REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Climatique
Spécialité : Génie Climatique

Conception d'une installation de climatisation pour un laboratoire de contrôle de qualité

Présenté par :

- Bourbaya Nabil
- Chahboub Younes

Proposé et Dirigé par :

- **Encadreur : Pr.** TRIKI Zakaria
- **Co-Encadreur : Dr.** BENYEKHLEF Ahmed

2024-2025


بسم الله الرحمن الرحيم

*Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** pour nous avoir guidés vers le bon chemin de la lumière et du savoir et pour nous avoir donné du courage, de la volonté afin de pouvoir réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur Professeur **Triki Zakaria,** Professeur au Département de Génie mécanique et notre co-encadreur Monsieur **BENYEKHLEF Ahmed**, Docteur au Département de Génie mécanique pour leur aide précieuse, leur patience et la confiance qu'il nous a accordée tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

Nous tenons à remercier : le président et les membres de jury pour avoir accepté de juger notre travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du département de Génie mécanique de l'Université de Médéa, et à tous les enseignants qui ont participé à notre formation.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à dédier Ce modeste travail :

Ma mère,

Qui a veillé toute la nuit et s'est levée tôt pour que je puisse exceller et atteindre de nouveaux sommets. Tes efforts sont irremplaçables. Puisses-tu toujours être à nos Côtés.

Mon Cher père,

Mon bras droit et ma force. Tu as été mon soutien et mon guide tout au long de mon parcours. Que Dieu te protège.

Je dédie également Cet ouvrage à mes frères qui m'ont soutenu et guidé jusqu'au dernier moment de ma remise de diplôme.

Et aussi à mes professeurs qui ont tout fait pour nous accompagner dans notre apprentissage.

Bien sûr, je n'oublierai pas mes amis et mes Camarades de Classe.

Chahboub younes

À ceux qui furent le commencement, le soutien et l'exemple...
À ma mère et mon père, qui ne m'ont jamais privé de leur amour, de leurs prières ni de leurs sacrifices.
Toute ma gratitude vous est dédiée : vous êtes l'âme et le sens de cette réussite.

À mes frères et sœurs,
ce pilier constant, cette famille fidèle dont les mots et la présence ont toujours été un appui sincère.
Merci pour votre amour et vos encouragements.

À mes amis,
merci pour votre présence sincère et votre soutien tout au long du chemin.

Et à l'âme de mon grand-père et ma grand-mère, qu'Allah leur fasse miséricorde et les accueille en Son vaste paradis.

Je vous dédie à tous ce travail modeste, en signe d'amour, de fidélité et de profonde reconnaissance.

Bourbaya Nabil

ملخص:

تُعد دراسة وتصميم نظام تكييف الهواء مشروعًا هامًا يتطلب كفاءات تقنية خاصة، إلى جانب توفر بيانات معتمدة تُعرف بأنها شروط أساسية للراحة الحرارية، بالإضافة إلى الظروف المناخية الخارجية الخاصة بموقع المشروع.

الهدف الأساسي من تصميم نظام تكييف الهواء هو ضمان بيئة داخلية مريحة، من خلال التحكم في مجموعة من العوامل المهمة في آن واحد، مثل درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، ومستوى الضجيج، وجودة الهواء وحركته. ويهدف هذا التحكم الشامل إلى توفير ظروف مثالية للراحة، بما يسمح للمستخدمين بأداء عملهم بأفضل إنتاجية ممكنة.

يتناول هذا العمل حساب وتصميم نظام تكييف هواء من نوع وحدة معالجة الهواء (C.T.A) مخصصة لمخبر مراقبة الجودة. وتشمل الدراسة من جهة، حساب الأحمال الحرارية الصيفية لكل طابق باستعمال (DTR)،وتصميم شبكات توزيع الهواء. ومن جهة أخرى تتناول الدراسة اختيار أنظمة التكييف وأنظمة التحكم المناسبة.

الكلمات المفتاحية :الراحة الحرارية، تكييف الهواء، الحوصلة الحراريّ، التصميم، التحجيم

Résumé

L'étude et le dimensionnement d'un système de climatisation est un projet important exigeant des connaissances techniques autant que la disponibilité de donnée reconnue comme conditions de base du confort thermique, et les conditions de base extérieure sur le lieu du projet.

Ainsi la conception d'un système de climatisation a pour but essentiel de créer des conditions de confort dans un espace, tout en contrôlant simultanément les principaux paramètres qui sont la température, l'humidité, le niveau sonore, la qualité et le mouvement de l'air, de manière à permettre aux occupants de travailler avec un rendement optimum.

Ce travail porte sur le calcul et le dimensionnement d'une installation de climatisation (C.T. A) pour un laboratoire de contrôle de qualité. Cette étude s'intéresse d'une part au calcul des bilans thermique estival pour chaque étage en utilisant le règlement (D.T.R), ainsi qu'aux réseaux aéraulique. D'autre part, au choix des systèmes de climatisation et de régulation.

Mots clés : Confort thermique, conditionnement d'air, bilan thermique, conception et dimensionnement.

Abstract:

The study and design of an air conditioning system is a complex project that requires both advanced technical knowledge and the availability of accurate data—particularly those related to thermal comfort conditions and the outdoor climatic conditions of the project location.

The main objective of designing such a system is to ensure a comfortable indoor environment by simultaneously controlling several key parameters: temperature, humidity, noise level, air quality, and air distribution. These factors must be regulated in a way that allows occupants to work under optimal conditions, thereby maximizing productivity.

This project focuses on the calculation and sizing of an Air Handling Unit (AHU) system intended for a quality control laboratory. The study consists of two main parts:

- First, the calculation of summer thermal loads for each floor of the building, in accordance with the guidelines of the Technical Design Regulation (D.T.R), as well as the design of the air duct networks.
- Second, the selection of appropriate air conditioning systems and the control mechanisms to ensure optimal comfort and energy performance.

Key Words: Thermal comfort, air conditioning, heat balance, design and sizing.

Remerciements i
Dédicaces ii
Résumé iii
Nomenclature ix
Liste des tableaux xii
Liste des figures xiv
Introduction générale 02

Chapitre I : Présentation, description et étude thermique du projet
I.1. Introduction 5
I.2. Situation géographique 5
I.3. Description de l'immeuble de bureaux 5
I.4. Zone climatique 7
I.5. Environnement intérieur 7
I.5.1. Conditions extérieurs de base 7
I.5.2. Conditions intérieurs de base 8
I.6. Etude thermique 12
I.6.1. Calcul thermique de la paroi 12
I.6.2. Calcul de coefficient K 12
I.6.3. Application au projet 12
I.7. Etude de la stabilité thermique 17
I.7.1. La résistance minimale R_{min} 17
I.8. Application au projet 18
I.9. Etude de la condensation 18
I.9.1. Condensation superficielle 19
I.9.2. Application au projet 19
I.9.3. Condensation dans la masse 19
I.9.3.1. Contact avec l'extérieur 20
I.10. Détermination des pressions de saturation 20
I.11. Détermination des pressions partielles 21
I.12. Conclusion 25

Chapitre II : Calcul bilan thermique
II.1. Introduction 27
I.2. Situation géographique 27
I.3. Description de l'immeuble de bureaux 27
I.4. Zone climatique 28
II.4.1. Calcul des apports thermique 28
II.4.2. Principe et méthode de calcul des apports thermiques 28
II.4.3. Apports calorifiques pour chaque volume thermique 28
II.4.4. Apports à travers les parois opaques 28
II.5. Apports à travers les parois vitrées 30
II.6. Apports internes 32
II.6.1. Apports dus aux occupants 32
II.6.2. Apports dus machines électriques 32
II.6.3. Apports dus l'éclairage 32
II.6.4. Apports de chaleur par introduction d'air extérieur 32
II.7. Apports des infiltrations (AINFl) 32

Chapitre III : Choix du système de climatisation

III.1. Introduction 50
III.2. Définition de la climatisation 50
III.3. Rôle de la climatisation 50
III.3.1. Paramètres personnels 50
III.3.2. Paramètres environnementales 50
III.3.3. Climatisation industrielle 51
III.3.4. Climatisation de confort pour les locaux d'habitation 51
III.4. Différents systèmes de climatisation 51
III.4.1. Système centralisé 51
III.4.1.1. Avantages du système 52
III.4.1.2. Inconvénient du système 52
III.4.2. Système semi centralisé 52
III.4.3. Système décentralisé 52
III.5. Système à eau glacée 53
III.5.1. Différents types de système à « Eau glacée » 53
III.5.1.1. Ventilo-convecteur 53
III.5.1.2. Cassettes 53
III.5.1.3. Centrale d'air 53
III.6. Installation frigorifique 54
III.6.1. Groupe frigorifique 55
III.6.2. Système de conditionnement d'air 57
III.6.2.1. Débit constant 58
III.6.2.2. Débit variable 58
III.6.2.3. Exemples 58
III.7. Domaine d'application 59
III.8. Choix de Centrale de Traitement d'air (CTA) à 100% d'air neuf 60
III.8.1. Critères techniques pour le choix d'une Centrale de Traitement d'air (CTA) à 100% d'air neuf 60
III.8.2. Avantages d'un système de CTA à 100 % air neuf 61
III.8.3. Inconvénients d'un système de CTA à 100 % air neuf 62
III.8.4. Choix de CTA 62
III.8.4.1 Choix de la batterie froide 64
III.8.4.1.1. Calcul la puissance de la batterie froide 64
III.8.4.2. Choix de Ventilateur 64
III.8.4.3. Choix des diffuseurs 65
III.8.4.4. Système de filtration dans notre cas 67

Chapitre IV : Calcul réseaux aéraulique

IV.1. Introduction 69
IV.2. Etablir un réseau aéraulique 69
IV.3. Evaluation des grandeurs des conduits 69
IV.4. Calcul des pertes de charges 70
IV.4.1. Pertes de charges linéaires 70
IV.4.2. Perte de charge singulière 72
IV.4.2.1. Types de perte de charge singulière 72
IV.5. Axonométrie de l'installation 74
IV.6. Pertes de charge de l'installation 75
IV.7. Equilibrage des réseaux 89

IV.7.1. Dispositifs d'équilibrage 89
IV.7.2. Equilibrage du réseau de gaine de distribution 90

Chapitre V : Régulation de l'installation de climatisation

V.1.Introduction 94
V.2. Boucle de régulation 94
V.2.1. Organe de détection 94
V.2.2. Régulateur 94
V.2.3. L'organe de réglage 94
V.3. Appareils de régulation utilisée dans les installations de climatisation 94
V.3.1. Organe de détection 94
V.3.2. Organe de réglage 95
V.4. Choix du mode de régulation 95
V.4.1. Régulation d'ensemble 95
V.4.1.1. Régulation de C T A 96
V.4.1.2. Boucles de régulation 96
V.4.1.3. Boucle de régulation de température 97
V.4.1.4. Régulateur de pression 97
Conclusion générale 100
Références bibliographiques 101
Annexes 102

