HCFC), il était très apprécié à cause de ses propriétés chimiques, sa fiabilité, ainsi qu'aux bons résultats obtenus. Cependant, certaines substances qui composent ce réfrigérant R22 sont très nocive pour l'homme et l'écosystème. Devant la gravité de la situation, de nombreux États ont mis en place des politiques règlementaires pour stopper sa fabrication et de l'emploi de ce gaz hautement nuisible pour la couche d'ozone.

D'un point de vue chimique, le gaz climatisation R22 est composé essentiellement de carbone, d'hydrogène et de fluor. Ce fluide est incolore, ininflammable et développe une odeur éthérée dans l'environnement. À petite dose, le gaz R22 n'est pas dangereux pour l'homme. Mais si la quantité inhalée devient importante, elle engendre différents problèmes respiratoires, cardiaques et provoque parfois même une asphyxie immédiate.

I.2. Dimensionnement et calcul :

Dans nos calculs, nous utilisons la puissance thermique de chaque pièce calculée précédemment dans le bilan thermique, puis nous suivons le réseau de distribution, en calculant la puissance cumulée en additionnant la puissance installée de chaque local à celle précédente.

La production frigorifique ϕ_0 à fournir aux évaporateurs en frigoria par heure (fg/h).

$$1\text{fg/h} = 0,001163 \text{ kW} \quad (\text{III.1})$$

I.2.1. Calcul des pertes de charge :

Les valeurs des pertes de charge tolérées varient dans des proportions très grandes. Pour le R22, les pertes de charge peuvent avoir une valeur supérieure de 25% (tableau III.1).

Pour le liquide :

$$Jl \leq 0.350 \text{ bar}$$

$$Jl \leq (0.350 * La) / Ll \quad \text{(III.2)}$$

$$Ja \leq 0.105 \text{ bar} \quad (-20 < t_0 < -10^\circ\text{C}) \quad Ja_{30} \leq 0.105 \text{ bar} \quad \text{(III.3)}$$

Où :

La (m) : La longueur de la tuyauterie gaz.

Ll (m) : La longueur de la tuyauterie liquide.

Jl (bar) : Pertes de charge liquide.

Ja (bar) : Pertes de charge gaz.

Tableau III.1 : Variation de pertes de charge pour le R22.

Températures d' évaporation	Pertes de charge	
	bar	psi
-10 à +10	0.140	2
-20 à -10	0.105	1
-40 à -20	0.035 à 0.070	0.5 à 1

I.2.2. Détermination de diamètres des tuyauteries :

Cette détermination se fait à partir d'abaques (figure III.1) et de diagrammes. Ces abaques permettent de déterminer graphiquement les diamètres des tuyauteries pour une installation de puissance donnée et compte tenu des conditions de fonctionnement.

Préalablement à cette détermination, il faut évaluer :

- La production frigorifique ϕ_0 à fournir aux évaporateurs en fg/h.
- La température d'évaporation du fluide t_0 en °C.
- La longueur de chaque tuyauterie : L_l et L_a .
- Les pertes de charge admissibles : J_l et J_a .

Ces éléments étant connus, il est alors possible de déterminer le diamètre des tuyauteries de l'installation.

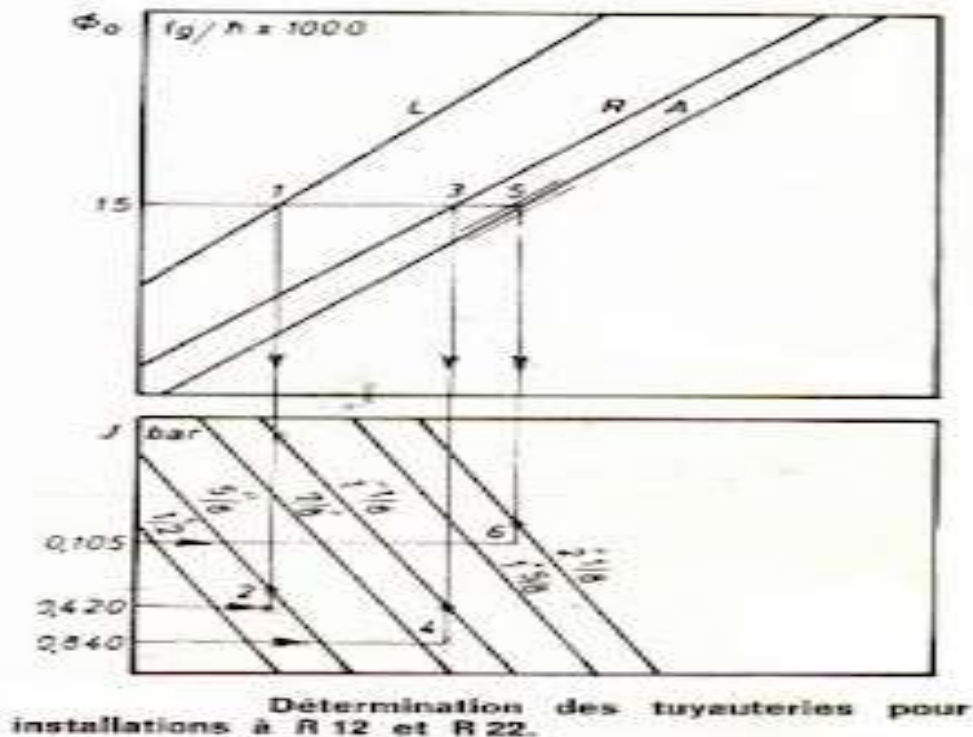


Figure III.1 : Abaque du réfrigérant R22.

I.3. Diagrammes de tuyauterie :

À ce stade, nous représentons les circuits de plomberie et de câblage à chaque étage de notre clinique dans les tableaux et les figures ci-dessous.

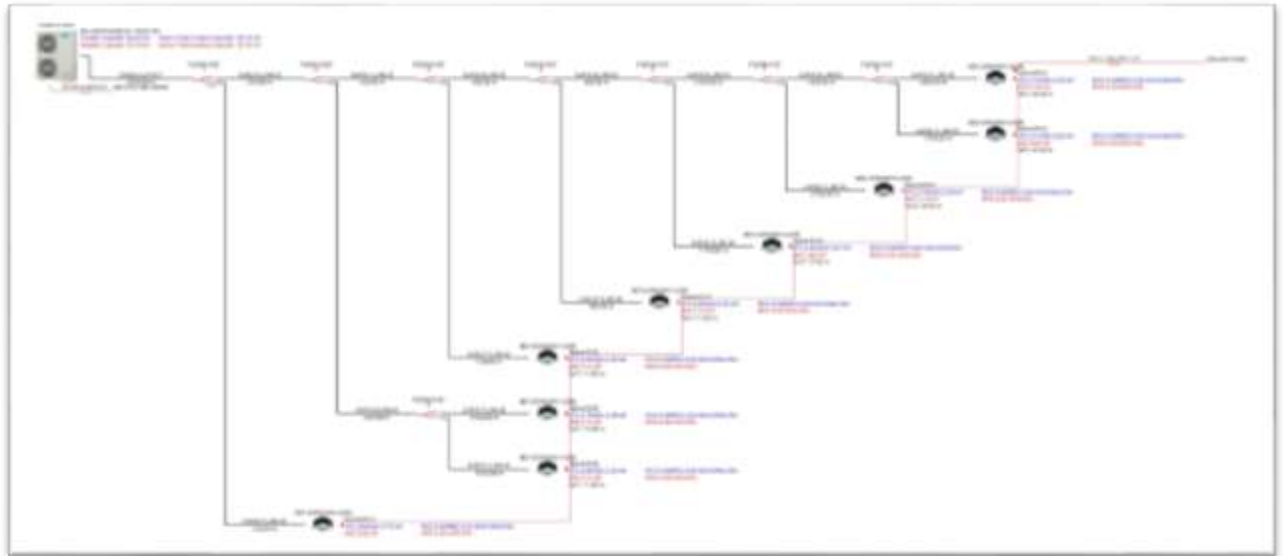


Figure III.2 : Schéma de la tuyauterie RDC.

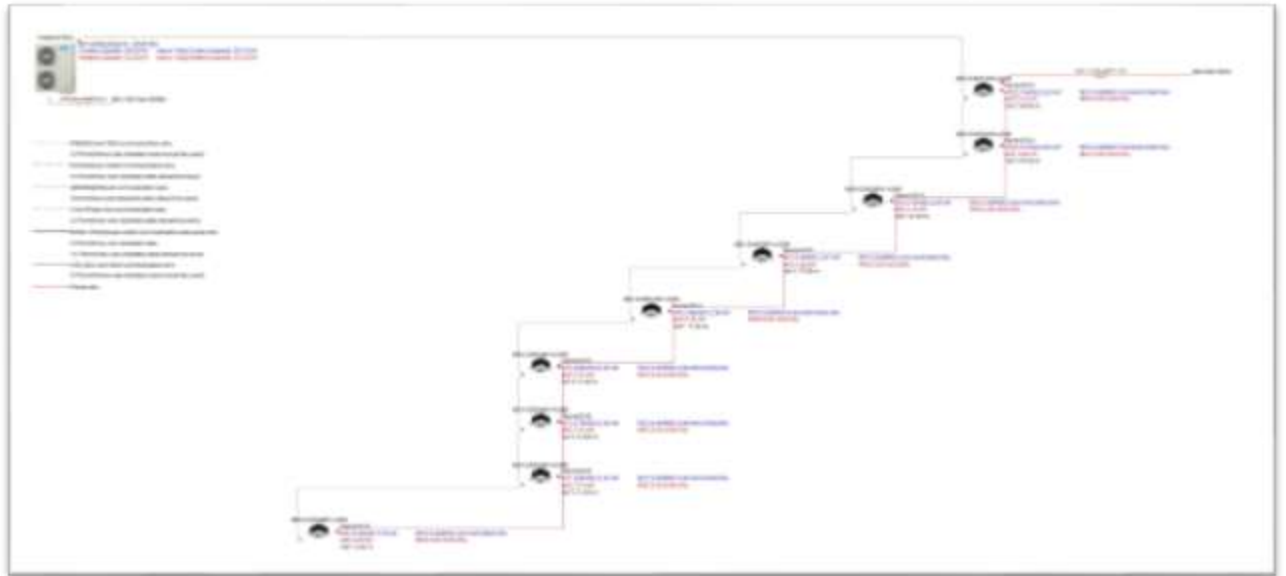


Figure III.3 : Schéma du câblage RDC.

Tableau III.2 : Diamètres de la tuyauterie du RDC.

