



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU

Faculté du génie de la construction

Département de Génie Mécanique

Mémoire de fin d'étude

*EN VUE d'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN
GENIE MECANIQUE*

Spécialité: Energétique

Option : Froid Chauffage Climatisation

Thème

*CLIMATISATION DU REZ DE
CHAUSSEE DE L'HOTEL
BENNINS SITUE A OVARGLA*

Réalisé par:

Mr. BELMOUHOUB Faouzi

Mr. AMAROUCHE Khaled

Dirigé par :

Monsieur FOUCHANE

Année 2021/2022

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous saisissons cette occasion pour exprimer nos vifs remerciements à toutes personnes ayant contribuées, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

*Nous souhaitons tout d'abord remercier notre encadreur Monsieur **FOUCHANE.S**, qui nous a encadré avec patience durant la réalisation de ce travail de fin d'étude. Ces conseils, ces encouragements et ça disponibilité nous ont été bien utile, notamment pour la rédaction de ce projet.*

*L'expression de notre haute reconnaissance à **ALÈM .N**, équipe de la bibliothèque de **GÉNIE MECANIQUE** qui n'a épargné aucun effort pour mettre à notre disposition la documentations et les explications nécessaires.*

Nous exprimons également notre gratitude aux membres du jury, qui nous ont honorés en acceptant de juger ce travail.

*Enfin nous tenons à remercier sincèrement l'ensemble du corps enseignant de l'université **UMMTO**- faculté de génie de la construction.*

Sommaire

Chapitre I : GENERALITES SUR LA CLIMATISATION ET LES CTA

I- Le confort	1
I-1- Différents exemples du confort	1
I-2- Le confort thermique.....	1
I-2-1- Le vote moyen prévisible.....	1
I-2-2- Pourcentage prévisible d'insatisfait	2
I-3- Présentation des zones du confort thermique	3
I-4-1- Transfert thermique.....	4
I-4-2- Transfer de chaleur Par conduction	4
I-4-3- Transfer de chaleur Par convection.....	5
I-4-3- Transfer de chaleur Par rayonnement	5
I-5- Équation fondamentale du transfert thermique	6
I-5- Coefficient de transmission globale K	6
I-5-1- Résistance thermique superficie.....	7
I-5-2- Résistance thermique d'une couche homogène	8
I-5-3- Résistance thermique d'une couche hétérogène	8
I-5-4- Résistance thermique d'une lame d'air	8
I-6- Paramètres solaires	9
I-6-1- L'heure solaire vraie	9
I-6-2- Repère horizontal.....	10
I-6-3- Le rayonnement solaire de base	12
I-7- La climatisation.....	14
I-7-1- Généralités	14
I-7-2- Les systèmes à détente directe	14
I-7-3- Les climatiseurs de toiture	19
I-7-4- Les armoires de climatisation	21
I-8- Les centrales du traitement d'air (CTA)	26
I-8-1- Définition de la CTA	26
I-8-2- Rôle des divers éléments.....	27

Chapitre II : Présentation du projet

II-1- Présentation du projet	28
II-2- Implantation géographique	28
II-2-1- Aspect architectural	28
II-2-2- Données de base du site:.....	31

Chapitre III: Processus de calcul en climatisation et bilan thermique de RDC

III-1- Apports à travers les parois opaques	33
III-1-1- Parois aériennes :.....	33
III-1-2- Parois intérieures.....	35
III-2- Apports à travers les parois vitrées.....	36
III-2-1- Vitre intérieure	36
III-2-2- Vitre extérieure.....	36
III-3- La masse M rapportée à la surface	37
III-4- Apports de chaleur interne.....	37
III-4-1- Gains dus aux occupants	38
III-4-2- Gains dus aux machines électriques.....	38
III-5- Apports de chaleur par introduction d'air	39
III-5-1- Gains dus au renouvellement d'air.....	39
III-5-2- Gains dus à l'infiltration de l'air	39
III-6- Bilan thermique de l'hôtel.....	40
III-7- Vérification règlementaire.....	41
III-7-1- Formule de la relation de vérification	41
III-7-2- Apports de référence des parois horizontales.....	41
III-7-3- Apports de référence des parois verticales.....	42
III-7-4- Apports de référence des parois vitrées.....	42

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEMES

IV-1- Traitement de l'air	45
IV-1-1- Introduction	45
IV-1-2- La diffusion de l'air.....	45
IV-1-3- Le taux de brassage	45
IV-1-4- Les différents débits d'air.....	46
IV-1-5- Débit d'air neuf	46
IV-1-6- Débit d'air soufflé	46
IV-1-7- Débit d'air mélangé.....	47
IV-2- Application en saison estival	48

IV-3- Calcul et dimensionnement et représentation du réseau aéraulique.....	50
IV-3-2- Evaluation des grandeurs des conduits.....	50
IV-3-2- Les débits d'air soufflés dans chaque local	51
IV-3-3- Calculs des diamètres et vitesses dans chaque pièce	51
IV-4- Calcul des pertes de charges.....	54
IV-4-1- Les pertes de charges linéaires.....	54
IV-4-2- Les pertes de charges singulières	54
IV-4-3- Les pertes de charges totales	55
IV-4-4- Résumés des pertes de charges totales de chaque réseau	55
IV-5- Détermination des caractéristiques de la batterie froide et groupe d'eau glacée.....	56
IV-6- Le choix de système	57
IV-7- Les éléments utiles des CTA	58
IV-8- Choix de l'appareillage	59
IV-9- Choix des unités terminales de la climatisation	61

Liste des tableaux

Chapitre I : GENERALITES SUR LA CLIMATISATION ET LES CTA

Tableau I-1 : Valeurs des coefficients d'échange superficiel (en hiver). [4]	7
Tableau I-2 : Valeurs des coefficients d'échange superficiel (en été). [4].....	8
Tableau I-3 : Valeurs des résistances thermiques d'une couche d'air non ventilée. [4].....	9
Tableau I-4 : Hauteur et azimut solaire (latitude 36°44'). [4].....	11
Tableau I-5 : Azimut φ d'une paroi verticale. [4].....	11

Chapitre II : Présentation du projet

Tableau II-1 : Locaux du RDC. [5]	28
Tableau II-2: Matériaux utilisés. [4], [5].....	29
Tableau II-3 : Les conditions intérieures de base. [1]	31
Tableau II-4 : Conditions extérieurs de base. [1]	32
Tableau II-5 : Valeurs de C_{Ts} . [4].....	32

Chapitre III : Processus de calcul en climatisation et bilan thermique de RDC

Tableau III-1 : valeurs de $\Delta t_{es}(t)$ et $\Delta t_{em}(t)$ pour les parois verticales.....	35
Tableau III-2 : valeurs de $\Delta t_{es}(t)$ et $\Delta t_{em}(t)$ pour les parois horizontales.	35
Tableau III-3 : Valeurs de $C\Delta t_e$	35
Tableau III-4 : Valeurs de C_{soc} et C_{loc}	38
Tableau III-5: Puissance par local du RDC.....	40
Tableau III-6 : Valeurs de constante a.	41
Tableau III-7: valeurs de $\Delta T_{Sref}, PH$ pour les parois horizontales.....	42
Tableau III-8 : valeurs de $\Delta T_{Sref}, PV$ pour les parois verticales.....	42
Tableau III-9 : valeurs de $NPVI, ref$	43
Tableau III-10: valeurs de $\Delta T_{Sref}, PVI$ pour les parois vitrees.	43

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUÉ ET CHOIX DU SYSTEME

Tableau IV-1 : débit et section d'air souffler dans chaque local.....	51
Tableau IV -2 diamètre et vitesse.....	53
Tableau IV-3 : des pertes de charge totales	57
Tableau IV-3 : charge du groupe d'eau glacée.	57

Liste des figures

Chapitre I : GENERALITES SUR LA CLIMATISATION ET LES CTA

Figure I-1 : Échelle de sensation thermique. [1].....	2
Figure I-2 : PPD en fonction de PMV. [1].....	3
Figure I-3 : Diagramme de l'air humide représentant les zones du confort thermique. [2]....	3
Figure I-4 : Paramètres associés à la position du soleil.	10
Figure I-5 : Ombre produite par un retrait. [4]	12
Figure I-6 : Ombre produite par une saillie horizontale. [4]	12
Figure I-7 : Schéma de principe d'un climatiseur de fenêtre.	16
Figure I-8 : Climatiseur mobile (Doc. Technibel).	16
Figure I-9 : Climatiseur monobloc.	17
Figure I-10 : Vue d'ensemble d'une installation à éléments séparés à un point de froid (monosplit).....	18
Figure I-11 : Exemple d'unité extérieure raccordée à 2 unités intérieures.....	19
Figure I-12 : Unité extérieure pouvant être raccordée jusqu'à 9 unités intérieures (Doc. Airwell).....	19
Figure I-13 : Vue d'une unité gainable (Doc. Airwell).	19
Figure I-14 : Exemple d'implantation de climatiseurs de toiture (Doc. Carrier).	20
Figure I-15 : Climatiseurs de toiture (Doc. Airwell).	21
Figure I-16 : Armoire monobloc à condensation par air.	22
Figure I-17 : Armoire de climatisation à condensation par eau, l'eau étant refroidie par une tour de refroidissement	23
Figure I-18 : donne le schéma de principe de la partie hydraulique.....	23
Figure I-19 : Circuit hydraulique complet d'une armoire de climatisation à condensation par eau. L'eau est refroidie par un aéroréfrigérant	24
Figure I-20 : Schéma de principe fluidique (circuit à eau glycolée et circuits frigorifiques) d'une armoire analogue à l'exemple précédent (Doc. CIAT).	25
Figure I-21 : Centrale de traitement d'air, simple flux	26
Figure I-22 Centrale double flux	26

Nomenclature

Lettres latines	Désignations	Unités
A	Apports calorifiques	W
AI	Apports calorifiques internes	W
AINF	Apports dus aux infiltrations d'air	W
Alt	Altitude	m
APO	Apports par les parois opaques	W
AREN	Apports dus au renouvellement d'air	W
AV	Apports à travers les parois vitrées	W
AVE	Apports calorifiques à travers les parois vitrées dus au rayonnement solaire	W
AVT	Apports calorifiques à travers les parois vitrées dus au gradient de température	W
BP	Basse pression	/
c	Profondeur de la saillie horizontale	m
C _{cr}	Pourcentage de chaleur résiduelle	%
CE	Comité d'entreprise.	/
C _i	Coefficient	/
C _{inc}	Coefficient correcteur	°C
Cl _{oc}	Chaleur latente des occupants	W
C _{me}	Coefficient de majoration	/
COP	Coefficient de performance	/
COV	Corona virus	/
cp	Capacité thermique	J/Kg.°C
CS	Coefficient de simultanéité	/
Cs _{oc}	Chaleur sensible des occupants	W
C _{TS}	Coefficient correcteur de température	%
C _{Δte}	Facteur de correction	°C
d	Profondeur de la saillie verticale	m
DAO	Dessin Assisté par Ordinateur	/
Db	Décibel (Unité de bruit)	Db

Lettres latines	Désignations	Unités
DRV	Débit réfrigérant variable	/
E	Orientation EST	/
e_i	Épaisseur	m
é	Coefficient relatif à la nature des locaux	W/m ² . °C
e_1	Longueur d'ombre latérale	m
e_2	Longueur d'ombre verticale	m
EAT	Différence de température entre la température de base d'été et la température de base d'hiver	°C
E_b	Écart diurne de base	°C
ENE	Orientation est-nord-est	/
EN14012	Norme Française	/
ESE	Orientation est-sud-est	/
ET	Équation du temps	minutes
FS	Facteur solaire du vitrage	/
GPS	Système de localisation (de mobiles) par satellite	/
h_i et h_e	Coefficient de transmission thermique par convection	W/m ² . °C
HLV	Heure Locale Vraie	heures
HP	Haute pression	/
HR	Humidité relative de l'air	%
HS	Humidité spécifique de l'air	g_{vap}/Kg_{as}
HVAC	Heating, Ventilation and Air conditioning	/
I_d	Rayonnement diffus réel	W/m ²
$I_{d,b}$	Rayonnement diffus de base	W/m ²
I_t	Rayonnement total réel	W/m ²
$I_{t,b}$	Rayonnement total de base	W/m ²
K	Coefficient de transmission surfacique	W/m ² . °C
L	Latitude du lieu considéré	degrés
Lat	Latent	/
m	Masse	Kg
M_{surf}	La mass rapporté à la surface	Kg/m ²
N	Orientation nord	/
n	Nombre	/
Lettres latines	Désignations	Unités

N_{Pvi}	Coefficient d'amortissement	%
NE	Orientation nord-est	/
NNE	Orientation nord-nord-est	/
NNO	Orientation nord-nord-ouest	/
NO	Orientation nord-ouest	/
O	Orientation ouest	/
ONO	Orientation ouest-nord-ouest	/
OSO	Orientation ouest-sud-ouest	/
PH	Parois opaque horizontales	/
PMV	Vote moyen prévisible	/
PPD	Pourcentage prévisible d'insatisfait	/
PV	Parois opaque verticales	/
PVC	Polyvinyl chloride	/
PVI	Parois vitrées	/
Q	Flux de chaleur	W
Q_v	Débit volumique	m^3/h
R	Résistance thermique	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
RDC	Rez-de-chaussée.	/
R32	Fluide frigorigène hydrofluorocarbure (HFC)	/
R125	Fluide frigorigène Le penta-fluor-éthane	/
R410a	Fluide frigorigène dit HFC pour (Hydro-Fluoro-Carbones)	/
S	Orientation sud	/
SE	Orientation sud-est	/
Sen	Sensible	/
SHFT	Longitude, positive à l'Est de Greenwich	degrés
S_i	Surface	m^2
SO	Orientation sud-ouest	/
SSE	Orientation sud-sud-est	/
SSO	Orientation sud-sud-ouest	/
T_i	Température	K
TO	Heure officielle	heures
TS	Température sèche de l'air	$^\circ C$
Lettres latines	Désignations	Unités

TS (t)	Température sèche de l'air a l'heure t	°C
TSV	Temps Solaire Vraie	heures
VRV	Volume réfrigérant variable	/
Wn	Puissance nominale	W

Symbole grecs	Désignations	Unités
α	Facteur d'absorption	/
β	Hauteur du soleil	°
δ	Déclinaison solaire	°
ΔT	Différence de température entre les deux ambiances	°C
$\Delta t_e (t)$	Déférence équivalente de température à l'heur t	°C
Δt_{es}	Déférence équivalente de température à l'heur t. la paroi est à l'ombre	°C
Δt_{em}	Déférence équivalente de température à l'heur t. pour l'orientation de la paroi considérée	°C
Δt_{inc}	Écart de température entre l'espace non conditionne et le local considéré	°C
$\Delta T_{S_{max}}$	Différence maximale de la température sèche de l'air	°C
ε	Facteur d'émission ou émissivité du matériau	/
λ	Conductivité thermique	m ² /°C
ρ	Masse volumique	Kg/m ³
σ	Constante de Stefan-Boltzmann	W/m ² K ⁴
φ	Azimut d'une paroi verticale	°
ϕ	Azimut solaire	°
ω	Angle horaire	°

Indice	Désignations
réf	Référence
b	Base
i	intérieur
e	extérieur
m	moyen

Résumer

Dans le cadre du mémoire de fin d'étude du mastère spécialisé en génie énergétique de l'université Mouloud Mammeri, il nous a été donné de réaliser la conception et le dimensionnement du système de climatisation d'un hôtel qui se situe à Ouargla

Le cahier des charges de cette conception propose un système de climatisation économique et écologique et moins énergétique capable de fonctionner de façon efficace

Pour atteindre ces objectifs, deux paramètres à considérer, le bilan thermique qui est essentielle pour distinguer les apports et les déperditions thermiques pour un local, il sert comme base de calcul à toute l'installation afin de dimensionner ses réseaux.

A partir de ces deux paramètres nous avons choisi un système de climatisation centralisé via une CTA (centrale de traitement d'air) et un groupe de l'eau glacée, pour répondre aux besoins du client.

Abstract

Within the framework of the thesis of end of study of the specialized master in energetic engineering of the university Mouloud Mammeri, it was given to us to carry out the design and the dimensioning of the system of air-conditioning of a hotel which is located at Ouargla

The specifications of this design proposes an economic and ecological air conditioning system and less energy capable of operating efficiently

To achieve these objectives, two parameters to consider, the heat balance which is essential to distinguish the contributions and heat losses for a room, it serves as a basis for calculation of the entire installation in order to size its networks.

From these two parameters we chose a centralized air conditioning system via an AHU (air handling unit) and a chilled water group, to meet the needs of the client.

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

Au travers des siècles, l'humanité a constamment dû relever des défis à court et à long terme. Son but semble essentiellement toujours le même: Que celle-ci prenne constamment un plus grand contrôle sur sa destinée et son environnement. Pour les sociétés industrialisées, l'ère technologique que nous vivons présentement semble donner un contrôle inégalé par le passé. Le climat, par exemple, qui a plutôt été source de vie et source de défis au quotidien pour la majorité des sociétés semble maintenant être perçu, dans les sociétés industrialisées, comme un simple et vague sujet de discussions ou un problème mineur pour quelques ingénieurs en conception. Ces événements ont montré que notre société visant efficacité, productivité et optimisation n'a peut-être pas autant de contrôle que prévu sur les impacts du climat.

Le réchauffement des températures ou toute modification aux paramètres climatiques ne peut faire autrement qu'engendrer des impacts sur l'environnement et l'activité socio-économique. En effet, les « secteurs » comme les infrastructures le tourisme, l'activité économique, en sont tous qui se sont ajustés aux paramètres climatiques historiques.

L'homme cherche toujours un moyen de lutter contre ces phénomènes dans notre cas en s'intéresse au confort qui est une sensation thermique de l'être humain c'est une sensation physiologique liée d'une manière directe à l'équilibre thermique de l'individu, cet équilibre est influence par plusieurs paramètres, comme la température l'humidité relative, la pression et d'autres, pour assurer ce confort on procède au traitement d'air.

Le traitement se fera avec les différents types de climatisation, dans notre travail on s'intéresse à la climatisation avec des centrales de traitement d'air (CTA), l'objectif de ce travail de définir une centrale qui peut couvrir les apports thermiques qui on peut le calculer par bilan thermique estivale à la zone climatique E1 à l'aide de document technique réglementaire (DTR). En suite on entame le dimensionnement du réseau hydraulique sur l'étage étudié avant de calculer les différentes pertes de charge pouvant exister dans ce dernier, cela nous a permis de déterminer avec exactitude l'équipement adéquat pour l'installation.

Le but de la climatisation est la création d'une ambiance interne, agréable à l'être humain, quel que soit les conditions externes.

Dans ce projet nous avons réparti ce travail comme suit :

Le chapitre I : généralités de la climatisation et les centrales de traitement d'air

Le chapitre II : présentation du projet

Le chapitre III : le bilan thermique

Le chapitre IV : le dimensionnement et le calcul aérauliques et choix du système.

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR
LA CLIMATISATION
ET LES CTA

Chapitre I : généralités sur la climatisation et les CTA**I- Le confort**

Le confort est une notion subjective. Une ambiance donnée peut satisfaire un individu et pas un autre. En effet le confort dépend de nombreux facteurs en dehors de l'ambiance elle-même. Ces facteurs sont : la sante, l'âge, la façon dont on est vêtu. Les habitudes l'état psychologique du moment, etc.

I-1- Différents exemples du confort

Il existe plusieurs types on cite:

- Confort visuel.
- Confort acoustique.
- Confort hygrothermique.
- Confort thermique

I-2- Le confort thermique

La sensation thermique de l'être humain est une sensation physiologique liée d'une manière directe à l'équilibre thermique de l'individu dans l'environnement où il vit, cet équilibre thermique est influencé par de divers paramètres environnementaux comme la température de l'air et les surfaces environnant, la vitesse relative de l'air ainsi que la pression de vapeur d'eau ou l'humidité relative et des paramètres liés à l'individu comme l'activité physique et son rendement, la nature d'habillement, une fois ces facteurs ont été recensés et mesurés, la sensation thermique du corps considéré dans son ensemble peut-être prédite en calculant le vote moyen prévisible et pourcentage prévisible d'insatisfaits. [1]

I-2-1- Le vote moyen prévisible

Généralement appelé par l'acronyme PMV, est un indicateur d'appréciation moyenne d'une population dans un milieu donné.

Plusieurs recherches ont été faites par des chercheurs dans nombreux pays, ils ont soumis un grand nombre de sujets à divers microclimats bien déterminés, les sujets devaient exprimer leurs sensations par un vote sur une échelle allant de (-3) à (+3). [1]

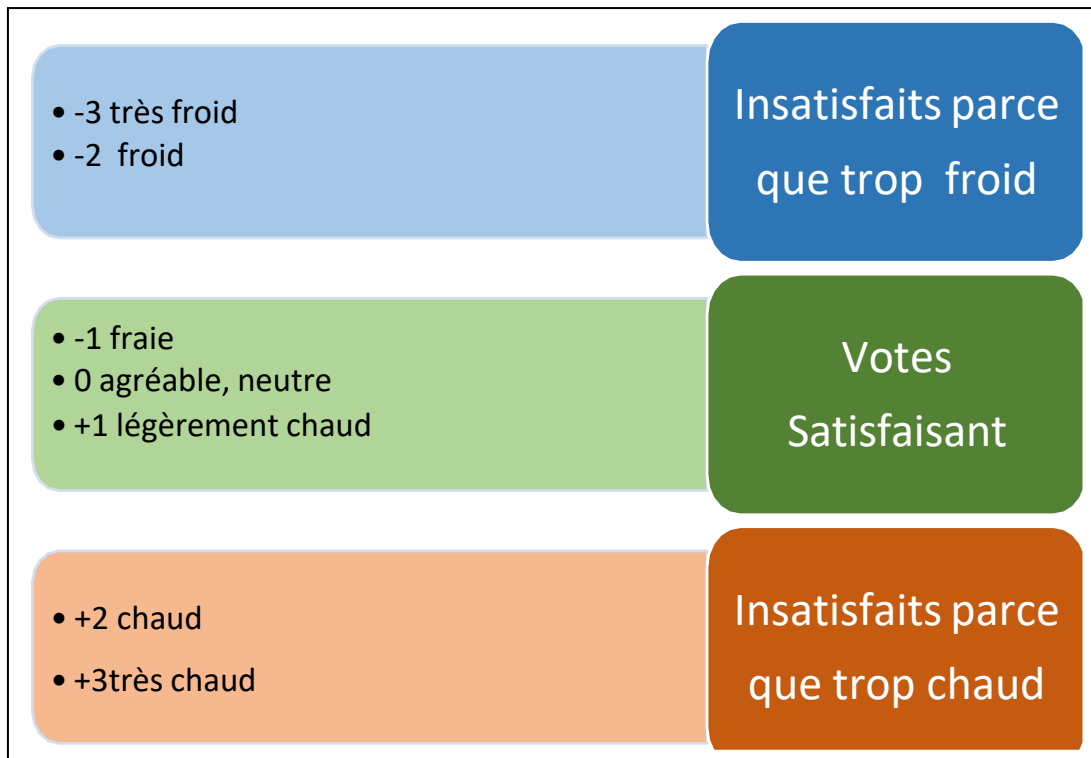


Figure I-1 : Échelle de sensation thermique. [1]

Les résultats montrent que les votes pour chacune des conditions, représente une distribution gaussienne autour d'une moyenne.

Pour des raisons physiologiques, il est impossible de satisfaire tout le monde en réunissant toutes les conditions idéales, mais c'est possible de créer une atmosphère où on peut rassembler le pourcentage de personnes satisfaites est optimaux.

On voit que sur l'échelle (-3) à (+3), Le confort optimal c'est quand le PMV prend la valeur zéro. [1]

I-2-2- Pourcentage prévisible d'insatisfait

Appelé PPD (Predicted pourcentage of dissatisfied), il exprime la part des sujets insatisfaits dans une condition donnée, il peut être calculé avec la relation suivante : [1]

$$\text{PPD} = 1 - 0,95 \times \exp(-0,003353 \times \text{PMV}^2 - 0,2179 \times \text{PMV}^2) \quad (\text{I-1})$$

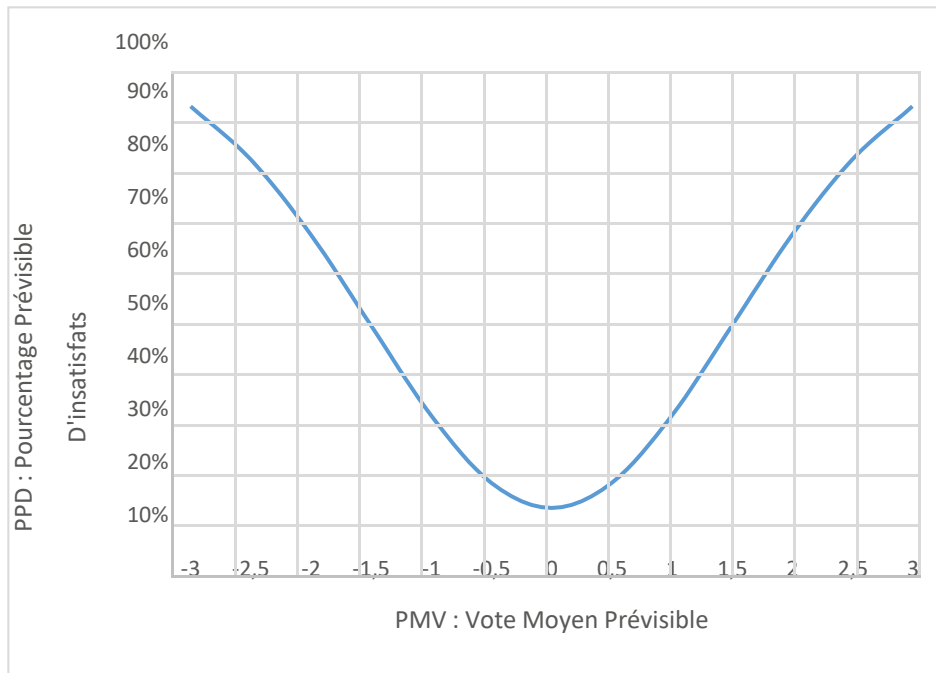


Figure I-2 : PPD en fonction de PMV. [1]

La (Figure I-2) montre le PPD en fonction de PMV, Pour un PMV nul, il reste 5% d'insatisfaits.