Symbole	Signification	Unité
A	Apports calorifiques	W
AE	Apports calorifiques effectifs	W
AI	Apports calorifiques internes	W
APO	Apports calorifiques par une paroi opaque	W
AREN	Apports calorifiques dus au renouvellement d'air	W
AINF	Apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur	W
AT	Apports calorifiques totaux	W
AV	Apports calorifiques à travers les parois vitrées	W
AVE	Apports par rayonnement solaire à travers les parois vitrées	W
AVT	Apports par transmission à travers les parois vitrées	W
BF	Facteur de by-pass	-
C	Coefficient de correction	-
CS	Coefficient de simultanéité	-
Di	Diamètre intérieur	m
D e	Diamètre extérieur	m
E	Ecart diurne	°C
DH	Degré hygrométrique	-
ΔH	Enthalpie	kJ/kg
EAT	Ecart annuel de température	°C
FS	Facteur solaire	-
HR	Humidité relative	%
HS	Humidité spécifique d'air	gvap./kg
I	Rayonnement	W/m^2
K	Coefficient surfacique de transmission calorifique	$W/m^2.°C$
L	Latitude	degré
M	Masse rapportée à la surface du plancher	kg/m^2
N	Coefficient d'amortissement	-
hi	Coefficient intérieur d'échanges superficiels	$W/m^2.°C$
h e	Coefficient extérieur d'échanges superficiels	$W/m^2.°C$
tbi	Température intérieure de base	°C
tbe	Température extérieure de base	°C
R	Résistance thermique	$m^2.°C/W$
r ou r'	Résistance thermique d'une couche d'isolant	$m^2.°C/W$
r s	Résistance additionnelle	$m^2.°C/W$
λ	Conductivité thermique	W/m.°C
c	Capacité thermique massique	J/kg.°C
hi	Coefficient intérieur d'échanges superficiels	$W/m^2.°C$
h e	Coefficient extérieur d'échanges superficiels	$W/m^2.°C$
ΔT_S	Différence de températures sèches	°C
Δte	Différence de température équivalente	°C
Δtes	Différence de température équivalente non corrigée (conditions standard) pour une paroi à l'ombre	°C
Δtem	Différence de température équivalente non corrigée (conditions standard) pour une paroi ensoleillée	°C
Δtlnc	Ecart de température sèche entre un espace non conditionné et un local conditionné	°C
Δp	Pression d'un ventilateur, hauteur manométrique d'une pompe	Pa

ϕ	Azimut solaire	degré
K	Coefficient de transmission surfacique	$W/m^2.°C$
PA	Pression atmosphérique	Pa
PC	Pouvoir calorifique	J/m^3
PP	Pression partielle de vapeur d'eau	Pa
PS	Pression partielle de vapeur saturante	Pa
R	Résistance thermique d'une couche de matériau	$m^2.°C/W$
S	Surface d'une paroi opaque	m^2
SV	Surface vitrée	m^2
TH	Température humide de l'air	°C
TO	Temps officiel	h
TR	Température de rosée	°C
TS	Température sèche de l'air	°C
TSV	Temps Solaire Vrai	h
V	Volume	m^3
VS	Volume spécifique	m^3/kg
W	Puissance	W
a	Coefficient réglementaire	$W/m^2.°C$
alt	Altitude	M
c	Coefficient réglementaire	$W/m^2.°C$
e	Epaisseur	m
e'	Coefficient réglementaire	$W/m^2.°C$
h	Coefficient d'échange superficiel	$W/m^2.°C$
k	Coefficient linéique d'émission calorifique	W/m.°C
m	Masse	Kg
Qm	Débit massique	kg/s
Qv	Débit volumique	m^3/s
Qvo	Débit volumique d'infiltration pour un ouvrant	$m^3/h.m^2$
r	. Résistance thermique d'échanges superficiels	$m^2.°C/W$
z	Différence de niveau (paroi en contact avec le sol)	m
α	Facteur d'absorption	-
β	Hauteur du soleil	degré
δ	Déclinaison solaire	degré
φ	Azimut d'une paroi verticale	degré
λ	Conductivité thermique	W/m.°C
η	Rendement	-
θ	Température	°C
ω	Angle horaire	degré

Liste des figures

N° Figure	Description	N° Page
	Chapitre I : Présentation, description et étude thermique du projet	
I.1	Coupe d'un mur extérieur double cloison	12
I.2	Vue en coupe de planché sur sol	13
I.3	Vue en coupe d'une Plancher entre étage	14
I.4	Vue en coupe d'une toiture terrasse	15
I.5	Vue en coupe de différentes couches de la Mur intérieur à Béton	16
I.6	Différentes couches de mur extérieur en Béton	22
I.7	Diagramme de GLASER (Mur extérieure double cloison)	24
I.8	Diagramme de GLASER (Toiture terrasse)	25
I.9	Diagramme de GLASER (Mur extérieur en béton armé)	26
	Chapitre III : Choix du système de climatisation	
III.1	Distribution de l'air froid dans le bâtiment	54
III.2	Traitement de l'air dans des caissons de climatisation	54
III.3	Réfrigération "à détente directe"	55
III.4	Réfrigération par circuit d'eau glacée	55
III.5	Circuit d'eau glacée pour l'air neuf et les ventilo-convecteurs	56
III.6	Equipement de refroidissement	57
III.7	Système tout air, à débit constant, mono-gaine1	57
III.8	Refroidissement à détente directe	59
III.9	CTA Daikin	61
III.10	Batterie froide	62
III.11	Diffuseurs	63
	Chapitre IV : Calcul réseaux aéraulique	
IV.1	Porte de charge singulière brusque	69
IV.2	Perte de charge singulière branchement de prise	69
IV.3	Perte de charge singulière Rétrécissement	70
IV.4	Axonométrie des gaines de R D C	71
IV.5	Axonométrie des gaines de 1er étage	71
IV.6	Axonométrie des gaines de 2ème étage	72
	Chapitre V : Régulation de l'installation de climatisation	
V.1	Schéma de régulation de C T A	92
V.2	Boucles de régulation de C T A	93
V.3	Boucle de régulation de température	94

Liste des tableaux

N° Tableau	Description	Page
	Chapitre I : Présentation, description et étude thermique du projet	
I.1	Différents locaux de laboratoire. (RDC)	5
I.2	Différents locaux de laboratoire (1ère étage)	6
I.3	Différents locaux de l'immeuble (2ème étage)	6
I.4	Conditions climatiques de base	7
I.5	Conditions extérieurs de base	7
I.6	Conditions intérieures de base	8
I.7	Résistance des différentes couches de la paroi	13
I.8	Coefficient de transmission K (Hiver et Eté)	13
I.9	Résistance des différentes couches du plancher sur sol	13
I.10	Coefficient de transmission K du plancher sur sol (Hiver et Eté)	14
I.11	Résistance des différentes couches de la toiture entre étage	14
I.12	Coefficient de transmission K différentes couches de la toiture entre étage	14
I.13	Résistance des différentes couches de la toiture	15
I.14	Coefficient de transmission K différentes couches de la toiture	15
I.15	Résistance des différentes couches de la mure intérieure de béton	16
I.16	Coefficient de transmission K différentes couches de la mure intérieure de béton	16
I.17	Résistance des différentes couches de mur extérieur en béton	17
I.18	Coefficient de transmission K de mur extérieur en béton	17
I.19	Coefficients K Portes, fenêtres et mur double vitrage	18
I.20	Surface Portes, fenêtres et mur double vitrage	18
I.21	Vérification de la condition ($R_{min} < R_{paroi}$)	19
I.22	Les pressions de saturation au niveau des interfaces mure extérieure	22
I.23	Les pressions saturation au niveau des interfaces des toitures de tirasse	22
I.24	Les pressions saturation au niveau des interfaces de mur en béton	22
I.25	Résistance de chaque couche du mur double cloison	23
I.26	Pression de saturation et pression partielle du mur double cloison	23
I.27	Résistance de chaque couche toiture terrasse	24
I.28	Pression de saturation et pression partielle toiture terrasse	25
I.29	Résistance de chaque couche du mur en béton armé	26
I.30	Pression de saturation et pression partielle du mur en béton armé	26
	Chapitre II : Calcul bilan thermique	
II.1	Les apports à travers les parois opaques extérieurs (double cloison) locaux R101	33
II.2	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 01	33
II.3	Les apports à travers les parois opaques extérieurs (béton armé) locaux R1 01	34
II.4	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 01	34
II.5	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 02	34
II.6	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 03	35
II.7	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 04	35
II.8	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 05	35
II.9	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 06	36
II.10	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 07	36
II.11	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 08	36
II.12	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 09	37

II.13	Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux R1 10	37
II.14	Les apports à locaux R1 01	37
II.15	Les apports à locaux R1 02	38
II.16	Les apports à locaux R1 03	38
II.17	Les apports à locaux R1 04	38
II.18	Les apports à locaux R1 05	38
II.19	Les apports à locaux R1 06	39
II.20	Les apports à locaux R1 07	39
II.21	Les apports à locaux R1 08	39
II.22	Les apports à locaux R1 09	39
II.23	Les apports à locaux R1 10	40
II.24	Les apports à locaux E1 01	40
II.25	Les apports à locaux E1 02	40
II.26	Les apports à locaux E1 03	40
II.27	Les apports à locaux E1 04	41
II.28	Les apports à locaux E1 05	41
II.29	Les apports à locaux E1 06	41
II.30	Les apports à locaux E1 07	41
II.31	Les apports à locaux E1 08	42
II.32	Les apports à locaux E1 09	42
II.33	Les apports à locaux E1 10	42
II.34	Les apports à locaux E1 11	42
II.35	Les apports à locaux E1 12	43
II.36	Les apports à locaux E1 13	43
II.37	Les apports à locaux E1 14	43
II.38	Les apports à locaux E1 15	43
II.39	Les apports à locaux E1 16	44
II.40	Les apports à locaux E2 01	44
II.41	Les apports à locaux E2 02	44
II.42	Les apports à locaux E2 03	44
II.43	Les apports à locaux E2 04	45
II.44	Les apports à locaux E2 05	45
II.45	Les apports à locaux E2 06	45
II.46	Les apports à locaux E2 07	45
II.47	Les apports à locaux E2 08	46
II.48	Les apports à locaux E2 09	46
II.49	Les apports à locaux E2 10	46
II.50	Les apports à locaux E2 11	46
II.51	Les apports à locaux E2 12	47
II.52	Les apports à locaux E2 13	47
II.53	Les apports à locaux E2 14	47
II.54	Les apports totaux	47

Chapitre III : Choix du système de climatisation

III.1	Transport par l'air et par l'eau	56
III.2	Dimension de CTA (Daikin)	61
III.3	Nombre et surface de diffuseur de R D C	63
III.4	Nombre et surface de diffuseur de 1ére étage	64