Non.	Longueur (m)	Diamètre de la tuyauterie
(1)	18,00	Φ25.4/Φ12.7
(2)	3,00	Φ22.2/Φ9.53
(3)	2,00	Φ12.7/Φ6.35
(4)	3,00	Φ19.1/Φ9.53
(5)	5,00	Φ15.9/Φ9.53
(6)	2,00	Φ15.9/Φ9.53
(7)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(8)	2,00	Φ15.9/Φ9.53
(9)	2,00	Φ12.7/Φ6.35
(10)	4,00	Φ15.9/Φ9.53
(11)	5,00	Φ12.7/Φ6.35
(12)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(13)	2,00	Φ12.7/Φ6.35
(14)	5,00	Φ15.9/Φ9.53
(15)	5,00	Φ12.7/Φ6.35
(16)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(17)	5,00	Φ12.7/Φ6.35

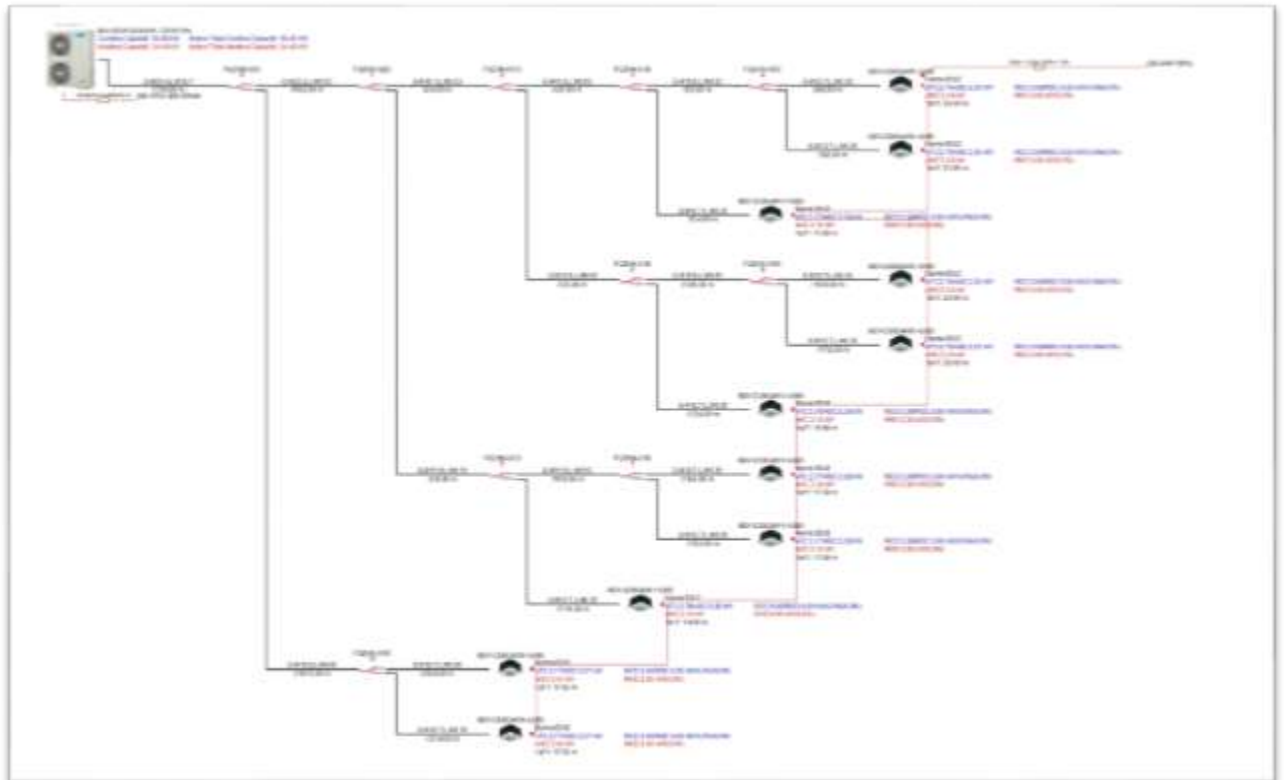


Figure III.4 : Schéma de la tuyauterie du 1^{er} étage.

Tableau III.3 : Diamètres de la tuyauterie du 1^{er} étage.

Non.	Longueur (m)	Diamètre de la tuyauterie
(1)	16,00	Φ25.4/Φ12.7
(2)	4,00	Φ19.1/Φ9.53
(3)	6,00	Φ15.9/Φ9.53
(4)	5,00	Φ15.9/Φ9.53
(5)	3,00	Φ15.9/Φ9.53
(6)	5,00	Φ15.9/Φ9.53
(7)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(8)	6,00	Φ12.7/Φ6.35
(9)	2,00	Φ12.7/Φ6.35
(10)	3,00	Φ15.9/Φ9.53
(11)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(12)	6,00	Φ15.9/Φ9.53
(13)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(14)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(15)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(16)	6,00	Φ12.7/Φ6.35
(17)	2,00	Φ12.7/Φ6.35
(18)	3,00	Φ22.2/Φ9.53
(19)	13,00	Φ15.9/Φ9.53
(20)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(21)	4,00	Φ12.7/Φ6.35

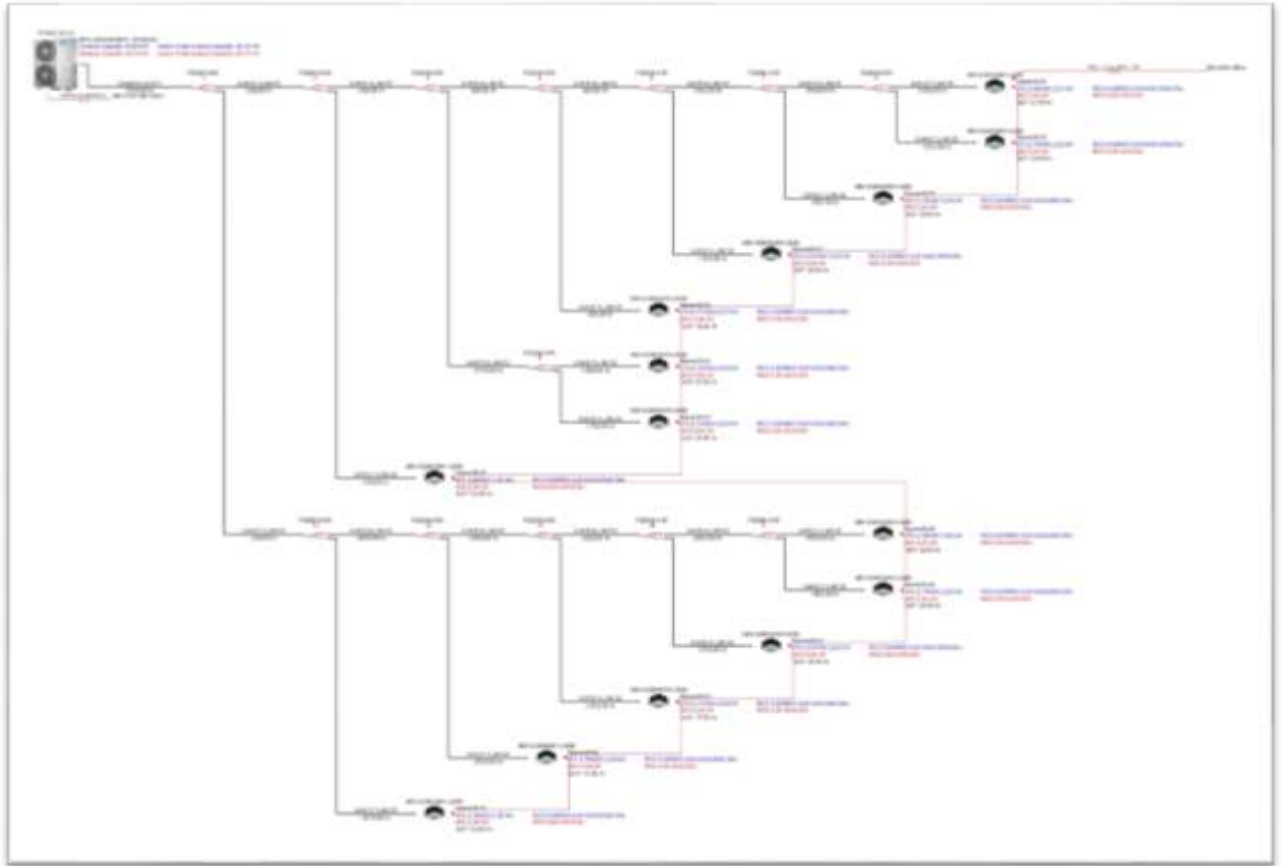


Figure III.6 : Schéma de la tuyauterie du 2^{ème} étage.

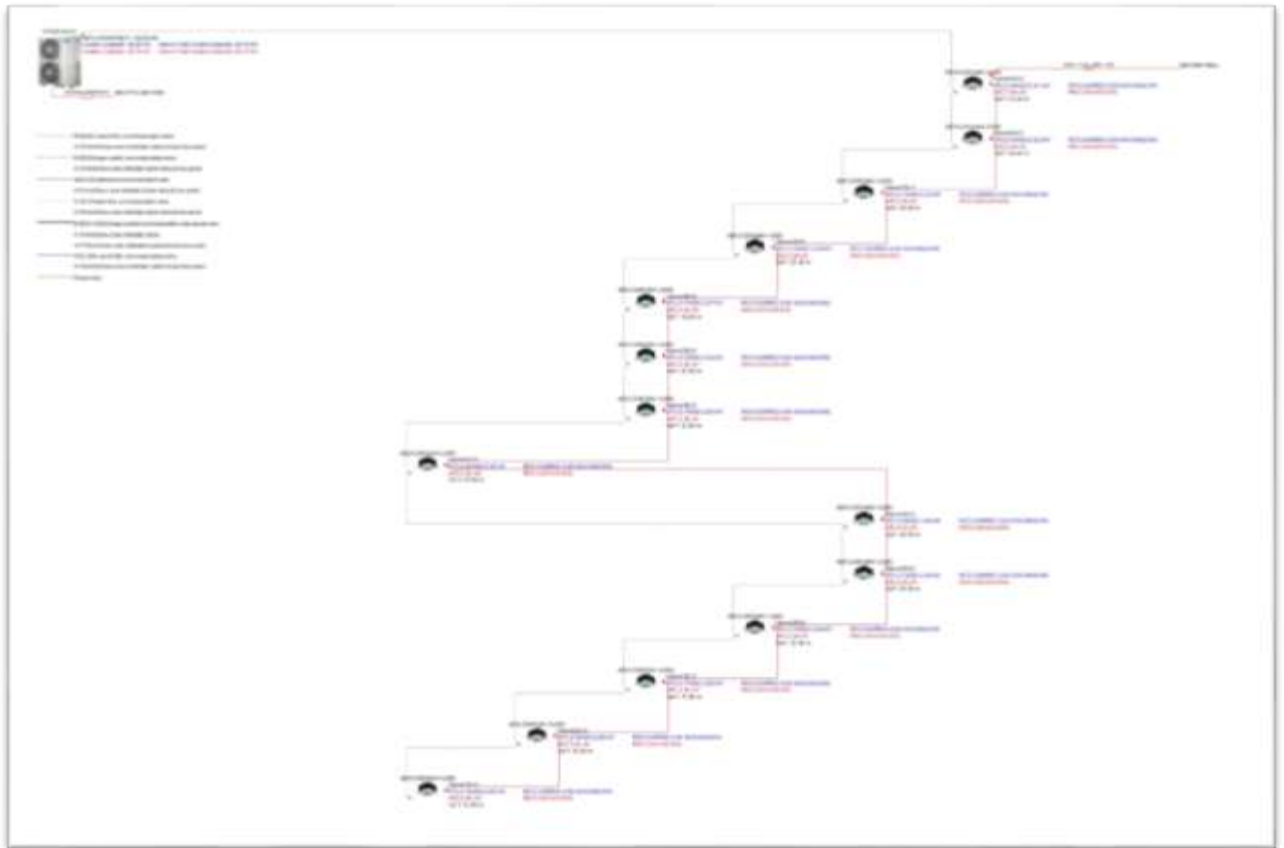


Figure III.7 : Schéma de câblage du 2^{ème} étage.