I-3- Présentation des zones du confort thermique

On distingue quatre zones thermiques qui sont représentées dans le diagramme suivant :

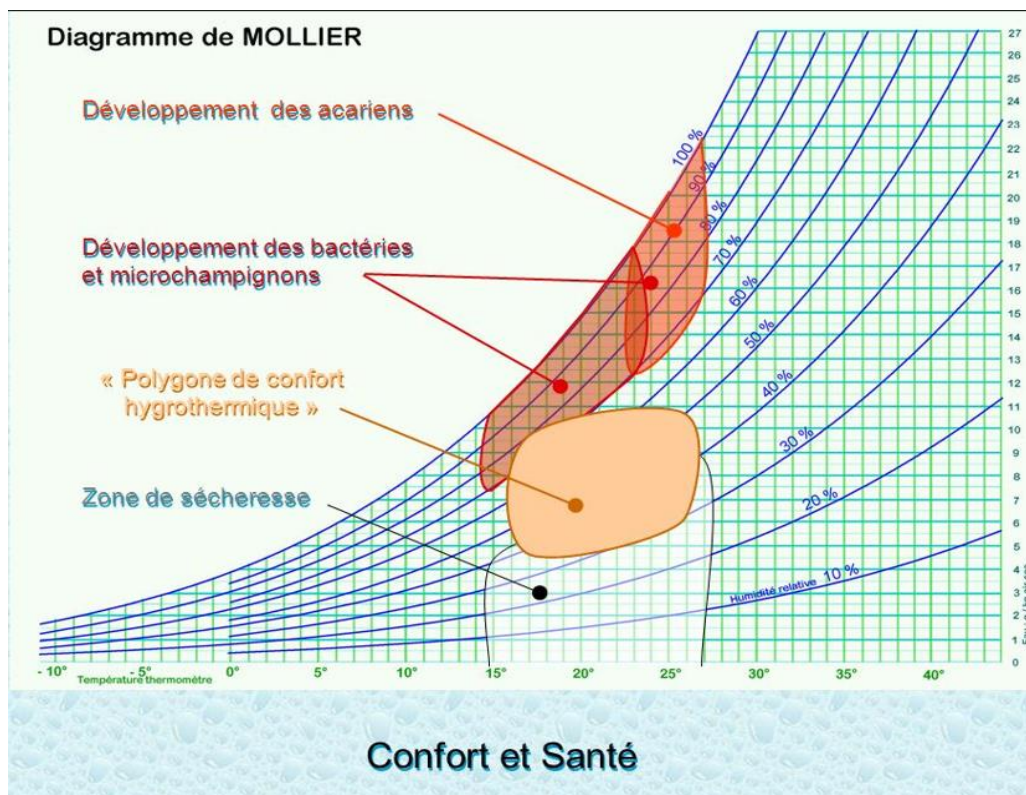


Figure I-3 : Diagramme de l'air humide représentant les zones du confort thermique. [2]

Les quatre zones colorées indiquent les plages de température de confort entre 15 et 27°C.

La zone 1 :

La zone de confort hygrothermique (couleur lavande) va donc :

- De 40 à 80% d'humidité relative à une température ambiante de 17°C.
- De 30 à 50% d'humidité relative à température ambiante de 27°C.

La zone 2 :

La zone orange foncé étant aussi à éviter cause du développement d'acariens au-dessus de 23°C.

La zone 3 :

Les zones orange clair et orange foncé au-dessus de 70% sont aussi à éviter à cause de développement de bactéries et microchampignons au-dessus de 15°C.

La zone 4 :

La zone verte en dessous de 40% d'humidité est à éviter à cause des problèmes de sécheresse.

I-4- Rappels sur les transferts et le confort thermique

Dans une étude quelconque de climatisation, la connaissance des équations régissant les phénomènes de transfert thermique et le rayonnement solaires, paramètres influant le confort thermique, est primordial. Par conséquent, cette partie fait l'objet d'un ensemble de définitions fondamentales dans le domaine des transferts thermiques et de confort thermique.

I-4-1- Transfert thermique

Le transfert thermique est défini comme une transition d'énergie qui est due à des gradients de température entre deux milieux.

Ce transfert d'énergie se fait sous trois modes :

I-4-2- Transfer de chaleur Par conduction

Au niveau microscopique, les mécanismes physiques de la conduction sont complexes, englobant des phénomènes telle-que les collisions moléculaires dans les gaz, les vibrations du réseau dans les cristaux et le flux d'électrons libres dans les métaux. Cependant, dans la mesure du possible, les ingénieurs évitent de considérer les processus au niveau microscopique, préfèrent utiliser les lois phénoménologiques, au niveau macroscopique. La loi phénoménologique régissant la conduction thermique a été proposée par le physicien mathématicien français J. B. Fourier en 1822. Cette loi sera introduite ici en considérant le problème simple du flux thermique unidimensionnel à travers une paroi plane. [3]

$$Q = -\lambda \cdot S \cdot \frac{dT}{dx} \quad (\text{I-2})$$

Avec :

- **Q (en W)** : est le flux de chaleur.
- **λ (en W/m. °C)** : est la conductivité thermique du matériau considéré.
- **S (en m²)** : est les surfaces de la paroi considéré.
- **$\frac{dT}{dx}$** : est la variation de la température par unité de longueur selon l'axe X.

I-4-3- Transfer de chaleur Par convection

La convection ou le transfert de chaleur par convection est le terme utilisé pour décrire le transfert de chaleur d'une surface solide avec un fluide en mouvement. L'écoulement peut être forcé, comme peut être naturel (ou libre). Les deux types d'écoulement peuvent être internes ou externes. De plus, les écoulements forcés et naturels peuvent être laminaires ou turbulents.

Le mouvement des particules les plus chauds transmettent l'énergie aux particules moins chaudes à travers leurs déplacements. [3]

La loi régissant sur la convection thermique est la loi de Newton, donnée par :

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

Avec :

- **Q (en W)** ; est le flux de chaleur.
- **h_c (en W/m². °C)** ; coefficient de transmission thermique par convection.
- **S (en m²)** ; est les surfaces de la paroi considéré.
- **T₁ (en °C)** ; la température du fluide considéré.
- **T₂ (en °C)** ; la température de la paroi considérée.

I-4-3- Transfer de chaleur Par rayonnement

Toute matière et espace contiennent un rayonnement électromagnétique. Une particule d'énergie électromagnétique est un photon, et le transfert de chaleur par rayonnement peut être considéré soit en termes d'ondes électromagnétiques, soit en termes de photons. Le flux d'énergie radiante incident sur une surface est son rayonnement, le flux d'énergie quittant une

surface en raison de l'émission et de la réflexion du rayonnement électromagnétique est sa radiosité. Une surface noire (ou corps noir) est définie comme une surface qui absorbe tout le rayonnement incident et n'en réfléchit aucun. Par conséquent, tout le rayonnement quittant une surface noire est émis par la surface et est donné par la loi de Stefan-Boltzmann, par : [3]

$$Q = \sigma \cdot \epsilon \cdot S(T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{I-4})$$

Avec :

- Q (en W) ; est le flux de chaleur.
- σ (égale à $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$) ; est la constante de Stefan-Boltzmann.
- ϵ (sans dimension) ; est le facteur d'émission ou émissivité du matériau.
- S (en m^2) ; est la surface d'échange.
- T_1 (en Kelvin) ; Température de la surface du mur.
- T_2 (en Kelvin) ; Température ambiante.

I-5- Équation fondamentale du transfert thermique

Pour une différence de température ΔT , le flux de chaleur transmis à travers une paroi qui sépare deux ambiances est donné par la formule : [4]

$$Q = K \times S \times \Delta T \quad (\text{I-5})$$

Où :

- Q (en W) ; est le flux de chaleur.
- K (en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) ; le coefficient de transmission surfacique.
- S (en m^2) ; la surface intérieure de la paroi qui sépare les deux ambiances.
- ΔT (en $^\circ\text{C}$) ; la différence de température entre les deux ambiances

I-5- Coefficient de transmission globale K

Le coefficient $K_{\text{été}}$ d'une paroi est défini par la formule suivante : [4]

$$K_{\text{été}} = \frac{1}{R_T} \quad (\text{I-6})$$

Où R_T est la résistance thermique totale de la paroi, avec :

$$R_T = R_{s_i} + \sum_{n=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + \sum_{n=1}^n R_a + \sum_{n=1}^n R_U + R_{s_e} \quad (\text{I-7})$$

- $R_{s_e}; R_{s_i}$: (en $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$) ; les résistances thermiques superficielles estivales.

- $\sum_{n=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i}$: la somme des résistances des portions de parois constituées de tranches de matériaux homogènes d’épaisseur e élémentaire et de conductivité thermique λ .
- $\sum_{n=1}^n Ra$: La somme des résistances des lames d’air.
- $\sum_{n=1}^n Ru$: la somme des résistances des portions de parois constituées de tranches de matériaux hétérogènes.

I-5-1- Résistance thermique superficielle

Le transfert de la chaleur qui se transmet de l’air ambiant vers une paroi et vice versa, se fait à la fois par rayonnement et par convection;

Le coefficient d’échange thermique superficiel (h_i) entre une ambiance intérieure et la face intérieure d’une paroi, est la somme des quantités de chaleur transmise par convection et par rayonnement, exprimé en W/m^2K .

La résistance thermique d’échange d’une surface intérieure (R_{si}) est l’inverse du coefficient d’échange thermique de surface intérieure h_i , exprimé en m^2K/W ; [4]

$$R_{SI} = \frac{1}{h_i} \quad \text{(I-8)}$$

Le coefficient d’échange thermique superficiel (h_e) entre une ambiance extérieure et la face externe d’une paroi, est la somme des quantités de chaleur transmise par convection et par rayonnement, exprimé en W/m^2K .

La résistance thermique d’échange d’une surface extérieure (R_{se}) est l’inverse du coefficient d’échange thermique de surface extérieure h_e , exprimé en m^2K/W ; [4]

Tableau I-1: Valeurs des coefficients d’échange superficiel (en hiver). [4]

11 (en m^2K/W) hh	Parois en contact avec :			Parois en contact avec :		
	- L’extérieur, - Un passage ouvert, - Un local ouvert.			- Un autre local, chauffé ou non, - Un comble, - Un vide sanitaire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Latéral (Mur) $a > 6666^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Ascendant (toiture) a $\leq 6666^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Descendant (plancher) $a \leq 6666^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau I-2 : Valeurs des coefficients d’échange superficiel (en été). [4]

11 (en m ² K/W) hh	Parois en contact avec :			Parois en contact avec :		
	- L’extérieur, - Un passage ouvert, - Un local ouvert.			- Un autre local, chauffé ou non, - Un comble, - Un vide sanitaire.		
	1/h _i	1/h _e	1/h _i +1/h _e	1/h _i	1/h _e	1/h _i +1/h _e
Latéral (Mur) <i>a > 6666°</i>	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
Ascendant (toiture) a <i>6666°</i>	0,16	0,04	0,20	0,17	0,17	0,33
Descendant (plancher) <i>a ≤ 6666°</i>	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

I-5-2- Résistance thermique d’une couche homogène

La résistance thermique d’une couche homogène est donnée par la formule suivante :

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad \text{(I-9)}$$

Où :

- R_i (en m². °C/W) ; la résistance thermique de la couche i.
- e_i (en m) ; l’épaisseur de la couche de matériau.
- λ_i (en W/m. °C) ; la conductivité thermique du matériau. Les valeurs des conductivités thermiques sont tirées des tableaux (cf. Annexe 2).

I-5-3- Résistance thermique d’une couche hétérogène

Les résistances thermiques équivalentes des matériaux hétérogènes sont données directement en fonction des épaisseurs dans les tableaux (cf. Annexe 3).

I-5-4- Résistance thermique d’une lame d’air

La résistance thermique Ra d’une couche d’air plane est l’inverse de la quantité de chaleur qui est transmise de la face chaude vers la face froide, par conduction, convection et rayonnement. Les valeurs de **Ra** sont fourni ci-dessous selon l’épaisseur de la lame d’air :

Tableau I-3 : Valeurs des résistances thermiques d'une couche d'air non ventilée. [4]

Position de la lame d'air	Sens du flux de chaleur	Épaisseur de la lame d'air en mm						
		5 à 7	8 à 9	10 à 11	12 à 13	14 à 24	25 à 50	55 à 300
Vertical	Latérale	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Horizontal	Ascendant	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14
	Descendant	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20

Les conductances thermiques K de toutes les parois opaques, parois vitrés et portes sont donnée dans cf. (Annexe 4).

I-6- Paramètres solaires

I-6-1- L'heure solaire vraie

Le Temps Solaire Vrai (TSV), appelé aussi Heure Locale Vraie (HLV) est définie par la rotation de la terre. Le midi solaire correspond au passage du soleil au méridien. Cette heure change au cours de l'année et à chaque méridien, ce qui n'est pas pratique, l'heure officielle est commune à tout un fuseau horaire, et le temps solaire vrai et rarement égal à l'heure officielle. Le Temps Solaire Vrais pour le territoire nationale est donnée par : [4]

$$TSV = (TO - 1) + (4 \times SHFT) + ET \quad (\text{I- 10})$$

- SHFT (en degrés) ; est la longitude, positive à l'Est de Greenwich.
- TO (en heures) ; est l'heure officielle.
- 4 (en minutes) ; représente la correction pour la rotation terrestre ; cette correction est de 4 minutes par degré de longitude, soit 1 heure par 15°.
- ET (en minutes) ; est l'équation du temps qui tient compte du fait que, d'une part la trajectoire de la terre autour du soleil est elliptique, et d'autre part du fait que l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre n'est pas constante. Pour l'été on estime la correction a -4 minutes.

I-6-2- Repère horizontal

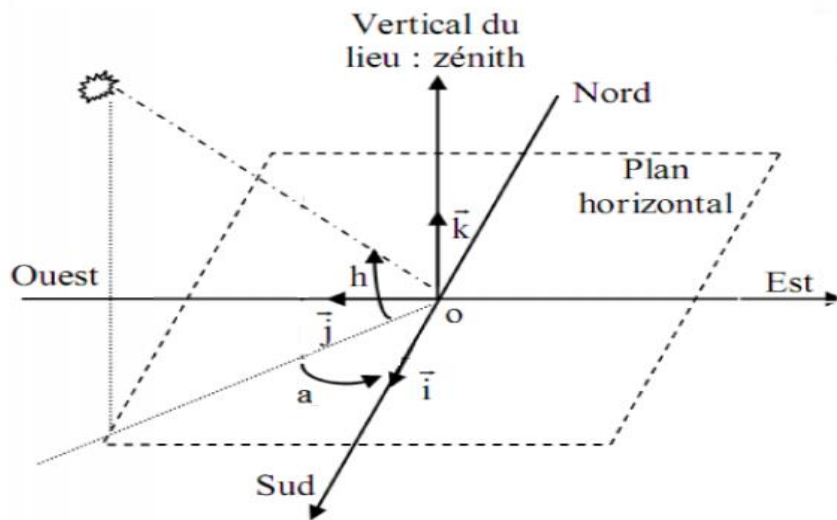


Figure I-4 : Repère horizontal

La (Figure.I-4) représente Le repère horizontal est formé par le plan de l'horizon astronomique et la verticale du lieu. Dans ce repère, les coordonnées sont la hauteur du soleil, 'h' et l'azimut 'a'.

a) La hauteur du soleil « h »

La hauteur du soleil β est donnée par la formule suivante : [4]

La hauteur du soleil est l'angle formé par la direction du soleil et sa projection sur le plan horizontal. Il est particulièrement égal à 0° au lever et au coucher du soleil, sa valeur est maximale à midi, en temps solaire vrai. L'expression de la hauteur du soleil est donnée par :

$$\sin (h) = \sin (\varphi) \sin (\delta) + \cos (\varphi) \cos (\delta) \cos (\omega)$$

$$h = \arcsin [\sin (\varphi) \sin (\delta) + \cos (\varphi) \cos (\delta) \cos (\omega)]$$

φ : la latitude du lieu

Où :

- δ (en degrés) ; est la déclinaison solaire, elle est donnée par la formule suivante :

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365} \right) \quad (I-12)$$

Avec : n : le jour dans l'année compté à partir du 1^{er} janvier.

- ω (en degrés) ; est l'angle horaire ; il est donnée par la formule suivante :

$$\omega = 0,25 \times (\text{minutes séparant l'instant donnée de Midi Solaire}) \quad (I-13)$$

ω est négatif le matin, et positif l'après-midi.

b) L’azimute solaire « a »

L’azimut du soleil est l’angle compris entre la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal et la direction sud.

$$\text{Sin}(a) = \frac{\sin(\omega) * \cos(\delta)}{\cos(h)}$$

$$a = \arcsin\left(\frac{\sin(\omega) * \cos(\delta)}{\cos(h)}\right)$$

Avec

δ: déclinaison du soleil

ω: l’angle horaire

h: la hauteur du soleil

Tableau NO : Hauteur et azimut solaire (latitude 36°44’). [4]

Latitude 36°44’ Nord (Pour le 23 juillet)													
TSV	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
β (en°)	11,9	23,9	36	47,1	59,1	69,2	73,2	69,2	59,1	47,1	36	23,9	11,9
Φ(en°)	-106,1	-98,1	-89,2	-79,2	-65,4	-42,4	0	42,4	65,4	79,2	89,2	98,1	106,1

c) Les surfaces ombrées :

Tableau I-5 : Azimut φ d’une paroi verticale. [4]

Orientation	Azimut φ (degrés)	Orientation	Azimut φ (degrés)
N	-180	S	0
NNE	-157,5	SSO	22,5
NE	-135	SO	45
ENE	-112,5	OSO	65,5
E	-90	O	90
ESE	-65,5	ONO	112,5
SE	-45	NO	135
SSE	-22,5	NNO	157,5

L’azimut des parois est l’angle compris entre la normale de la paroi et le SUD. La

longueur d'ombre horizontale et verticale d'une fenêtre du fait d'une saillie est en fonction de la hauteur du soleil (β), l'angle ψ et la profondeur de la partie en saillie. [1]

$$\psi = \phi(\text{azimut solaire}) - \phi(\text{azimute de la paroi}) \quad (\text{I-15})$$

d) Saillie verticale :

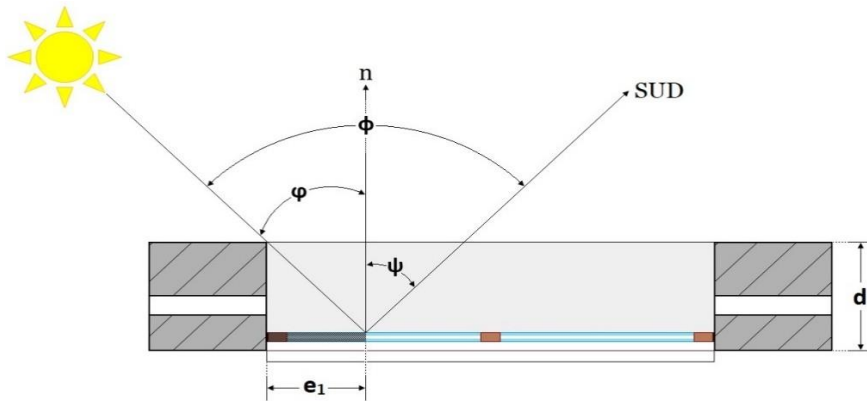


Figure I-5 : Ombre produite par un retrait. [4]

La longueur de l'ombre horizontale e_1 est donnée par la formule suivant : [4]

$$e_1 = \tan(\psi) \times d \quad (\text{I-16})$$

Avec : d (en m) ; est la profondeur de la saillie.

e) Saillie horizontale :

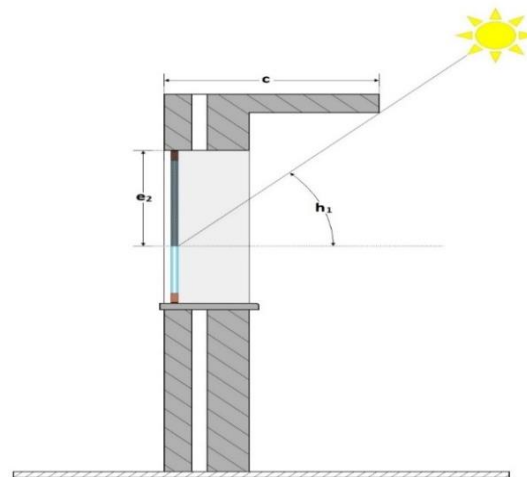


Figure I-6 : Ombre produite par une saillie horizontale. [4]

La longueur de l'ombre verticale e_2 est donnée par la formule suivant : [4]

$$e_2 = \tan(h_1) \times c \quad (\text{I-17})$$

Avec: c (en m) est la profondeur de la saillie.

I-6-3- Le rayonnement solaire de base

On distingue deux types de rayonnement :

a) Rayonnement solaire direct:

Qui est du rayonnement initial qui parvient jusqu’à la surface de la terre. [4]

b) Rayonnement solaire diffus:

Qui est dû à la réflexion par les particules de vapeur d’eau, d’ozone, ou de poussière, et qui est réparti de façon uniforme à la surface de la terre.

Les rayonnements directs et diffus réels affectent les parois d’une construction dépendent de la limpidité de l’atmosphère, de l’altitude, de l’humidité de l’air, de l’orientation, de la latitude et du mois considérés. [4]

c) Valeur de rayonnement de base :

Le rayonnement de base est défini par rapport aux conditions de référence suivantes :

- Atmosphère limpide.
- Altitude égale à 0.
- Point de rosée de 19,5 °C.
- Vitrage ordinaire en simple épaisseur non équipé d’occultation et dont l’encadrement est en bois.

Le rayonnement total de base, I_t, b (en W/m²), correspond aux apports de chaleur maxima, non amortis, dus au rayonnement solaire à travers un vitrage de référence dans les conditions de référence.

Le rayonnement diffus de base, I_d, b (en W/m²), correspond aux apports de chaleur non amortis dus au rayonnement solaire à travers un vitrage de référence à l’ombre (c’est à dire pour la direction Nord) dans les conditions de référence. [4]

Tableau I-6 : Valeurs de rayonnements de base. [4]

Rayonnement total de base I_t, b et diffus de base I_d, b (en W/m ²)										
Latitude Nord	Mois	Orientation								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Hori z
36°45’’	Juillet	47,98	404,23	516	368,33	177,03	368,33	516	404,23	747,65
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	743

d) Valeur de rayonnement réel :

Le rayonnement total réel I_t et le rayonnement diffus réel I_d sont donnée par ; [4]

$$I_t = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t, b} \quad (I-18)$$

$$I_d = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{d, b} \quad (I-9)$$

Où :

- ✓ C_{cadre} ; est un coefficient tenant compte de la nature du cadre :
 - ✓ $C_{cadre} = 1,17$ pour un cadre métallique.
 - ✓ $C_{cadre} = 1$ pour un cadre en bois, ou en PVC.
- ✓ C_{limp} ; est un coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère :
 - ✓ $C_{limp} = 1$ pour une atmosphère limpide ; zone rurale, hors agglomération.
 - ✓ $C_{limp} = 0,92$ pour une atmosphère peu limpide ; zones suburbaines, les zones résidentielles des villes.
 - ✓ $C_{limp} = 0,87$ pour une atmosphère obscure ; le centre des grandes villes, les zones industrielles, à proximité d'industries polluantes.
- ✓ C_{alt} ; est un coefficient tenant compte de l'altitude :
 - ✓ $C_{alt} = 1$ pour l'Altitude <300 m.
- ✓ C_{ros} ; est un coefficient tenant compte de la valeur du point de rosée :
 - ✓ $C_{ros} = 0,99$ pour la zone climatique A et pour une Altitude <500 m.

I-7- La climatisation

I-7-1- Généralités

Les différents types de climatisation peuvent être classés suivant les catégories suivantes :

- ✓ Les systèmes à détente directe,
- ✓ Les systèmes tout air,
- ✓ Les systèmes tout eau,
- ✓ Les systèmes mixtes,
- ✓ Les systèmes VRV,
- ✓ Les autres systèmes.

Les fabricants proposent des gammes de plus en plus variées et polyvalentes.

I-7-2- Les systèmes à détente directe

La chaleur est prélevée sur l'air à refroidir à partir d'un échangeur fluide frigorigène/air. Les puissances de ces différents systèmes sont généralement faibles ou moyennes, chaque fabricant développant des matériels spécifiques. On trouve différents systèmes à détente directe

- ✓ Les climatiseurs de fenêtre,
- ✓ Les climatiseurs mobiles,
- ✓ Les climatiseurs monoblocs,
- ✓ Les climatiseurs à éléments séparés.

a) Les climatiseurs de fenêtre

➤ Avantages :

- ✓ Les climatiseurs de fenêtre sont d'un prix très compétitif.
- ✓ Ils sont alimentés en monophasé 230 V.
- ✓ Leur installation est très rapide si les réservations dans les façades ont été prévues.
(Figure I-7)

➤ Inconvénients :

- ✓ À l'extérieur des bâtiments, leur esthétique n'est pas favorable.
- ✓ L'air du local n'est pas brassé de façon homogène.
- ✓ Leur niveau de pression acoustique est quelquefois élevé.
- ✓ La filtration de l'air y est sommaire.
- ✓ Ils ne permettent pas le contrôle de l'hygrométrie.