III.5 Nombre et surface de diffuseur de 2ème étage 64

Chapitre IV : Calcul réseaux aéraulique

IV.1 ξ en faction d'angle 69
IV.2 ξ en faction de débit 70
IV.3 Débit volumique de RDC 73
IV.4 Section et hauteur et largeur de chaque tronçon 73
IV.5 Pertes de charge linière 74
IV.6 Pertes de charge singulière type de Branchement de prise 75
IV.7 pertes de charge singulière type rétrécissement 75
IV.8 Pertes de charge totale de R D C 75
IV.9 Débit volumique de 1ère étage 76
IV.10 Section et hauteur et largeur de chaque tronçon de 1ère étage 77
IV.11 Pertes de charge linière de 1ère étage 78
IV.12 Pertes de charge singulière type de Branchement de prise 1ère étage 79
IV.13 Pertes singulière type rétrécissement 1ère étage 79
IV.14 Pertes de charge singulière type Brusque 1ère étage 80
IV.15 Pertes de charge totales 1ère étage 80
IV.16 Débit volumique de 2éme étage 80
IV.17 Section et hauteur et largeur de chaque tronçon de 2éme étage 81
IV.18 Pertes de charge linière de 2èmeétage 82
IV.19 Pertes de charge singulière type de branchement de pris de 2èmeétage 83
IV.20 Pertes de charge singulière type de Rétrécissement de 2èmeétage 83
IV.21 Pertes de charge singulière type de brusque de 2èmeétage 83
IV.22 Pertes de charge totales de 2èmeétage 84
IV.23 Débit volumique, largeur, hauteur et diamètre de gaine principale 84
IV.24 Perte de charge linéaire de gaine principale 84
IV.25 Perte de charge singulière type de branchement de pris de gaine principale 85
IV.26 Perte de charge singulière type rétrécissement de gaine principale 85
IV.27 Perte de charge singulière type brusque de gaine principale 85
IV.28 Perte de charges totales de gaine principale 85
IV.29 Perte de charges totales de l'installation 86
IV.30 Coefficient de perte de charge singulière ξ du diaphragme. 92
IV.31 Equilibrage de réseau RDC 92
IV.32 Equilibrage de 1ére étage 92
IV.33 Equilibrage de 2ème étage 93
IV.34 Equilibrage de la gaine principale 93

Introduction générale

Aujourd'hui et avec l'évolution de la vie, l'homme passe une grande partie de son temps dans des milieux fermés, ce qui lui a conduit à créer des ambiances artificielles dont il a le pouvoir de gérer les conditions selon ses besoins.

La notion de confort thermique est le plus souvent appliquée à l'être humain, bien qu'elle puisse s'appliquer à tout être vivant. En effet, la vie et spécialement l'activité métabolique assurant les fonctions vitales ne sont possibles que dans une certaine plage de température, qui varie d'une espèce à l'autre. Il existe cependant des conditions d'ambiance optimales qui seront ressenties par l'individu comme celle d'un état de confort thermique [1].

La climatisation est un procédé qui traite l'air pour améliorer la qualité des ambiances et des conditions de travail toute l'année.

Le traitement de l'air est la technique qui consiste à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques d'un local pour des raisons techniques (laboratoires médicaux, locaux de fabrication des composants électriques, bloc opération .etc.) Ou pour des raisons de confort (bureau, maison individuelles. etc.) et qui ne se limite pas seulement au maintien d'une température ambiante.

Beaucoup d'autre facteurs peuvent être pris en considération tels que l'hygrométrie, la qualité de l'air, le niveau sonore, l'esthétique, la diffusion d'air... Pour pouvoir arriver à la solution la plus adéquate en matière de construction des bâtiments à basse consommation énergétique, tout en gardant le confort, nécessite une étude approfondie sur les phénomènes thermiques en matière d'apport et de déperditions de chaleur.

Dans notre projet, on s'intéresse à l'étude et la conception d'une installation de climatisation pour un laboratoire de contrôle de qualité située dans la région de Médéa

Dans ce mémoire, nous allons présenter les différents chapitres nécessaires pour le calcul et la proposition d'un système de climatisation.

Le premier chapitre est consacré à la présentation du projet (le coefficient de conductivité thermique de différentes parois, la résistance minimale de chaque paroi, la condensation superficielle et la condensation dans la masse).

Le deuxième chapitre, on calcul le bilan thermique estival des différents locaux pour les 3étages.

Le troisième chapitre, on définir les systèmes de climatisation, rôle de la climatisation, différents types de climatisation. Et enfin, nous avons choisissons les équipements et le système le plus adapté au projet en précisant les critères de ce choix, ainsi que ses avantages et ses inconvénients.

Le quatrième chapitre concerne le calcul de réseau aéraulique pour les 3 étages, la gaine principale et l'équilibrage de ce réseau.

Le cinquième chapitre consacré aux systèmes de régulation : boucle de régulation, organe de réglage et choisit le mode de régulation.

En fin, ce travail de recherche est clôturé par une conclusion générale et des recommandations.

Chapitre I : Présentation, description et étude thermique du projet

I.1.Introduction

Afin que le dimensionnement de l'installation de la climatisation centrale soit correct et précis, il est important de connaitre toutes les données sur situation géographique et la zone climatique de la région où est implanté le projet (laboratoire de contrôle de qualité). Ainsi que les conditions thermiques de base de l'air qui est en contact avec l'immeuble à conditionner.

I.2.Situation géographique

Dans notre étude il est impérativement nécessaire de connaitre les informations concernant la situation géographique tel que :

- La wilaya, Médéa
- La commune, ksar el boukhari
- l'altitude du site par rapport au niveau de la mer, 803m
- La latitude de la région où est implanté le projet, 35.88° Nord
- La longitude, 2.75° Est
- l'orientation des locaux du projet.

Notre projet est situé dans la wilaya de Médéa commune de **ksar el boukhari** et la façade principale (entrée du laboratoire) est orientée au nord-ouest.

I.3. Description de l'immeuble de bureaux

L'immeuble de laboratoire composé d'un (R.D.C) et doux étages (R+2).

Les différents bureaux et salle sont résumés dans les tableaux suivants :

Locaux	Désignation	Hauteurs (m)	Surfaces (m^2)	Surfaces des parois [m^2]			
				NE	SE	NO	SO
R1 01	Salle de réunion	3.74	27.19	27.92	10.71	9.29	32.44
R1 02	Bureau Directeur	3.74	16.03	13.55	9.29	8.53	17.95
R1 03	Secrétaire	3.74	13.80	16.64	13.30	11.33	15.58
R1 04	Salle d'informatique	3.74	31.40	11.65	25.89	(N) 20.77	20.79
R1 05	Bureau .Réception	3.74	20.93	(E)19.16	7.91	(N)14.49	17.79
R1 06	Dépôt	3.74	12.93	16.64	12.1	8.79	16.62
R1 07	Loge de garedien	3.74	7.81	8.82	12.85	6.22	(O)4.46
R1 08	Bureau 01	3.74	13.9	9.30	14.40	15.14	9.74
R1 09	Bureau 02	3.74	12.30	13.09	15.14	10.97	11.31
R1 10	Hall	3.74	43.60	11.39	41.51	51.11	10.13

Tableau I.1 : Différents locaux de laboratoire. (**RDC**)

Locaux	Désignation	Hauteurs (m)	Surfaces (m^2)	Surfaces des parois [m^2]			
				NE	SE	NO	SO
E1 01	Préparation de milieux	3.74	24.61	24,24	18,18	16,86	17,32
E1 02	Salle incubation étuvage	3.74	11.46	11,74	11,25	11,25	11,74
E1 03	Salle d'analyse	3.74	30.17	18,98	16,78	16,64	23,86
E1 04	Salle d'encensement	3.74	31.75	22,35	18	18,84	28,83
E1 05	Sas1	3.74	4.93	4,70	9,72	9,72	4,70
E1 06	Sas2	3.74	10.26	4,70	15,39	20,19	7,10
E1 07	Salle stérilisation	3.74	21.11	15,99	12,59	10,38	16,37
E1 08	Laverie	3.74	20.70	15,44	8,11	18,36	16,17
E1 09	Salle de préparation culture	3.74	10.36	(N) 13,38	(E) 10,17	(O) 8,80	(S) 14
E1 10	Bureau chef service	3.74	22.58	17,39	18,27	(N) 10,24	(O) 22,21
E1 11	Département. Microbiologie	3.74	20.83	5,70	26,46	40,85	5,65
E1 12	Vestiaire -F -	3.74	8.98	9,53	`14,02	5,81	12,52
E1 13	Salle documentation	3.74	19.95	19,63	12,21	14,21	19,63
E1 14	Bureau	3.74	19.12	17,95	12,21	14,21	17,39
E1 15	Salle réserve verrerie	3.74	5.31	8,60	8,60	8,45	6,60
E1 16	Salle réserve réactif	3.74	8.97	8,97	12,22	12,02	8,60

Tableau I.2 : Différents locaux de laboratoire (**1ère étage**)

Locaux	Désignation	Hauteurs (m)	Surface (m^2)	Surfaces des parois [m^2]			
				NE	SE	NO	SO
E2 01	D'absorption atomique	3.74	17.57	4,80	12,22	11,29	15,57
E2 02	Salle d'analyse P. G	3.74	19.75	18,32	14,02	13,09	16,7
E2 03	Salle d'analyse h.p.l.c	3.74	18.19	12,45	15,27	14,09	19,67
E2 04	Bureau	3.74	17.06	17,39	18,27	9,87	22,21
E2 05	Département. physicochimique	3.74	18.15	5,48	23,81	25,94	5,28
E2 06	Vestiaire	3.74	9	9,54	14,47	5,81	12,53
E2 07	Laverie	3.74	20.7	15,44	8,11	19,07	15,77
E2 08	Salle de pesée	3.74	16.09	(E) 10,21	18,80	9,68(N) 13,38	8,79
E2 09	Hall	3.74	23.13	3,21	27,02	26,29	12,37
E2 10	Salle de d'extraction	3.74	21.24	15,39	11,85	12,18	17,77
E2 11	Cosmétique et produit d'entretien	3.74	30.1	20,3	14,46	15,45	23,60
E2 12	Salle d'analyse des P- animale	3.74	24.6	13,84	15,45	13,52	17,32
E2 13	Salle d'analyse de productions animales	3.74	37.79	(N) 26,74	26,28	19,11	18,57
E2 14	Salle détente	3.74	11.46	9,34	8,85	8,85	11,74

Tableau I. 3 : Différents locaux de l'immeuble (**2èmme étage**)

I.4. Zone climatique (Annexe A)

Pour déterminer l'appartenance de la zone climatique de notre projet on se réfère selon la classification thermique (hivernale et estivale) des commune **sksar el boukhari** donnée dans l'annexe du tableau de la norme **DTR**.

Selon le tableau de l'annexe notre projet est situé dans la zone climatique (C) qui comprend le Régions steppiques hauts plateaux et d'Algérie, selon la **DTR**.

I.5. Paramètres climatiques

C'est l'ensemble des facteurs climatiques, chimiques et biologiques susceptibles d'avoir une influence directe ou indirects, immédiat ou à terme sur le milieu dans lequel nous vivons.

L'étude de l'environnement extérieur permet de fixer les conditions de base extérieure, qui seront l'un des points de départ pour déterminer la puissance des installations de climatisations.

Dans notre étude on va s'intéressé aux caractéristiques du climat de **ksar el boukhari (Médéa)**.