Tableau III.4 : Diamètres de la tuyauterie du 2^{ème} étage.

Non.	Longueur (m)	Diamètre de la tuyauterie
(1)	10,00	Φ28.6/Φ12.7
(2)	2,00	Φ25.4/Φ12.7
(3)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(4)	3,00	Φ25.4/Φ12.7
(5)	5,00	Φ12.7/Φ6.35
(6)	2,00	Φ22.2/Φ9.53
(7)	5,00	Φ12.7/Φ6.35
(8)	4,00	Φ15.9/Φ9.53
(9)	4,00	Φ19.1/Φ9.53
(10)	4,00	Φ15.9/Φ9.53
(11)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(12)	5,00	Φ12.7/Φ6.35
(13)	8,00	Φ12.7/Φ6.35
(14)	3,00	Φ15.9/Φ9.53
(15)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(16)	2,00	Φ12.7/Φ6.35
(17)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(18)	6,00	Φ15.9/Φ9.53
(19)	3,00	Φ12.7/Φ6.35
(20)	4,00	Φ22.2/Φ9.53
(21)	6,00	Φ12.7/Φ6.35
(22)	3,00	Φ15.9/Φ9.53
(23)	4,00	Φ12.7/Φ6.35
(24)	4,00	Φ15.9/Φ9.53
(25)	3,00	Φ12.7/Φ6.35
(26)	3,00	Φ15.9/Φ9.53
(27)	4,00	Φ12.7/Φ6.35

I.4. Conclusion :

Dans cette partie, nous avons mis en place une installation d'un réseau gaz qui représente un élément essentiel dans la conception de notre clinique. Ce réseau assure la fourniture efficace d'une source d'énergie polyvalente pour des besoins tels que la cuisson, le chauffage, l'eau chaude et bien d'autres applications.

Cependant, il est impératif de rester attentif aux évolutions technologiques et aux normes environnementales en constante évolution pour garantir la durabilité et la sécurité de ces systèmes dans le contexte du changement climatique mondial.

II. Dimensionnement de réseau aéraulique :

Le dimensionnement de la résolution aéraulique est une étape cruciale dans le domaine de la mécanique des fluides et de l'aérodynamique. Elle fait référence à la capacité de détail et de précision avec laquelle on peut analyser ou étudier le comportement des flux d'air. Cette étape revêt une importance majeure, car un dimensionnement incorrect peut entraîner des problèmes tel que des déséquilibres de température, une mauvaise qualité de l'air intérieur, des coûts énergétiques excessifs, et même une dégradation prématurée des

équipements. On distingue quatre paramètres qui influencent sur le dimensionnement de notre réseau aéraulique :

- La vitesse
- Le diamètre
- Le débit
- Les pertes de charge



Figure III.8 : Exemple d'une gaine de réseaux aéraulique rectangulaire.

II.1. Dimensionnement et Calcul des conduites de ventilation :

Exemple de calcul :

On prend le tronçon le plus défavorable qui se situé en RDC

II.2. Calcule des débits :

On prend quelque cas de locaux dans le premier niveau (R+1)

Tableau III.5 : Débit par occupant 1^{er} étage.

Voir annexe (01)

Noms du local	Nombre d'occupants	Débit l/s	Débit m ³ /h
CHAMBRE 1	2	26	93,6
CHAMBRE 2	2	26	93,6
ESPACE REPOS	4	32	115,2
CHAMBRE 3	2	26	93,6
BUREAU MÉDICALE 1	2	26	93,6
SALLE DE SOIN	3	24	86,4
SALLE DE SURVEILLANCE	2	16	57,6

II.3. Diamètre de gaines aérauliques à installer :

Pour le calcul du diamètre de gaines on fixe la vitesse d'écoulement à 4m/s à l'intérieur des locaux de la clinique et à 5m/s on dort des locaux.

$$D = \sqrt{\frac{353,68 \times Q_v}{v}} \quad [\text{mm}] \quad (\text{III .4})$$

Où :

Q_v (l/s) : Débit d'eau dans les conduites d'eau.

V (m/s) : Vitesse théorique de l'air dans les conduites.

D (mm) : Diamètre de la conduite.

RM : Diamètre circulaire de la conduite \geq diamètre installé.

II.4. La vitesse réelle :

Nous donnons l'expression de la vitesse réelle comme suit :

$$V = \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot (d_n)^2} \quad [\text{m/s}] \quad (\text{III. 5})$$

D'où :

Q_v (l/s) : Débit d'eau dans les conduites d'eau.

V (m/s) : Vitesse théorique de l'air dans les conduites.

D (mm) : Diamètre de la conduite en circulaire.

π : 3,14

II.5. Pertes de charge :

On appelle une perte de charge [1] en mécanique des fluides, la chute de pression due divers frottements contre les parois d'un tube ou d'une gaine. En résulte une dissipation de l'énergie mécanique du fluide. Il existe deux types de pertes de charge :

- Perte de charge linéaire.
- Perte de charge singulière.

II.5.1. Pertes de charge linéaire :

La perte de charge linéaire [1] et [2] est la dissipation d'énergie du fluide lors de son écoulement. Elle est due à la résistance à l'écoulement issu de la viscosité du fluide d'une part, et aux frottements entre le fluide et la paroi d'autre part.

$$\Delta P_l = \lambda \cdot \frac{L \cdot \rho}{2 \cdot D} \cdot V^2 \quad [\text{PA}] \quad (\text{III. 6})$$

Où :

λ : Le coefficient de darcy.

L (m) : La longueur du conduit.

ρ (kg/m³) : La masse volumique de l'air.

D (m) : Le diamètre du conduit.

V (m/s) : La vitesse moyenne de l'air.

- **Régime laminaire :**

Un nombre de Reynolds < 2000 , indique que l'écoulement est calme.

- **Régime transitoire :**

Un nombre de Reynolds situé entre 2000 et 4000 ($2000 < R < 4000$) indique que l'écoulement est instable entre régime laminaire et régime tourbillon.

- **Régime tourbillon :**

Un nombre de Reynolds > 4000 indique que l'écoulement est sous forme de tourbillon.

II.5.1.1. Calcule de coefficient de pertes de charge λ :

- **Régime laminaire :**

Pour un écoulement laminaire dans une conduite cylindrique horizontale, le coefficient λ s'écrit :

$$\lambda = \frac{64}{R_s} \quad (\text{III. 7})$$

R_s : Nombre de Reynolds.

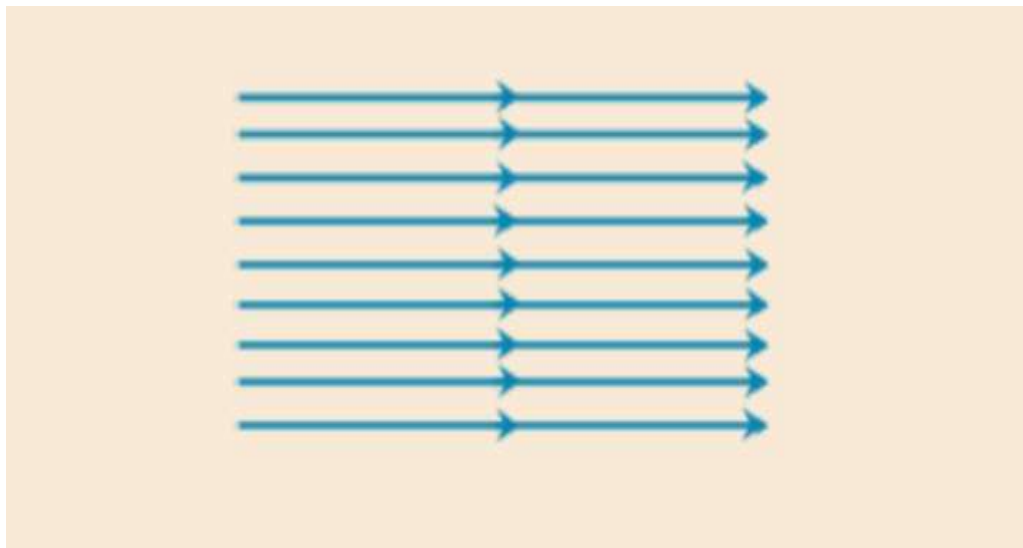


Figure III.9 : Déplacement des particules en régime laminaire.

- Régime tourbillon :

Pour un régime turbulent, le coefficient de pertes de charge λ se calcule par la loi de Colebrook-White suivante :

$$\lambda = \frac{0,0925}{\log(0,09)/Dn} + \left(\frac{5,74}{R_e^{0,9}}\right)^2 \quad (\text{III. 8})$$

R : Nombre de Reynolds.

Dn : Diamètre normalisé (mm)



Figure III.10 : Déplacement de particules en régime turbulent.

II.5.2. Pertes de charge singulières :

Les pertes de charge singulières (ou accidentelles) [1] dans un réseau pneumatique ou hydraulique sont celles causées par le passage du fluide à travers des obstructions et des accessoires tels que vannes, raccords, élargissements, sorties de réservoirs, hottes de cuisine, etc.

$$\Delta P_s = \zeta \times Pd \quad [\text{Pa}] \quad (\text{III. 9})$$

ζ : Coefficient de perte de charge spécifique d'une singularité.

$$Pd = \frac{1}{2} \cdot \rho V^2 \quad [\text{Kg/m}^2 \cdot \text{s}] \quad (\text{III. 10})$$

pd : Pression dynamique [Pa]