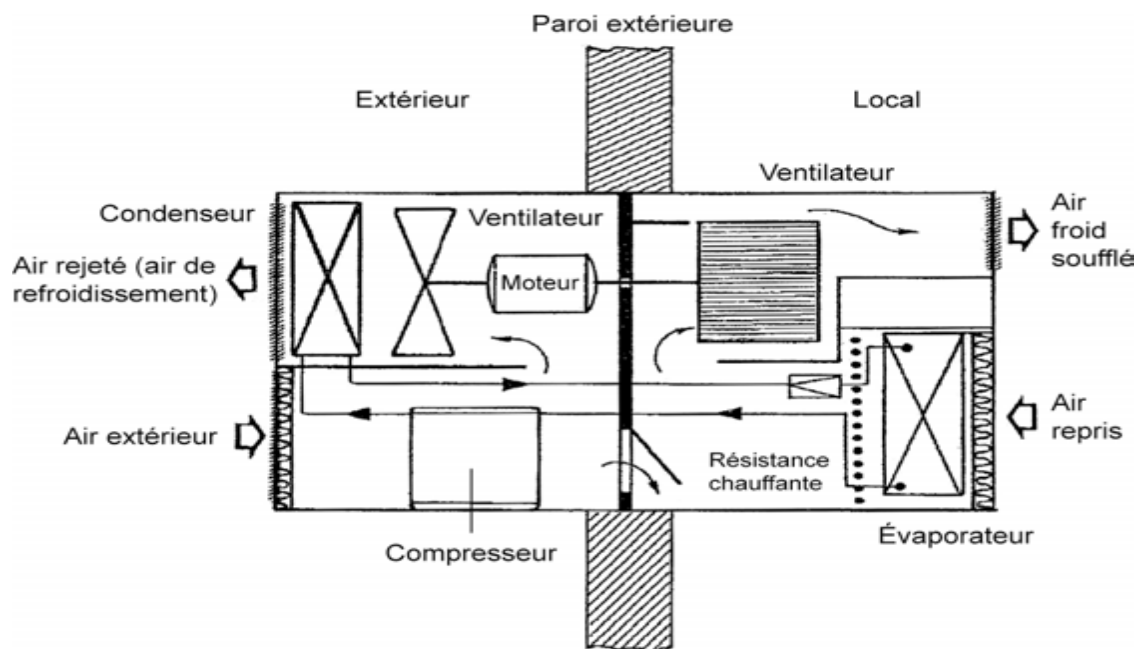


Figure I-7 : Schéma de principe d'un climatiseur de fenêtre.

En résumé, ces climatiseurs sont donc installés lorsqu'il est souhaité un rafraîchissement de l'ambiance sans exigence de précision.

b) Les climatiseurs individuels mobiles

Ces appareils permettent la déshumidification et le refroidissement (figure I-8). Ils comportent un bac de récupération des condensats. Une alarme sonore et/ ou visuelle indique le niveau maximum, l'appareil est alors mis automatiquement à l'arrêt lorsque le bac qui réceptionne les condensats est plein. Certains appareils permettent l'évacuation automatique des condensats.

Ces appareils à l'avantage d'être mobiles et de ne poser pratiquement aucun problème d'installation et de mise en route.



Figure I-8 : Climatiseur mobile (Doc. Technibel).

Ces appareils doivent être raccordés avec l'extérieur par une gaine souple afin de permettre l'évacuation de la chaleur de condensation. Ce rejet de l'air de condensation conduit à mettre le local en dépression. La compensation se fait par les huisseries et les différentes aérations, ce qui est pénalisant sur le plan énergétique. Certains fabricants proposent la reprise et le rejet de l'air de condensation par gaines souples, ce qui est préférable sur le plan énergétique.

c) Les climatiseurs monoblocs

Les climatiseurs monoblocs ont pour principal avantage d'être faciles à installer. Ils sont généralement équipés de ventilateurs à plusieurs vitesses. Ils peuvent permettre le chauffage et le refroidissement (figure I-9).

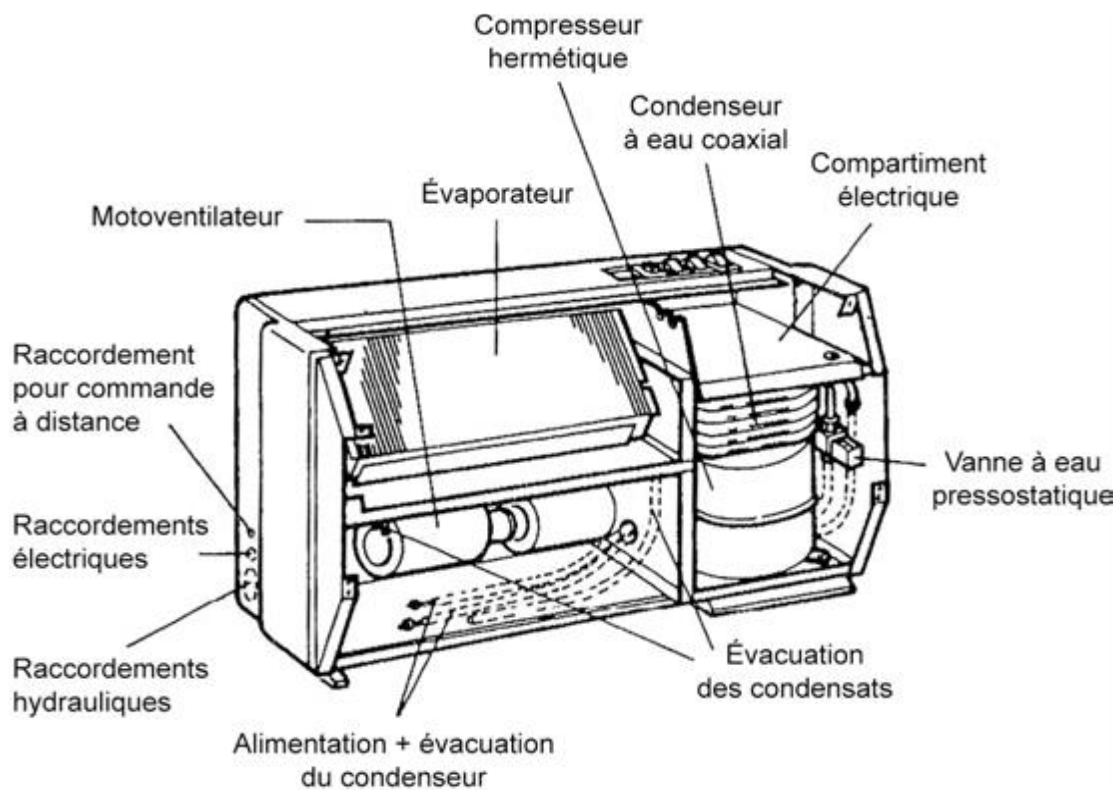


Figure I-9 : Climatiseur monobloc.

d) Les climatiseurs à éléments séparés

Le gros avantage de ce système est que la principale source de bruit est extérieure au local climatisé. Ce choix technologique implique généralement de grandes longueurs de tuyauteries liquides et d'aspiration ce qui induit des pertes de charge significative, il en découle une dégradation du rendement énergétique de la machine (figures I-10 à Figure I-13).

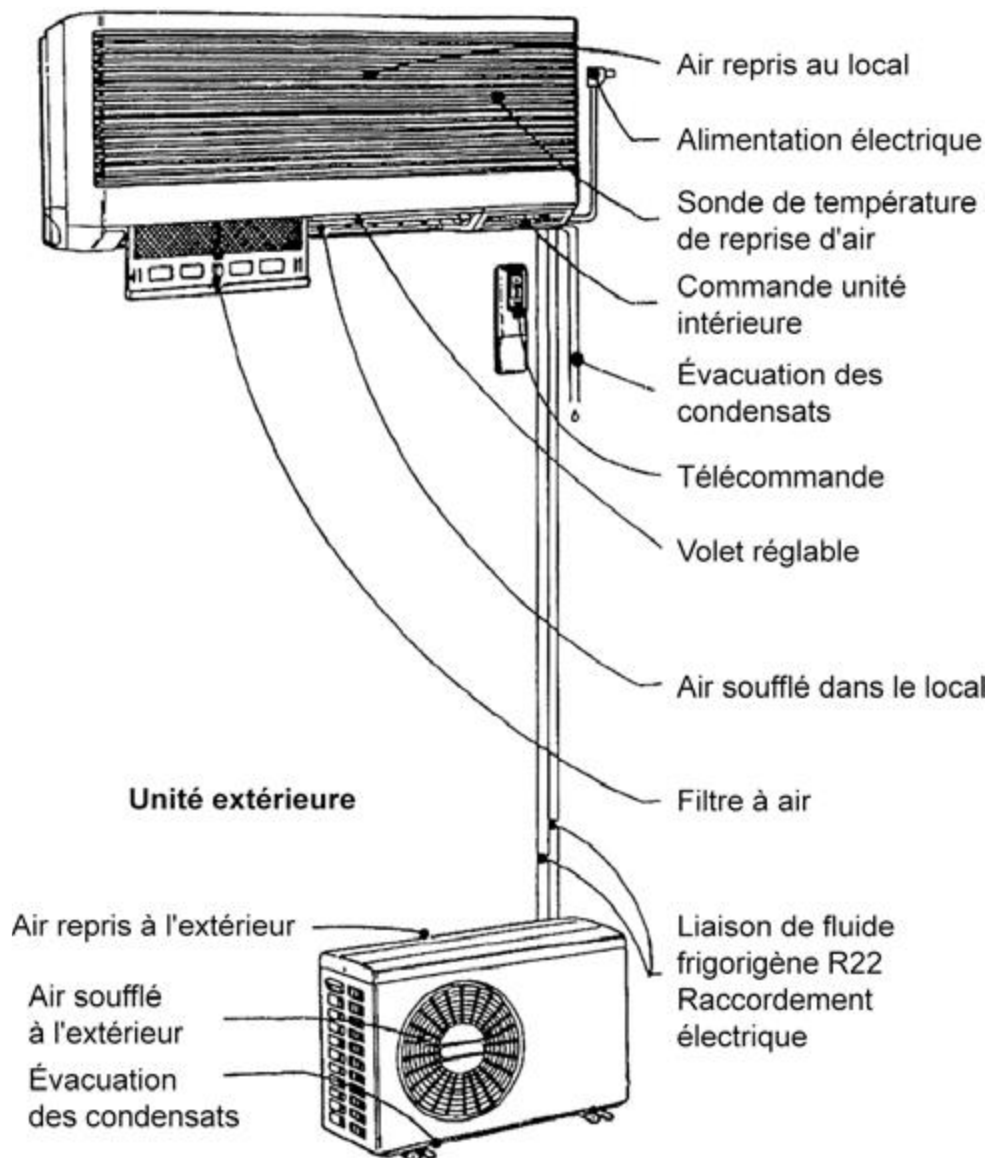


Figure I-10 : Vue d'ensemble d'une installation à éléments séparés à un point de froid (monosplit).

Les unités terminales peuvent être :

- ✓ De type mural,
- ✓ De type console,
- ✓ De type cassette à 1, 2 ou 4 voies, cette unité est alors incorporée au faux plafond,
- ✓ De type gainable, cette unité est alors logée dans le faux plafond.

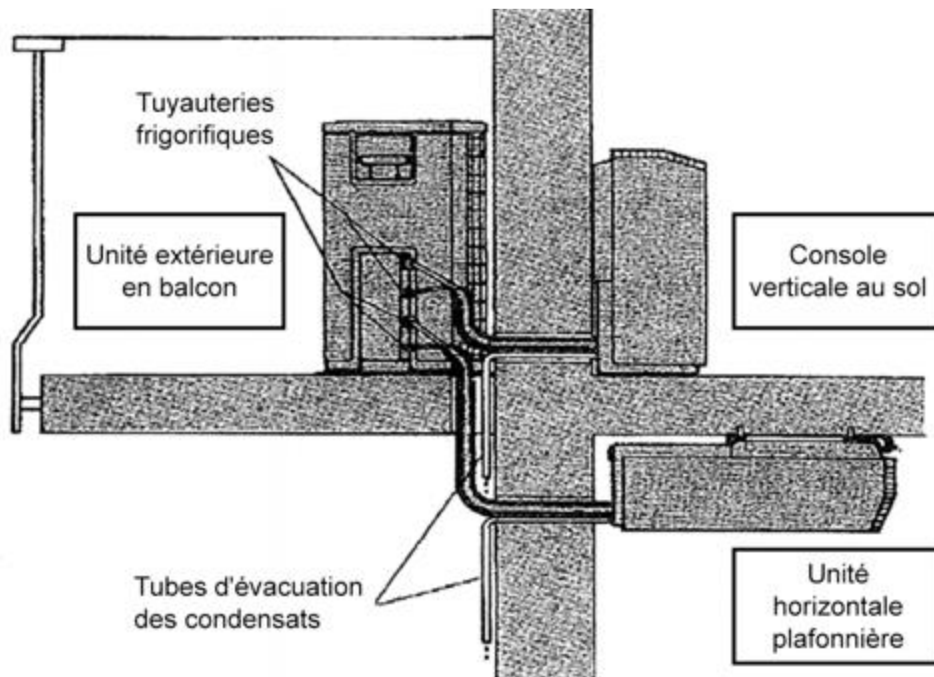


Figure I-11 : Exemple d'unité extérieure raccordée à 2 unités intérieures.

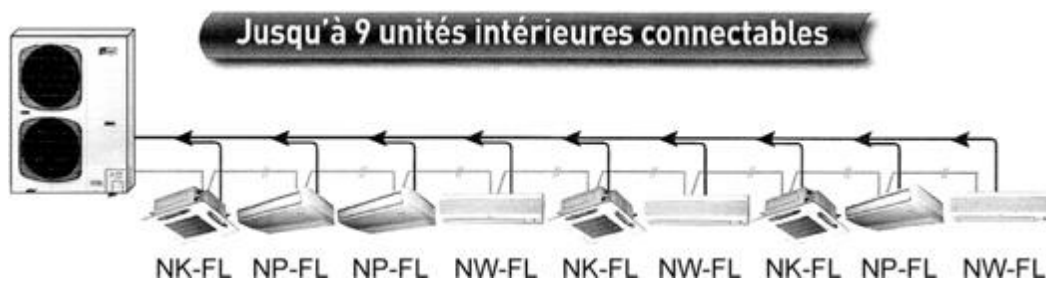


Figure I-12 : Unité extérieure pouvant être raccordée jusqu'à 9 unités intérieures (Doc. Airwell).



Figure I-13 : Vue d'une unité gainable (Doc. Airwell).

I-7-3- Les climatiseurs de toiture

Les climatiseurs de toiture sont des ensembles monoblocs capables de filtrer, refroidir, déshumidifier ou chauffer de l'air (figure 15 et 16). La partie chauffage du système peut être réalisée par les moyens suivants :

- ✓ Électrique,
- ✓ Eau chaude,
- ✓ Gaz,
- ✓ Pompe à chaleur.

Les climatiseurs de toiture sont fréquemment utilisés dans les locaux commerciaux (supermarchés, hypermarchés, etc.).

a) Avantages :

- ✓ La mise en œuvre est facile et rapide,
- ✓ La salle des machines (consommatrice de m²) disparaît,
- ✓ Lors d'intervention (dépannage ou maintenance), il n'en découle pas de gêne pour les occupants.

b) Inconvénients :

- ✓ Le poids de ces matériels nécessite une terrasse conçue en conséquence,
- ✓ Ce matériel bien que conçu pour l'extérieur a une durée de vie généralement inférieure au matériel installé à l'intérieur,
- ✓ La manutention afférente à la mise en place de ces matériels en terrasse peut quelquefois s'avérer compliquée et coûteuse.

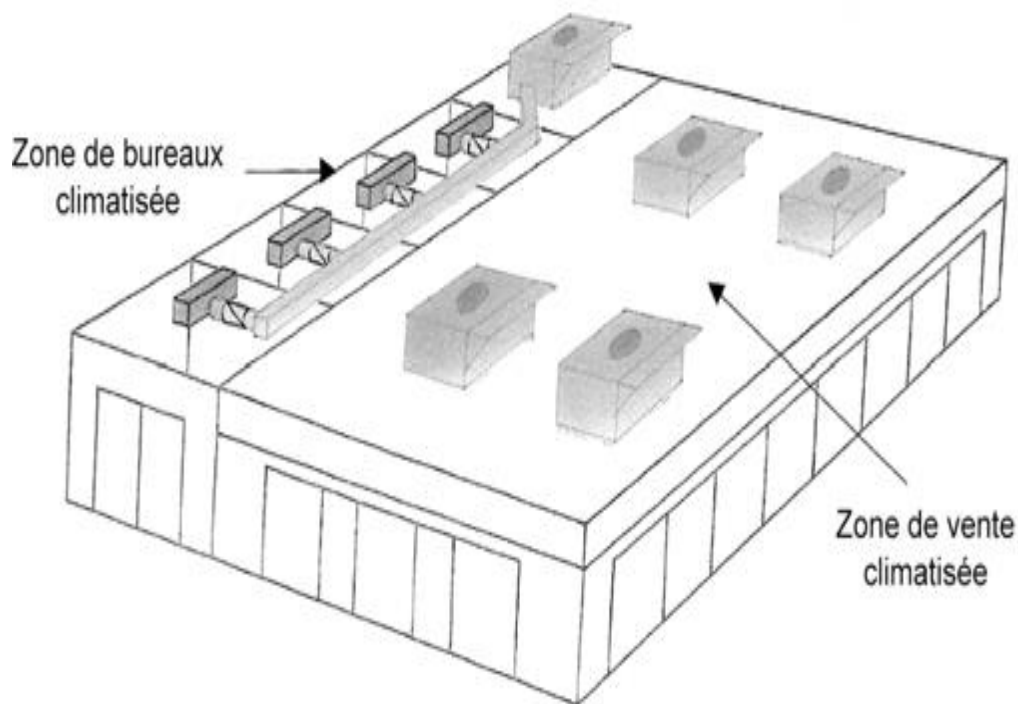


Figure I-14 : Exemple d'implantation de climatiseurs de toiture (Doc. Carrier).

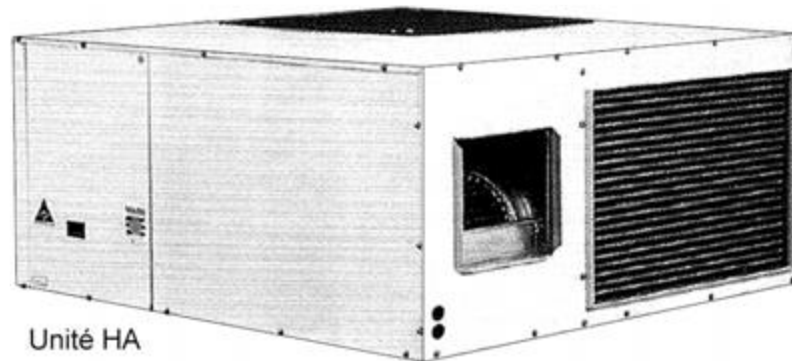


Figure I-15 : Climatiseurs de toiture (Doc. Airwell).

Certains fabricants proposent une gamme allant de 10 à 100 kW froid.

I-7-4- Les armoires de climatisation

La gamme des armoires de climatisation est très vaste. Différentes variantes possibles :

- ✓ Refroidissement seul à partir d'une batterie à détente directe,
- ✓ Refroidissement seul à partir d'une batterie à eau glacée,
- ✓ Refroidissement et chauffage, le chauffage pouvant être assuré par des batteries électriques ou une batterie à eau chaude,
- ✓ Refroidissement, chauffage et contrôle de l'hygrométrie,
- ✓ Le soufflage peut être par le haut (cas de climatisation classique), ou par le bas ; l'air traité est alors soufflé dans un plénum, ce qui est classique en salle informatique. On parle alors d'armoire à soufflage inversé,
- ✓ Armoire monobloc,
- ✓ Armoire avec élément séparé, le condenseur seul peut être extérieur, le compresseur et le condenseur peuvent aussi être extérieurs,
- ✓ La régulation peut être tout ou rien, analogique (de moins en moins souvent) ou numérique communicante,
- ✓ La gamme de puissance est par ailleurs très grande,
- ✓ La batterie froide peut être à détente directe ou à eau glacée,
- ✓ Le niveau d'efficacité de la filtration peut par ailleurs être adapté à l'application. prenons l'exemple d'une armoire de climatisation à condensation par eau pour salle informatique (soufflage inversé). L'eau de condensation est refroidie par un aéroréfrigérant. Le contrôle de la haute pression est assuré par des vannes délit.

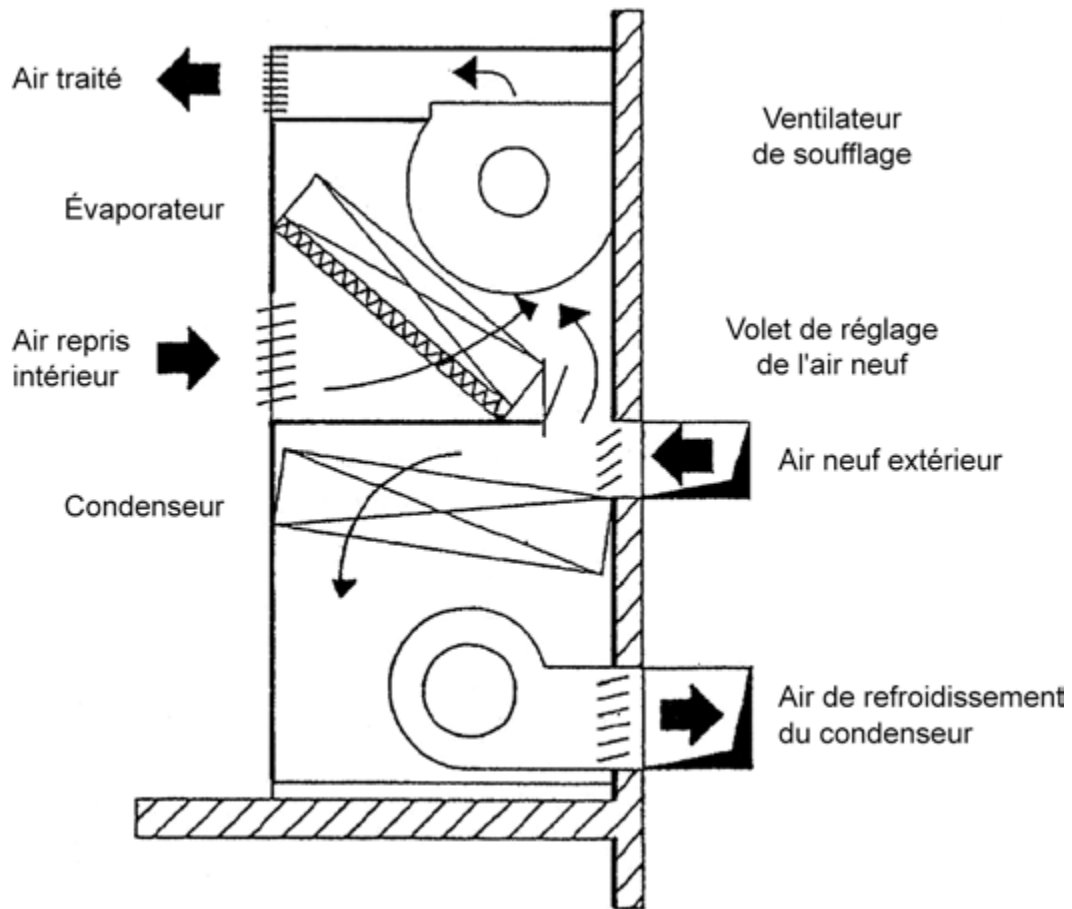


Figure I-16 : Armoire monobloc à condensation par air.

À eau pressostatiques (figure I-17). Cette armoire comporte une batterie (**rep. 12**) permettant le refroidissement gratuit (aux frais de pompage près !) lorsque les conditions le permettent ; cette batterie est souvent appelée batterie de récupération. La batterie est irriguée lorsque la température de l'eau émanant de l'aéroréfrigérant est inférieure à la température de l'air de reprise.

Le comparateur « 7 » compare les températures « 5 » et « 6 », lorsque $q_6 > q_5$, le comparateur envoie un signal au servomoteur « 8 », la voie **NO** se ferme et la voie **NF** s'ouvre, la batterie est alors bypassée.

Inversement, lorsque $q_6 < q_5$, l'eau de l'aéroréfrigérant a un pouvoir de refroidissement, le servomoteur ne reçoit pas de signal, la voie **NF** est alors fermée et la batterie est irriguée.