				Période hivernal		Période estival	
Zone	Altitude (m)	Latitude	Longitude	T° de Base °C	L'humidité relative %	T° de Base °C	L'humidité relative %
C	803	35.88° Nord	2.75° Est	-2	80	36	40

Tableau I.4 : Conditions climatiques de base

I.5.1 Conditions extérieurs de base

Période hivernal		Période estival	
T° de Base °C	L'humidité relative %	T° de Base °C	L'humidité relative %
-2	80	36	40

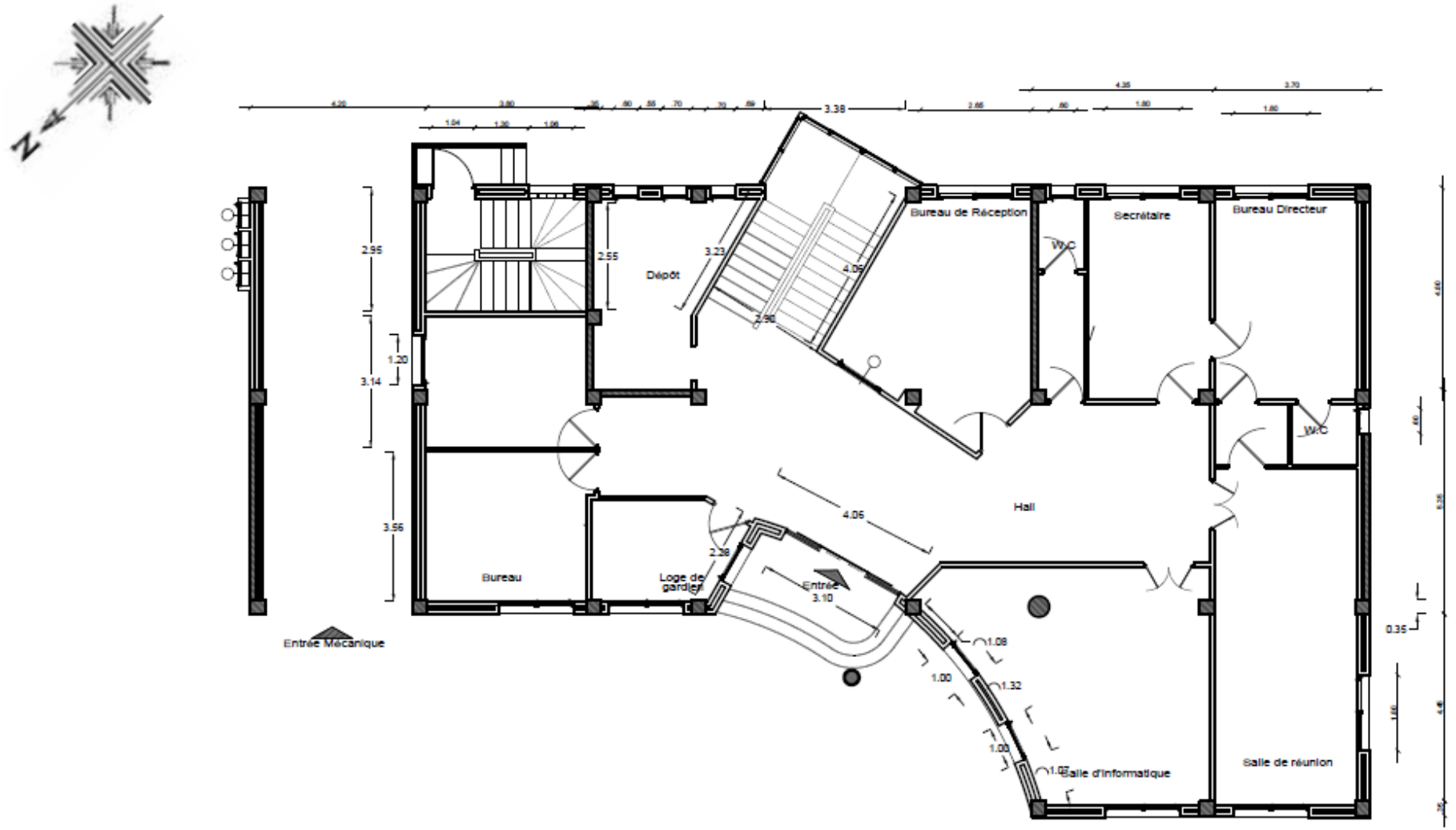
Tableau I.5 : Conditions extérieurs de base

I.5.2. Conditions intérieurs de base

Désignation	Période hivernal		Période estival	
	Ti (°C)	Φ (°C)	Ti (°C)	Φ (°C)
Les Salles	21	50	24	45
Les bureaux	21	50	24	45
Les espaces de circulation	18	50	24	45
Département physicochimique	21	50	24	45
D'absorption atomique	21	50	24	45
Salle d'analyse de production Animaux	21	50	24	45
Préparation de milieux de culture	21	50	24	45
Dépôt	21	50	24	45

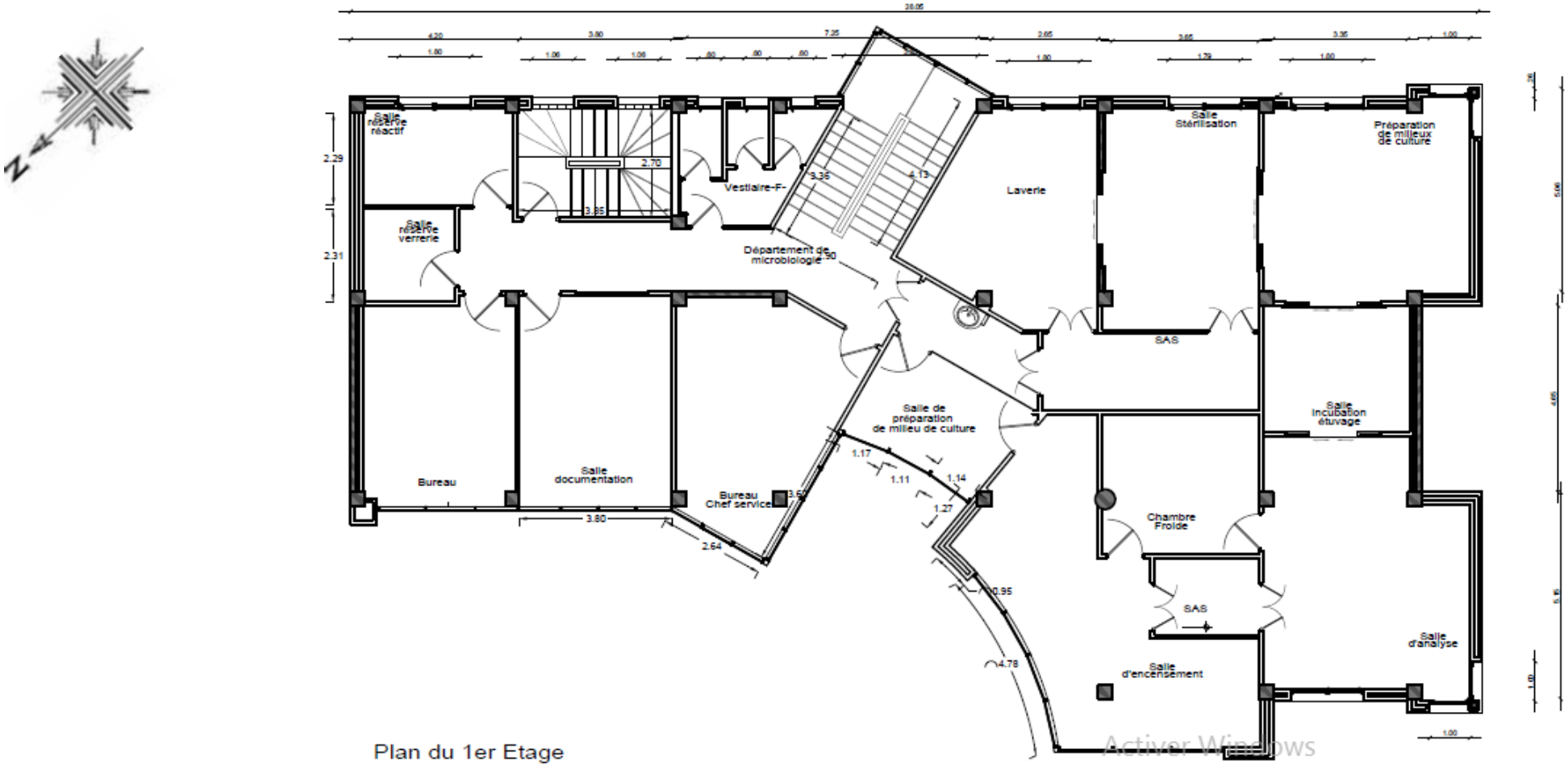
Tableau I.6 : Conditions intérieures de base

L'implantation de ces éléments est désigné sur les plans d'architectures suivants :



Plan du R.D.C

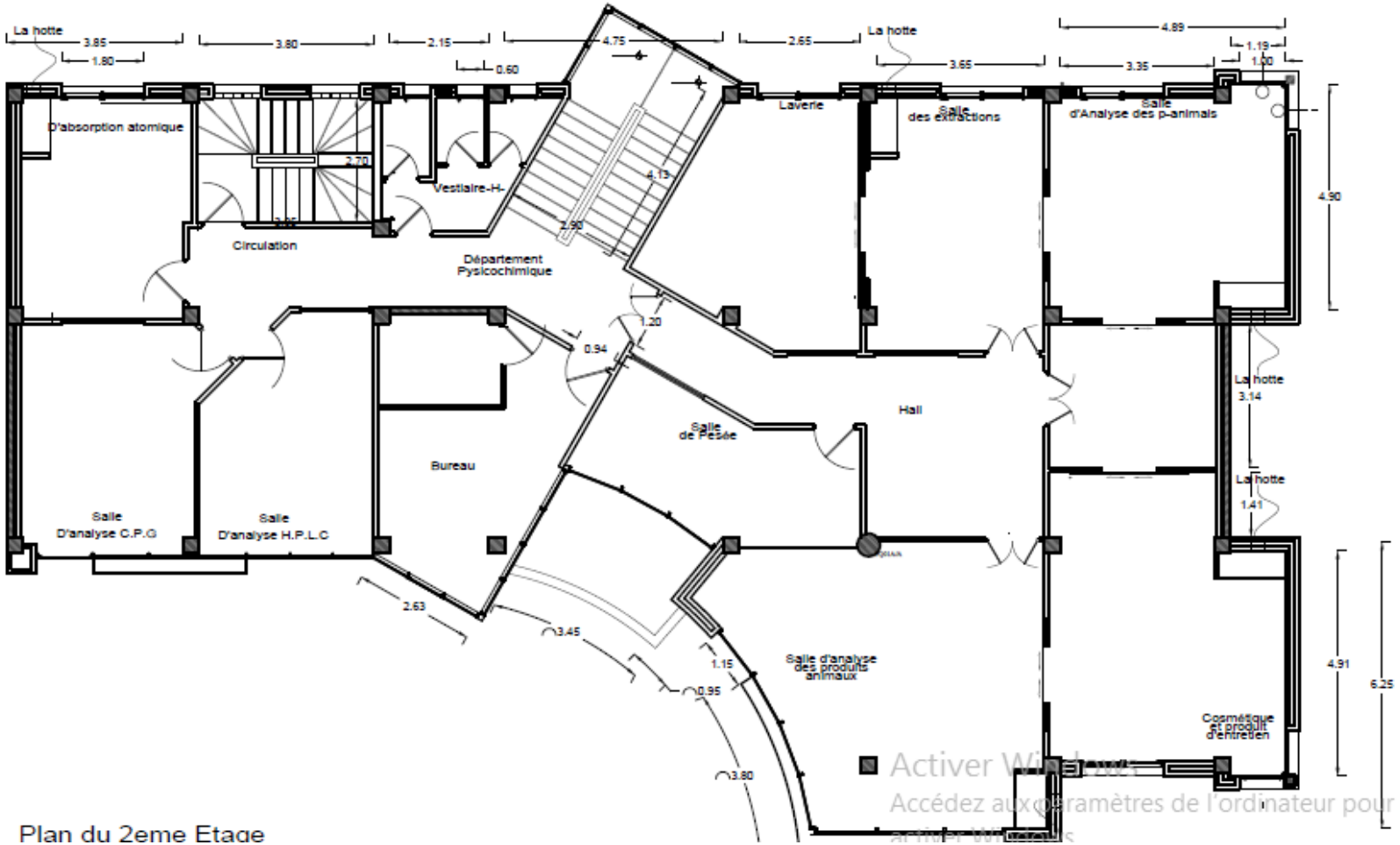
Activer Windows



Plan du 1er Etage

Activer Windows
Accédez aux paramètres de l'ordinateur pour activer Windows.