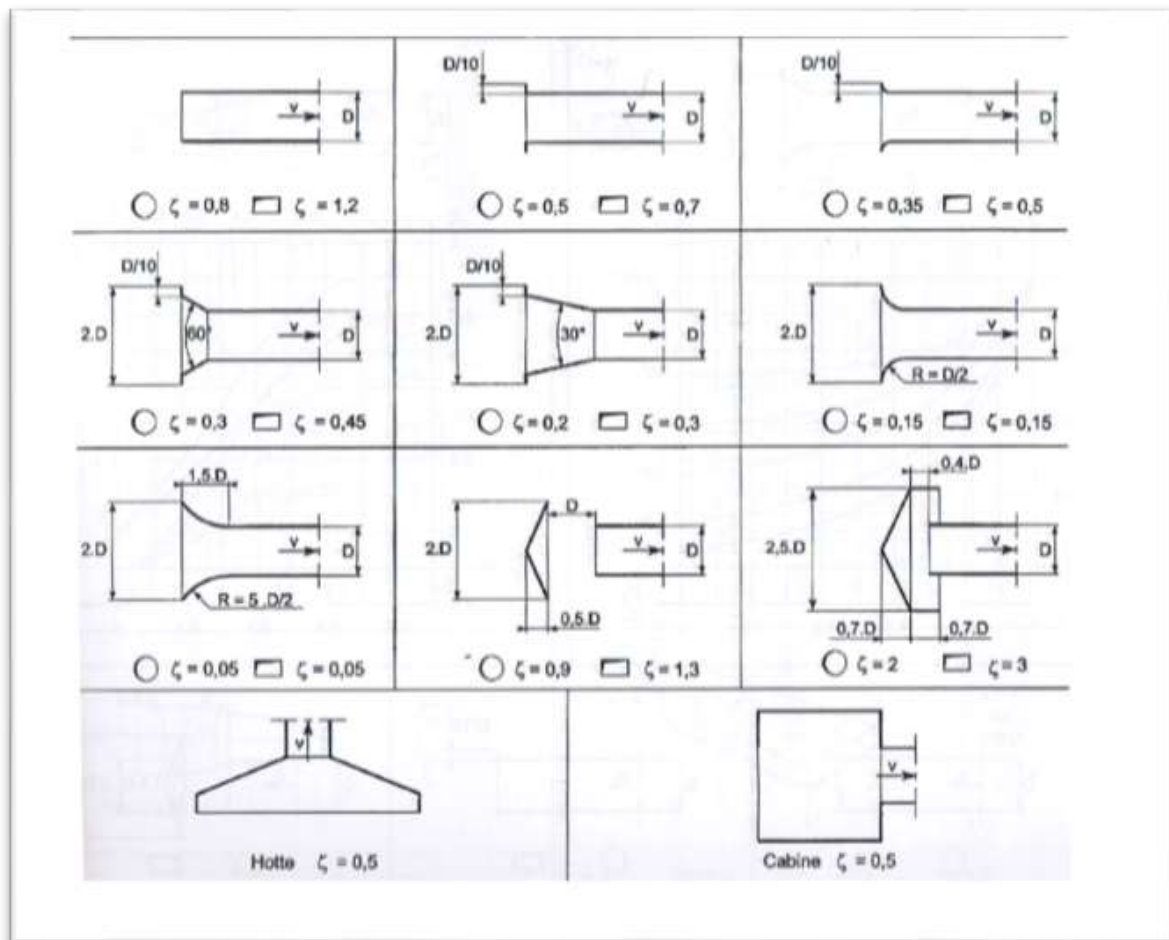


Figure III.11 : Coefficient de pertes de charge singulières.

Tableau III .6 : Valeurs indicatives de rugosité de matériaux.

Matériaux et type de conduits	Rugosité [mm]
Acier, Inox, PVC, aluminium	0,03
Conduit en acier galvanisé à joint spiral	0,09
Conduit rigide en acier galvanisé à joint longitudinal	0,15
Flexible en aluminium	0,5
Conduit en fibre de verre	0,9

Pour déterminer les pertes de charge, nous pouvons soit utiliser des formules approchées, soit utiliser des règles à calculer, ou bien utiliser les abaques des fabricants.

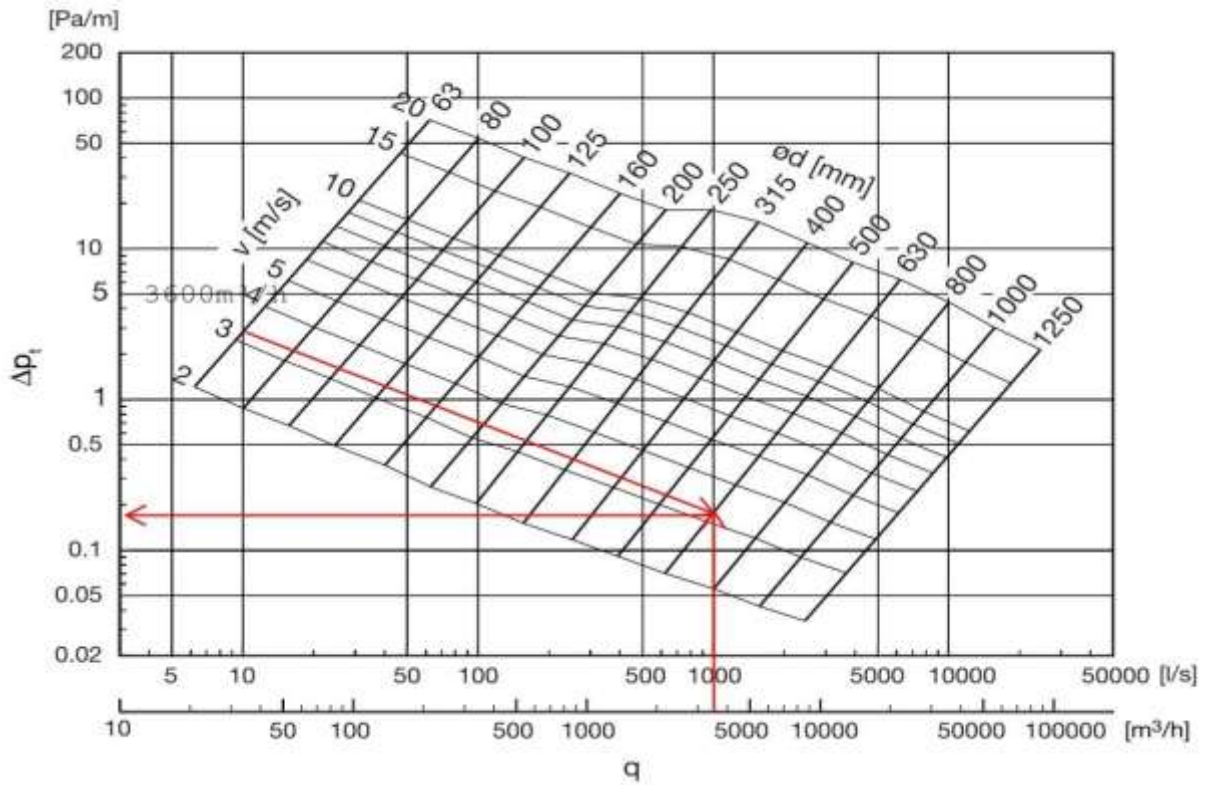


Figure III .12 : Abaque d'un conduit circulaire.

Tableau III.7 : L'ensemble du travail de dimensionnement du réseau aéraulique

Repère	local	DIAMETRE CAREE	DIAMETRE CIRCULAI R	DIAMETRE CIRCULAI R	vitesse de Calcul	longeur	viscosité	REYNOLD S	dzeta	lambda	PdC Linéaire	PdC singuliare	PdC Total	PdC Total
		[mm]	[mm]	[m]	[m/s]	[m]					[Pa]	[Pa]	[pa]	[mmCE]
RDC	Grille		182,14	0,18214	5									
	longeur 1		182,14	0,18214	4,14012739	5,68	0,000015	50272,1868		0,01665768	5,36020646			
	coude 90				5		0,000015		0,5			7,525		
	longeur 2		182,14	0,18214	4,14012739	3,02	0,000015	50272,1868		0,01665768	2,84996893			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 3		199,312161	0,19931216	4,96815287	3,27	0,000015	66014,219		0,01632561	3,97987815			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 4		230,14586	0,23014586	4,60014154	1,87	0,000015	70580,2354		0,01581648	1,63714466			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 5		293,379558	0,29337956	4,7841472	1,7	0,000015	93571,3993		0,01500946	1,1983665			
	coude T Red				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 6		368,413133	0,36841313	4,95968511	4,39	0,000015	121814,209		0,01430731	2,52459655			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 7		377,291832	0,37729183	4,93145368	0,93	0,000015	124039,813		0,01423675	0,51376314			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 8		385,966341	0,38596634	4,89955904	2,36	0,000015	126070,992		0,0141699	1,25210216			
	red						0,000015		0,1			0,19		
	longeur 9		402,755255	0,40275525	4,89955904	1,8	0,000015	131554,877		0,01404592	0,9071766			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 10		402,755255	0,40275525	4,86464968	1,24	0,000015	130617,548		0,01404592	0,61607042			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 11		416,73856	0,41673856	4,9251123	0,7	0,000015	136832,28		0,0139477	0,34211005			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 12		435,853876	0,43585388	4,90866979	1,96	0,000015	142630,85		0,01382022	0,90147599			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 13		442,809431	0,44280943	4,84390973	0,45	0,000015	142995,261		0,01377564	0,19774065			
	coude T				5		0,000015		1,4			21,07		
	longeur 14		479,794996	0,479795	4,99823071	1,98	0,000015	159875,072		0,01355298	0,84114968			
	coude 90				5		0,000015		0,5			7,525		
	longeur 15		479,794996	0,479795	4,99823071	3,03	0,000015	159875,072		0,01355298	1,2872139			
	clapet				5		0,000015					7,525		
	coude 90				5		0,000015		0,5			7,525		
	longeur 16		479,794996	0,479795	4,99823071	3,03	0,000015	159875,072		0,01355298	1,2872139			
coude T				5		0,000015		1,4			21,07			
longeur 17		543,032445	0,54303245	4,99823071	2,65	0,000015	180946,763		0,01321982	0,97022973				
coude 90				5		0,000015		0,5			7,525			
longeur 18		738,552262	0,73855226	4,99823071	2,65	0,000015	246096,973		0,0124436	0,67149023				
Pertes de charge totale avec majoration 10%													349,792187	32,6245408

Tableau III.8 : La puissance totale des pertes de charge de la clinique.

Local	RDC	RDC+1	RDC+2
DEBIT [m ³ /h] (M ³ /s)	3254,4	914,4	3542,4
ΔP_I (Pa)	27,3378		
ΔP_S (Pa)	290,655		
ΔP_T (Pa)	317,99		

$$\Delta P_T = \Delta P_S + \Delta P_I \quad [\text{Pa}] \quad (\text{III.11})$$

Calcul des perte de charge totales :

$$\Delta P_T = 290,655 + 27,3378 = 317,99 \quad [\text{Pa}] \quad (\text{III. 12})$$

Avec majoration $\Delta P_T = 349$ [Pa]

Afin d'achever l'étape du calcul de différentes pertes de charge et avant de schématiser notre réseau, nous allons convertir les différents diamètres circulaires à des diamètres rectangulaires à partir de la figure suivante :