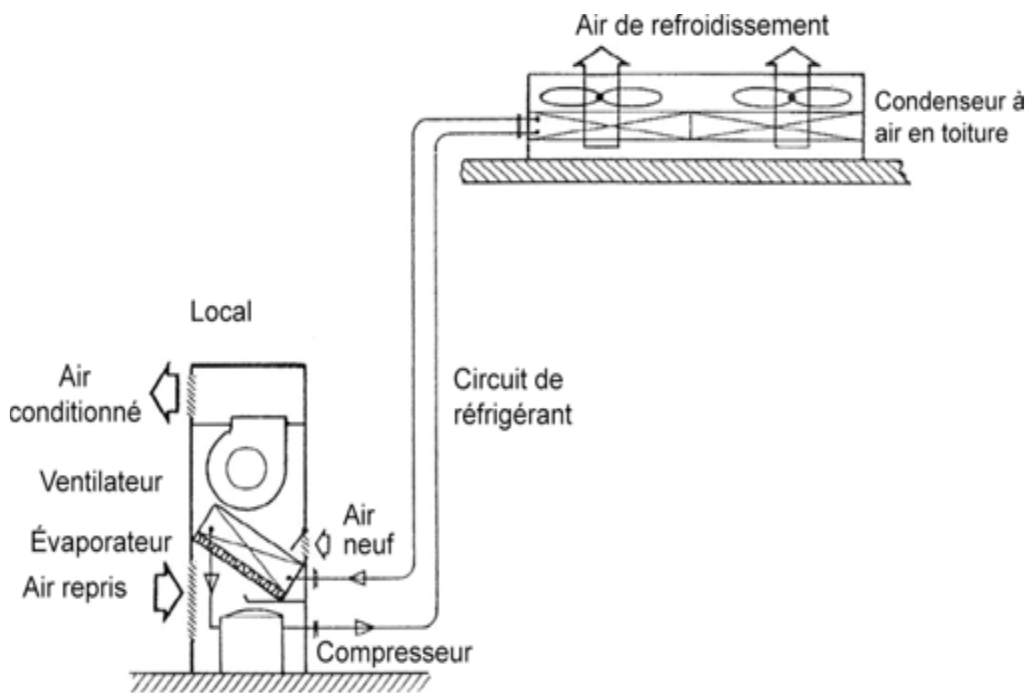


Figure I-17 : Armoire de climatisation à condensation par eau, l'eau étant refroidie par une tour de refroidissement

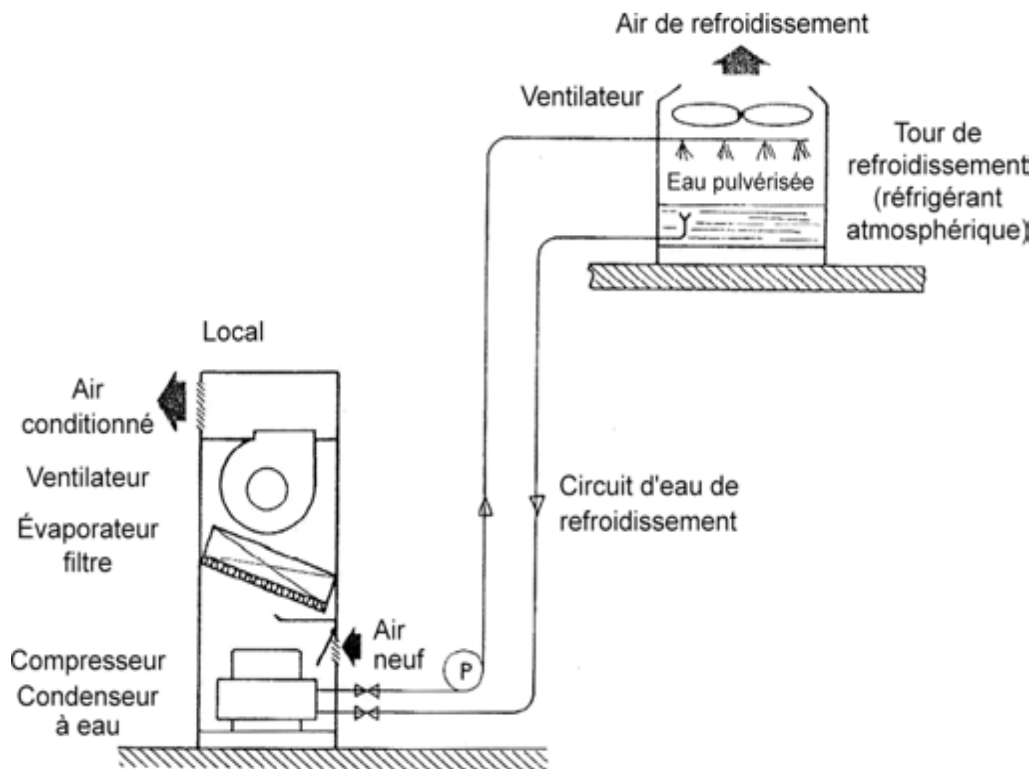


Figure I-18 : donne le schéma de principe de la partie hydraulique

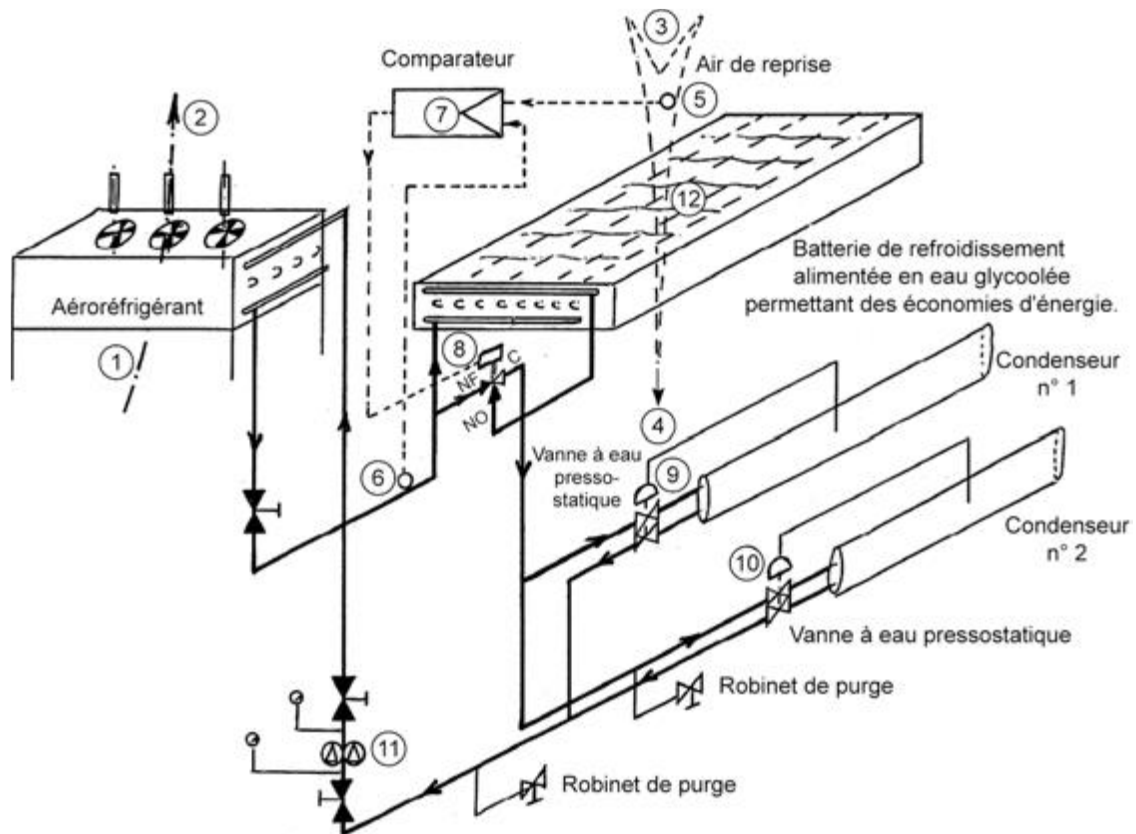


Figure I-19 : Circuit hydraulique complet d'une armoire de climatisation à condensation par eau. L'eau est refroidie par un aéroréfrigérant.

- 1-2 : circulation de l'air dans l'aéroréfrigérant ;
- 3-4 : air de reprise dans la batterie de récupération ;
- 5 : sonde de température de l'air de reprise ;
- 6 : sonde de température de l'eau au départ de l'aéroréfrigérant ;
- 7 : comparateur ;
- 8 : servomoteur de la vanne 3 voies permettant ou non le bipassage de la batterie de récupération ;
- 9-10 : vannes à eau pressostatiques ;
- 11 : pompes ;
- 12 : batterie permettant le refroidissement par l'eau de l'aéroréfrigérant (batterie de récupération).

La régulation de la batterie de récupération de la (figure I-20) est analogue à celle décrite dans l'exemple précédent.

Le gros avantage de cette technologie réside dans la possibilité de déplacer, de modifier ou d'augmenter le parc informatique sans problème, le faux plancher étant constitué de dalles amovibles.

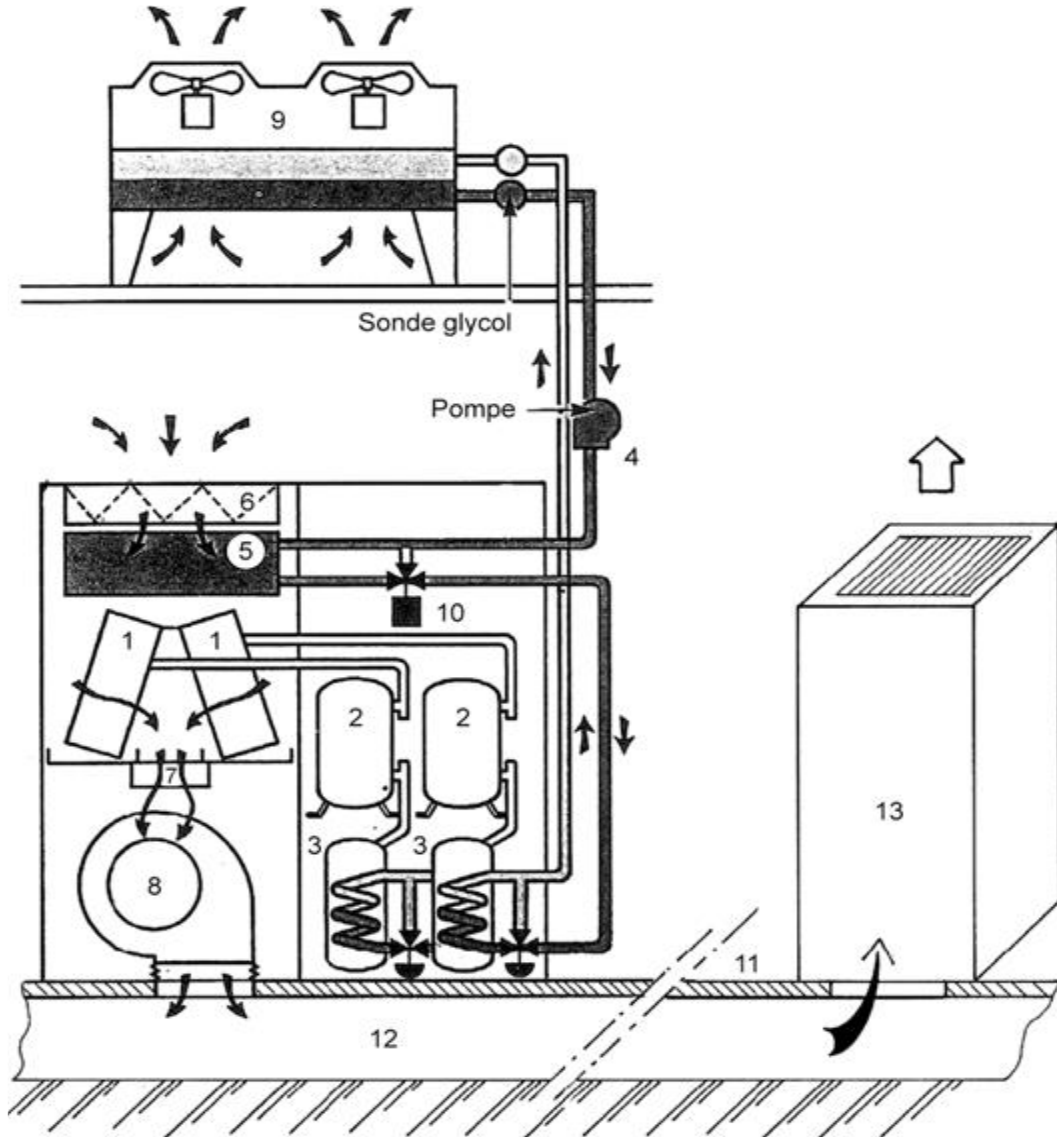


Figure I-20 : Schéma de principe fluidique (circuit à eau glycolée et circuits frigorifiques) d'une armoire analogue à l'exemple précédent (Doc. CIAT).

1 : batteries à détente directe ; **2** : compresseurs ; **3** : condenseurs à eau ; **4** : pompe à eau glycolée ; **5** : batterie de récupération ; **6** : filtre à air ; **7** : batterie de chauffage électrique ; **8** : ventilateur ; **9** : aéroréfrigérant ; **10** : vanne 3

Voies permettant la régulation de la batterie de récupération ; **11** : faux plancher ; **12** : plénum en surpression contenant l'air traité ; **13** : matériel informatique nécessitant un refroidissement.

Ref : aide-mémoire 2 édition [pages 199 à 210]

I-8- Les centrales du traitement d’air (CTA)

I-8-1- Définition de la CTA

Une centrale de traitement d'air est un élément technique dédié au chauffage au Rafrâichissement, à l'humidification ou à la déshumidification des locaux tertiaires où Industriels, c'est un système tout air à débit constant ou variable.

Une CTA est soit de type monobloc, soit elle est constituée de modules additionnés les Uns aux autres, suivant la configuration, modules ventilation, module batteries froides et Chaudes, module filtres, etc....

Il existe deux types de centrales de traitement d'air :

- a) La CTA simple flux, elle est soit tout air neuf, soit tout air repris où encore en mélange des deux flux.
- b) La CTA double flux, elle permet toutes les combinaisons possibles entre la reprise d'air, l'air neuf, l'air rejeté, l'air traité suivant la configuration.

A) Détails d'une centrale de traitement d'air, simple flux

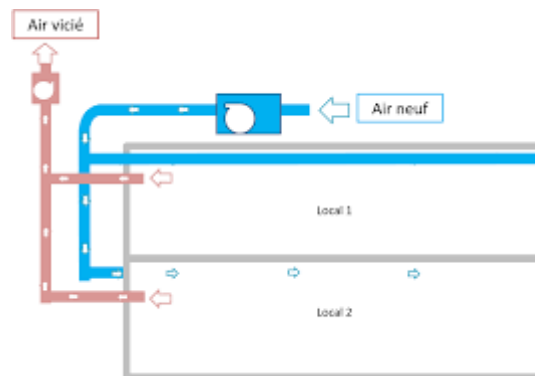


Figure I-21 : Centrale de traitement d'air, simple flux

B) Centrale double flux :

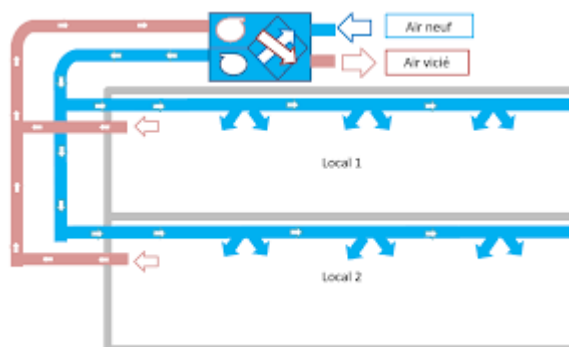


Figure I-22 Centrale double flux

Remarque

Le double flux, qui traite à la fois l'extraction et le soufflage et qui permet toutes les actions sur le moteur des ventilateurs via des variateurs de fréquences définitives des centrales de traitement d'air doit être réalisée en fonction des critères.

I-8-2- Rôle des divers éléments

✓ **Volet d'air neuf** : Ce volet motorisé règle en fonction de la régulation le débit d'air neuf, il est aussi une fonction antigel.

✓ **Volet de reprise** : Il régule l'admission de l'air repris dans le local à traiter, fonctionne en parallèle avec le volet d'air neuf.

✓ **Boîte de mélange** : Permet le mélange de l'air neuf et de l'air de repris. Les volets d'air de reprise et d'air neuf sont synchronisés à partir d'un jeu de tringlerie ou de moteurs.

✓ **Filtration** : La filtration protège la CTA contre la poussière et les diverses particules nuisibles au fonctionnement et au confort des personnes. Il peut y avoir plusieurs niveaux de filtration de moyenne à haute efficacité.

✓ **Batterie chaude** : Serpentin en cuivre ou l'eau chaude circule munie d'ailettes en aluminium afin de favoriser l'échange avec l'air, l'eau et l'air circulent à contrecourant.

✓ **Batterie froide** : La batterie froide peut être à détente directe (fluide frigorigère) ou à eau glacée (configuration identique à la batterie eau chaude).

✓ **Humidificateur** : L'humidification s'effectue par ruissellement d'eau sur un matelas de fils d'acier galvanisé ou par injection de vapeur (non représenté).

✓ **Pare gouttelettes** : Évite l'entraînement de goutte d'eau

✓ **Volet incendie** : Limite la propagation des fumées par compartimentage

✓ **DAD** : Détecteur Autonome Déclencheur, protection incendie, commande le volet Incendie

✓ **Bloc ventilateur** : Le ventilateur peut être à action ou à réaction

CHAPITRE II:

Présentation du projet

Chapitre II : Présentation du projet

Pour procéder à une étude de climatisation dans un bâtiment il est primordial de déterminer et/ou connaître certains paramètres sur le projet. À savoir, l'aspect architectural, sa situation géographique ainsi que les conditions intérieures et extérieures de bases du bâtiment à climatiser et de l'air relative à la zone climatique où se situe le projet.

II-1- Présentation du projet

Le projet s'agit de construire une œuvre à la fois touristique et commercial qui répond à certains critères de beauté et de modernité sur le plan architectural et urbain, hygiénique et confortable sur le plan ergonomique, économique et efficace sur le plan énergétique.

La dénomination de cet hôtel, il est classé comme étant un hôtel 5 étoiles sur le plan qualitatif, sa superficie est estimée à 1958.88 mètres carré.

II-2- Implantation géographique

Cet hôtel est situé plus exactement à la Commune de Ouargla,

II-2-1- Aspect architectural

L'hôtel contient deux niveaux au sous-sol, qui sont destinés aux activités techniques, un RDC, cinq étages et un attique. Cependant, dans cette étude, il n'est tenu en compte que des locaux à climatiser. À savoir, de rez-de-chaussée (R-D-C) Ci-dessous, dans le **Tableau II-1**, les pièces composantes et leurs superficies :

NIVEAU	NOM DE PIECES	SUPERFICIE (m ²)
RDC	salle polyvalente	249,581
	salle de reunion	78,44
	Bureau1	18,4
	Bureau2	18,4
	Restaurant	306,93
	cafétéria	116,11
	Réservation	80,69
	administration	39,31
	local de surveillance	14,93
	circulation	60,11
	salle de coiffure	29,4
	HALL	387,52

Tableau II-1 : Locaux du RDC. [5]

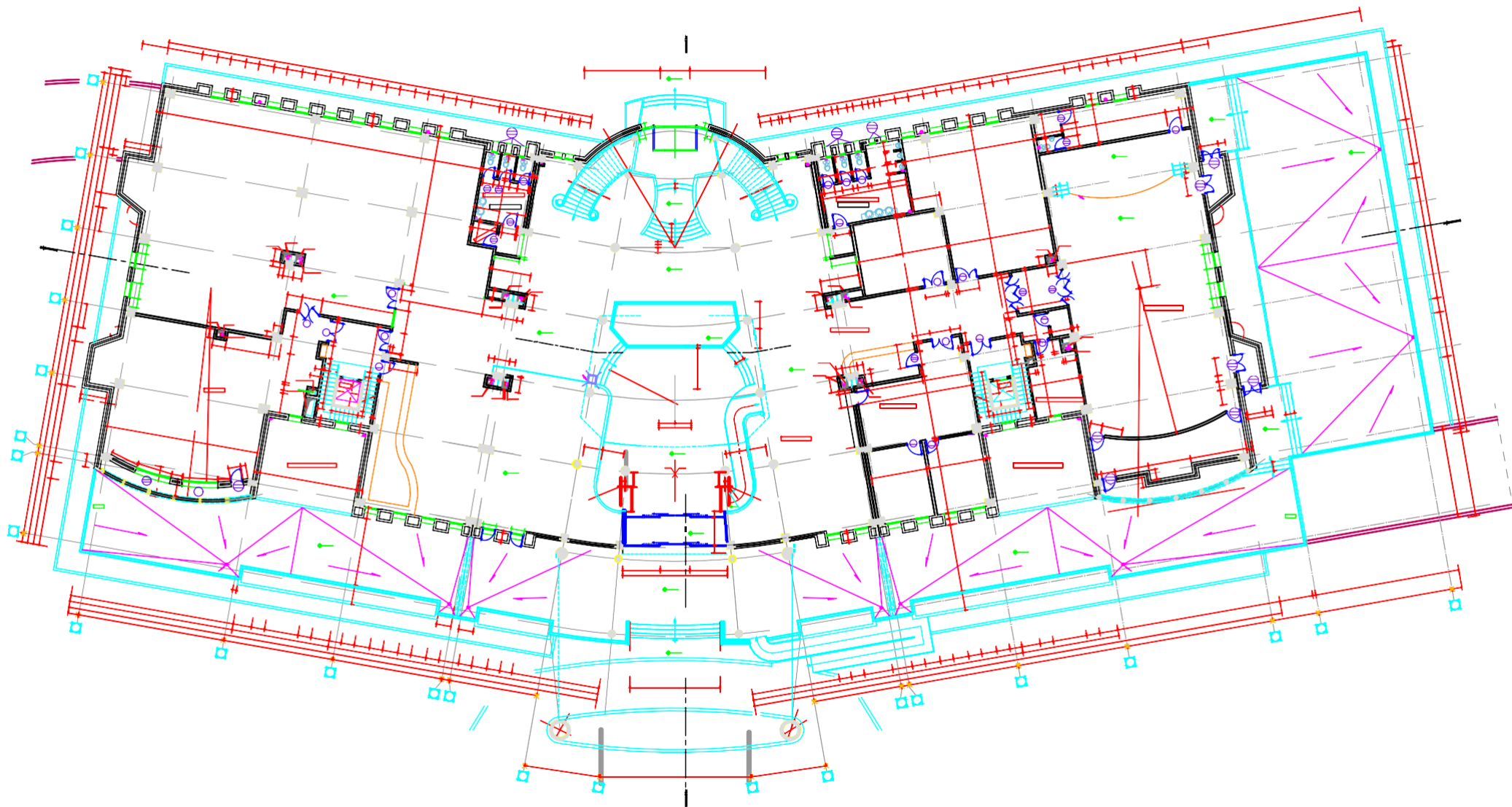
Par ailleurs, la construction de ce bâtiment est faite à base de matériaux et des produits qui sont disponibles sur le marché national. Dans le **Tableau II-2**, les différents matériaux utilisés ainsi que leurs propriétés thermo-physiques.

Tableau II-2: Matériaux utilisés. [4], [5]

Composants	Conductivité thermique λ [W.m ² /°C]	Résistance thermique R [m ² . °C/W]	Masse volumique ρ (kg/m ³)	Capacité thermique Cp (J/kg. °C)
Brique creuses 10 cm	-	0,2	-	-
Brique creuses 15 cm	-	0,3	-	-
Brique creuses 20 cm	-	0,39	-	-
Enduit plâtre	0,35	-	750 à 1000	936
Mortier de bâtard	1,15	-	1900	1080
Mortier de chaux	0,87	-	1800	1080
Béton	1,5	-	700 à 1000	936
Plaque de BA 13	0,35	-	750 à 1000	792
Carreaux de céramique	1	-	1900	936
Granito	2,1	-	2200	936
Sable + Gravillons	1,2	-	1800	792
Vitrage double (6,12,6)	-	-	-	-
Menuiserie en aluminium (Fenêtre)	-	-	-	-
Menuiserie en bois (Portes)	-	-	-	-

a) Plan de RDC :

En ce qui suit, dans la figures, le plan architectural de RDC



II-2-2- Données de base du site:**a) La zone climatique :**

D'après le Document Technique Régimentaire algérien qui est défini par le Centre National d'Études et de Recherche Intégré du Bâtiment en 30 juillet 2016 ainsi que l'office national météorologique de la Wilaya de Ouargla, La région dans laquelle se situe cet hôtel est classé dans la zone climatique E1.

b) Conditions intérieur de base :

Les conditions intérieures de base sont définies par :

- $TS_{b,i}$ (en °C) ; La température sèche de base de l'air intérieur.
- $HR_{b,i}$ (en %) ; L'humidité relative de base de l'air intérieur.

L'obtention de ces paramètres fait l'objectif de la climatisation, ils sont déterminés selon la nature du bâtiment, [4].

Sachant que le projet en question est un hôtel (il s'agit d'un séjour de longue durée), le niveau de confort exigé est donné par le **Tableau II-3** :

Tableau II-3 : Les conditions intérieures de base. [1]

	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)
Séjour de longue durée	27 ± 2	50

c) Condition de base extérieure :

L'air extérieur est défini par :

- $TS_{b,e}$ (en °C) ; La température sèche de base.
- $HS_{b,e}$ (en g_{vap}/Kg_{as}) ; L'humidité spécifique de base(ou teneur en vapeur d'eau).
- E_b (en °C) ; L'écart diurne de base.
- TS_m (en °C) ; La température moyenne.
- EAT (en °C) ; La différence de température entre la température de base d'été et la température de base d'hiver.

Les valeurs des caractéristiques climatiques de base de l'air extérieur sont données dans le Tableau II-4.

Tableau II-4 : Conditions extérieur de base. [1]

Zone Climatique		Température sèche TS _{b,e} (°C)	Humidité spécifique HS _{b,e} (g _{vap} /Kg _a s)	Écart diurne E _b (°C)	température moyenne TS _m (°C)	Écart annuel de température EAT (°C)
E1	Alt < 500	37	6	18	29	41

La température sèche de l’air extérieur à l’heure (t) pour les mois de Juillet et d’Août, est obtenue à l’aide de la formule suivante : [4]

$$TS_e(t) = TS_{b,e} - [C_{TS}(t) \times E_b] \tag{II. 1}$$

- TS_e(t) (en °C) ; la température sèche de l’air extérieur a l’heure t.
- TS_{b,e} (en °C) ; la température sèche de base de l’air extérieur.
- C_{TS}(t) (en %) ; représente un coefficient correcteur.
- E_b (en °C) ; représente l’écart diurne base.

Tableau II-5 : Valeurs de C_{TS}. [4]

Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C _{TS} (%)	67	80	87	94	100	100	93	85	77	63	48	35
Heure	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
C _{TS} (%)	21	6.7	0	0	0	4.7	12	20	28.5	32	43	53

Une fois nous avons déterminé les paramètres relatifs au site qui sont la classification de bâtiment, la zone climatique, les conditions de base ainsi que les éléments constitutifs de parois, cela veut dire que nous avons rassemblé tous les paramètres nécessaires afin de procéder aux calculs préliminaires.

CHAPITRE III :

*Processus de calcul en
climatisation et bilan
thermique de RDC*

Chapitre III : Processus de calcul en climatisation et bilan thermique de RDC**Introduction**

Le bilan thermique permet de distinguer les apports et les déperditions thermiques pour un local, il sert comme base de calcul à toute l'installation afin de dimensionner ses réseaux.