Plan du 2eme Etage

Activer Windows
Accédez aux paramètres de l'ordinateur pour

I.6. Etude thermique

Une étude thermique permet de définir une installation de chauffage ou de climatisation ou de réaliser un bilan thermique en étudiant les caractéristiques thermiques du bâtiment, ce qui nous permettre de connaitre les facteurs qui auront une influence sur le calcul, et permet de connaitre les valeurs des échanges thermiques de notre laboratoire : murs, planchers, toitures, les fenêtres et les portes …Ets.

I.6.1. Calcul thermique de la paroi

La chaleur est une forme d'énergie, son flux a toujours dirigé des températures les plus élevées vers les températures les plus basses.

Des éléments tels que planchers, parois, dalles, toitures, fenêtres et portes opposent une certaine résistance aux échanges thermiques. Le flux de chaleur qui traverse un élément est défini par le coefficient de transmission thermique **K**.

I.6.2. Calcul de coefficient K

Pour des parois à plusieurs couches le coefficient K se calcul par la formule suivante :

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} R_t} \quad \text{.....(1)}$$

Tel que :$\sum Rt = Ri + \sum R + Re$.

Avec : $R = \sum \frac{e}{\lambda}$, $\quad Ri = \frac{1}{hi}$ et $Re = \frac{1}{he}$

Donc : $K = \frac{1}{Ri + \sum R + Re}$

I.6.3. Application au projet

- **Mur extérieur :**

Le mur extérieur est défini, il est constitué de 6 couches :

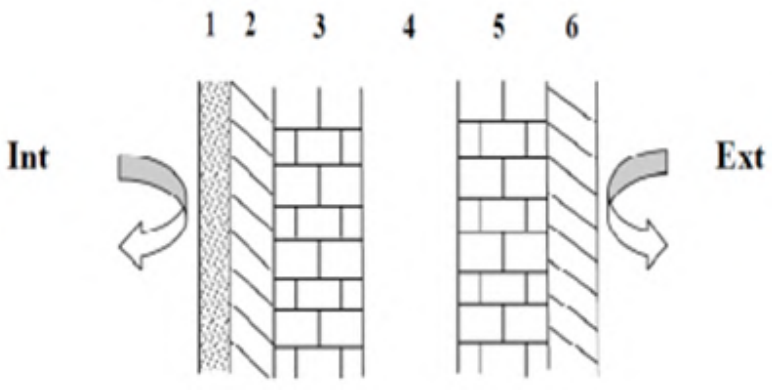


Figure I.1 : Coupe d'un mur extérieur double cloison

❖ **Résistance du mur extérieur :**

Référence	Mur extérieur	ei (m)	λi (w/m.k)	Ri (m^2.k/w)
1	Enduit plâtre	0.005	0.35	0,014
2	Enduit en ciment	0.015	1.4	0,011
3	Brique creuse	0.1	0.48	0,208
4	Lame d'air	0.1	0.625	0,160
5	Brique creuse	0.1	0.48	0,208
6	Mortier en ciment	0,015	1,4	0,011
				∑Ri=0.61

Tableau I.7 : Résistance des différentes couches de la paroi

❖ **Calcul le coefficient de transmission K (Hiver et Eté) :**

Désignation	Période estival	Période hivernal
1/hi (m^2°K/w)	0.11	0.10
1/he (m^2°K/w)	0.11	0.11
$K = \frac{1}{1/hi + \sum Ri + 1/he}$ (w/m^2°K)	2.13	2.18

Tableau I.8 : Coefficient de transmission K (Hiver et Eté)

❖ **Plancher sur sol**

Le planché sur sol a une épaisseur de 80cm et il est composé de 6 couches + le sol.

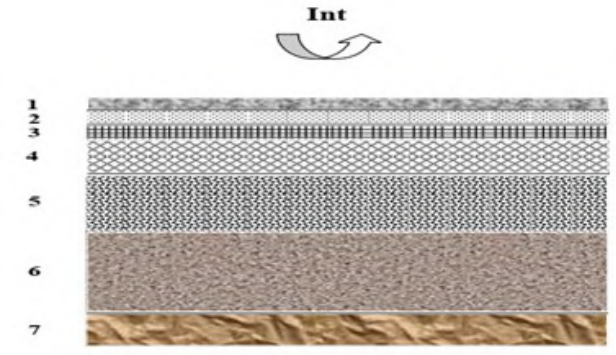


Figure I.2 : Vue en coupe de planché sur sol

Référence	Plancher sur sol	ei (m)	λi (w/m.k)	Ri (m^2.k/w)
1	Carrelage	0,025	0,55	0,045
2	Ciment	0,025	1,4	0,018
3	Sable	0,025	0,67	0,037
4	Mortier en ciment	0,075	1,4	0,053
5	Béton armé	0,15	1,75	0,086
6	Pierres	0,33	2,67	0,12
7	Sol	0,17	2,43	0,07
				∑Ri=0.429

Tableau I.9 : Résistance des différentes couches du plancher sur sol

❖ **Calcul le Coefficient de transmission K du plancher sur sol (Hiver et Eté) :**

Désignation	Période estival	Période hivernal
1/hi (m²°K/w)	0.08	0.17
1/he (m²°K/w)	0.04	0.17
$K = \frac{1}{1/hi + \sum Ri + 1/he}$ (w/m²°K)	1.82	1.30

Tableau I.10 : Coefficient de transmission K du plancher sur sol (Hiver et Eté)

❖ **Toiture entre étage**

Vue en coupe d'une Plancher entre étage

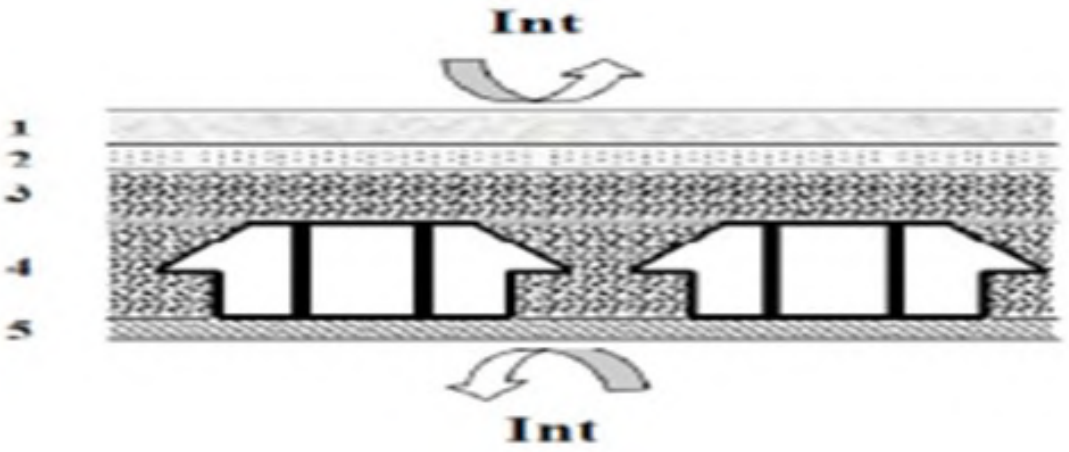


Figure I.3 : Vue en coupe d'une Plancher entre étage

Référence	Plancher entre étage	ei (m)	λi (w/m.k)	Ri (m².k/w)
1	Carrelage	0.025	0.55	0.045
2	Ciment	0.025	1.4	0.018
3	Béton armé	0.1	0.75	0.057
4	Hourdis	0.1	1.98	0.102
5	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
				∑Ri=0.236

Tableau I.11 : Résistance des différentes couches de la toiture entre étage

❖ **Calcul le Coefficient de transmission K des différentes couches de la toiture entre étage (Hiver et Eté) :**

Désignation	Période estival	Période hivernal
1/hi (m²°K/w)	0.16	0.17
1/hi (m²°K/w)	0.16	0.17
$K = \frac{1}{1/hi + \sum Ri + 1/he}$ (w/m²°K)	1.3	1.33

Tableau I.12 : Coefficient de transmission K différentes couches de la toiture entre étage

❖ **Toiture :**

La toiture à une épaisseur de 40 cm et elle est formée de 7 couches

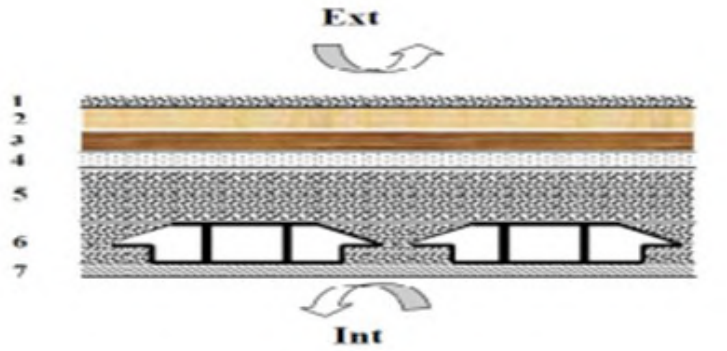


Figure I.4 : Vue en coupe d'une toiture terrasse

Référence	Toiture	ei (m)	λi (w/m.k)	Ri (m^2.k/w)
1	Gravillon	0.02	0.95	0.021
2	Carte bitumée	0.03	0.2	0.15
3	Liège	0.02	0.06	0.33
4	Chape en ciment	0.01	1.63	0.006
5	Béton	0.2	1.75	0.44
6	Hourdis	0.1	1.98	0.102
7	Enduit plâtre	0.02	0.35	0.057
				∑Ri=1.106

Tableau I.13 : Résistance des différentes couches de la toiture

❖ **Calcul le Coefficient de transmission K des différentes couches de la toiture (Hiver et Eté) :**