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	
2	2,2	2,7	3,1	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,8	5,9	6,0	6,3	2
3	8,3	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,2	5,5	5,7	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,1	7,3	7,5	7,7	8,0	3
4	9,8	10,1	4,4	4,9	5,3	5,7	6,1	6,4	6,8	7,1	7,3	7,6	7,8	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,5	4
5	11,2	11,5	11,9	5,5	6,0	6,4	6,9	7,3	7,6	8,0	8,3	8,6	8,9	9,1	9,4	9,6	9,8	10,1	10,3	10,8	5
6	12,4	12,8	13,2	13,6	6,6	7,1	7,5	8,0	8,4	8,8	9,1	9,6	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,2	11,5	12,0	6
7	13,6	14,1	14,5	14,9	15,3	7,7	8,2	8,6	9,1	9,5	9,9	10,3	10,7	11,0	11,4	11,7	11,9	12,2	12,5	13,1	7
8	14,8	15,2	15,6	16,1	16,5	17,0	8,8	9,3	9,8	10,2	10,7	11,1	11,5	11,8	12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	14,1	8
9	15,6	16,2	16,7	17,2	17,7	18,2	18,6	9,8	10,4	10,8	11,3	11,8	12,2	12,6	13,0	13,4	13,7	14,1	14,4	15,0	9
10	16,6	17,2	17,7	18,3	18,8	19,3	19,8	20,3	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,3	13,7	14,1	14,5	14,9	15,2	15,9	10
11	17,5	18,1	18,7	19,3	19,8	20,4	20,9	21,4	21,9	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,4	14,9	15,3	15,6	15,9	16,7	11
12	18,3	19,0	19,6	20,2	20,8	21,4	21,9	22,5	23,0	23,9	13,1	13,6	14,2	14,6	15,1	15,5	16,0	16,4	16,8	17,6	12
13	19,1	19,8	20,5	21,1	21,8	22,4	23,0	23,5	24,0	25,0	26,0	14,2	14,7	15,3	15,7	16,1	16,6	17,1	17,5	18,3	13
14	19,8	20,6	21,3	22,0	22,7	23,3	23,9	24,5	25,1	26,1	27,2	28,1	15,3	15,8	16,3	16,8	17,3	17,8	18,2	19,1	14
15	20,6	21,4	22,1	22,9	23,6	24,2	24,8	25,4	26,0	27,2	28,2	29,2	30,1	16,4	16,9	17,4	17,9	18,4	18,8	19,7	15
16	21,3	22,1	22,9	23,7	24,4	25,1	25,8	26,4	27,0	28,2	29,2	30,3	31,2	32,2	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,4	16
17	21,9	22,8	23,6	24,4	25,2	25,9	26,6	27,3	27,9	29,1	30,2	31,4	32,4	33,4	34,2	18,6	19,1	19,6	20,1	21,0	17
18	22,6	23,5	24,4	25,2	26,0	26,7	27,4	28,1	28,8	30,0	31,2	32,4	33,4	34,5	35,5	36,3	19,6	20,2	20,7	21,7	18
19	23,2	24,1	25,0	25,9	26,7	27,5	28,3	29,0	29,7	31,0	32,2	33,4	34,5	35,5	36,5	37,5	38,4	20,7	21,3	22,3	19
20	23,9	24,8	25,7	26,7	27,5	28,3	29,0	29,8	30,5	31,9	33,1	34,3	35,5	36,5	37,6	38,6	39,6	40,5	21,8	22,9	20
22	25,1	26,1	27,1	28,0	28,9	29,7	30,5	31,4	32,1	33,5	34,9	36,2	37,4	38,6	39,7	40,7	41,8	42,8	43,8	24,0	22
24	26,2	27,2	28,2	29,3	30,1	31,0	32,0	32,8	33,6	35,2	36,6	38,0	39,3	40,4	41,6	42,8	43,8	44,9	46,0	46,9	24
26		28,4	29,5	30,5	31,4	32,3	33,0	34,2	35,1	36,7	38,2	39,6	41,0	42,3	43,5	44,7	45,9	47,0	48,0	49,2	26
28			30,6	31,6	32,6	33,6	34,6	35,5	36,4	38,1	39,7	41,2	42,7	44,0	45,4	46,6	47,8	49,0	50,1	51,1	28
30				32,8	33,8	34,8	35,8	36,7	37,6	39,5	41,2	42,8	44,3	45,8	47,2	48,4	49,7	50,8	52,0	53,2	30
32					34,9	36,0	37,0	38,0	39,0	40,8	42,6	44,3	45,8	47,3	48,7	50,2	51,5	52,7	53,9	55,1	32
34						37,1	38,2	39,2	40,2	42,0	43,9	45,7	47,3	48,9	50,4	51,8	53,2	54,6	55,8	57,0	34
36							39,3	40,4	41,4	43,4	45,2	47,1	48,8	50,4	52,0	53,5	54,9	56,3	57,6	58,9	36
38								41,5	42,6	44,6	46,5	48,3	50,1	51,8	53,4	55,0	56,5	57,9	59,3	60,7	38
40									43,7	45,8	47,8	49,7	51,5	53,3	55,0	56,6	58,0	59,5	61,0	62,4	40
44										48,0	50,2	52,2	54,1	55,9	57,7	59,5	61,1	62,7	64,1	65,7	44
48											52,4	54,6	56,5	58,5	60,3	62,1	63,9	65,6	67,2	68,8	48
52												56,8	58,9	61,0	62,9	64,8	66,6	68,4	70,1	71,8	52
56													61,2	63,3	65,3	67,3	69,2	71,0	72,7	74,5	56
60														65,5	67,7	69,7	71,7	73,6	75,4	77,2	60
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	

Dimension du petit côté de la section rectangulaire (cm)

Dimension du grand côté de la section rectangulaire (cm)

Tableau basé sur la formule de HUEBSCHER

$$d_e = 1,3 \sqrt[8]{\frac{(ab)^5}{(a+b)^2}}$$

Figure III.13 : Représente la conversion de déférente section circulaires ver rectangulaires.

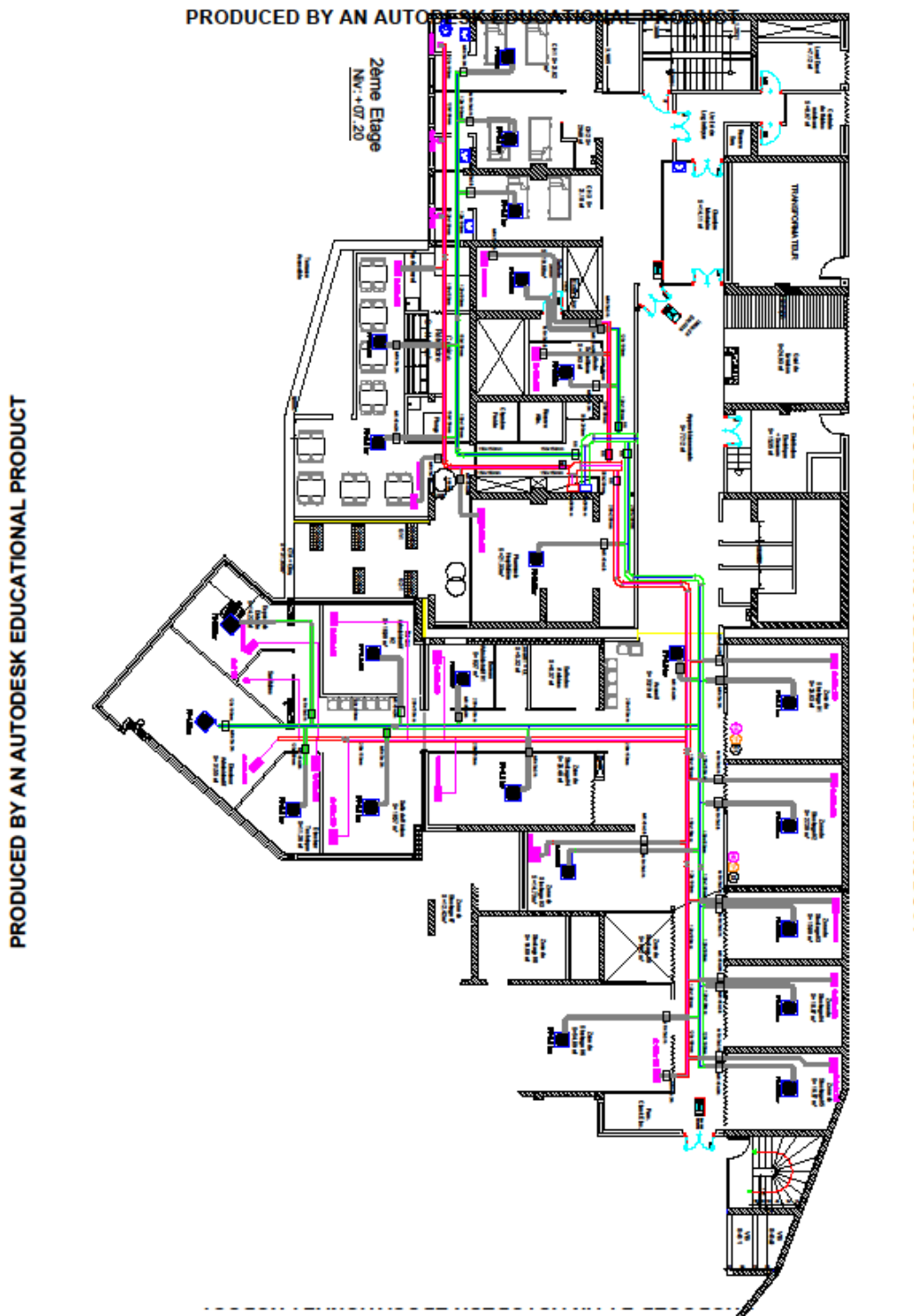


Figure III.16 : Schéma du réseau aéraulique au 2^{ème} étage.

II.6. Conclusion :

Le réseau aéraulique destiné à assurer une répartition optimale de l'air dans les systèmes de ventilation, de chauffage, de climatisation ou de traitement de l'air. L'objectif principal de cette opération est de répondre aux besoins spécifiques de l'application tout en minimisant les pertes de charge, en garantissant le confort des occupants et en optimisant l'efficacité.

CHAPITRE IV

Choix des équipements

I. Préambule :

Le choix d'équipement dans une installation est d'une importance capitale pour une construction. Le bon choix d'équipement peut avoir des implications à long terme sur la performance, la sécurité et la rentabilité d'une installation c'est pour cette raison qu'il est capital d'évaluer plusieurs inventaires et fiches techniques afin d'avoir le meilleur rapport qualité-prix.

II. Choix des équipements réseau aéraulique :

Afin de choisir l'équipement qui répond à nos besoins, nous prenons en compte toutes les caractéristiques techniques de chaque unité afin que toutes les propriétés d'une bonne répartition de l'air soient réunies. On distingue de types d'unité :

- Unités intérieures :
 - (Cassette à 4 voies MDV-D28Q4/N1-A3)
 - (Cassette à 4 voies MDV-D36Q4/N1-A3)
 - (Cassette à 4 voies MDV-D45Q4/N1-A3)
- Unité extérieure (distributeur de l'air JBRB ECOWATT HD48 TO92)

II.1. Unité intérieure :

L'unité intérieure se forme de cassettes à 4 voies de 3 différentes catégories de puissance, de la marque MIDEA, installés au niveau des toitures, elles ont quatre ports d'évacuation et une sortie d'air de 360° qui assurent une forte circulation de l'air pour refroidir ou réchauffer tous les coins d'une pièce et répartit uniformément la température. Le mode de débit d'air élevé peut maximiser l'effet de climatisation dans des pièces avec une hauteur de plus de 3 m.



Figure IV.1 : Cassette à 4 voies.

II.1.1. Caractéristiques d'une cassette à 4 voies :

Nous avons deux types de caractéristique d'une cassette à 4 voies que nous définissons ci-dessous :

- Caractéristiques physiques.
- Caractéristiques techniques.