Ce chapitre consiste à introduire le bilan thermique estival qui se présente par l'égalité de tous les apports de chaleur intérieur et extérieur qui correspond à la quantité de chaleur à soustraire des locaux pour maintenir la température constante. (Charge frigorifique).

Formule générale des apports calorifiques :

Les apports calorifiques (appelés aussi gains) d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensibles et latentes, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées.

Charge frigorifique=Apports sensibles+Apports latents

Les apports calorifiques sensibles A_s et latents A_l sont donnés par :

$$A_s = APO + AV + AI_s + AINF_s \quad (\text{III-1})$$

$$A_l = AI_l + AINF_l \quad (\text{III-2})$$

Où :

- APO ; (en W) représente les apports par les parois opaques.
- AV ; (en W) représente les apports à travers les parois vitrées.
- AI_s et AI_l ; (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports internes.
- AINF_s et AINF_l ; (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air. [4]

III-1- Apports à travers les parois opaques**III-1-1- Parois aériennes :**

$$APO(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta t_e(t) \quad (\text{III} - 3)$$

RDC

- 1,2 (nombre sans dimension) ; est un coefficient majorateur tenant compte des apports linéiques à travers les ponts thermiques.
- $K_{\text{été}}$ (en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) ; est le coefficient de transmission de la paroi considérée pour l'été.
- S_{int} (en m^2) ; est la surface intérieure totale de la paroi considérée.
- $\Delta t_e(t)$ (en $^\circ\text{C}$) ; est la différence équivalente de température à l'heure t.

a) **Différence de température équivalente $\Delta t_e(t)$:**➤ **Parois ensoleillées :**

$$\Delta t_e(t) = \Delta t_{es}(t) + C_{\Delta t_e} + \frac{\alpha}{0.9} \times [\Delta t_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40^\circ)} \quad (\text{III} - 4)$$

➤ **Parois à l'ombre 24h/24h :**

$$\Delta t_e(t) = \Delta t_{es}(t) + C_{\Delta t_e} \quad (\text{III} - 5)$$

Où :

- ✓ $\Delta t_{es}(t)$ (en $^\circ\text{C}$) ; est la différence de température équivalente à l'heure (t) en considérant que la paroi est à l'ombre ; les valeurs de $\Delta t_{es}(t)$ sont données par les parois verticales et les parois horizontales.
- ✓ $\Delta t_{em}(t)$ (en $^\circ\text{C}$) ; est la différence équivalente de température à l'heure (t) pour l'orientation de la paroi considérée ; les valeurs de $\Delta t_{em}(t)$ sont données par les parois verticales et les parois horizontales.
- ✓ $C_{\Delta t_e}$ (en $^\circ\text{C}$) ; est un facteur de correction du, d'une part, à la différence maximale $\Delta T_{S_{\text{max}}}$ de la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur pour le mois considéré, et d'autre part à l'écart diurne de base E_b pour le mois considéré ; les valeurs de $C_{\Delta t_e}$ sont données dans (cf Tableau III-3).
- ✓ α ; est le facteur d'absorption de la paroi.(cf annexe 5)
- ✓ $I_{t,b}$ (en W/m^2) ; est le rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérés .
- ✓ $I_{t,b}(40^\circ)$ (en W/m^2) ; est le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée . (cf Tableau I-6). [4]

RDC

Tableau III-1 : valeurs de $\Delta t_{es}(t)$ et $\Delta t_{em}(t)$ pour les parois verticales. [4]

• Différence équivalente de température $\Delta t_{es}(t)$ ou $\Delta t_{em}(t)$ (en °C) - Murs ensoleillés ou à l'ombre														
Orientation	M_{surf} Kg/m ²	Temps Solaire Vrais												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	≥ 700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5
E	≥ 700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9
SE	≥ 700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9
S	≥ 700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8
SO	≥ 700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5
O	≥ 700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7
NO	≥ 700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4
N (à l'ombre)	≥ 700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2

Tableau III-2 : valeurs de $\Delta t_{es}(t)$ et $\Delta t_{em}(t)$ pour les parois horizontales. [4]

Différence équivalente de température $\Delta t_{es}(t)$ ou $\Delta t_{em}(t)$ (en °C) - Toits ensoleillés ou à l'ombre														
Orientation	M_{surf} Kg/m ²	Temps Solaire Vrais												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ensoleillé	≥ 400	7,2	6,7	6,1	6,1	6,7	7,2	8,9	12,2	14,4	15,6	17,8	19,4	20,6
À l'ombre	≥ 300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5

Tableau III-3 : Valeurs de $C_{\Delta t_{e}}$. [4]

Valeurs de $C_{\Delta t_{e}}$ (en °C)					
$\Delta T_{S_{max}} = T_{S_{b,e}} - T_{S_{b,i}}$	Écarts diurnes de base E_b (en °C)				
	7	8	9	10	11
-4	-10,30	-10,80	-11,27	-11,80	-12,20
-0	-6,10	-6,60	-7,26	-7,60	-8,00
2	-4,20	-4,70	-5,25	-5,60	-6,10
4	-2,20	-2,70	-3,25	-3,60	-4,10
6	-0,30	-0,80	-1,24	-1,70	-2,20
8	1,70	1,20	0,76	0,30	0,00

III-1-2- Parois intérieures

a) Parois en contact avec un local non conditionné :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{Inc} \quad (III - 6)$$

- ✓ $K_{été}$ (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- ✓ S_{int} (en m²) est la surface intérieure de la paroi considérée.
- ✓ Δt_{Inc} (en °C) ; représente l'écart de température entre l'espace non conditionne et le local considéré. Δt_{Inc} est donne par la formule suivante :

RDC

$$\Delta t_{\text{inc}} = (TS_e(t) - C_{\text{inc}}) - TS_{b,i} \quad (\text{III} - 7)$$

- ✓ $TS_e(t)$ (en °C) ; est la température extérieure sèche à l' instant considéré.
- ✓ $TS_{b,i}$ (en °C) ; représente la température intérieure du local conditionne.
- ✓ C_{inc} (en °C) ; est un coefficient correcteur, donnée dans .(Cf. annexe 6)

b) Parois en contact avec le sol :

$$\text{APO}(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{app}} \times (T_{\text{Sm}} - T_{\text{Sb},i}) \quad (\text{III} - 8)$$

- ✓ $K_{\text{été}}$ (en $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) ; est le coefficient de transmission de la paroi calcule comme si la paroi était en contact avec l'extérieur.
- ✓ S_{app} (en m^2) ; est la surface de la zone d'apport.
- ✓ $T_{\text{Sb},i}$ (en °C) ;est la température du local conditionne.
- ✓ T_{Sm} (en °C) ; est la température moyenne sèche de l'air extérieur .

III-2- Apports à travers les parois vitrées**III-2-1- Vitre intérieure**

$$\text{AVT}(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times [(TS_e(t) - C_{\text{inc}}) - TS_{b,i}] \quad (\text{III} - 9)$$

- $K_{\text{été}}$ (en $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) ; est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- ✓ S_{ouv} (en m^2) ; est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- ✓ $TS_e(t)$ (en °C) ; est la température extérieure sèche à l'heure t.
- ✓ C_{inc} ; est un coefficient correcteur.
- ✓ $TS_{b,i}$ (en °C) ; est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

III-2-2- Vitre extérieure

$$\text{AV}(t) = \text{AVT}(t) + \text{AVE}(t) \quad (\text{III} - 10)$$

- ✓ $\text{AVT}(t)$ (en W) ; représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées.
- ✓ $\text{AVE}(t)$ (en W) ; représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

Où :

$$\text{AVT}(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times [TS_e(t) - T_{\text{Sb},i}] \quad (\text{III} - 11)$$

RDC

- ✓ 1,2 (sans dimension) ; est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques.
- ✓ $K_{été}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) ; est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- ✓ S_{ouv} (en m^2) ; est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- ✓ $TS_e(t)$ (en $^\circ C$) ; est la température extérieure sèche à l'heure t.
- ✓ $T_{sb,i}$ (en $^\circ C$) ; est la température intérieure de base.

$$AVE(t) = [S_{Ven} \times It + (S_V - S_{Ven}) \times Id] \times FS \times N_{Pvi}(t) \quad (\text{III} - 12)$$

- ✓ S_V (en m^2) ; est la surface totale vitrée.
- ✓ S_{Ven} (en m^2) ; est la surface vitrée ensoleillée.
- ✓ $(S_V - S_{Ven})$ (en m^2) ; est la surface vitrée à l'ombre.
- ✓ It (en W/m^2) ; est le rayonnement total maximal réel.
- ✓ Id (en W/m^2) ; est le rayonnement diffus maximal réel.
- ✓ $N_{Pvi}(t)$; représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée .(cf. Annexe 7)
- ✓ FS ; est le facteur solaire du vitrage.(cf. Annexe 8)

III-3- La masse M rapportée à la surface

$$M_{surf} = \frac{\sum m_{ext} + \frac{1}{2} \sum m_{sep} + \sum m_i}{S_{pl}} \quad (\text{III} - 13)$$

Où:

- ✓ m_{ext} (en Kg) ; est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et l'environnement extérieur.
- ✓ m_{sep} (en Kg) ; est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et les autres zones thermiques.
- ✓ m_i (en Kg) ; désigne toute masse fixe se trouvant au sein de la zone thermique.
- ✓ S_{pl} (en m^2) ; est la surface de plancher pour la zone thermique considéré.

III-4- Apports de chaleur interne

$$AI(t) = \sum (CS_j \times AI_{s,j} \times N_{AI,j}) + \sum (CS_j \times AI_{l,j}) \quad (\text{III} - 14)$$

RDC

- ✓ $AI_{s,j}$ (en W) ; représente la partie sensible de l’apport interne j.
- ✓ $AI_{l,j}$ (en W) ; représente la partie latente de l’apport interne j.
- ✓ CS_j ; est le coefficient de simultanéité relatif à l’apport interne j ; les valeurs à considérer pour les coefficients de simultanéité sont celles .
- ✓ $N_{AI,j}$; est le coefficient d’amortissement relatif à l’apport interne j .(cf. Annexe 10)

III-4-1- Gains dus aux occupants

- Gains sensibles occupants :

$$As_{oc} = n \times Cs_{oc} \quad (\text{III} - 15)$$

- Gains latente occupants :

$$Al_{oc} = n \times Cl_{oc} \quad (\text{III} - 16)$$

Avec

- ✓ n ; Nombre d’occupants.
- ✓ Cs_{oc} (en W) ; chaleur sensible des occupants.
- ✓ Cl_{oc} (en W) ; chaleur latente des occupants.

Tableau III-4 : Valeurs de Cs_{oc} et Cl_{oc} . [4]

• Degré d’activité	Exemple d’application	Température sèche du local (°C)												
		28		27		26		25		24		21		
		Apports sensibles (Sen) et latents (Lat) en W/pers.												
		Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	
Assis, repos	Classe, salle de spectacle	51	51	57	45	62	40	65	37	67	35	76	27	
Assis, travail très léger	Logement, bureau, hôtel, amphithéâtre	52	79	58	73	63	69	67	65	71	60	83	49	
		52	94	58	88	63	83	70	77	74	72	85	62	
				66	96	72	91	68	63	82	80	93	70	
				64	156	72	148	80	140	86	134	107	113	
Travail léger	Atelier, usine	56	164	88	205	97	197	132	161	112	181	135	158	
Travail assez pénible	Atelier, usine, salle de sport	79	214	136	288	142	283	149	277	154	271	177	248	
Travail pénible	Atelier, usine, salle de sport	131	293	136	288	142	283	149	277	154	271	177	248	

III-4-2- Gains dus aux machines électriques

Les valeurs des gains dus aux machines électriques sont inscrites dans le DTR

RDC**a) Gains dus à l'éclairage :**

$$AI = \sum (W_n \times C_{me} \times C_{cr}) \quad (\text{III} - 17)$$

- ✓ W_n (en W) ; est la puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent.
- ✓ C_{me} ; est un coefficient de majoration ; il est égal a :
 - 1,2 pour les lampes à incandescence.
 - 1,25 pour les tubes fluorescents.
- ✓ C_{cr} ; est le pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle ; C_{cr} est égale a : 1 pour les installations dont l'éclairage n'est pas raccorde à un system d'extraction d'air.

III-5- Apports de chaleur par introduction d'air

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

III-5-1- Gains dus au renouvellement d'air

$$AREN_s(t) = 0,320 \times Q_{v_{an}} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad (\text{III} - 18)$$

$$AREN_l = 0,797 \times Q_{v_{an}} \times \text{Max.} [(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad (\text{III} - 19)$$

- ✓ 0,32 (en J/m³. °C) ; représente le produit de la chaleur spécifique de l'air par la masse volumique de l'air et par un facteur de conversion.
- ✓ 0,797 (en J.Kg_{air}/g_{vap}.m³_{air}) ; représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air par la chaleur de vaporisation de l'eau et par un facteur de conversion.
- ✓ $Q_{v_{an}}$ (en m³/h) ; représente le débit d'air neuf.
- ✓ $TS_e(t)$ (en °C) ; est la température extérieure sèche à l'heure t.
- ✓ $TS_{b,i}$ (en °C) ; est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.
- ✓ $HS_{b,e}$ (en g_{vap}/Kg as) ; représente l'humidité spécifique de base de l'air extérieur.
- ✓ $HS_{b,i}$ (en g_{vap}/Kg as) ; représente l'humidité spécifique de base de l'air intérieur.

III-5-2- Gains dus à l'infiltration de l'air

$$AINF_s(t) = 0,320 \times Q_{v_{inf}} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad (\text{III} - 20)$$

$$AINF_l = 0,797 \times Q_{v_{inf}} \times \text{Max.} [(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad (\text{III} - 21)$$

RDC

✓ $Q_{v_{inf}}$ (en m³/h) ; représente le débit du aux infiltrations.

III-6- Bilan thermique de l'hôtel

Après un calcul précis (cf. Annexe 12) , les résultats obtenus sont présentés comme suit :

a) Puissance par pièces

Tableau III-5: Puissance par local du RDC.

RDC (en W)	
salle polyvalante	13849
salle de réunion	3985
Bureau1	1159
Bureau2	1041
Restaurant	15367
cafeteria	4592
Reservation	2333
administration	1900
local de surveillance	1275
circulation	1557
salle de coiffure	4917
le hall	6637
Totals	58613

III-7- Vérification règlementaire

RDC

La vérification réglementaire est exigée afin de déterminer si le bâtiment est conforme à la norme algérienne.

III-7-1- Formule de la relation de vérification

La somme des apports calorifique 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 :

$$\sum APO(15h) + \sum AV(15h) \leq 1,05 \times A_{réf}(15 h) \quad (\text{III} - 22)$$

Où :

- ✓ APO (en W) ; désigne les apports calorifique aux parois opaques aériennes.
- ✓ AV (en W) ; désigne les apports calorifique aux parois vitrées.
- ✓ A_{réf} (en W) ; désigne les apports calorifique de référence.
- ✓ 1,05 ; facteur sans dimension.

Avec :

$$A_{réf} = A_{réf,PH} + A_{réf,PV} + A_{réf,PVI} \quad (\text{III} - 23)$$

Où :

- ✓ A_{réf,PH} (en W) ; désigne l'apport de référence à travers les parois opaques horizontales.
- ✓ A_{réf,PV} (en W) ; désigne l'apport de référence à travers les parois opaques verticales.
- ✓ A_{réf,PVI} (en W) ; désigne l'apport de référence à travers les parois vitrées.

III-7-2- Apports de référence des parois horizontales

$$A_{réf,PH} = \sum (a \times S_{int} \times \Delta TS_{réf,PH}) \quad (\text{III} - 24)$$

Où :

- ✓ a (en W/m². °C) ; est un coefficient lié à la nature de la construction en fonction de la zone climatique ; la valeur de a est donnée dans le Tableau III-6 .
- ✓ S_{int} (en m²) ; désigne la surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur.
- ✓ ΔTS_{réf,PH} (en °C) ; est la différence de température de référence pour les parois horizontales.

RDC

Tableau III-6 : Valeurs de constante a [4].

Valeurs de a (en W/m ² . °C)		
En contact avec l'extérieur	En contact avec l'intérieur	
Zone Climatique E1	Planchers hauts	Planchers bas
0.9	1,9	2,7

Tableau III-7: valeurs de $\Delta TS_{ref,PH}$ pour les parois horizontales [4].

Valeurs de $\Delta TS_{ref,PH}$ (en °C)		
Zone climatique et altitude	Parois en contact avec l'extérieur	Parois en contact avec un LNC
Zone E1, alt <500m	13,49	6.5

III-7-3- Apports de référence des parois verticales

$$A_{ref,PV} = \sum (c \times S_{int} \times \Delta TS_{ref,PV}) \quad (III - 25)$$

Où :

- ✓ c (en W/m². °C) ; est un coefficient lié à la nature de la construction en fonction de la zone climatique ; la valeur de c pour la zone climatique A est donnée 1,2 (W/m². °C).
- ✓ S_{int} (en m²) ; désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur.
- ✓ $\Delta TS_{ref,PV}$ (en °C) ; est la différence de température de référence pour les parois verticales donnée dans le Tableaux III-8.

Tableau III-8 : valeurs de $\Delta TS_{ref,PV}$ pour les parois verticales [4].

• Valeurs de $\Delta TS_{ref,PV}$ (en °C) – Latitude 36°44' Nord										
Zone Climatique		Paroi en contact avec l'extérieur								Paroi en contact avec un LNC
Altitude (en m)		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
E1	Alt<500	4,76	5,56	5,99	7,61	6,9	8,4	8,85	5,79	6.5

III-7-4- Apports de référence des parois vitrées

$$A_{ref,PVI} = \sum (AVE_{ref} + AVT_{ref}) \quad (III - 26)$$

Où :

RDC

- ✓ $AVE_{réf}$ (en W) ; désigne les apports de référence dus à l'enseulement.
- ✓ $AVT_{réf}$ (en W) ; désigne les apports de référence dus au gradient de température.

Avec :

$$AVE_{réf} = [S_{Ven} \times It + (S_V - S_{Ven}) \times Id] \times FS_{réf} \times N_{PVI,réf} \quad \text{(III - 27)}$$

- ✓ S_V (en m²) ; est la surface totale vitrée.
- ✓ S_{Ven} (en m²) ; est la surface vitrée ensoleillée.
- ✓ $(S_V - S_{Ven})$ (en m²) ; est la surface vitrée à l'ombre.
- ✓ It (en W/m²) ; est le rayonnement total maximal réel.
- ✓ Id (en W/m²) ; est le rayonnement diffus maximal réel.
- ✓ $N_{PVI,réf}$; représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées considérée donnée dans le Tableau .
- ✓ $FS_{réf}$; est le facteur solaire du vitrage ; $FS_{réf}$ est égalé a :
 - 0,15 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement.
 - 0,38 pour les locaux à usage de bureaux.

Tableau III-9 : valeurs de $N_{PVI,ref}$. [4]

Valeurs de $N_{PVI,réf}$								
Type de locaux	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Logement, locaux à usage d'habitation	0,95	0,26	0,31	0,44	0,68	0,62	0,43	0,30
Bureaux	0,98	0,19	0,21	0,28	0,65	0,77	0,61	0,40

Et

$$AVT_{réf} = \epsilon \times S_{ouv} \times \Delta T_{S,réf,PVI} \quad \text{(III-28)}$$

Où :

- ✓ ϵ (en W/m². °C) ; est un coefficient relatif à la nature des locaux ; la valeur de ϵ (en W/m². °C) est prise égale a :
 - 4,2 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement.
 - 5,4 pour les locaux à usage de bureaux.
- ✓ S_{ouv} (en m²) ; est la surface d'ouverture dans le mur

RDC

- ✓ $\Delta TS_{réf,PVI}$ (en °C) ; est la différence de température de référence des parois vitrées donne dans le Tableau III-10 .

Tableau III-10: valeurs de $\Delta TS_{réf,PVI}$ pour les parois vitrées. [4]

Valeurs de $\Delta TS_{réf,PVI}$ (en °C)			
Zone Climatique		Paroi en contact avec l'extérieur	Paroi en contact avec un LNC
Zone A	Alt<500	14	6

➤ **Application :**

Après un calcul des apportes de référence détaillé nous avons aboutis au résultat suivant :

$$\sum APO(15h) + \sum AV(15h) = 37940 \text{ W}$$

$$1,05 \times A_{réf}(15 \text{ h}) = 54181 \text{ W}$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée, ce qui signifie que l'étage est règlementaire.

CHAPITRE IV:

Calculs aéraulique et choix du système

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUÉ ET CHOIX DU SYSTEME

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUÉ ET CHOIX DU SYSTEME

IV-1- Traitement de l'air

IV-1-1- Introduction

Un traitement de l'air consiste à modifier les caractéristiques de l'air physique (enthalpie spécifique et teneur en eau) par l'échange de la chaleur et l'humidité.

Le calcul du bilan estival a pour but déterminer la puissance de l'installation pour le refroidissement, ceci peut bien nous conduire à choisir l'équipement adéquat au traitement.

IV-1-2- La diffusion de l'air

Le système de diffusion représente la partie terminale et visible d'une installation de génie climatique.

La diffusion d'air conditionne la réussite ou non de l'installation. En effet, elle influence la perception de l'occupant sur son confort et sa sensation de chaud et de froid. Mais le confort de l'occupant se retrouve également dans la qualité de son air intérieur, la diffusion d'air est étroitement liée à sa qualité. Lorsqu'elle est bien conçue elle permet, d'évacuer les polluants et de contribuer à l'élaboration d'un environnement sain pour l'occupant.

D'autre part, la diffusion participe également au développement durable. Elle influence sur la consommation et l'économie d'énergie du bâtiment qui sont des critères nécessaires à l'obtention HQE (haute qualité environnementale) du bâtiment.

Enfin, la diffusion d'air et le confort thermique sont également définis par certaines normes. Ces normes déterminent des critères qualitatifs qui mesurent et évaluent les ambiances thermiques modérées. Il convient donc de se préoccuper du système utilisé pour diffuser l'air préparé dans la centrale ou sur une unité terminale de climatisation.

IV-1-3- Le taux de brassage

C'est le nombre de fois que le volume d'air total de l'enceinte passe par les filtres de très haute efficacité en une heure. Ce taux doit être suffisant pour éliminer la contamination particulière produite dans le local et doit être en conséquence d'autant plus important que la classe d'empoussièrément est plus petite.

Il est exprimé par la relation suivante :

$$\tau = q_v / V \quad (\text{IV.1}).$$

Avec :

τ : taux de brassage en (vol/h)

q_v : débit volumique de soufflage en (m³/h)

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

V : volume du local considéré en m³.

IV-1-4-Les différents débits d'air

Après la filtration et la purification de l'air à introduire dans les différentes salles pour des raisons d'hygiène et de santé. Cette air sera diffusé sous certaines conditions de température et d'humidité adéquate sous une vitesse et une direction appropriées. De plus, l'air vicié ou pollué doit être évacué afin d'assurer un confort plus ou moins satisfaisant.

IV-1-5- Débit d'air neuf

Le corps humain émet des produits gazeux qui contribuent à polluer l'air de la salle blanche. Le maintien de la teneur en oxygène et en gaz carbonique de l'air ambiant exige des taux de renouvellement d'air.

Ce taux de renouvellement d'air dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels :

- ✓ Le nombre d'occupants.
- ✓ Les dimensions des salles.
- ✓ L'affectation de la salle, c'est-à-dire les activités s'y déroulent.

Le taux de renouvellement d'air est fondé sur un apport d'air extérieur de 3 vol/h. Il est exprimé par le rapport du débit d'air neuf par le débit d'air soufflé admis dans le local.

IV-1-6- Débit d'air soufflé

L'état et le débit de l'air à soufflé résultent de la résolution d'un système d'équations exprimant respectivement les bilans enthalpique et hydrique.

$$Q = q_{mas} \cdot (h_A - h_s) = q_{mas} \cdot C_{pair} \cdot (T_A - T_s) \quad (IV.2).$$

$$\dot{m}_{ve} = q_{mas} \cdot (X_E - X_S) \quad (IV.3).$$

Où :

Q : représente la charge calorifique en hiver ou frigorifique en été. Positive s'il s'agit d'apport et négative s'il s'agit de déperditions.

q_{mas} : Débit massique d'air à soufflé [kg/s].

h_s : Enthalpie spécifique de l'air humide a soufflé [kJ/kgas].

h_A : Enthalpie spécifique de l'air humide ambiant [kJ/kgas].

X_A : Teneur en eau de l'air ambiant [kge/kgas].

X_s : Teneur en eau de l'air à souffler [kge/kgas].

T_A : Température de l'air ambiant [°C].

T_s : Température de l'air à soufflé [°C].

\dot{m}_{ve} : Quantité d'humidité dégagé (charge hydrique) [kg/s].

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

Un écart de température ΔT entre la température de l'air intérieur et celle de soufflage peut-être imposé, il est de l'ordre de 8°C à 12°C.

Dans le cas du RDC où un taux de brassage est imposé, le débit d'air soufflé se déduit donc de la relation suivante :

$$r = \frac{q_{vas}}{V} \quad (IV.4)$$

$$q_{vas} = r \cdot V \quad [m^3/h].$$

Avec :

q_{mas} : Débit volumique d'air soufflé.

r : Taux de brassage de la salle en [vol/h].

V : Volume de la salle en [m³].

IV-1-7- Débit d'air mélangé

Pour des raisons d'économie d'énergie, on fait recycler une partie de l'air intérieur repris, pour l'introduire dans la salle sous forme de mélange avec de l'air extérieur neuf.

➤ Débit d'air recyclé

Le débit d'air recyclé est donné comme suit :

$$qm_{ar} = qm_{as} - qm_{an} \quad (IV.5).$$

Avec :

qm_{ar} : Débit d'air recyclé.

qm_{as} : Débit d'air soufflé.

qm_{an} : Débit d'air neuf à introduire.