Désignation	Période estival	Période hivernal
1/hi (m²°K/w)	0.16	0.17
1/he (m²°K/w)	0.04	0.05
$K = \frac{1}{1/hi + \sum Ri + 1/he}$ (w/m²°K)	0.76	0.75

Tableau I.14 : Coefficient de transmission K différentes couches de la toiture

❖ **Mur intérieur en béton**

La toiture à une épaisseur de 40 cm et elle est formée de 3 couches

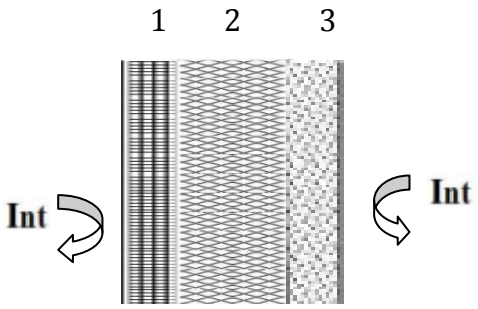


Figure I.5: Vue en coupe de différentes couches d'un mur intérieur en béton

Résistance des différentes couches de la Mur intérieur en béton armé

Référence	Mur intérieur	ei (m)	λi(w/m.k)	Ri(m^2. k/w)
1	Enduit plâtre	0.02	0.35	0.057
2	Béton	0.15	0.75	0.2
3	Enduit plâtre	0.02	0.35	0.057
				∑Ri=0.314

Tableau I.15 : Résistance des différentes couches d'un mur intérieur en béton armé

Désignation	Période estival	Période hivernal
1/hi (m^2°K/w)	0.11	0.10
1/hi (m^2°K/w)	0.11	0.10
$K = \frac{1}{1/hi + \sum \mathbf{Ri} + 1/he}$ (w/m^2°K)	1.87	1.94

Tableau I.16 : Coefficient de transmission K différentes couches de mur intérieur en béton

❖ **Mur extérieur en Béton**

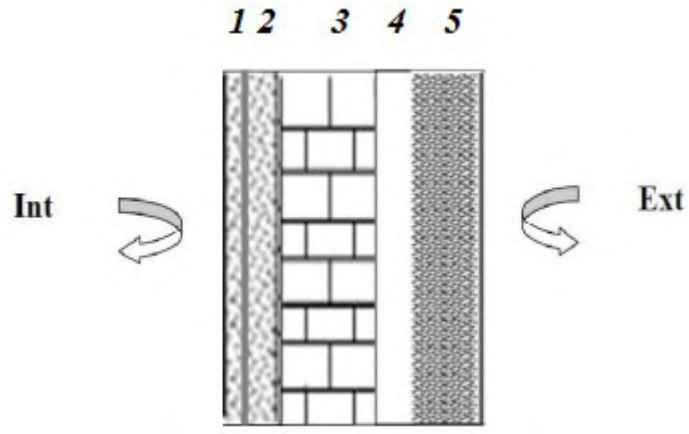


Figure I.6 : Différentes couches de mur extérieur en Béton

❖ **Résistance des différentes couches de mur extérieur en béton**

Référence	Mur extérieur	ei (m)	λi (w/m.k)	Ri (m^2.k/w)
1	Enduit plâtre	0.02	0.35	0.057
2	Mortier ciment	0.015	1.4	0,01
3	Brique creuse	0.1	0.48	0,208
4	Lame d'air	0.05	0.625	0.08
5	Béton	0.15	1.75	0.085
				∑Ri=0.44

Tableau I.17 : Résistance des différentes couches de mur extérieur en béton

❖ **Calcul le Coefficient de transmission K de mur extérieur en béton (Hiver et Eté) :**

Désignation	Période estival	Période hivernal
1/hi (m²°K/w)	0.10	0.11
1/he (m²°K/w)	0.04	0.06
$K = \frac{1}{1/hi + \sum Ri + 1/he}$ (w/m²°K)	1.72	1.63

Tableau I.18 : Coefficient de transmission **K** de mur extérieur en béton

❖ **Portes et fenêtres**

Désignation	Nature de la menuiserie	K(w/m²°C)
Porte	En bois	3.50
	En métal	5.8
	En vitrage simple	5.8
Mur Double Vitrage	En métal	4
Fenêtre	En métal un seul vitrage	5.8

Tableau I.19 : Coefficients **K** Portes, fenêtres et mur double vitrage

❖ **Surface Portes, fenêtres et mur double vitrage**

Désignation	Nature de la menuiserie	Surface (m^2)
Porte	En bois	2
	En métal	2.4
	En vitrage simple	2.5
Mur double vitrage	En vitre	51.9
Fenêtre	En métal	0.36
	En plastique	2.16
	En plastique	1.44

Tableau I.20 : Surface Portes, fenêtres et mur double vitrage

I.7. Etude de la stabilité thermique

En hiver, on doit réaliser à l'intérieur des habitations un certain confort thermique, ce Confort est principalement lié aux propriétés thermiques de la construction (essentiellement la résistance thermique).

I.7.1. La résistance minimale R_{min}

La résistance thermique d'une paroi exposée à l'extérieur doit être supérieure à une certaine valeur appelé résistance minimale R_{min} , qui assure une bonne isolation thermique de la paroi en limitant les échanges de la chaleur entre l'intérieur et l'extérieur et un confort aux occupants en limitant l'échange par rayonnement entre les occupants et les surfaces intérieurs des parois exposées à l'extérieur, elle est calculée par la formule suivante :

$$R_{min} = \frac{n\{T_i - T_e\}}{h_i \Delta\theta_{max}} \quad \text{.....(2)}$$

Avec :

T_i : la température de l'air intérieur (°C).

T_e : la température extérieur (°C).

h_i : coefficient superficiel de la chaleur (m^2. °C /w).

n : Coefficient donné en fonction du positon de l'élément de construction.

- n =1 pour mur extérieur
- n = 0.9 pour terrasse et plancher sur sol.
- n = 0.75 pour plancher sur vide sanitaire ventilé.
- n = 0.6 pour plancher sur vide sanitaire non ventilé.

$\Delta\theta_{max}$: La différence de température maximale entre l'air intérieur et la surface des parois (°C).

- $\Delta\theta_{max}$ =5°C pour les murs extérieur.
- $\Delta\theta_{max}$ = 4.5°C pour les terrasses.

On doit vérifier : $\mathbf{R_{paroi} > R_{min}}$ et $\mathbf{R_{paroi} = \frac{1}{k}}$ (m^2. °C /w)

I.8. Application au projet

❖ **Mur extérieur :** En contact avec les salles et les bureaux

T_i =21 °C T_e = -2°C n = 1 $\Delta\theta_{max}$ = 5°C

$\frac{1}{h_i} = 0{,}11 \Rightarrow h_i = \frac{1}{0.11} \Rightarrow h_i = 9{,}09$

$R_{min} = \frac{1(21-(-2))}{9{,}09 * 5} = 0.41$ m^2. °C /w $\mathbf{R_{min} = 0.41\ m^2.°C\ /w}$

$R_{paroi} = \frac{1}{k}$ et k = 1,28 $\mathbf{R_{paroi} = 0{,}781\ m^2.°C\ /w}$

On remarque que $\mathbf{R_{min} < R_{paroi}}$ donc la structure est bonne

Le tableau suivant montre la vérification de la condition ($\mathbf{R_{min} < R_{paroi}}$) pour chaque type de paroi extérieure de la construction.

Parois	T_e (°C)	K $(\frac{w}{m^2.°k})$	$\Delta\theta_{max}$ (°C)	n	R_{paroi} $(m^2.°C/w)$	R_{min} $(m^2.°C/w)$	$R_{min} < R_{paroi}$
Mur extérieur	-2	1.28	5	1	0.781	0.41	Vérifier
Toiture	-2	1.73	4.5	0.9	0.75	0.50	Vérifier

Tableau I.21 : Vérification de la condition ($\mathbf{R_{min} < R_{paroi}}$)

On a trouvé que la résistance minimale des parois de projet est vérifiée donc la construction est bonne

I.9. Etude de la condensation

La condensation est la transformation sous forme d'eau liquide de la vapeur d'eau contenue dans l'air ambiant et son apparition à la surface ou à l'intérieur d'une paroi de construction.

L'humidité qui apparaît parfois dans la surface à l'intérieure même de la paroi de la construction est souvent l'origine de désordre grave, il peut s'agir de condensation superficielle qui provoque par exemple : le décollement du papier peint, la détérioration de la peinture, la formation des moisissures, il peut s'agir également de condensation dans la masse même des matériaux qui leur fait perdre leur caractéristique d'isolation thermique.

L'étude de ces phénomènes est complexe. Nous nous limiterons ici à une analyse qualitative et en nous intéressant uniquement au régime permanent, c'est-à-dire que nous supposons que les états des ambiances (température et degré hygrométrique de l'air) intérieurs et extérieurs ne varient pas.

I.9.1. Condensation superficielle

En hiver les faces intérieures des parois donnant sur l'extérieur sont à une température θ_i inferieur à la température T_i de l'ambiance intérieure :

$$\theta_i = T_i - 1 - k\left(\frac{1}{h_i}\right)(T_i - T_e) \quad \text{.....(3)}$$

T_i : la température intérieure du local (°C).

T_e : la température extérieur (°C).

h_i : le coefficient d'échange superficiel de la surface intérieure (m^2. °C /w).

K : Le coefficient de transmission surfacique de la paroi (w /m^2°k).

Des condensations se manifesteront sur la face intérieure des parois si la température superficielle est inférieure au point de rosé de l'ambiance intérieure $\boldsymbol{\theta_i < T_r}$

I.9.2. Application au projet

- **Contact avec l'extérieur :**

On a : T_i=21 °C T_e= -2°C Et T_i=21 °C, φ= 50%

D'après le diagramme psychrométrique $\mathbf{T_r}$**=10,19°C**

θ_i = 21-0.11(21-(-2)1.28 ⇒ $\boldsymbol{\theta_i}$**= 17,76°C**

Donc: $\boldsymbol{\theta_i = 17{,}76°C > T_r = 10{,}19°C}$

On a trouvé que la température superficielle intérieure est supérieure à la température de rosée ce qui signifie qu'il n'y a pas de condensation superficielle.

I.9.3. Condensation dans la masse

Ce type de condensation se forme sous l'effet de différence de température et de pression partielle à l'intérieur des parois, ainsi s'établit un flux de vapeur d'eau de l'ambiance. Le risque de condensation dans la masse s'établit graphiquement par le diagramme de Glaser. Cette détermination est basée sur l'étude de variation de la pression de saturation comparée à la pression partielle de la vapeur d'eau à travers la paroi.