II.1.2. Caractéristiques physiques et fonctionnement :

- Fonctionnement silencieux.
- Réglage de la température avec une précision de 0,5/ 1 C°.
- Marche/arrêt de l'écran numérique.

- Marche /arrêt de son du vibreur.
- Admission d'air frais.
- Signale indicateur de filtres sales.
- Flux d'air à 360 C°.
- Ventilateur à plusieurs vitesses à oscillation verticale à pas multiples.
- Taille compacte.
- Pompe de drainage à haute levée.
- Grille.

II.1.3. Caractéristiques techniques :

Tableau IV.1 : Caractéristiques techniques d'une cassette à 4 voies.

Modèle			MDV-D22Q2/N1(B)	MDV-D28Q2/N1(B)	MDV-D36Q2/N1(B)	MDV-D45Q2/N1(B)	MDV-D56Q2/N1(B)	MDV-D71Q2/N1(B)
Alimentation électrique			1 phase, 220 à 240 V, 50 Hz					
Refroidissement ¹	Capacité	kW	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1
	Entrée	W	57	57	60	92	108	154
Chauffage ²	Capacité	kW	2,6	3,2	4	5	6,3	8
	Entrée	W	57	57	60	92	108	154
Moteur du ventilateur Intérieur	Type		CA					
	Quantité		1					
Type de réfrigérant			R410A					
Débit d'air (H/M/L)		m ³ /h	654/ 530/ 410	654/ 530/ 410	725/ 591/ 458	850/ 670/ 550	980/ 800/ 670	1 200/ 1 000/ 770
Niveau de pression sonore (H/M/L) ³		dB(A)	33/ 29/ 24	36/ 32/ 29	36/ 32/ 29	39/ 35/ 30	39/ 35/ 30	44/ 40/ 34
Unité intérieure	Dimensions ⁴ (l x H x P)	mm	1 172 x 299 x 591					
	Emballage (l x H x P)	mm	1 355 x 400 x 675					
	Poids net/brut	kg	34/42,5			36/44,5		
Panneau	Dimensions (l x H x P)	mm	1 430 x 53 x 680					
	Emballage (l x H x P)	mm	1 525 x 130 x 765					
	Poids net/brut	kg	10,5/15					
Tuyau Connexions	Tuyau de liquide	mm	Ø6,35				Ø9,53	
	Tuyau de gaz	mm	Ø12,7				Ø15,9	
Tuyau de drainage		mm	DVE Ø32					

Exemple d'installation :

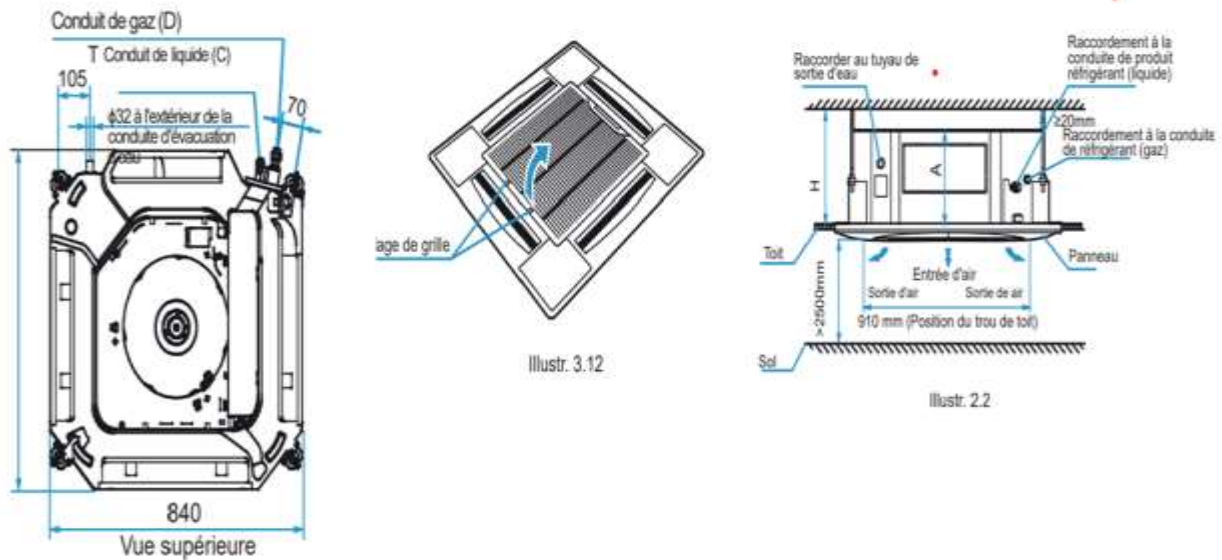


Figure IV. 2 : Composition d'une cassette à 4 voies.

II.2. Unité extérieure :

L'unité extérieure se forme d'un distributeur de l'air (Caissons de soufflage C4) non régulé Entraînement direct - Réaction - ECM < 9 200 m³/h qui s'installe à l'extérieur de local à ventiler.



Figure IV.3: Caisson de soufflage C4.

II.2.1. Caractéristiques physiques et fonctionnement :

- Moteur ECM basse consommation hors flux d'air.
- Potentiomètre intégré.
- Roue à réaction haute performance.
- Multiple configuration d'installation.
- Maintenance facilitée.
- Monophasé ou triphasé.
- Modèle ASR pour association avec CTA.

II.2.2. Caractéristiques techniques :

Tableau IV. 2 : Caractéristiques techniques de l'appareil (JBRB ECOWATT92).

Size	Turbine Ø	Input power (kW)	I. Max 400V (A)
400V THREE-PHASE			
JBRB ECOWATT® 30	315	0.60	1.2
JBRB ECOWATT® 38	355	0.70	1.3
JBRB ECOWATT® 48	400	0.72	1.5
JBRB ECOWATT® 70	450	1.24	2.6
JBRB ECOWATT® 92	500	1.70	3.5

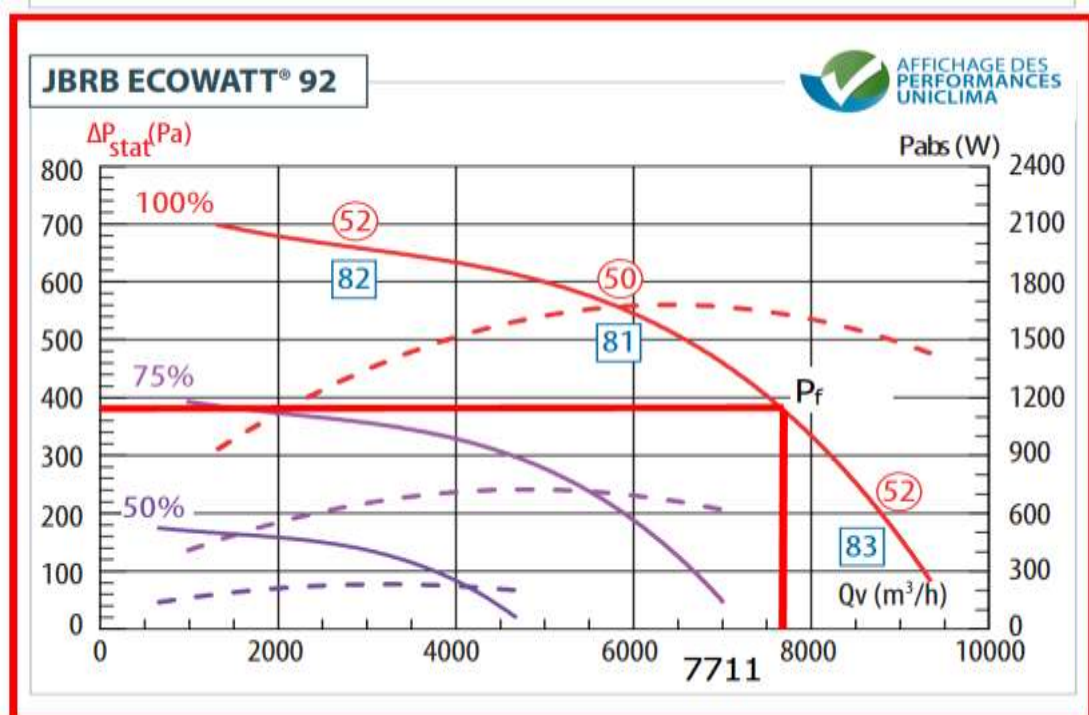


Figure IV.4 : Le débit total en fonction de pression.

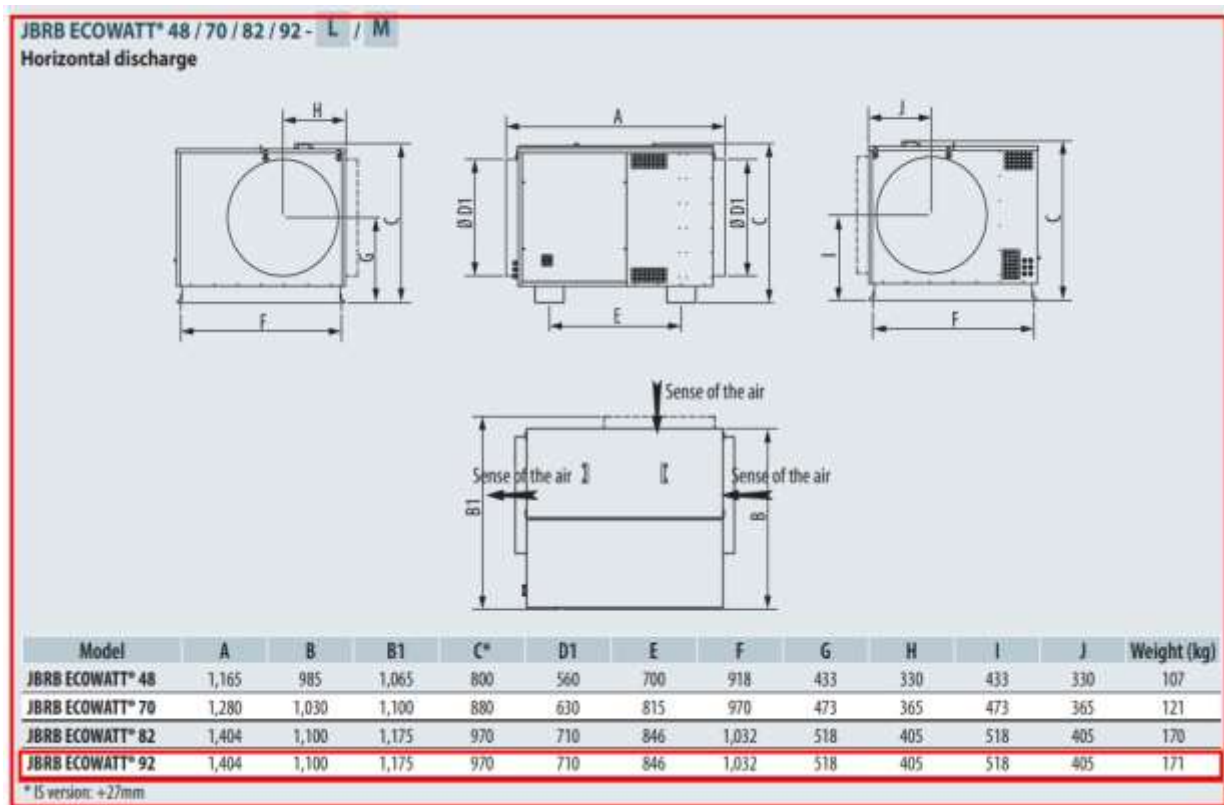


Figure IV. 5 : Modèle et mesure de l'appareil (JBRB ECOWATT92).