➤ Taux de recyclage d'air

Il représente la portion d'air repris puis recyclé dans le local, il est donné par le rapport :

$$\gamma_{ar} = \frac{q_{mar}}{q_{mas}} \quad (\%) \quad (IV.6)$$

➤ Débit d'air mélangé

L'air soufflé représente un mélange d'air neuf et d'air recyclé. Il est donné par la relation suivante :

$$q_{mam} = q_{mas} = q_{man} + q_{mar} \quad (IV.7).$$

Dans le caisson de mélange, l'air (neuf+ recyclé) est soumis à un bilan enthalpique qui se traduit par l'égalité suivante :

$$(q_{man} + q_{mar}) \cdot h_m = q_{man} \cdot h_e + q_{mar} \cdot h_i \quad (IV.8).$$

Comme :

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUÉ ET CHOIX DU SYSTEME

$$q_{mam} = q_{mas} = q_{man} + q_{mar} \quad (IV.9).$$

Le bilan s'écrit :

$$q_{mas} \cdot h_m = q_{man} \cdot h_e + q_{mar} \cdot h_i \quad (IV.10).$$

➤ Température du mélange

La température du mélange est la somme des températures apportées par chaque composant.

Ainsi :

$$q_{mas} \cdot T_m = q_{man} \cdot T_e + q_{mar} \cdot T_i$$

D'où :

$$T_m = \frac{q_{man} \cdot T_e + q_{mar} \cdot T_i}{q_{mas}} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

➤ Enthalpie du mélange

L'enthalpie du mélange est évaluée de la même manière que celle de la température. Elle s'exprime par :

$$h_m = \frac{q_{man} \cdot h_e + q_{mar} \cdot h_i}{q_{mas}} \quad [\text{kJ/kg}_{\text{as}}]$$

➤ Teneur en eau au point du mélange

Après la connaissance des valeurs de la température et de l'enthalpie du mélange, la valeur de la teneur en eau au point du mélange peut être lue directement sur le diagramme de l'air humide. La relation exprimant cette quantité est :

$$X_m = \frac{q_{man} \cdot x_e + q_{mar} \cdot x_i}{q_{mas}} \quad [\text{kg}_e/\text{kg}_{\text{as}}]$$

IV-2- Application en saison estival

a) Conditions intérieures de base :

- Température intérieure : $T_i = 27 \text{ }^\circ\text{C}$
- Humidité relative intérieure : $\phi_i = 50 \%$
- Teneur en eau intérieure : $X_i = 0.0112 \text{ kg}_e/\text{kg}_{\text{as}}$
- Enthalpie spécifique intérieure : $h_i = 55.21 \text{ kJ/kg}_{\text{as}}$
- Volume spécifique intérieur : $v_i = 0.859 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{as}}$

b) Conditions extérieures de base :

- Température extérieure : $T_e = 37 \text{ }^\circ\text{C}$
- Humidité relative extérieure : $\phi_e = 23 \%$
- Teneur en eau extérieure : $X_e = 9.033 \cdot 10^{-3} \text{ kg}_e/\text{kg}_{\text{as}}$
- Enthalpie spécifique extérieure : $h_e = 60.42 \text{ kJ/kg}_{\text{as}}$

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

-Volume spécifique extérieur : $v_e = 0.885 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{as}}$

➤ Exemple de calcul

Charge calorifique totale $Q_F = 58.613 \text{ kW}$

Volume habitable $V = 5869.23 \text{ m}^3$

1) Caractéristiques du point de soufflage

✓ Débit d'air soufflé

$$q_{vas} = 3 * 5869.23 = 17607.69 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$q_{mas} = \frac{17607.69}{3600 * 0.859} = 5.69 \text{ kg/s}$$

Un écart de température $\Delta T = T_i - T_s = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ est imposé, d'où l'on déduit donc :

$$T_s = 27 - 10 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$$

De l'équation (IV.3), on tire :

$$X_s = \frac{q_{mas} * X_a * m_{ve}}{q_{mas}} = 0.0112 \text{ [kg}_e/\text{kg}_{\text{as}}]$$

Avec:

$$m_{ve} = 0.0059 \text{ Kge/s}$$

✓ Calcul de h_s

$$h_s = 45.01 \text{ kJ/kg}_{\text{as}}$$

2) Caractéristiques du point de mélange

✓ Température du mélange

$$T_m = \frac{q_{man} * T_e + q_{mar} * T_i}{q_{mas}} = 29 \text{ }^\circ\text{C}$$

✓ Enthalpie du mélange

$$h_m = \frac{q_{man} * h_e + q_{mar} * h_i}{q_{mas}} = 56.25 \text{ kJ/kg}_{\text{as}}$$

✓ Teneur en eau du mélange

$$X_m = \frac{q_{man} * h_e + q_{mar} * x_i}{q_{mas}} = 0.0108 \text{ [kg}_e/\text{kg}_{\text{as}}]$$

A note que:

Debit d'air neuf : $q_{amn} = q_{mas} - q_{mar} = 1.14 \text{ kg/s}$

Debit recycle: $q_{mar} = 0.8 * q_{mas} = 4.55 \text{ kg/s}$

Debit soufflé: $q_{mas} = 5.59 \text{ kg/s}$

3) Calcul de l'enthalpie à la sortie de la batterie froide

$$h_{sb} = \frac{q_{mas} * h_i - Q_F}{q_{mas}} = 45.71 \text{ kJ/kg}_{\text{as}}$$

✓ Teneur en eau du mélange à la sortie de la batterie froide

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

$$X_{sb}=9.97*10^{-3}$$

- ✓ **Température a la sortie de la batterie froide**

$$T_{sb}=22.5^{\circ}\text{C}$$

4) Dimensionnement de la batterie froide

la puissance de la batterie froide

$$BF = q_{mas}(h_m - h_{sb})$$

$$BF=5.69*(56.25-45.71) =59.97 \text{ KW}$$

5) Groupe d'eau glacée

$$T_{eeg}=7^{\circ}\text{c}$$

$$T_{seg}=12^{\circ}\text{c}$$

Débit d'eau glacée

$$q_{meg} = \frac{P_{bf}}{C_{peau} * (T_{seg} - T_{eeg})}$$

Application numérique

$$q_{meg} = \frac{59.97}{4.18 * (12 - 7)} = 2.87 \text{ Kge/s}$$

IV-3- Calcul et dimensionnement et représentation du réseau aéraulique.

Après avoir fini de calculer le bilan thermique on procède au calcul du réseau aéraulique, notre réseau sera constitué en tôle d'acier galvanisé.

Le rôle de notre installation du réseau permet de transporter les différents débit d'air de soufflage, ainsi que sont extraction et son recyclage

Les gaines seront établies en section circulaires, avec un diamètre (d)

IV-3-1- Etablir un réseau aéraulique

Déterminer un réseau de conduits aéraulique, revient à :

- ✓ Calculer les dimensions des conduits (Diamètre ou section) en fonction du débit qu'ils transportent,
- ✓ Calculer les pertes de charge totales

IV-3-2- Evaluation des grandeurs des conduits

La préoccupation dans le dimensionnement des réseaux des gaines demeure dans :

- ✓ L'optimisation des longueurs et sections.
- ✓ Minimisation des bruits produits par l'écoulement de l'air.

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

- ✓ Minimisation des pertes de charges.

Les dimensions d'un conduit d'air se déterminent par :

- ✓ Le débit volumique,
- ✓ La vitesse admissible dans le tronçon.

La vitesse admissible dans un tronçon est la vitesse moyenne dans une section du conduit. Elle est obtenue par le rapport de débit sur la surface de la section:

$$V = q_v / S \quad (\text{m / s})$$

Où :

q_v : Débit volumique (m³/s).

S : surface de la section du tronçon (m²).

V : vitesse admissible

IV-3-2- Les débits d'air soufflés dans chaque local

Tableau IV-1 : débit et section d'air souffler dans chaque local

les pièces	v [m3]	Qv [m3/h]	Qv [m3/s]	V[m/S]	S[m ²]
salle polyvalente	1045,74	3 137	0,87	4	0,22
salle de réunion	328,66	986	0,27	4	0,07
Bureau1	77,1	231	0,06	4	0,02
Bureau2	78,56	236	0,07	4	0,02
Restaurant	1286,04	3 858	1,07	4	0,27
administration	167,22	502	0,14	4	0,03
local de surveillance	62,56	188	0,05	4	0,01
salle de coiffure	123,19	370	0,10	4	0,03
cafétéria	486,5	1 460	0,41	4	0,10
Réservation	338,1	1 014	0,28	4	0,07
circulation	251,86	756	0,21	4	0,05
LE HALL	1623,7	4 871	1,35	4	0,34
TOTAL	5869,23	17 608	4,891	4	1,22

IV-3-3- Calculs des diamètres et vitesses dans chaque pièce

Dans cette partie en va calculer le diamètre à installer dans chaque pièce ainsi que les pertes charges linéaires

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

CTA	pièces	débit	Débit	vitesse	VITESSE	DIAMETRE	DIAMETRE	PdC
		[m3/h]	cumulé [m3/h]	de Calcul [m/s]	Réelle [m/s]	CALCUL [mm]	A INSTALLE [mm]	Linéaire [Pa/m]
CTA	salle polyvalente	1000	2000	4	3,49	420,5235	450	0,437457
		1000	1000	4	3,93	297,355	300	0,674651
		1000	1137	4	3,28	317,0702	350	0,622628
		137	137	4	3,67	110,0615	115	2,336839

		[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	salle réunion	493	986	4	3,88	295,2662	300	0,680622
		493	493	4	3,60	208,7847	220	1,049663

		[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	local de surveillance	118	118	4	3,45	102,1448	110	2,565387

		[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	salle de coiffure	370	370	4	3,27	180,874	200	1,255894

berrau 1		[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	administration	502	969	4	3,81	292,7097	300	0,688061
	bureaux	467	467					

		[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	hall 1	811	1622	4	3,59	378,70	400	0,498652
		811	811	4	3,19	267,78	300	0,769026
	réception	811	1622	4	3,59	378,70	400	0,498652
		811	811	4	3,19	267,78	300	0,769026
	hall 2	811	1622	4	3,59	378,70	400	0,498652
		811	811	4	3,19	267,78	300	0,769026
	cafétéria	811	1622	4	3,59	378,70	400	0,498652
		811	811	4	3,19	267,78	300	0,769026
	cafétéria	811	811	4	3,19	267,78	300	0,769026
	circulation	811	811	4	3,19	267,78	300	0,769026

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

		[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	restaurant	858	3858	4	3,79	584,0585	600	0,290137
		1000	3000	4	3,51	515,034	550	0,33953
		1000	2000	4	3,49	420,5235	450	0,437457
		1000	1000	4	3,93	297,355	300	0,674651

	réseaux principal	[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	tronçon AB	18428	18428	7	6,52	964,93	1000	0,436189
	tronçon BC	14570	14570	7	6,37	858,00	900	0,505168
	tronçon CD	12949	12949	7	6,34	808,86	850	0,543814
	tronçon DE	9705	9705	7	6,62	700,25	720	0,651218
	tronçon EF	6461	6461	7	6,35	571,36	600	0,839771
	tronçon FG	5650	5650	7	6,61	534,29	550	0,913204
	tronçon GH	4311	4311	7	6,10	466,71	500	1,081402
	tronçon HI	3325	3325	7	5,81	409,88	450	1,271975
	tronçon IJ	3137	3137	7	6,94	398,12	400	1,319097
	tronçon BK	3858	3858	7	30,96	441,51	210	1,159103
	colonne montante	18428	18428	7	6,52	964,93	1000	0,436189
	branchement CTA	18428	18428	7	6,52	964,93	1000	0,436189

		[m3/h]	[m3/h]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[Pa/m]
CTA	bureau 1	231	231	4	3,63	142,9161	150	1,685861
	bureau 1	236	236	4	3,71	144,4546	150	1,663448

Tableau IV -2 diamètre et vitesse

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUUE ET CHOIX DU SYSTEME

IV-4- Calcul des pertes de charges

On appelle perte de charge, en mécanique des fluides, la chute de pression due aux frottements divers 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 : les pertes linéaires – aussi appelées régulières – et les pertes singulières. Les premières sont la conséquence des frottements sur les parois d'un conduit ou d'une canalisation dont la rugosité peut varier, tandis que les secondes sont imputables aux diverses singularités du réseau comme les coudes, les réductions, les entrées et sorties...[8]

IV-4-1- Les pertes de charges linéaires

L'expression de ces pertes est donnée par la formule suivante :

$$\Delta P_L = J \cdot L \quad \text{(VI.2)}$$

Avec :

$$j = \frac{1}{2} * \lambda \frac{Vm^2}{d} * \rho$$

Où :

ΔP_L : Perte de charge linéaire [Pa].

j : Perte de charge unitaire (par unité de longueur) [Pa/m].

Vm^2 : Vitesse moyenne dans la section [m/s].

ρ : Masse volumique du fluide (air) [kg/m³].

L : Longueur du tube [m].

d : Diamètre hydraulique de la conduit

$$Dh = \frac{4\pi(D^2-d^2)}{\pi(D+d)} = D - d$$

IV-4-2- Les pertes de charges singulières

Les pertes de charges singulières correspondant aux accidents de parcours (élargissement ou rétrécissement de section, coude, branchement...etc) sans oublier les différents appareils installés sur les conduits, elles sont exprimées par la relation suivante :

$$\Delta P_s = \frac{Vm^2}{2} * \rho * \xi$$

Où :

ΔP_s : Perte de charge singulière [Pa].

ρ : Masse volumique de l'air [kg/m³].

V : Vitesse d'écoulement [m/s].

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUÉ ET CHOIX DU SYSTEME

ξ : Coefficient de perte de charge, dépendant du type et de la forme de la singularité.

A noter que $\frac{\rho.v^2}{2} = Pd$ n'est autre que la pression dynamique du fluide.

IV-4-3- Les pertes de charges totales

La perte de charge totale d'un réseau de conduits n'est autre que la somme des deux types de pertes de charges (linéaires et singulières).

La relation est comme suit :

$$\Delta P_T = \Delta P_L + \Delta P_S$$

$$\Delta P_T = \sum (J \cdot L) + \sum (V m^2 \cdot \rho \cdot \xi)$$

Remarque :

Les valeurs des pertes de charges des ustensiles, tels que filtres, diffuseurs, grilles... etc., sont indiquées dans les différents catalogues.

IV-4-4- Résumés des pertes de charges totales de chaque réseau

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

Repère	local	DIAMETRE CIRCULAIR	DIAMETRE NORMALISE	DIAMETRE CIRCULAIR	vitesse de Calcul	longeur	viscosité	REYNOLDS	dzeta	lambda	PdC Linéaire	PdC singulier	PdC Total	PdC Total
		[mm]	[mm]	[m]	[m/s]	[m]					[Pa]	[Pa]	[pa]	[mmCE]
	Grille	297,36	300,00	0,30	4	89,86								
	longeur 1	297,36	300	0,30	3,93	0,6	0,000015	77942,9111		0,01496675	0,28104			
	R								0,1			0,19		
	coude 90				4		0,000015		0,5			4,816		
	longeur 2	297,36	300	0,30	3,93	1,3	0,000015	77942,9111		0,01496675	0,60891			
	coude 90				4		0,000015		0,5			4,816		
	longeur 3	297,36	300	0,30	3,93	3,75	0,000015	77942,9111		0,01496675	1,75648			
	coude T				4		0,000015		1,5			14,448		
	longeur 4	420,52	450,00	0,45	3,49	2,91	0,000015	104846,531		0,01392211	0,66198			
	coude T				7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 5	398,12	400,00	0,40	6,94	2,91	0,000015	185008,257		0,0140792	2,96792			
	coude T				7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 6	409,88	410,00	0,41	5,81	1,46	0,000015	158806,667		0,01399523	1,01274			
	coude T				7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 7	466,71	500,00	0,50	6,10	6,37	0,000015	203397,028		0,01362895	3,89189			
	coude T			-			0,000015		1,5					
	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 8	534,29	550,00	0,55	6,61	0,68	0,000015	242338,459		0,0132626	0,43119			
	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 9	571,36	600,00	0,60	6,35	9,69	0,000015	254030,039		0,01308642	5,13145		614,802549	56,656531
	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
CTA	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 1	700,25	720,00	0,72	6,62	13,7	0,000015	317979,869		0,01257292	6,3203			
	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 1	808,86	820,00	0,82	6,34	8,32	0,000015	346695,987		0,01222707	3,00387			
	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 1	858,00	880,00	0,88	6,37	9,86	0,000015	373416,745		0,0120897	3,30378			
	coude T			-	7		0,000015		1,5			44,247		
	longeur 1	964,93	980,00	0,98	6,52	5,35	0,000015	426030,668		0,01182294	1,6522			
	coude 90			-	7		0,000015		0,5			14,749		
	longeur 1	964,93	980,00	0,98	6,52	1,07	0,000015	426030,668		0,01182294	0,33044			
	coude 90			-	7		0,000015		0,5			14,749		
	longeur 1	964,93	980,00	0,98	6,52	23,8	0,000015	426030,668		0,01182294	7,34996			
	coude 90			-	7		0,000015		0,5			14,749		
	longeur 1	964,93	980,00	0,98	6,52	2,16	0,000015	426030,668		0,01182294	0,66706			
	coude 90			-	7		0,000015		0,5			14,749		
	longeur 1	964,93	980,00	0,98	6,52	2,1	0,000015	426030,668		0,01182294	0,64835			
	CCF											4,8		
Pertes de charge totale avec majoration 20%													737,76	67,99
Pertes de charge aux gaines fixables													3,5	0,36
Pertes de charge aux gaines réglage													50	5,10
Pertes de charge aux filtres (H14, F4, F9)													750	76,53
Pertes de charge Totales													1 541,26	149,98

Tableau IV-3 : des pertes de charge totales

IV-5- Détermination des caractéristiques de la batterie froide et groupe d'eau glacée

L'application du bilan enthalpique nous permet d'écrire :

$$P_{BF} = q_{mas} \cdot (h_m - h_{SB})$$

Application numérique

$$P_{BF} = 5,69(56,25 - 45,71) = 59,97 \text{ KW.}$$

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

1) Groupe d'eau glacée

✓ **Régime d'eau glacée**

- $T_{EEG} = 7 \text{ °C}$
- $T_{SEG} = 12 \text{ °C}$

✓ **Débit d'eau glacée**

$$q_{meg} = \frac{P_{bf}}{C_{peau} * (T_{seg} - T_{eeg})}$$

Application numérique

$$q_{meg} = \frac{59.97}{4.18(12-7)} = 2.87 \text{ Kge/s}$$

2) Perte charge du groupe d'eau glacée

Tronçon	L (m)	Pf (kw)	Qf (l/s)	V (m/s)	D calc (mm)	D nor (mm)	Vréel (m/s)	V ² /2g (m)	Re
V3-T2	13,50	59,97	2,86	0,80	60,33	65	0,86	0,037	55994
λ	j (mce/m)	Pdc L (mce)	ΣK	Pdc sing (mce)	Pdc UT (mce)	Pdc tronçon (mce)	Pdc tot (mce)	2*Pdc tot (mce)	λ
0,0321	0,02	0,25	3	0,111	1,24	1,599	1,60	3,20	0,0321

Tableau IV-4 : charge du groupe d'eau glacée.

IV-6- Le choix du système

L'objectif assigné à la détermination des bilans thermiques est le choix judicieux des équipements appropriés.

Une centrale de traitement d'air (abréviation correspondante : CTA) est un organe technique de traitement d'air, système visant à modifier les caractéristiques d'un flux d'air entrant par rapport à une commande.

Le rôle des CTA est de prendre l'air ambiant, de lui faire subir un traitement (le chauffer ou le refroidir, le purifier) et de l'insuffler via le réseau de gaines aéraulique dans les locaux ayant un besoin en air neuf traité. En complément de cette première mission, la CTA reprend l'air dans les pièces nécessitant une extraction et l'expulser hors du bâtiment.

Les CTA sont installés à l'extérieur des locaux à climatiser (terrasse par exemple).

1) Les éléments de la centrale de traitement d'air

Les centrales sont généralement composées de :

a) Filtres

Les filtres assurent la purification d'air.

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUÉ ET CHOIX DU SYSTEME

b) **Caisson de mélange**

Il assure l'association homogène des débits d'air neuf et repris.

c) **Batterie froide**

Alimentée en eau refroidie, en provenance d'un groupe d'eau glacée, ou en fluide frigorigène. Elle a une double action de mise en température « refroidissement » de l'air à traiter et de déshumidification par formation d'eau condensée. Pour éviter les risques de contamination les circuits d'élimination des condensats doivent être maîtrisés.

d) **Batterie chaude**

Alimentée en eau chaude, vapeur ou énergie électrique. Elle assure le préchauffage de l'air en cas de besoin.

e) **Humidificateur**

Il assure l'humidification de l'air. L'eau arrivant à l'humidificateur ne doit pas générer de germes. Il existe deux types de technologies :

- Humidification type bouilleur qui injecte de la vapeur, l'eau est ainsi stérilisée (conseillé).

Humidification à pulvérisation qui pulvérise directement l'eau. (Déconseillé, fort risque de contamination.), si cette technologie est déjà mise en place, il est recommandé d'effectuer des contrôles réguliers de la qualité de l'eau.

f) **Ventilateur de soufflage et de reprise**

Assurent la circulation de l'air et permettent de maintenir les pièces en légère surpression.

IV-7- Les éléments utiles des CTA

La CTA doit comporter un caisson de mélange d'air neuf et d'air recyclé, suivi d'un filtre à haute efficacité (F8). Mais avant que l'air neuf soit introduit dans le caisson de mélange, il passe par un filtre de moyenne efficacité (G4).

En été, pour passer du point de mélange à celui de soufflage, une batterie froide et humide alimentée à un groupe d'eau glacée est nécessaire. Elle permet de refroidir et de déshumidifier simultanément l'air. La batterie froide est impérativement placée après la batterie chaude afin d'éviter tout risque de gel.

Les centrales seront complétées par les ventilateurs, les filtres terminaux et éventuellement des pièges à son.

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

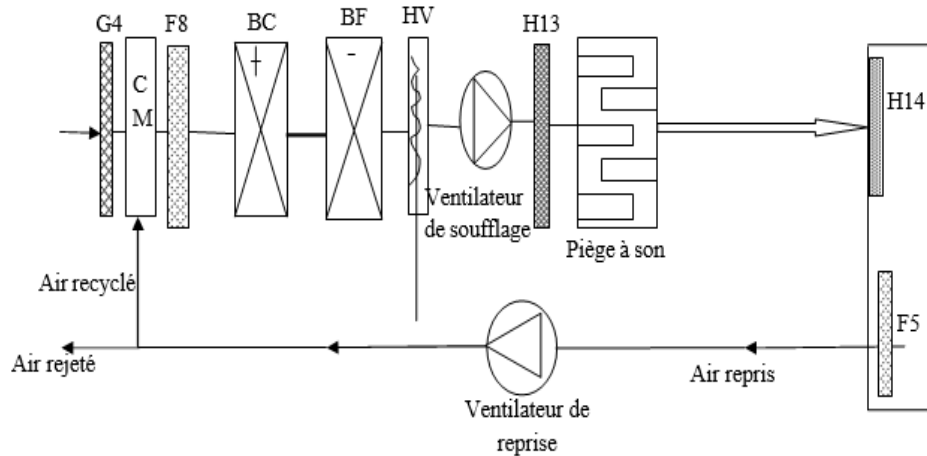


Figure IV-1 : schéma représentatif de la CTA double flux [10]

IV-8- Choix de l'appareillage

Après avoir réaliser toutes l'installation et le calcul de la puissance de la batterie froide ainsi que l'étude du marché, nous avons optés pour une CTA qui réponds au conforme au norme de notre étude, le model de notre CTA carrier 39SQ/R/P qui capable de soufflé un débit entre 18000-28000 m³ et des pressions pouvant atteindre 2000



1) Petite description de la CTA

Les unités Airostar 39SQ sont des centrales de traitement d'air en ligne ou double flux, équipées d'un échangeur de chaleur air-air haute efficacité et d'un système de régulation pour une installation plug & play.

- ✓ Gains énergétiques
- ✓ Installation plug & play rapide et facile
- ✓ Flexibilité de conception complète
- ✓ Qualité de la carrosserie de l'unité

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

✓ Qualité de l'air

2) Les caractéristiques et les éléments qui constitue la CTA

a) Échangeur de chaleur

✓ Récupération potentielle de 80 % de la chaleur de l'air extrait pour la transférer à l'air soufflé

b) Ventilateurs

✓ Ventilateurs roue libre haute efficacité pour l'air extrait et soufflé

c) Carrosserie

✓ Embase rigide de 62 mm de haut qui supporte un châssis périphérique et des panneaux double paroi

✓ Le châssis a un profil creux fermé en acier galvanisé

✓ Les panneaux en tôle galvanisée double paroi avec 60 mm d'isolation en laine de roche limitent les pertes thermiques

d) Filtres

✓ Filtres à air à extraction latérale de classe d'efficacité de filtration F7

✓ Les cadres de filtre sont équipés d'un levier à came pour éliminer les bypass d'air et garantir une filtration parfaite

✓ Un pressostat différentiel signale la nécessité de remplacer les filtres

e) Groupe d'eau glacée

**AquaSnap® - Groupe de production d'eau glacée scroll, à condensation par air
30RB 40R-160R**



Figure IV-3 Groupe d'eau Glacée [9]

Chapitre IV: DIMENSIONNEMENT ET CALCUL AEROLIQUE ET CHOIX DU SYSTEME

Réfrigérant : R-32

Compresseur : scroll, à vitesse fixe

Puissance frigorifique nominale: 40-160 kW

La gamme Aquasnap de groupes de production d'eau glacée a été conçue pour les applications commerciales (climatisation des bureaux, hôtels, etc.) ou industrielles (unités de traitement à basse température, etc.).