Détermination du risque de condensation dans une paroi « diagramme de Glaser **» :**

Cette détermination est basée sur l'étude de la variation de la pression de saturation comparée à celle de la pression partielle de la vapeur d'eau à la paroi. Se faire graphiquement et est nommée habituellement le tracé du diagramme de Glaser

I.9.3.1. Contact avec l'extérieur

- **Mur extérieur : En brique double cloison**

$$T_j = T_j - 1 - k\left(\frac{e_j}{\lambda}\right)(T_i - T_e) \quad \text{.....(4)}$$

- $T_1 = 17{,}76 - 1{,}28\ (\frac{0{,}005}{0{,}35})(21-(-2)) = 17.33(°C)$
- $T_2 = 17{,}33-1{,}28\ (\frac{0{,}015}{1{,}4})\ (21-(-2)) = 17.01\ (°C)$
- $T_3 = 17{,}01-1{,}28\ (\frac{0{,}1}{0{,}48})\ (21-(-2)) = 10.87\ (°C)$
- $T_4 = 10{,}87\ -1{,}28\ (\frac{0{,}1}{0{,}625})\ (21-(-2)) = 6.15\ (°C)$
- $T_5 = 6{,}15\ -\ 1{,}28\ (\frac{0{,}1}{0{,}48})\ (21-(-2)) = 0.016(°C)$
- $T_6 = 0{,}016\ -1{,}28\ (\frac{0{,}015}{1{,}4})\ (21-(-2)) = -0.29(°C)$

- **Toiture :**

- $T_1 = 17{,}76 - 0.75\ (\frac{0.02}{0.95})\ (21-(-2)) = 17.39\ (°C)$
- $T_2 = 17.39 - 0.75\ (\frac{0.03}{0.2})\ (21-(-2)) = 14.80\ (°C)$
- $T_3 = 14.80 - 0.75\ (\frac{0.02}{0.06})\ (21-(-2)) = 9.05\ (°C)$
- $T_4 = 9.05 - 0.75\ (\frac{0.01}{1.63})\ (21-(-2)) = 8.94\ (°C)$
- $T_5 = 8.94 - 0.75\ (\frac{0.2}{1.75})\ (21-(-2)) = 6.96\ (°C)$
- $T_6 = 6.96 - 0.75\ (\frac{0.1}{1.98})(21-(-2)) = 6.08(°C)$
- $T_7 = 6.08 - 0.75\ (\frac{0.02}{0.35})\ (21-(-2)) = 5.09\ (°C)$

- **Mur en béton armé :**

- $T_1 = 17.76 - 2.341(\frac{0.15}{0.75})\ (21-(-2)) = 6.99\ (°C)$
- $T_2 = 6.99\ -\ 2.341(\frac{0.02}{0.35})\ (21-(-2)) = 3.91\ (°C)$

I.10. Détermination des pressions de saturation

On utilisant le diagramme de l'air humide ou la Norme **NF EN ISO 13788** pour définir les pressions de saturation qui correspondent à chaque température.

$$T_{saturation} = 610.5 \exp\left(\frac{17.269T - 4717.03}{T - 35.85}\right)$$ **Pour T ≥ 273,15 °K**.....(5)

$$T_{saturation} = 610.5 \exp\left(\frac{21.875T - 5975.16}{T - 7.65}\right)$$ **Pour T < 273,15 °K**.....(6)

D'après la Norme **NF EN ISO 13788** :

T (°C)	17.76	17.33	17.01	10.87	6.15	0.016	-0.29
$P_{Saturation}$	2.026	1.976	1.928	1,292	0,938	0,611	0,609

Tableau I.22: Les pressions de saturation au niveau des interfaces mure extérieure

T (°C)	17.76	17.39	14.80	9.05	8.94	6.96	6.08	5.09
$P_{Saturation}$	2,026	1,984	1,681	1,150	1,141	0,998	0,939	0,877

Tableau I.21 : Les pressions saturation au niveau des interfaces des toitures de tirasse

T (°C)	17.76	6.99	3.91
$P_{Saturation}$	2,026	1,000	0,807

Tableau I.23: Les pressions saturation au niveau des interfaces de mur en béton

I.11. Détermination des pressions partielles

$$\phi = \frac{P_v}{P_s}$$ .....(7)

- **Mur extérieure double cloison :**

$P_{vi} = \phi . P_{si}$ $\phi = 50\%$ $P_{vi} = 0,5 . 2,026$ ⇒ **$P_{vi} = 1,013$ kpa**

$P_{ve} = \phi . P_{se}$ $\phi = 80\%$ $P_{ve} = 0,8. 0,609$ ⇒ **$P_{ve} = 0,744$ kpa**

$$\pi = 2.10^{-7}\left(\frac{T^{0.81}}{P_0}\right)$$ .....(8)

Référence	Mur éxterieur	e($\boldsymbol{m}$)	π ($\boldsymbol{g/kpa.m.h}$)	$\boldsymbol{e/\pi}$ ($\boldsymbol{kpa.m^2.h/g}$)
1	Enduit plâtre	0,005	0,071	0,070
2	Enduit ciment	0,015	0,070	0,214
3	Brique creuse	0,1	0,049	2,040
4	âme d'air	0,1	0,031	3,225
5	Brique creuse	0,1	0,025	4
6	Enduit ciment	0,015	0	0
				$\sum \frac{e}{\pi} = 9.549$

Tableau I.24: Résistance de chaque couche

$$p_{vn} = p_{ve} + \left(\frac{e_n}{\pi_n}\right)\left(\frac{p_{vi} - p_{ve}}{\sum \frac{e_n}{\pi_n}}\right) \quad \text{.....(9)}$$

- $\frac{p_{v_i} - p_{ve}}{\sum \frac{en}{\pi n}} = \frac{1,013 - 0,487}{9,549} = 0,0013$ kpa
- $p_{v1} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1}\right).0,0013 = 0,993$ kpa
- $p_{v_2} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2}\right).0,0013 = 1,003$ kpa
- $p_{v_3} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3}\right).0,0013 = 0,483$ kpa
- $p_{v_4} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4}\right).0,0013 = 0,479$ kpa
- $p_{v_5} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4} + \frac{e5}{\pi 5}\right).0,0013 = 0,476$ kpa
- $p_{v_6} = p_{ve} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4} + \frac{e5}{\pi 5} + \frac{e6}{\pi 6}\right).0,0013 = 0,476$ kpa

e(m)	0,005	0,015	0,1	0,1	0,1	0,015
$P_{saturation}$	1.976	1.928	1.992	0,938	0, 611	0,595
$P_{partielle}$	0,993	1,003	0,483	0,479	0,476	0,476

Tableau I.25: Pression de saturation et pression partielle

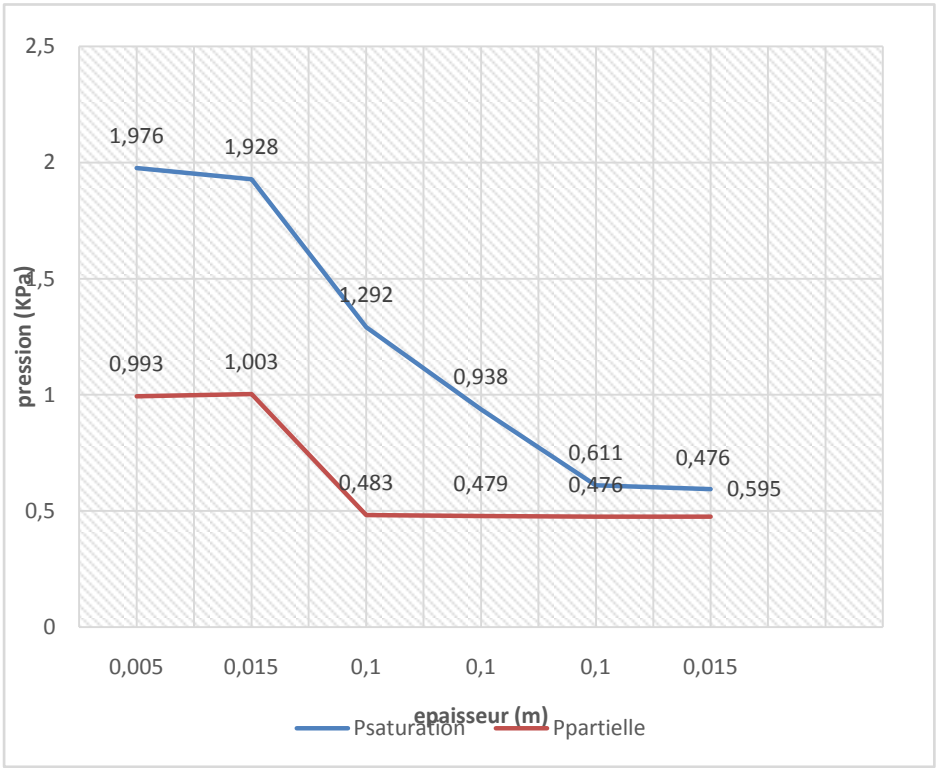


Figure I.7: Diagramme de GLASER (**Mur extérieure double cloison**)

❖ **Toiture terrasse :**

$P_{vi} = \phi . P_{si}$ $\phi = 50\%$ $P_{vi}= 0,5 . 2,026$ $\Rightarrow$ $\mathbf{P_{vi} = 1,013\ kpa}$

$P_{ve} = \phi . P_{se}$ $\phi = 80\%$ $P_{ve}= 0,8. 0,609$ $\Rightarrow$ $\mathbf{P_{ve} = 0,701\ kpa}$

Référence	Toiture	e(m)	π ($g/kpa.m.h$)	e/π ($kpa.m^2.h/g$)
1	Enduit plâtre	0.02	0,026	0,769
2	Hourdis	0.1	0,030	3,333
3	Béton	0.2	0,034	5,882
4	Chape en ciment	0.01	0,041	0,243
5	Liège	0.02	0,042	0,476
6	Carte bitumée	0.03	0,063	0,476
7	Gravillon	0.02	0,071	0,281
				$\sum\frac{e}{\pi} = 11.46$

Tableau I.26: Résistance de chaque couche

- $\frac{p_{v_i}-p_{ve}}{\sum\frac{e_n}{\pi_n}} = \frac{1,013-0,701}{11,46} = 0,027$ kpa
- $p_{v1} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1}\right).0,027 = 1,721$ kpa
- $p_{v_2} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2}\right).0,027 = 0,811$ kpa
- $p_{v_3} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3}\right).0,027 = 0,970$ kpa
- $p_{v_4} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4}\right).0,027 = 0,977$ kpa
- $p_{v_5} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4} + \frac{e5}{\pi 5}\right).0,027 = 0,989$ kpa
- $p_{v_6} = p_{ve} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4} + \frac{e5}{\pi 5} + \frac{e6}{\pi 6}\right).0,027 = 1,002$ kpa
- $p_{v_7} = p_{ve} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4} + \frac{e5}{\pi 5} + \frac{e6}{\pi 6} + \frac{e7}{\pi 7}\right).0,027 = 1,010$ kpa

e(m)	0,02	0,03	0,02	0,01	0,2	0,1	0,02
$P_{saturation}$	1,984	1,681	1,150	1,141	0.998	0,939	0,877
$P_{partielle}$	1,010	1,002	0,989	0,977	0,970	0,811	0,721