II.3. Conclusion :

L'inventaire consiste à identifier et à compter les stocks d'une entreprise en plus de dresser un portrait de sa situation financière. Il permet d'avoir une visibilité globale du matériel que possède votre entreprise et d'identifier s'il y a des écarts entre les quantités théoriques et les quantités réelles.

III. Choix des équipements réseau gaz :

Le choix de l'équipement dans une installation est une étape nécessaire pour garantir la sécurité, l'efficacité et la fiabilité de l'ensemble du système. Dans le chapitre précédent nous avons pu dimensionner notre réseau et évaluer nos besoins afin de choisir l'équipement adéquat pour garantir la sécurité, l'efficacité et la fiabilité du système et c'est ce que nous allons voir dans cette partie de chapitre pour l'installation de réseau gaz.

III.1. Définition d'une pompe à chaleur :

Une pompe à chaleur (PAC) est un appareil thermodynamique utilisé dans le transfert de la chaleur d'un endroit à un autre (figure IV.1). Elle est créée pour extraire la chaleur d'une

source à basse température, et la transférer vers un endroit nécessitant des températures plus élevées, comme un bâtiment pour le chauffage ou un système de refroidissement pour la climatisation (figure IV.2).



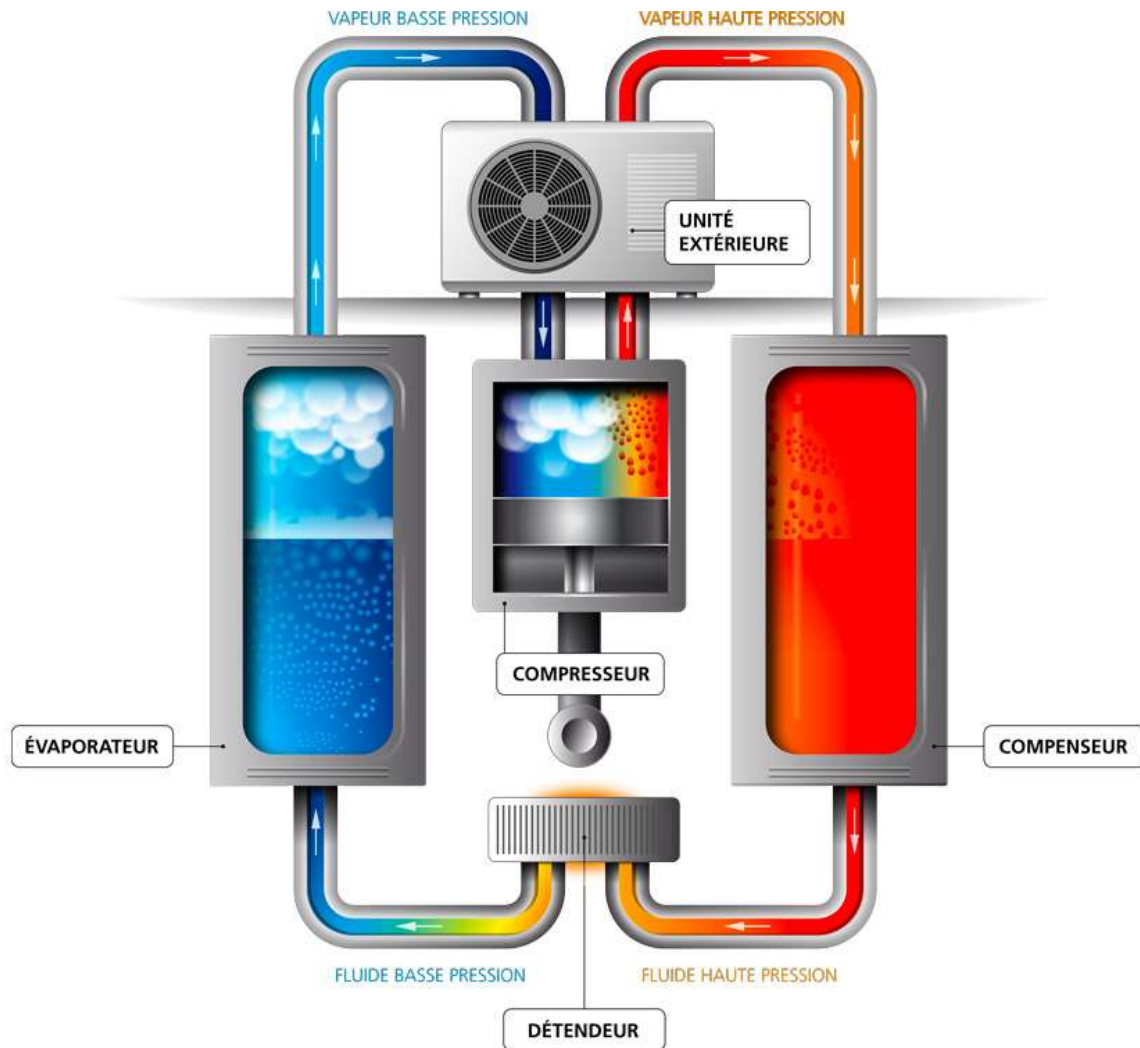


Figure IV.7 : Schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur.

III.2. Choix de la pompe à chaleur :

Après avoir évalué plusieurs fiches techniques chez différents fabricant nous avons choisi celle que Midea nous a proposé vue qu'elle répond à nos besoins énergétiques et économiques. Les tableaux ci-dessous montrent nos équipements choisis ainsi que leur caractéristique.

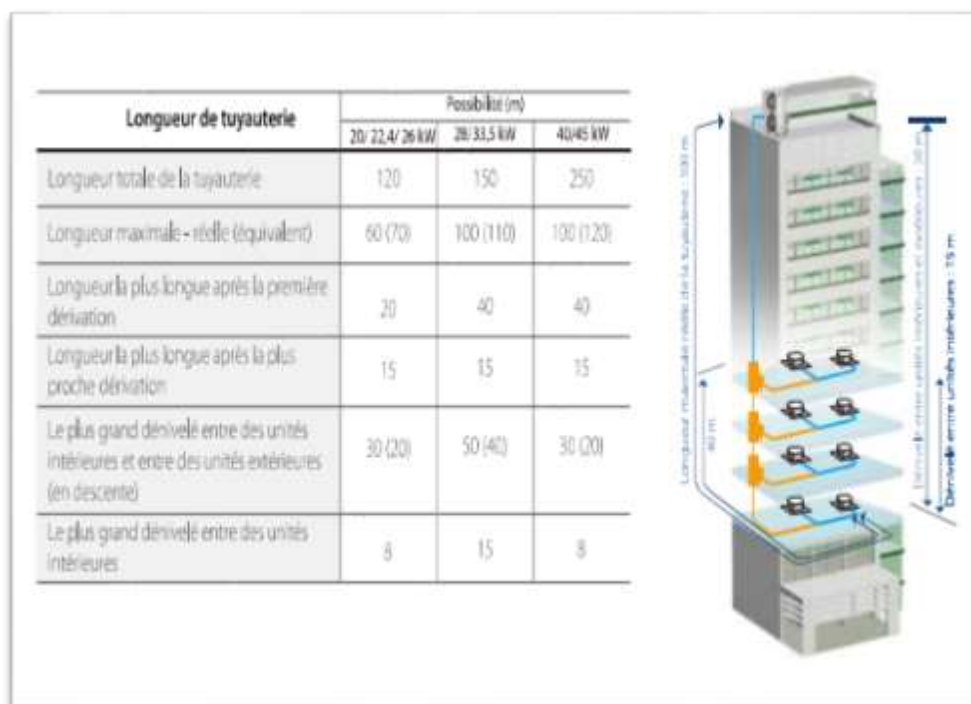


Figure IV.8 : Capacité de la tuyauterie en longueur.

Tableau IV.3 : Les codes des équipements choisis.

N°	Code	DESIGNATION
1	MVI-280WV2GN1(A)	UNITÉ EXTÉRIEURE D’AIR CONDITIONNÉ POUR SYSTÈME VRF ,SIDE DISCHARGE INVERTER - RÉVERSIBLE POUR GAZ R-410A ,MARQUE: MIDEA, PUISSANCE FRIGORIFIQUE NOMINALE: 28KW
2	MVI-335WV2GN(A)	UNITÉ EXTÉRIEURE D’AIR CONDITIONNÉ POUR SYSTÈME VRF ,SIDE DISCHARGE INVERTER - RÉVERSIBLE POUR GAZ R-410A ,MARQUE: MIDEA, PUISSANCE FRIGORIFIQUE NOMINALE: 33,5KW
3	MDV-V450W/DRN1	UNITÉ EXTÉRIEURE D’AIR CONDITIONNÉ POUR SYSTÈME VRF ,SIDE DISCHARGE INVERTER - RÉVERSIBLE POUR GAZ R-410A ,MARQUE: MIDEA, PUISSANCE FRIGORIFIQUE NOMINALE: 45KW
4	MDV-D28Q4/N1-A3	UNITE INTERIEURE TYPE CASSETTE 4 VOIES DE LA MARQUE MIDEA PF:2,8 KW,TELECOMMANDE INCLUSE
5	MDV-D36Q4/N1-A3	UNITE INTERIEURE TYPE CASSETTE 4 VOIES DE LA MARQUE MIDEA PF:3,6 KW,TELECOMMANDE INCLUSE
6	MDV-D45Q4/N1-A3	UNITE INTERIEURE TYPE CASSETTE 4 VOIES DE LA MARQUE MIDEA PF:4,5 KW,TELECOMMANDE INCLUSE

Tableau IV.4 : La fiche techniques des deux premiers codes.