- Applications commerciales et industrielles
- Conception compacte
- Fonctionnement silencieux
- Débit d'eau variable
- Récupération partielle de chaleur

IV-9- Choix des unités terminales de la climatisation

Modèle

collecteur de raccordement circulaire latéral

Matériau du boîtier

acier, revêtement époxy RAL 9010, blanc pur

Diffuseur

VDW

Dimension

nominale

600 mm × 24 lamelles

Diamètre collerette

248 mm

Hauteur caisson [mm]

344 mm

Clapet de clapet

Pour l'équilibrage du débit

Points de fixation

contre cadre avec 2 points de fixation

Pattes de fixation/prises de mesures

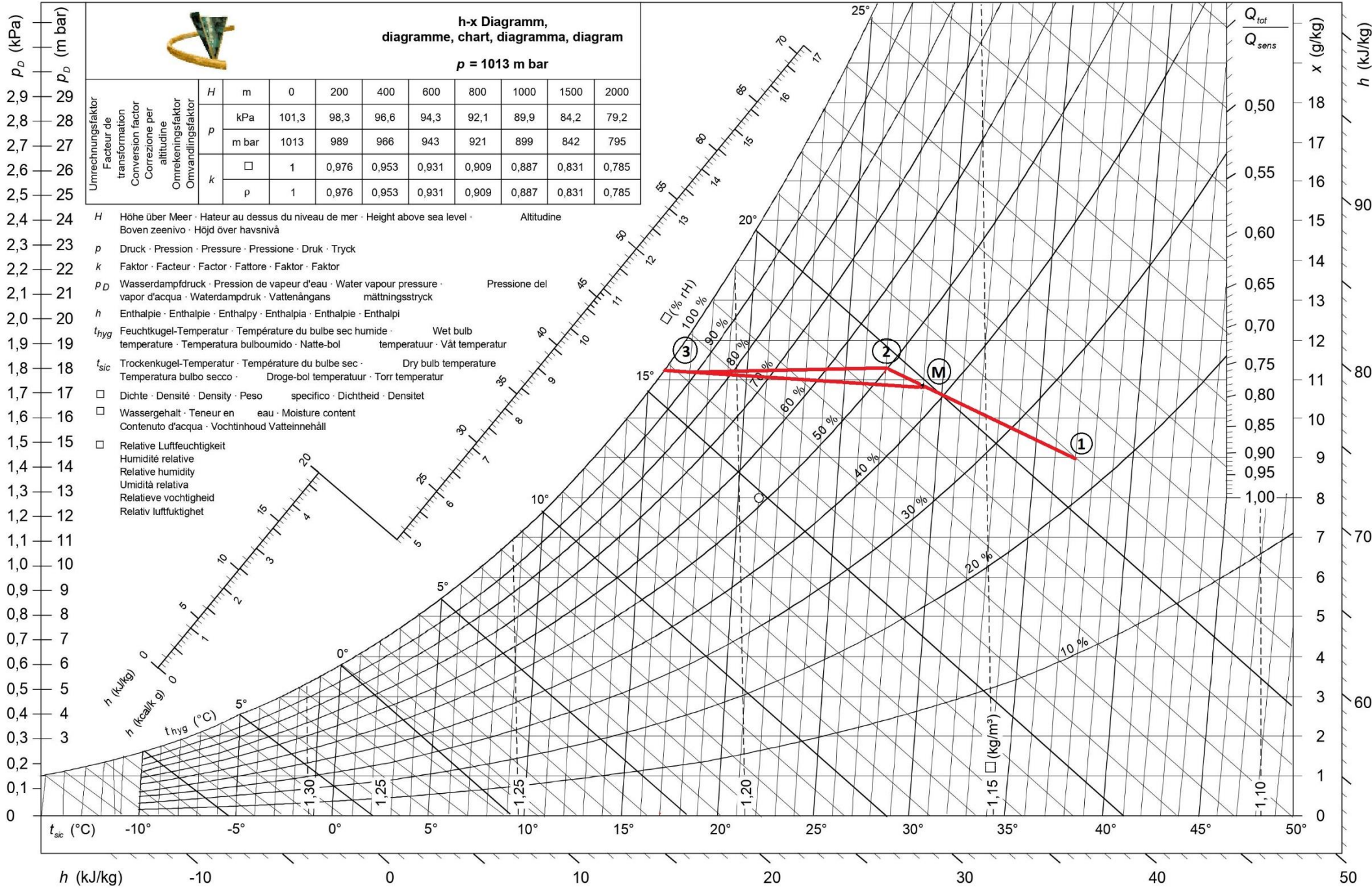
Côté



figureIV-4 caisson plafonnière [10]

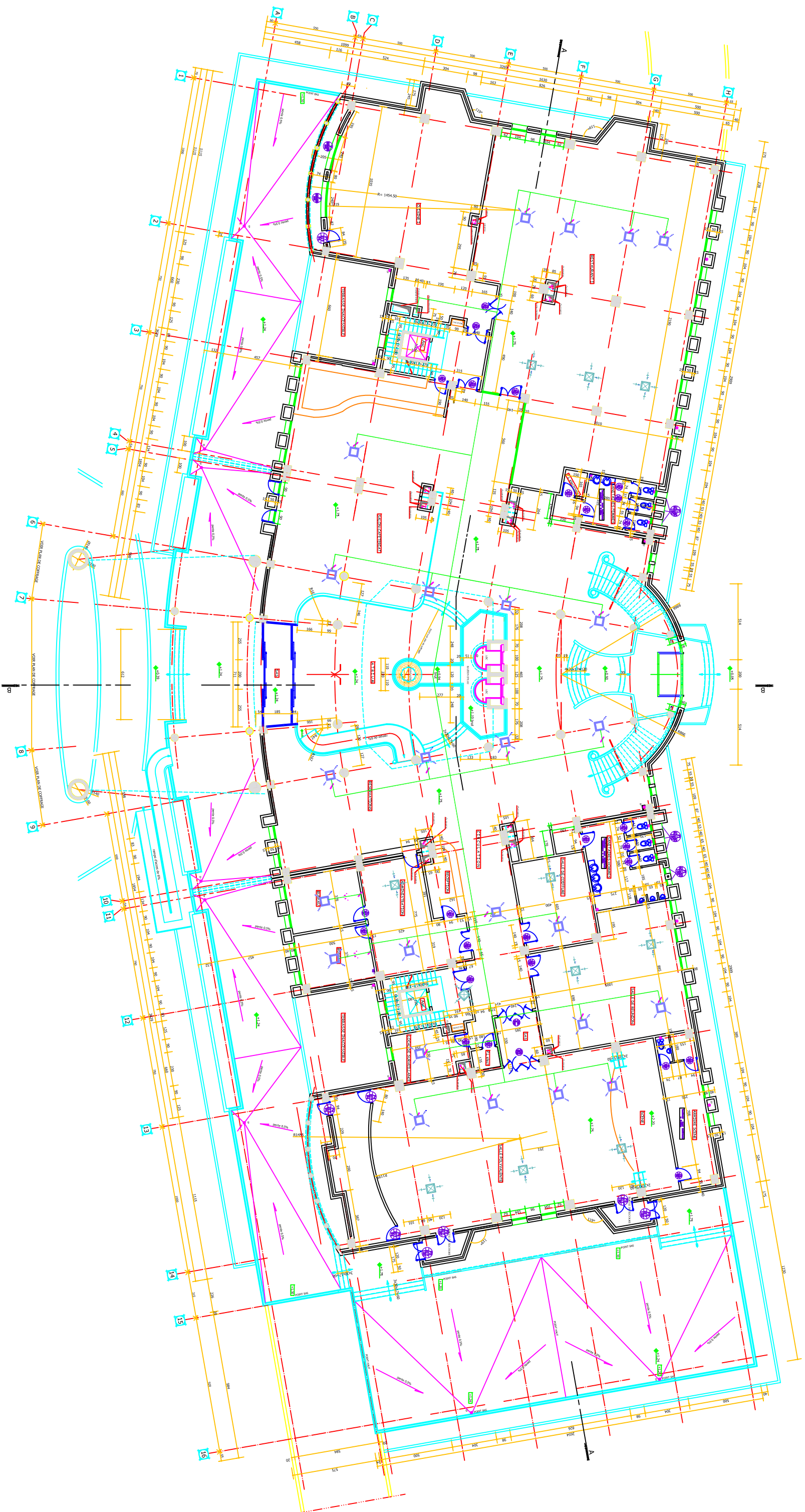
**h-x Diagramm,
diagramme, chart, diagramma, diagram**
p = 1013 m bar

Umrechnungsfaktor Facteur de transformation Conversion factor Correzione per altitudine Omrekeningsfaktor Omvaldingsfaktor	H	m	0	200	400	600	800	1000	1500	2000
	p	kPa	101,3	98,3	96,6	94,3	92,1	89,9	84,2	79,2
	p	m bar	1013	989	966	943	921	899	842	795
	k		1	0,976	0,953	0,931	0,909	0,887	0,831	0,785
	p		1	0,976	0,953	0,931	0,909	0,887	0,831	0,785



- H Höhe über Meer · Hæteur au dessus du niveau de mer · Height above sea level · Boven zeenivo · Höjd över havsnivå · Altitudine
- p Druck · Pression · Pressure · Pressione · Druk · Tryck
- k Faktor · Facteur · Factor · Fattore · Faktor · Faktor
- p_D Wasserdampfdruck · Pression de vapeur d'eau · Water vapour pressure · vapor d'acqua · Waterdampdruk · Vattenångans mättningstryck · Pressione del
- h Enthalpie · Enthalpie · Enthalpy · Enthalpia · Enthalpie · Enthalpi
- t_{hyg} Feuchtkugel-Temperatur · Température du bulbe sec humide · Wet bulb temperature · Temperatura bulbomido · Natte-bol · température · Våt temperatur
- t_{sic} Trockenkugel-Temperatur · Température du bulbe sec · Dry bulb temperature · Temperatura bulbo secco · Droge-bol · température · Torr temperatur
- Dichte · Densité · Density · Peso specifico · Dichtheid · Densitet
- Wassergehalt · Teneur en eau · Moisture content · Contenuto d'acqua · Vochtinhoud · Vatteinnehåll
- Relative Luftfeuchtigkeit · Humidité relative · Relative humidity · Umidità relativa · Relatieve vochtigheid · Relativ luftfuktighet

REZ DE CHAUSSEE



CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, il convient de rappeler que la climatisation centralisée destinée aux zones propre bénéficie d'une analyse et d'une conception plus soignées que les salles régulières (climatiseurs de confort). Les variations et avantages des différentes charges (température, humidité, débit d'air, pression relative, vitesse, etc.) sont mieux gérés pour des conditions d'utilisation bien spécifiques.

Les démarches suivies dans ce mémoire sont indispensables pour n'importe quelle étude de climatisation centralisée, basée sur la collection des données climatiques jusqu'au dimensionnement et choix du matériel (Unités intérieures et extérieures), en passant par les bilans thermiques et le calcul aérodynamique.

Le choix du système doit prendre en considération la charge climatique maximale et la fiabilité du système tout en respectant les demandes environnementales et économiques.

Il est à rappeler que les résultats qui sont obtenus dans cette étude lors des calculs aérodynamiques sont : les débits de soufflage, en fonction des taux de brassage imposés 3 vol/h, et des vitesses admissibles de 4 jusqu'à 7 m/s maximum.

On peut noter qu'une étude pour les autres niveaux d'hôtel, aurait été souhaitable mais cela nécessiterait une durée d'étude plus longue.

Les efforts consentis, en vue de réaliser ce modeste travail, nous ont permis d'enrichir les connaissances dans ce domaine.

Enfin, on espère que ce projet sera un repère pour les promotions à venir.

Référence bibliographique

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Énergétique de bâtiment II, présentation du bâtiment, bilan énergétique global, ROULET, CLAUD-ALAIN, 1987.
- [2] Traité de chauffage et de climatisation tome 1, Rietschel H, Raiss W. Dunod, 1973
- [3] Basic heat and mass transfer, F.MILL, A.
- [4] Document technique règlementaire, Règles de calcul des apports calorifique, C
- [5] Documentation d'entreprise HVAC Algérie, Cahier de charge.
- [6] Énergétique de bâtiment I, interaction entre le climat et bâtiment, ROULET, CLAUD-ALAIN, 1987.
- [7] Manuel pratique du génie climatique 1, Le Recknagel, manuel pratique du génie climatique, ventilation, climatisation, conditionnement d'air, 3^{em} édition.
- [8] ABC de climatisation.
- [9] LG HVAC Solution, MULTI V, version janvier 2020.
- [10] Jean Desmons Aide-mémoire Génie climatique 2^{em} édition.
- [11] Froid industriel, Francis Meunier, Paul Rivet, Marie-France Terrier.
- [12] Document officiel de Climalife, dehon, 28/04/2008, fiche de données de sécurité de R410A.
- [13] Pratique de la climatisation, Jack Bossard, Christian Feldman, Jean Hrabovsky.

Annexe

Annexe 1 :

Classification thermique « été » des communes d'Algérie :

Wilayas	Communes	Zones climatiques
30 Ouargla	Groupe de communes 1 : Taibet, Mnaguer, El Allia, Sidi Slimane, Megarine, Touggourt, Zaouia El Abidia, Tebesbest, Nezla, Tamacine, Balidat Aneur, El Hadjira, Ngoussa, Ouargla, El Borma, Rouissat, Sidi Khouiled	E
	Groupe de communes 2 : Hassi Messaoud, Benaceur, Hassi Ben Abdellah, Ain Beida	F
	Groupe de communes 2 : Brezina, El Abiodh Sidi Cheikh, El Bnou	D

Annexe 2 :

Caractéristiques thermo physiques des matériaux homogènes :

Matériau	Masse volumique sèche ρ (kg/m ³)	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Capacité thermique c (J/kg.°C)
Pierres naturelles (Murs, revêtement de sol, revêtement muraux, ...)			
Roches éruptives			
- Granites, porphyres	2300 à 2900	3,0	936
- Basaltes	2700 à 3000	1,6	936
- Andésites, tufs volcaniques	2000 à 2700	1,1	936
Roches sédimentaires			
- Grès quartzeux	2000 à 2800	2,6	792
- Grès saccharifères	2000 à 2700	1,9	792
- Pierres calcaires			
o Pierres dures	2350 à 2580	2,4	936
o Pierres fermes	1840 à 2340	1,4	936
o Pierres tendres	1480 à 1830	1,0	936
o Pierres très tendres	≤ 1470	0,85	936
Roches métamorphiques			
- Marbre	≥ 2590	2,9	936
- Gneiss	2300 à 2900	3,0	936
- Schistes, ardoises	2000 à 2800	2,2	936
- Sable sec	1300	0,6	823
- Sable + gravillons	1800	1,2	792
Béton de granulats légers			
Béton caverneux de pouzzolane ou de Laitier expansé	1400 à 1600	0,52	1080
	1200 à 1400	0,44	1080
	1000 à 1200	0,35	1080
Béton d'argile expansée ou de schiste expansé			

- Béton plein dit "de structure"	1600 à 1800	1,05	1080
	1400 à 1600	0,85	1080
	1200 à 1400	0,70	1080
	1000 à 1200	0,46	1080
	800 à 1000	0,33	1080
	600 à 800	0,25	1080
Matériau	Masse volumique sèche ρ (kg/m³)	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Capacité thermique c (J/kg.°C)
Bétons cellulaires			
Béton autoclave dit béton "gaz"	750 à 850	0,33	1080
	650 à 750	0,27	1080
	550 à 650	0,22	1080
	450 à 550	0,18	1080
	350 à 450	0,16	1080
Béton "mousse"	200 à 600	0,20	1080
	600 à 1200	0,50	1080
	1200 à 1800	0,80	1080
Mortier (d'enduits et joints)			
- Mortier bâtard	1900	1,15	1080
- Mortier de ciment	2200	1,4	1080
- Mortier de chaux	1800	0,87	1080
Plâtres			
- Plâtre gâche serré, ou très serré (plâtre de très haute dureté et plâtre projeté).....	1100 à 1300	0,50	936
- Plâtre courant d'enduit intérieur	750 à 1000	0,35	936
- Carreaux de plâtre pleins	900 à 1000	0,35	936
Panneaux ou plaques de plâtre			
- Panneaux courant	750 à 1000	0,35	792
- Panneaux a parement de carton spécial feu.....	800 à 900	0,30	792
Brique silico-calcaire			
- Brique pleine	1600 à 1800	0,80	936
	1800 à 2000	1,00	936
	≥2000	1,10	936
- Brique perforée	1400 à 1600	0,70	936
	1200 à 1400	0,56	936



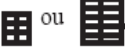


Bois (parquets, revêtements muraux, etc.)			
- Feuillus mi-lourds (chêne, hêtre dur, fruitiers)	600 à 750	0,23	2160
- Résineux très lourds	600 à 750	0,23	2160
- Feuillus légers (tilleul, érable, chêne, hêtre tendre)..	450 à 600	0,15	2160
- Résineux mi-lourds (pin sylvestre, pin maritime)...	450 à 550	0,15	2160
- Résineux légers (sapin, épicéa)	300 à 450	0,12	2160
- Feuillus très légers (peupliers)	300 à 450	0,12	2160
Liège			
- Comprime	500	0,10	1512
- Expansé pur	100 à 150	0,044	1512
- en granulats en vrac	120	0,06	1512
Tuiles	1900	0,80	936
Verre	2700	1,10	792
Amiante ciment	1400 à 1800	0,95	864
	1000 à 1400	0,65	864
Asphalte	2100	0,70	1044
Matériau	Masse volumique sèche ρ (kg/m³)	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Capacité thermique c (J/kg.°C)
Bitume (cartons feutres et chapes souples imprégnées)	1000 à 1100	0,23	1656
Mastics pour joints et garnitures d'étanchéité (silicones, polyuréthanes, acryliques).....	1000 à 1650	0,40	1404
Revêtement de sol et muraux			
Produits en céramique (carreaux et dalles)	1900	1,0	936
Carreaux de mosaïque de marbre dit "granito"	2200	2,1	936
Polychlorures de vinyle			
- compact	1300 à 1400	0,2	1404
- en mousse	25 à 48	0,033	1404
Matières synthétiques compactes (caoutchoucs, formo-phenoliques, polyesters, polyéthylènes, polyamides)	900 à 1500	0,40	1404
Polystyrène expansé.....	9 à 13	0,046	1404
	13 à 16	0,043	1404
	16 à 20	0,040	1404
	20 à 35	0,038	1404

Mousse de polyuréthane.....	30 à 40	0,031	1404
	40 à 60	0,034	1404
Mousses formo-phénoliques.....	30 à 100	0,050	1404
Matières plastiques alvéolaires	10 à 100	0,060	1404
Laines de roche	18 à 25	0,047	612
	25 à 35	0,041	612
	35 à 80	0,038	612
Laines de verre.....	7 à 12	0,044	612
	12 à 18	0,039	612
	18 à 25	0,037	612
	25 à 65	0,034	612
Métaux			
Fer pur	7870	7870	468
Acier	7780	7780	468
Fonte	7500	7500	468
Aluminium	2700	2700	936
Cuivre	8930	8930	432
Plomb	11340	11340	468
Laiton	8400	8400	468



Annexe 3

Caractéristiques thermo physiques des matériaux hétérogènes





Résistances thermique de brique creuses :

Résistance thermique (en m².°C/W)									
Formes-types des briques creuses	Épaisseur des briques (cm) (Résistances superficielles non comprises)								
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
	0,10								
		0,16	0,20						
 ou 				0,27	0,30	0,33			
						0,38	0,39	0,42	0,45

Résistances thermique des bloc creux a parois épaisses (parpaing) :

Résistance thermique (en m².°C/W) (Résistances superficielles non comprises)								
Type des blocs	Épaisseur des blocs creux (cm)							
	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
 - Blocs en béton de granulats lourds - Blocs en béton de laitier	0,07 0,13	0,09 0,16	0,10 0,19	0,12 0,22	0,14 0,25			
 - Blocs en béton de granulats lourds - Blocs en béton de laitier				0,14	0,16 0,29	0,19 0,32	0,21	0,34

Résistances thermique des Planchers avec entrevous :

Résistance thermique (en m².°C/W)				
Entrevous en béton courant	Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous : 	12	16	20	25
Dalle de compression en béton courant	0,12	0,14	0,16	0,19
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé	0,19	0,22	0,25	0,27
Entrevous en béton d'argile expansé ou de schiste expansé	Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous : 	12	16	20	25
Dalle de compression en béton courant	0,17	0,20	0,23	0,26
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé	0,23	0,26	0,29	0,33
Entrevous en terre cuite	Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous : 	8	12		
Dalle de compression en béton courant	0,11	0,14		
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé	0,17	0,21		
Entrevous en terre cuite	Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous : 	12	16	20	25
Dalle de compression en béton courant	0,19	0,23	0,26	0,31

Annexe 4 :

Les conductances thermiques K des parois

Mur	composants	Epaisseur [m]	λ [w/m.°C]	R [m ² .°C/W]	R _{tot} [m ² .°C/W]	1/hi	1/he	Kété [W/m ² .°C]
MUR ext double cloison	enduit plâtre	0,02	0,35	0,057142857	1,0033	0,1	0,04	1,1366
	Brique	0,15		0,3				
	lame d'air	0,01		0,16				
	Brique	0,15		0,3				
	Mortier de ciment	0,018	1,4	0,012857143				
	lame d'air	0,06		0,16				
MUR Intérieur double cloison	enduit plâtre	0,02	0,35	0,057142857	0,6742	0,1	0,04	1,6230
	Brique	0,1		0,2				
	lame d'aire	0,05		0,16				
	Brique	0,1		0,2				
	enduit plâtre	0,02	0,35	0,057142857				
Mur intérieur Chambre/sanitaire	faïence décoratifs	0,06	1	0,06	0,8585	0,1	0,04	0,9985
	Brique	0,15		0,3				
	mortier de ciment	0,18	1,4	0,128571429				
	enduit plâtre	0,02	0,35	0,37				
Mur ext double cloison	enduit plâtre	0,02	0,35	0,057142857	0,83	0,1	0,04	1,3448
	Brique	0,15		0,3				
	lame d'aire	0,1		0,16				
	Brique	0,15		0,3				
	Mortier de ciment	0,018	1,4	0,012857143				
Mur intérieur	enduit plâtre	0,02	0,35	0,057142857	0,414	0,1	0,04	2,5537
	Brique	0,15		0,3				
	enduit plâtre	0,02	0,35	0,057142857				
Mur extérieur Double cloison	enduit plâtre	0,02	0,35	0,057142857	0,83	0,1	0,04	1,3448
	Brique	0,15		0,3				
	lame d'air	0,1		0,16				
	Brique	0,15		0,3				
	Mortier de ciment	0,018	1,4	0,012857143				

plancher	composants	Epaisseur [m]	λ [w/m.°C]	R [m².°C/W]	Rtot [m².°C/W]	1/hi	1/he	Kété [W/m².°C]
plancher/ PARQUET fini	Dalle en béton armé	0,18	1,75	0,102857143	0,27857143	0,08	0,09	3,75974359
	béton c15	0,065	1,75	0,037142857				
	carreau en céramique	0,01	1	0,01				
	mortier de ciment	0,18	1,4	0,128571429				

faux plafond	composants	Epaisseur [m]	λ [w/m.°C]	R [m².°C/W]	Rtot [m².°C/W]	1/hi	1/he	Kété [W/m².°C]
faux plafond/ toiture	dalle en béton	0,18	1,75	1,93	5,079	0,17	0,17	0,536889151
	Béton c15	0,065	1,75	1,75				
	carreau en céramique	0,01	1	0,01				
	vide	1	0,024	1,024				
	plaque de platre	0,015	0,35	0,365				

Annexe 5

Facteurs d'absorption α

Le facteur d'absorption est donné pour une paroi extérieur peinte selon sa couleur :

Couleur	Facteur d'absorption
Bleu foncé	0,90
Rouge foncé	0,90
Brun foncé	0,90
Vert clair	0,70
Bleu clair	0,70
Gris clair	0,70
Blanc	0,50
Crème	0,50
Noir mat	1,00

Le facteur d'absorption est donné pour une paroi extérieur non peinte selon le matériau :

Nature du matériau	Facteur d'absorption	Nature du matériau	Facteur d'absorption
Asphalte	0,90	Pierre calcaire blanche	0,60
Feutre bitumé	0,90	Granit poli	0,45
Sable	0,70	Acier poli	0,06
Ardoise	0,93	Cuivre poli	0,04
Tuile	0,80	Aluminium poli	0,04
Carrelage clair	0,30	Tôle galvanisée	0,70
Marbre poli	0,60	Amiante ciment	0,96
Tôle oxydée	0,80	Peinture d'aluminium	0,60
Tôle rugueuse	0,94	Fonte brute	0,80
Béton, brique	0,75	Gravier	0,80

Annexe 6

Valeurs du coefficient correcteur C_{Inc}

On distingue 4 cas pour la détermination de C_{Inc} :

- Cas 1 : les locaux à apports de chaleur interne négligeable tels que les combles non habitables faiblement ou très faiblement ventilés, les vides sanitaires faiblement ou très faiblement ventilés, et les circulations.
- Cas 2 : les locaux techniques tels que les chaufferies, les centrales de climatisation, etc.
- Cas 3 : les locaux non conditionnés d'un logement, les locaux à usage d'enseignement, d'hébergement, de bureaux et de réunion.
- Cas 4 : les locaux à usage artisanal, de restauration, de vente et les cuisines collectives.

$TS_{b,e} = 37^{\circ}\text{C}$									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-3	-16	-4	-5	13	4	-9	2	-4
2	-4	-17	-5	-6	14	5	-8	2	-3
3	-5	-18	-6	-6	15	6	-8	3	-3
4	-6	-18	-6	-7	16	6	-7	3	-3
5	-6	-18	-6	-6	17	6	-8	3	-3
6	-6	-18	-6	-6	18	5	-8	2	-4
7	-5	-18	-6	-6	19	4	-9	2	-5
8	-4	-16	-4	-4	20	4	-10	1	-6
9	-3	-15	-4	-9	21	3	-11	0	-1
10	-1	-14	-3	-8	22	2	-11	-1	-2
11	1	-12	-1	-6	23	0	-13	-2	-3
12	2	-11	0	-5	24	-1	-14	-3	-4

Annexe 7

Coefficient d'amortissement pour 24 heures de fonctionnement – avec protection (en %)

Orientation	M _{surf} Kg/m ²	Temps Solaire Vrai																							
		Matin												Après midi -Soirée											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
NE	≥ 700	47	58	54	42	27	21	20	19	18	17	16	14	12	9	8	7	6	6	5	5	4	4	4	3
E	≥ 700	39	56	62	59	49	33	23	21	20	18	17	15	12	10	9	8	8	7	6	5	5	5	4	4
SE	≥ 700	3	28	47	59	64	62	53	41	27	24	21	19	16	14	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5
S	≥ 700	6	6	23	38	51	60	66	67	64	59	42	24	22	19	17	15	13	12	11	10	9	8	7	7
SO	≥ 700	8	8	9	10	11	24	39	53	63	66	61	47	23	19	18	16	14	13	11	10	9	8	8	7
O	≥ 700	8	9	9	10	10	10	10	18	36	52	63	65	55	22	19	17	15	14	12	11	10	9	8	7
NO	≥ 700	8	9	10	10	10	10	10	10	16	33	49	61	60	19	17	15	13	12	10	9	8	8	7	6
N	≥ 700	8	37	67	71	74	76	79	81	83	84	86	87	88	29	26	23	20	19	17	15	14	12	11	10

Annexe 8

Facteur solaire des vitrage double

Type de vitrage	Épaisseur nominale (mm)	Épaisseur (mm)			FS
		Glace int	Glace ext	Lame d'air	
Verre clair	11	3	3	5	0,90
Glace clair	18	6	6	6	0,85
	20	6	6	8	0,85
	24	6	6	12	0,85
	24	6	8	10	0,82
	32	8	10	14	0,80
Glace intérieure claire et glace absorbante extérieure :					
grise	18	6	6	6	0,59
	24	8	8	8	0,52
	32	8	10	14	0,48
vert	18	6	6	6	0,56
	24	8	8	8	0,51
	32	8	10	14	0,44
bronze	18	6	6	6	0,58
	24	8	8	8	0,52
	32	8	10	14	0,47
Glace intérieure claire et glace réfléchissante extérieure :					
claire	18	6	6	6	0,64
	24	8	8	8	0,60
	32	8	10	14	0,60
bronze	18	6	6	6	0,44
	24	8	8	8	0,37
	32	8	10	14	0,34
grise	18	6	6	6	0,45
	24	8	8	8	0,38
	32	8	10	14	0,35
vert	18	6	6	6	0,43
	24	8	8	8	0,37
	32	8	10	14	0,35
Glace claire extérieur et glace réfléchissante intérieure	18	6	6	6	0,30
Glace absorbante extérieur et glace réfléchissante intérieure	18	6	6	6	0,22
Glace réfléchissante extérieur et intérieure	18	6	6	6	0,13

Annexe 9

Coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne CS_j

Apport	Nature des apports	Coefficient de Simultanéité CS				
		Locaux				
		Bureaux Réunions Accueil	Logement Hébergement	Vente Restauration	Artisanal Industriel	Enseignement
Occupant	Sensible Latent	0,80	0,50	0,80	0,90	1,00
Moteurs électriques	Sensible	0,60	0,50	0,85	0,85	0
Appareils électriques	Sensible Latent	0,60	0,50	0,85	0,85	0
Éclairage fluorescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Éclairage fluorescent encastré, éclairage incandescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Éclairage encastré dans un faux plafond avec plénum de reprise	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Appareil à gaz	Sensible Latent	0	0,50	0,85	0,85	0
Réservoir	Sensible Latent	0	1,00	1,00	1,00	0
Évaporation libre	Latent	0	1,00	1,00	1,00	0
Vapeur vive	Sensible Latent	0	0	1,00	1,00	0
Tuyauteries, conduits d'air	Sensible	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Annexe 10

Coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne N_{AI} en %

Pour la détermination de N_{AI} par convention, on distingue les quatre types d'apports suivants :

- Type I : apports dus à un éclairage fluorescent l'appareil étant non encastré, apports dus aux occupants, apports dus aux appareils électriques ou à gaz, apports dus aux machines entraînées par un moteur électrique, apports dus aux réservoirs, apports dus aux tuyauteries et aux conduits d'air intérieurs.
- Type II : apports dus à un éclairage fluorescent encastré ou incandescent non encastré.
- Type III : apports dus à un éclairage fluorescent ou incandescent encastré dans un faux plafond dans lequel se fait la reprise de l'air du local (luminaires refroidis par air).
- Type IV : introduction de vapeur vive, évaporation libre.

N_{AI} Type	Durée de fonct.de l'inst.	M_{surf} Kg/m ²	Durée des apports internes : 24h NOMBRE D4HEURE ECOULEES DEPUIS LE DEBUT DES APPORTS INTERNES																							
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Type I	24 h	≥ 700	37	67	71	74	76	79	81	83	84	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Type II	24 h	≥ 700	34	55	61	65	68	71	74	77	79	81	83	85	87	89	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Type III	24 h	≥ 700	23	33	41	47	52	57	61	66	69	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100

Pour les apports de Type IV, la valeur de N_{AI} est égale à 100%.

Annexe 11

Valeurs des apports calorifique dus aux machines électrique

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Lat.	Total
Four micro-onde	1400	-	1400
Plaque chauffante	500	280	780
Télévision	150	-	150
Réfrigérateur	175	-	175
Micro-ordinateur	450	-	450
PC Portable	35	-	35
Imprimant	52	-	52
Photocopieur	100	-	100
Fax	62	-	62
Sèche-cheveux central 5 casques	4483	1197	5680

Bureau2													
paroi 2 sud/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Sint [m²]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
Δte(t) [°C]	-15,19	-14,14	-12,87	-10,35	-7,65	-5,64	-3,52	0,89	3,21	3,71	4,31	4,40	2,53
APO [W]	-54,90	-51,11	-46,53	-37,42	-27,67	-20,39	-12,71	3,23	11,62	13,42	15,59	15,89	9,16
vetrine SUD/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,06	0,06	0,23	0,38	0,51	0,6	0,66	0,67	0,64	0,59	0,42	0,24	0,22
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	-107,00	-100,36	-93,36	-84,72	-73,40	-51,76	0,00	51,76	73,40	84,72	93,36	100,36	107,00
s1				-10,82	-3,35	-1,27	0,00	1,27	3,35	10,82			
s2				12,07	6,23	5,08	4,72	5,08	6,23	12,07			
e1 [m]				-3,46	-1,07	-0,41	0,00	0,41	1,07	3,46			
e2 [m]				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	1,45	1,45	5,55	9,17	12,31	14,49	15,93	16,18	15,45	14,24	10,14	5,79	5,31
vetrine SUD/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,06	0,06	0,23	0,38	0,51	0,6	0,66	0,67	0,64	0,59	0,42	0,24	0,22
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	-107,00	-100,36	-93,36	-84,72	-73,40	-51,76	0,00	51,76	73,40	84,72	93,36	100,36	107,00
s1				-10,82	-3,35	-1,27	0,00	1,27	3,35	10,82			
s2				12,07	6,23	5,08	4,72	5,08	6,23	12,07			
e1 [m]				-3,46	-1,07	-0,41	0,00	0,41	1,07	3,46			
e2 [m]				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	1,45	1,45	5,55	9,17	12,31	14,49	15,93	16,18	15,45	14,24	10,14	5,79	5,31
Plancher													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76
Sint [m²]	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
ΔTInc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-51,19	-20,75	9,69	114,84	301,62	186,78	291,94	331,37	345,90	276,72	276,72	217,91	196,47
Plafond													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Sint [m²]	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44
ΔTInc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-31,16	-12,63	5,90	69,91	183,62	113,71	177,72	201,72	210,57	168,45	168,45	132,66	119,60
AINF													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TSe(t) [°C]	20,26	21,7	23,14	25,66	28,36	30,7	33,22	35,794	37	37	37	36,154	34,84
TSb,i [°C]	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
TSb,e [gvap/Kgas]	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
TSb,i [gvap/Kgas]	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01
qv inf	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14
AINF	-640,43	-592,44	-544,46	-460,48	-370,50	-292,52	-208,55	-122,77	-82,58	-82,58	-82,58	-110,77	-154,56
Occupant											87,64		
Machine											271,15		
A.P.C.A											-		
Eclairage											405,71		
Apports Total											1169		

Bureau1													
paroi 1 sud/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Sint [m²]	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95
Δte(t) [°C]	-15,19	-14,14	-12,87	-10,35	-7,65	-5,64	-3,52	0,89	3,21	3,71	4,31	4,40	2,53
APO [W]	-434,05	-404,14	-367,91	-295,90	-218,75	-161,25	-100,48	25,54	91,86	106,15	123,29	125,63	72,39
paroi 2 sud/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Sint [m²]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
Δte(t) [°C]	-15,19	-14,14	-12,87	-10,35	-7,65	-5,64	-3,52	0,89	3,21	3,71	4,31	4,40	2,53
APO [W]	-54,90	-51,11	-46,53	-37,42	-27,67	-20,39	-12,71	3,23	11,62	13,42	15,59	15,89	9,16
vetrine SUD/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,06	0,06	0,23	0,38	0,51	0,6	0,66	0,67	0,64	0,59	0,42	0,24	0,22
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	-107,00	-100,36	-93,36	-84,72	-73,40	-51,76	0,00	51,76	73,40	84,72	93,36	100,36	107,00
s1				-10,82	-3,35	-1,27	0,00	1,27	3,35	10,82			
s2				12,07	6,23	5,08	4,72	5,08	6,23	12,07			
e1 [m]				-3,46	-1,07	-0,41	0,00	0,41	1,07	3,46			
e2 [m]				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	1,45	1,45	5,55	9,17	12,31	14,49	15,93	16,18	15,45	14,24	10,14	5,79	5,31
vetrine SUD/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08	124,08
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,06	0,06	0,23	0,38	0,51	0,6	0,66	0,67	0,64	0,59	0,42	0,24	0,22
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	-107,00	-100,36	-93,36	-84,72	-73,40	-51,76	0,00	51,76	73,40	84,72	93,36	100,36	107,00
s1				-10,82	-3,35	-1,27	0,00	1,27	3,35	10,82			
s2				12,07	6,23	5,08	4,72	5,08	6,23	12,07			
e1 [m]				-3,46	-1,07	-0,41	0,00	0,41	1,07	3,46			
e2 [m]				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	1,45	1,45	5,55	9,17	12,31	14,49	15,93	16,18	15,45	14,24	10,14	5,79	5,31
Plancher													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76
Sint [m²]	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
ΔTinc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-51,19	-20,75	9,69	114,84	301,62	186,78	291,94	331,37	345,90	276,72	276,72	217,91	196,47
Plafond													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Sint [m²]	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44
ΔTinc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-31,16	-12,63	5,90	69,91	183,62	113,71	177,72	201,72	210,57	168,45	168,45	132,66	119,60
AINF													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TSe(t) [°C]	20,26	21,7	23,14	25,66	28,36	30,7	33,22	35,794	37	37	37	36,154	34,84
TSb,i [°C]	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
HSb,e [gvap/Kgas]	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
HSb,i [gvap/Kgas]	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01
qv inf	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14	104,14
AINF	-640,43	-592,44	-544,46	-460,48	-370,50	-292,52	-208,55	-122,77	-82,58	-82,58	-82,58	-110,77	-154,56
Occupant										87,64			
Machine										284,35			
A.P.C.A										-			
Eclairage										405,71			
Apports Total										1288			

salle de réunion													
vetrine nord/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,47	0,58	0,54	0,42	0,27	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	28,00	34,64	41,64	50,28	61,60	83,24	135,00	186,76	208,40	219,72	228,36	235,36	242,00
s1	0,53	0,69	0,89	1,20	1,85	8,44							
s2	0,21	0,52	0,95	1,74	3,74	26,72							
e1 [m]	0,38	0,50	0,64	0,87	1,33	6,07							
e2 [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	11,35	14,00	13,04	10,14	6,52	5,07	4,83	4,59	4,35	4,10	3,86	3,38	2,90
vetrine nord/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,47	0,58	0,54	0,42	0,27	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	28,00	34,64	41,64	50,28	61,60	83,24	135,00	186,76	208,40	219,72	228,36	235,36	242,00
s1	0,53	0,69	0,89	1,20	1,85	8,44							
s2	0,21	0,52	0,95	1,74	3,74	26,72							
e1 [m]	0,38	0,50	0,64	0,87	1,33	6,07							
e2 [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	11,35	14,00	13,04	10,14	6,52	5,07	4,83	4,59	4,35	4,10	3,86	3,38	2,90
vetrine nord/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,47	0,58	0,54	0,42	0,27	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	28,00	34,64	41,64	50,28	61,60	83,24	135,00	186,76	208,40	219,72	228,36	235,36	242,00
s1	0,53	0,69	0,89	1,20	1,85	8,44							
s2	0,21	0,52	0,95	1,74	3,74	26,72							
e1 [m]	0,38	0,50	0,64	0,87	1,33	6,07							
e2 [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	11,35	14,00	13,04	10,14	6,52	5,07	4,83	4,59	4,35	4,10	3,86	3,38	2,90
vetrine nord/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Souv [m²]	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
TSe(t) [°C]	20,26	21,70	23,14	25,66	28,36	30,70	33,22	35,79	37,00	37,00	37,00	36,15	34,84
TSb,i	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
AVT(t) [W]	-69,71	-54,81	-39,92	-13,86	14,07	38,27	64,33	90,95	103,42	103,42	103,42	94,67	81,08
It [W/m²]	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58	429,58
Id [W/m²]	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72	51,72
FS	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Npvi (t)	0,47	0,58	0,54	0,42	0,27	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12
β (degrés)	10,32	23,00	35,32	48,00	60,68	72,36	78,04	72,36	60,68	48,00	35,32	23,00	10,32
Ψ (degrés)	28,00	34,64	41,64	50,28	61,60	83,24	135,00	186,76	208,40	219,72	228,36	235,36	242,00
s1	0,53	0,69	0,89	1,20	1,85	8,44							
s2	0,21	0,52	0,95	1,74	3,74	26,72							
e1 [m]	0,38	0,50	0,64	0,87	1,33	6,07							
e2 [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AVE(t) [W]	11,35	14,00	13,04	10,14	6,52	5,07	4,83	4,59	4,35	4,10	3,86	3,38	2,90
paroi 1 NORD/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
Sint [m²]	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
Δte(t) [°C]	-16,30	-14,86	-13,13	-10,61	-7,91	-5,57	-3,05	1,28	4,33	5,30	4,55	2,94	0,77
APO [W]	-115,76	-105,53	-93,19	-75,30	-56,13	-39,52	-21,63	9,11	30,71	37,66	32,28	20,90	5,49
paroi 2 NORD/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Sint [m²]	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36
Δte(t) [°C]	-16,30	-14,86	-13,13	-10,61	-7,91	-5,57	-3,05	1,28	4,33	5,30	4,55	2,94	0,77
APO [W]	-15,90	-14,50	-12,80	-10,34	-7,71	-5,43	-2,97	1,25	4,22	5,17	4,43	2,87	0,75

paroi 3 NORD/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Sint [m²]	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36
Δte(t) [°C]	-16,30	-14,86	-13,13	-10,61	-7,91	-5,57	-3,05	1,28	4,33	5,30	4,55	2,94	0,77
APO [W]	-15,90	-14,50	-12,80	-10,34	-7,71	-5,43	-2,97	1,25	4,22	5,17	4,43	2,87	0,75
paroi 4 NORD/est/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Sint [m²]	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36
Δte(t) [°C]	-16,30	-14,86	-13,13	-10,61	-7,91	-5,57	-3,05	1,28	4,33	5,30	4,55	2,94	0,77
APO [W]	-15,90	-14,50	-12,80	-10,34	-7,71	-5,43	-2,97	1,25	4,22	5,17	4,43	2,87	0,75
Paroi NORD/ouest/int													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sint [m²]	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95
ΔTinc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-15,48	-6,28	2,93	34,73	91,21	56,48	88,28	100,21	104,60	83,68	83,68	65,90	59,41
Paroi NORD/est/int													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sint [m²]	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68
ΔTinc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-7,90	-3,20	1,49	17,71	46,52	28,81	45,02	51,11	53,35	42,68	42,68	33,61	30,30
Plancher													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76
Sint [m²]	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44
ΔTinc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-218,24	-88,47	41,29	489,56	1285,83	796,27	1244,54	1412,64	1474,57	1179,66	1179,66	928,98	837,56
Plafond													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Sint [m²]	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44	78,44
ΔTinc(t) [°C]	-0,74	-0,30	0,14	1,66	4,36	2,70	4,22	4,79	5,00	4,00	4,00	3,15	2,84
APO [W]	-31,16	-12,63	5,90	69,91	183,62	113,71	177,72	201,72	210,57	168,45	168,45	132,66	119,60
AINF													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TSe(t) [°C]	20,26	21,7	23,14	25,66	28,36	30,7	33,22	35,794	37	37	37	36,154	34,84
TSb,i [°C]	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
HSb,e [gvap/Kgas]	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
HSb,i [gvap/Kgas]	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01
qv inf	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97	124,97
AINF	-768,52	-710,93	-653,35	-552,57	-444,60	-351,03	-250,25	-147,32	-99,09	-99,09	-99,09	-132,93	-185,47
Occupant										1402,21			
Machine										321,55			
A.P.C.A										13,84			
Eclairage										816,14			
Apports Total										3985			

ANNEXES 13

: APPORTS DU REFERENCES

Bureau 2			
paroi 2 sud/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	1,14		
Sint [m ²]	2,65	C	5,4
Δte(t) [°C]	3,71	ΔTS réf,PV	14
APO [W]	13,42	A réf,PV	200,31
vitrine SUD/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	2,4		
Souv [m ²]	3,59		
TSe(t) [°C]	37,00	é	5,4
TSb,i	27	ΔTS réf,PVI	14
AVT(t) [W]	103,42	AVT réf	271,4796
It [W/m ²]	124,08		
Id [W/m ²]	51,72		
FS	0,13		
Npvi (t)	0,59		
β (degrés)	48,00		
Ψ (degrés)	84,72		
s1	10,82		
s2	12,07		
e1 [m]	3,46		
e2 [m]	0,00	Npvi réf	0,65
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15
AVE(t) [W]	14,24	AVE réf	18,11

vitrine SUD/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	2,4		
Souv [m ²]	3,59		
TSe(t) [°C]	37	é	5,4
TSb,i	27	ΔTS réf,PVI	14
AVT(t) [W]	103,4 2	AVT réf	271,479 6
It [W/m ²]	124,0 8		
Id [W/m ²]	51,72		
FS	0,13		
Npvi (t)	0,59		
β (degrés)	48,00		
Ψ (degrés)	84,72		
s1	10,82		
s2	12,07		
e1 [m]	3,46		
e2 [m]	0,00	Npvi réf	0,65
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15
AVE(t) [W]	14,24	AVE réf	18,11
Planche			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	3,76		
Sint [m ²]	18,4	a	2,7
ΔTInc(t) [°C]	4,00	ΔTS réf,PH	6,5
APO [W]	276,7 2	A réf,PH	322,92
Plafond			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	0,54		
Sint [m ²]	78,44	a	1,9
ΔTInc(t) [°C]	4,00	ΔTS réf,PH	6,5
APO [W]	168,4 5	A réf,PH	968,73
Apports Total	694	Apports Réf	2071

Bureau1				
paroi 1 sud/est/ext				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	1,14			
Sint [m ²]	20,95	C	1,2	
Δte(t) [°C]	3,71	ΔTS réf,PV	7,61	
APO [W]	106,1	A réf,PV	191,32	
5				
paroi 2 sud/est/ext				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	1,14			
Sint [m ²]	2,65	C	1,2	
Δte(t) [°C]	3,71	ΔTS réf,PV	6,9	
APO [W]	13,42	A réf,PV	21,94	
vitrine SUD/ext				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	2,4			
Souv [m ²]	3,59			
TSe(t) [°C]	37,00	é	5,4	
TSb,i	27	ΔTS réf,PVI	14	
AVT(t) [W]	103,4	AVT réf	271,479	
2			6	
It [W/m ²]	124,0			
8				
Id [W/m ²]	51,72			
FS	0,13			
Npvi (t)	0,59			
β (degrés)	48,00			
Ψ (degrés)	84,72			
s1	10,82			
s2	12,07			
e1 [m]	3,46			
e2 [m]	0,00	Npvi réf	0,65	
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15	
AVE(t) [W]	14,24	AVE réf	18,11	
vitrine SUD/ext				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	2,4			
Souv [m ²]	3,59			
TSe(t) [°C]	37	é	5,4	
TSb,i	27	ΔTS réf,PVI	14	

AVT(t) [W]	103,4 2	AVT réf	271,479 6
It [W/m ²]	124,0 8		
Id [W/m ²]	51,72		
FS	0,13		
Npvi (t)	0,59		
β (degrés)	48,00		
Ψ (degrés)	84,72		
s1	10,82		
s2	12,07		
e1 [m]	3,46		
e2 [m]	0,00	Npvi réf	0,65
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15
AVE(t) [W]	14,24	AVE réf	18,11
Planche			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	3,76		
Sint [m ²]	18,4	a	2,7
ΔTInc(t) [°C]	4,00	ΔTS réf,PH	6,5
APO [W]	276,7 2	A réf,PH	322,92
Plafond			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	0,54		
Sint [m ²]	78,44	a	1,9
ΔTInc(t) [°C]	4,00	ΔTS réf,PH	6,5
APO [W]	168,4 5	A réf,PH	968,73
Apports Total	697	Apports Réf	2066

salle réunion			
vetrine nord- est/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	2,4		
Souv [m ²]	3,59		
TSe(t) [°C]	37	é	4,2
TSb,i	27	ΔTS réf,PVI	14
AVT(t) [W]	103,42	AVT réf	211,150 8
It [W/m ²]	429,58		

Id [W/m ²]	51,72		
FS	0,13		
Npvi (t)	0,17		
β (degrés)	48,00		
Ψ (degrés)	219,72		
s1			
s2			
e1 [m]			
e2 [m]		Npvi réf	0,19
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15
AVE(t) [W]	4,10	AVE réf	5,29
verrine nord-est/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	2,4		
Souv [m ²]	3,59		
TSe(t) [°C]	37	é	4,2
TSb,i	27	ΔTS réf,PVI	10
AVT(t) [W]	103,42	AVT réf	150,822
It [W/m ²]	429,58		
Id [W/m ²]	51,72		
FS	0,13		
Npvi (t)	0,17		
β (degrés)	48,00		
Ψ (degrés)	219,72		
s1			
s2			
e1 [m]			
e2 [m]		Npvi réf	0,19
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15
AVE(t) [W]	4,10	AVE réf	5,29
verrine nord-est/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	2,4		
Souv [m ²]	3,59		
TSe(t) [°C]	37	é	4,2
TSb,i	27	ΔTS réf,PVI	10
AVT(t) [W]	103,42	AVT réf	150,822
It [W/m ²]	429,58		
Id [W/m ²]	51,72		
FS	0,13		
Npvi (t)	0,17		

β (degrés)	48,00		
Ψ (degrés)	219,72		
s1			
s2			
e1 [m]			
e2 [m]		Npvi réf	0,19
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15
AVE(t) [W]	4,10	AVE réf	5,29
vetrine nord-est/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	2,4		
Souv [m ²]	3,59		
TSe(t) [°C]	37	é	4,2
TSb,i	27	Δ TS réf,PVI	10
AVT(t) [W]	103,42	AVT réf	150,822
It [W/m ²]	429,58		
Id [W/m ²]	51,72		
FS	0,13		
Npvi (t)	0,17		
β (degrés)	48,00		
Ψ (degrés)	219,72		
s1			
s2			
e1 [m]			
e2 [m]		Npvi réf	0,19
SVens [m ²]	0,00	FS réf	0,15
AVE(t) [W]	4,10	AVE réf	5,29
paroi1 nord-est/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	1,34		
Sint [m ²]	4,40	C	1,2
Δ te(t) [°C]	5,30	Δ TS réf,PV	5,56
APO [W]	37,66	A réf,PV	29,35
paroi2 nord-est/ext			
Heure solaire	15		
Kété [W/K.m ²]	0,19		
Sint [m ²]	4,36	C	1,2
Δ te(t) [°C]	5,30	Δ TS réf,PV	5,56
APO [W]	5,17	A réf,PV	29,07

paroi3 nord-est/ext				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,19			
Sint [m ²]	4,36		C	1,2
$\Delta T_{inc}(t)$ [°C]	5,30		ΔTS réf,PV	5,56
APO [W]	5,17		A réf,PV	29,07
paroi4 nord-est/ext				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,19			
Sint [m ²]	4,36		C	1,2
$\Delta t_e(t)$ [°C]	5,30		ΔTS réf,PV	5,56
APO [W]	5,17		A réf,PV	29,07
Paroi NORD/ouest/int				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	1,00			
Sint [m ²]	20,95		C	1,2
$\Delta T_{inc}(t)$ [°C]	4,00		ΔTS réf,PV	6,5
APO [W]	83,68		A réf,PV	163,41
Paroi NORD/est/int				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	1,00			
Sint [m ²]	10,68		C	1,2
$\Delta T_{inc}(t)$ [°C]	4,00		ΔTS réf,PV	6,5
APO [W]	42,68		A réf,PV	83,34
Planche				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	3,76			
Sint [m ²]	78,44		a	2,7
$\Delta T_{inc}(t)$ [°C]	4,00		ΔTS réf,PH	6,5
APO [W]	1179,66		A réf,PH	1376,62
Plafond				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,54			
Sint [m ²]	78,44		a	1,9
$\Delta T_{inc}(t)$ [°C]	4,00		ΔTS réf,PH	6,5

APO [W]	168,45	A réf,PH	968,73
Apports Total	1957,74	Apports Réf	3393,47