Pompe à chaleur DRV série V6-i (Type à décharge latérale)							
380–415 V, 3N, 50(60) Hz							
CV			7	8	9	10	12
Modèle			MV-200W/2GN1(A)	MV-224W/2GN1(A)	MV-260W/2GN1(A)	MV-280W/2GN1(A)	MV-335W/2GN1(A)
Alimentation électrique		V/ N/ Hz	380 à 415/ 3/ 50 (60)				
Refroidissement ¹	Capacité	kW	20	22,4	26	28,5	33,5
	Entrée de puissance	kW	68,2	76,4	88,7	97,2	114,3
	EER		5,6	6,3	7,6	8,4	9,2
Chauffage ² (nominale)	Capacité	kW	20	22,4	26	28,5	33,5
	Entrée de puissance	kW	68,2	76,4	88,7	97,2	114,3
	COP		4,7	5,3	6,6	7,3	8,1
Chauffage ² (max.)	Capacité	kW	22,5	25	28,5	31,5	37,5
	Entrée de puissance	kW	76,8	85,3	97,2	107,5	128,0
	COP		5,4	6	7,3	8,1	9,2
Unité intérieure connectée	Capacité totale	50 à 130 % de la capacité de l'unité extérieure					
	Quantité maximale		11	13	15	16	20
Compresseur	Type	Inverseur CC					
	Quantité	1					
Moteurs de ventilateur	Type	CC					
	Quantité	2					
Réfrigérant	Type	R410A					
	Charge d'usine	kg	6,5	6,5	6,5	6,5	8
Raccordement des tuyaux ³	Tuyau de liquide	mm	Ø9,53	Ø9,53	Ø9,53	Ø9,53	Ø12,7
	Tuyau de gaz	mm	Ø19,1	Ø19,1	Ø22,2	Ø22,2	Ø25,4
Débit d'air	m ³ /h	9 000		10 000		11 300	
Niveau de pression sonore ⁴	dB(A)	58		58		60	
Dimensions nettes (l x H x P)	mm					1 120 x 1 558 x 528	
Dimensions de l'emballage (l x H x P)	mm					1 270 x 1 720 x 565	
Poids net	kg	143		144		144	
Poids brut	kg	159		160		160	
Plage de température de fonctionnement	Refroidissement	-5 à 55					
	Chauffage	-20 à 24					

Tableau IV.5 : Fiche technique du troisième code.

CV			7	8	9	10	12	14	16
Modèle			MDV-V200W/DRN1	MDV-V224W/DRN1	MDV-V260W/DRN1	MDV-V280W/DRN1	MDV-V335W/DRN1	MDV-V400W/DRN1	MDV-V450W/DRN1
Alimentation électrique		V/ N/ Hz	380 à 415/ 3/ 50						
Refroidissement	Capacité	kW	20,0	22,4	26,0	28,0	33,5	40,0	45,0
	Entrée de puissance	kW	6,1	6,8	7,6	6,83	9,2	11,9	13,6
	EER		3,28	3,29	3,42	4,10	3,64	3,35	3,32
Chauffage ²	Capacité	kW	22,0	24,5	28,5	31,5	37,5	45,0	50,0
	Entrée de puissance	kW	6,1	5,9	6,8	7,5	9,2	11,1	12,7
	COP		3,61	4,15	4,19	4,20	4,08	4,03	3,93
Unité intérieure connectée	Capacité totale	50 % à 130 % de la puissance de l'unité extérieure							
	Nombre max.		10	11	12	16	20	14	15
Compresseur	Type	Inverseur CC							
	Quantité	1							
Moteur de ventilateur	Type	Moteur CC						Moteur CC + moteur CA	
	Quantité	2							
Réfrigérant	Type	R410A							
	Charge d'usine	kg	4,8	6,2	6,2	8	8	9	12
Raccords de tuyauterie	Tuyau de liquide	mm	Ø9,53	Ø9,53	Ø9,53	Ø9,53	Ø12,7	Ø12,7	Ø12,7
	Tuyau de gaz	mm	Ø19,1	Ø19,1	Ø22,2	Ø22,2	Ø25,4	Ø22,2	Ø25,4
Débit d'air	m ³ /h	10 999	10 494	10 494	11 000	11 300	16 575	16 575	
Niveau de pression sonore ⁴	dB(A)	59	59	60	59	61	62	62	
Dimensions nettes (l x H x P)	mm					1 120 x 1 558 x 528		1 360 x 1 650 x 540	1 460 x 1 650 x 540
Dimensions de l'emballage (l x H x P)	mm					1 270 x 1 720 x 565		1 450 x 1 785 x 565	1 550 x 1 785 x 560
Poids net	kg	137	146,5	147	157	173	240	275	
Poids brut	kg	153	162,5	161	173	173	260	290	
Plage de température de fonctionnement	Refroidissement	-15 à 46 ; Chauffage : -15 à 24							
	Chauffage	-20 à 24							

Tableau IV.6 : Fiche technique des trois deniers codes.

Modèle			MDV-D22Q2/N1(B)	MDV-D28Q2/N1(B)	MDV-D36Q2/N1(B)	MDV-D45Q2/N1(B)	MDV-D56Q2/N1(B)	MDV-D71Q2/N1(B)
Alimentation électrique			1 phase, 220 à 240 V, 50 Hz					
Refroidissement ¹	Capacité	kW	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1
	Entrée	W	57	57	60	92	108	154
Chauffage ²	Capacité	kW	2,6	3,2	4	5	6,3	8
	Entrée	W	57	57	60	92	108	154
Moteur du ventilateur intérieur	Type		CA					
	Quantité		1					
Type de réfrigérant			R410A					
Débit d'air (H/M/L)		m ³ /h	654/ 530/ 410	654/ 530/ 410	725/ 591/ 458	850/ 670/ 550	980/ 800/ 670	1 200/ 1 000/ 770
Niveau de pression sonore (H/M/L) ³		dB(A)	33/ 29/ 24	36/ 32/ 29	36/ 32/ 29	39/ 35/ 30	39/ 35/ 30	44/ 40/ 34
Unité intérieure	Dimensions* (l x H x P)	mm	1 172 x 299 x 591					
	Emballage (l x H x P)	mm	1 355 x 400 x 675					
	Poids net/brut	kg	34/42,5					
Panneau	Dimensions (l x H x P)	mm	1 430 x 53 x 680					
	Emballage (l x H x P)	mm	1 525 x 130 x 765					
	Poids net/brut	kg	10,5/15					
Tuyau	Tuyau de liquide	mm	Φ6,35					
	Tuyau de gaz	mm	Φ12,7					
Connexions		mm	DVE Φ32					

III.3.Conclusion :

Dans le choix d'équipements, on s'est confronté à plusieurs variétés de modèles intéressants les uns les autres, mais en faisant des inventaires, nous avons constaté que même si le produit peut être de bonne qualité, cela ne veut pas dire obligatoirement que c'est le produit requis. Car dans le choix d'un équipement, il faut aussi voir si ce dernier répond aux besoins de notre usage. D'où l'importance des inventaires.

Conclusion Générale

L'objectif de cette étude est de réaliser une étude efficace sur tout plan et assurer un confort aux patients ainsi qu'aux personnels de la clinique EL-HIHAL.

Après avoir étudié le plan architectural de notre clinique ainsi que ses caractéristiques, nous avons établi un bilan thermique hivernal et estival, ce qui nous a permis de détecter les zones les plus favorables aux déperditions thermiques et apports de chaleur. Par la suite, nous avons fait une étude avec le logiciel CTBAT Apprue qui nous a permis d'optimiser notre conception et réaliser une efficacité énergétique et une économie durable.

En seconde partie, nous avons mis en place l'installation de nos systèmes d'air et de gaz, en dimensionnant nos deux réseaux. Pour ce faire, nous avons utilisé une variété d'outils telle que le logiciel AutoCAD et Mitsubishi Electric - chauffage et climatisation. Dans notre installation gaz, la sécurité était notre principale préoccupation, nous avons respecté les normes et les réglementations pour garantir un réseau sûr et fiable, de même pour le réseau aéraulique, que nous avons conçus avec soin pour minimiser les risques de fuites et de défaillances.

Les points cités ci-dessus nous ont incité à être très sélectifs en matière de choix d'équipements à installer, nous avons pris en considération nos besoins, le choix disponible et les contraintes budgétaires. En effet, nous avons optimisé les ressources pour réduire les couts et améliorer l'efficacité opérationnelle de nos équipements. Nous nous sommes concentrés sur un matériel fiable, et la durable et nous avons évalué une variété d'inventaires avant de choisir un matériel qui nous garantit une qualité - prix.

Les efforts consentis, pour réaliser ce travail, nous ont permis d'acquérir une richesse de connaissances dans différents domaines.

Enfin, nous espérons que ce projet aidera grandement les promotions à venir.

Références bibliographiques

- [1] Guide Bâtiment Durable. (s. d.). <https://www.guidebatimentdurable.brussels/>.
- [2] Génie industriel agroalimentaire. (s. d.). <https://tech-alim.univ-lille.fr/>
- [3] DTR C3.2. Document technique réglementaire (réglementation thermique des bâtiments d'habitation).
- [4] DTR C3.4. Document technique réglementaire de la climatisation.
- [5] VRV. (s. d.). Daikin Internet. https://www.daikin.eu/en_us/product-group/vrv.html
- [6] Conseils thermiques et maîtrise de l'énergie - Conseils thermiques. (s. d.). <https://conseils-thermiques.org/>
- [7] (Paraschivoiu, M Prud'homme, L Robillard, P Vasseur, Mécanique des fluides. - Bing,s. d.)
- [8] Indoor Units VRF. (s. d.). Midea.
- [9] (<https://www.sitesecurite.com/contenu/portail/ERP/ERP-type-U.php> - Bing,s. d.)
- [10] Bcs, A. G. (s. d.). CTBAT - Calcul thermique des batiments - APRUE. <https://v2.ctbat.net/>

Annexes

Annexe 01 :

ANNEXE E

Taux de ventilation pour les établissements de santé, les bâtiments résidentiels et les véhicules

TABLEAU E-1*

Exigences en matière d'air extérieur pour la ventilation des établissements de santé (hôpitaux, maisons de retraite et de convalescence)

Application	Estimation de l'occupation maximale ** P/1000 ft ² ou 100 m ²	Exigences en matière d'air extérieur			Commentaires
		cfm/personne	L/s · personne	L/s m ²	
Chambres de patients	10	25	13		Exigences ou codes spéciaux et pression relative Les associations peuvent déterminer des normes minimales de ventilation, et l'efficacité des filtres. Procédures générant les contaminants peuvent nécessiter des taux plus élevés.
Procédure médicale	20	15	8		
Salles d'opération	20	30	15		L'air ne doit pas être recyclé dans d'autres espaces.
Récupération et soins intensifs	20	15	8		
Salles d'autopsie	20			0.50 2.50	
Thérapie physique	20	15	8		

* Le tableau E-1 prescrit les taux d'apport d'air extérieur acceptables nécessaires pour obtenir une qualité d'air intérieur acceptable. Ces valeurs ont été choisies pour diluer les bioeffluents humains et autres contaminants avec une marge de sécurité suffisante et pour tenir compte des variations de santé entre les personnes et des différents niveaux d'activité.

** Espace net occupable.

Classification thermique été des communes d'Algérie sont les suivants :

Les zones climatiques considérées pour la période estivale des communes d'Algérie sont les suivantes :

- La zone A comprend le rivage de la mer et parfois le versant Nord des chaînes côtières.
- La zone B comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'atlas tellien ; au sein de cette zone, on distingue une sous zone B' qui comprend la vallée du Chlef.
- La zone C comprend les hauts-Plateaux compris entre
- L'atlas tellien et l'atlas Saharien.
- La zone D1 comprend le Nord du Sahara, et le Sahara central.
- La zone D2 comprend principalement la wilaya d'Adrar.
- La zone D3 comprend principalement le Tassili et le Hoggar.

Zonage climatique

Le zonage climatique utilisé est donné dans le tableau ci-après.

Annexes A

Wilaya	Communes	Zone
16 ALGER	Toutes les communes	A