Tableau I.27: Pression de saturation et pression partielle

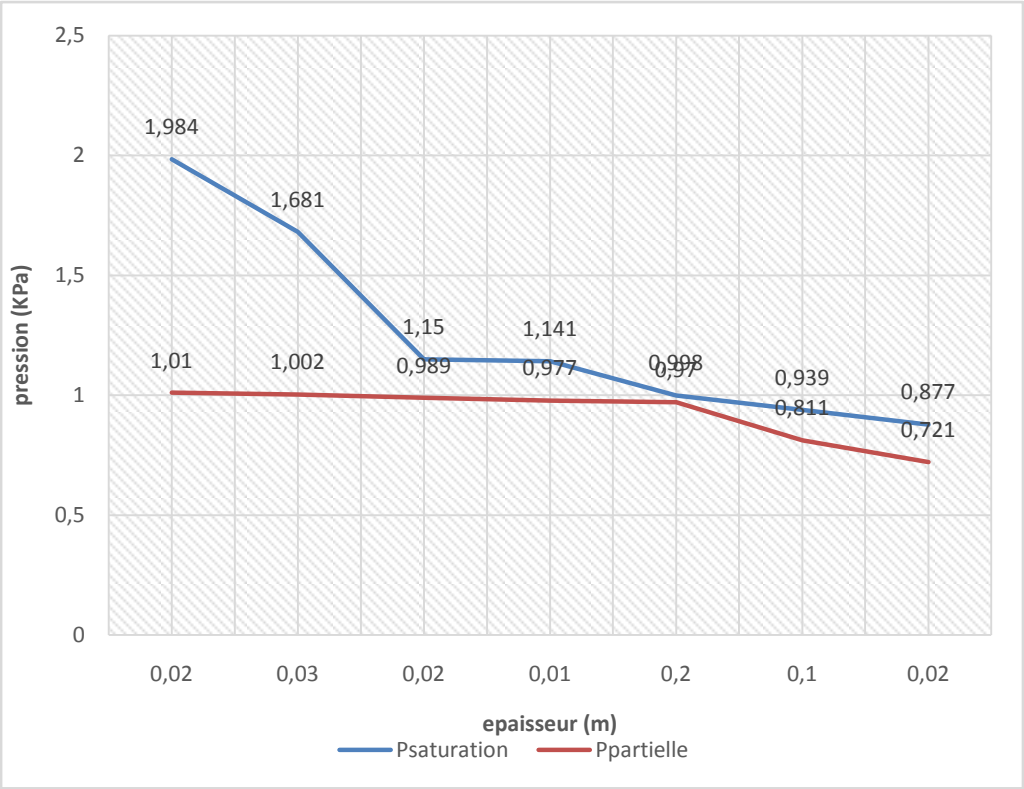


Figure I.8: Diagramme de GLASER (**Toiture terrasse**)

❖ **Mur extérieur en béton armé :**

$P_{vi} = \phi \,.\, P_{si}$ $\phi = 50\%$ $P_{vi} = 0{,}5 \,.\, 2{,}026$ $\Rightarrow$ $\mathbf{P_{vi} = 1{,}013\ kpa}$

$P_{ve} = \phi \,.\, P_{se}$ $\phi = 80\%$ $P_{ve} = 0{,}8.\ 0{,}807$ $\Rightarrow$ $\mathbf{P_{ve} = 0{,}645\ kpa}$

Référence	Toiture	e(m)	π ($g/kpa.m.h$)	e/π ($kpa.m^2.h/g$)
1	Enduit plâtre	0,2	0,065	3,076
2	Enduit en cément	0,015	0,064	0,234
3	Brique creuse	0,1	0,036	2.777
4	Enduit plâtre	0,02	0,021	2,083
5	Béton	0,15	0,034	18,75
				$\sum \frac{e}{\pi} = 26.92$

Tableau I.28: Résistance de chaque couche

- $\frac{p_{v_i} - p_{ve}}{\sum \frac{e_n}{\pi_n}} = \frac{1{,}013 - 0{,}535}{26{,}92} = 0{,}017 \text{kpa}$
- $p_{v1} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1}\right).0{,}017 = 0{,}587 \text{kpa}$
- $p_{v_2} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2}\right).0{,}017 = 0{,}591 \text{ kpa}$
- $p_{v_3} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3}\right).0{,}017 = 0{,}638 \text{ kpa}$

- $p_{v_4} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4}\right) . 0{,}017 = 0{,}673$ kpa
- $p_{v_5} = p_{v_e} + \left(\frac{e1}{\pi 1} + \frac{e2}{\pi 2} + \frac{e3}{\pi 3} + \frac{e4}{\pi 4} + \frac{e5}{\pi 5}\right) . 0{,}017 = 0{,}992$ kpa

e (m)	0,02	0,015	0,1	0,5	0,15
$P_{saturation}$	1,592	1,555	0,973	0,807	0,658
$P_{partielle}$	0,992	0,673	0.638	0,591	0,587

Tableau I.29: Pression de saturation et pression partielle

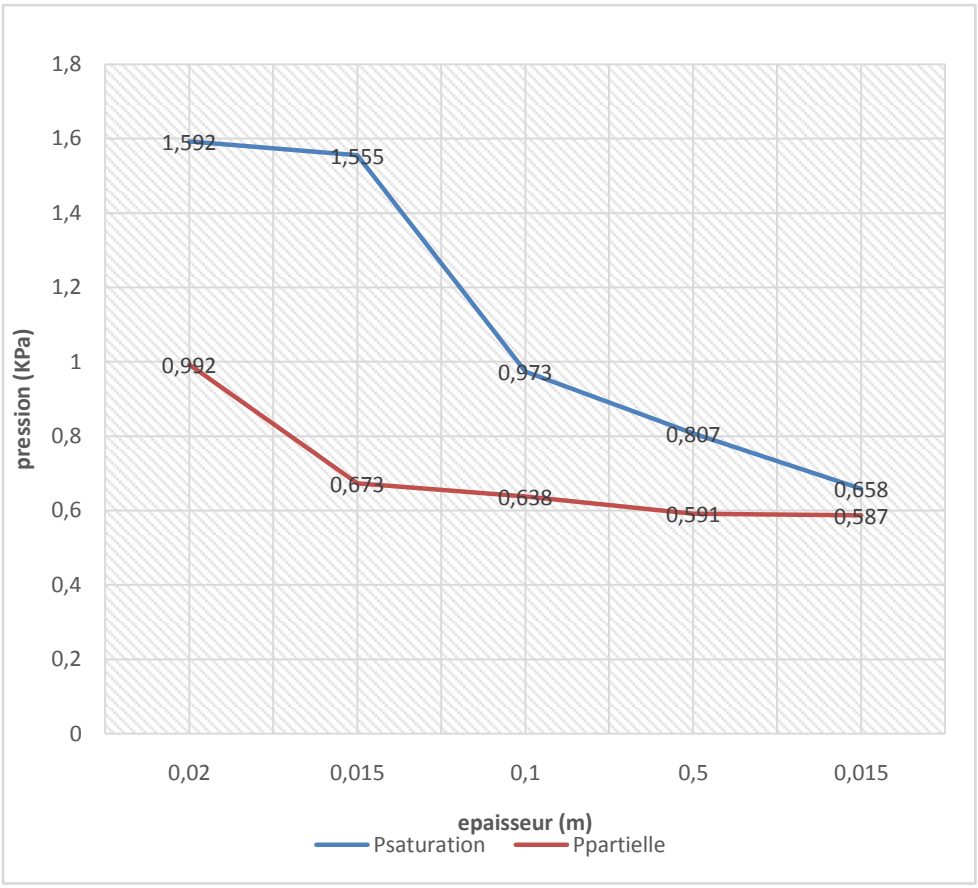


Figure I.9: Diagramme de GLASER (**Mur extérieur en béton armé**)

I.12. Conclusion

D'après le diagramme on constate que les pressions de vapeur sont toujours en dessous de la pression de saturation, ce qui signifie qu'il n'y a pas une condensation dans la masse dans les parois extérieur (double cloison, toiture, béton armé).

.

Chapitre II : Calcul bilan thermique

II.1. Introduction

Pour réaliser une installation de traitement d'air dans un local, il est nécessaire d'établir un bilan thermique qui servira de base de calcul à toute l'installation.

Le bilan permet de distinguer les apports et les déperditions thermiques pour un local, il a une influence directe sur le dimensionnement des réseaux d'apport et d'évacuation de l'air ; il est donc nécessaire de connaître avec précision les facteurs qui auront une influence sur lui avant de l'établir.

On en distingue trois facteurs :

- **Facteur géométrique :** tel que les dimensions du local (superficie, volume).
- **Facteur géographique :** tel que la latitude, l'orientation du local et l'altitude.
- **Facteur thermique :**

— Dû aux occupants : leur nombre, leur activité et durée de l'occupation
— Eclairage : puissance et type d'éclairage.
— Machine : moteur, ménagères,...
— Matériaux de construction.

II.2. Objet de DTR

Le document technique règlement (DTR) a pour objet fixé :

Pour l'été :

- Détermination des apports calorifiques des bâtiments.
- Vérification de la conformité à la DTR des bâtiments Les machines à mouvement circulaire continu: soit de la pièce (tour), soit de l'outil (fraiseuse, perceuse, aléseuse).

II.3. Domaine d'application

- Les méthodes de détermination des apports calorifiques du DTR s'appliquent aux locaux :
- à usage d'habitation.
- d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salle de repos,).
- à usage de bureaux.
- Enseignement (classes, salles d'études, …),
- Salle réunion,
- Point de vente (boutique,),
- D'accueil (bibliothèques,),
- Salle restauration (café,),

- Usage artisanal (salon de coiffure,).

II.4. Méthode de calcul du bilan thermique en période estivale [1]

II.4.1. Calcul des apports thermique (Annexe A)

Les apports calorifiques (appelés aussi gains) d'un local sont égaux a 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.

II.4.2. Principe et méthode de calcul des apports thermiques

Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

- Définition des zones (ou volumes) thermiques,
- Détermination de l'intervalle de temps critique,
- Calcul Les apports calorifiques pour chaque volume thermique,
- Calcul la puissance frigorifique.

Remarque : Les calculs doivent être menés pour le mois de **juillet.**

II.4.3. Apports calorifiques pour chaque volume thermique

Les apports calorifiques sensibles As et latents Al sont donnés par :

AS = APO(t) + AV(t) + AIS + AINFS(t) (W)……...(II.1)

Al= AIl + AINFl (t) (W)…… (II.2)

Où :

- APO (t) : apports par les parois opaques (W).
- AV (t) : apports à travers les parois vitrées (W).
- AIs et AIl : parties sensibles et latentes des apports internes (W).
- AINF(t)s et AINF(t)l : parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air (W).

II.4.4. Apports à travers les parois opaques

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

APO(t) = APO(t)ext + APO(t)int + APOsol……(II.3)

- APO (t)ext : apports par les parois extérieur (W).
- APO (t)int : apports par les parois intérieur (W).
- APOsol : apports par les parois en contact avec le sol (W).

Bilan estivale : Exemple de calcule (RCD)

Les apports calorifiques sensibles As et les latents Al :

As = APO (t) +AV(t) + Ais + AINFs……(II.4)

AI= Ail + AINFl……..(II.5)

Apports à travers les parois opaques :

APO(t) =1.2 × Kete× Sint × Δte(t)[W] ……..(II.6)

$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C\Delta te + \frac{\alpha}{0.9} \times [(\Delta tem(t) - \Delta tes(t))] \times \frac{I_t,b}{I_t,b(40)}$ [°C] ……..(II.7)

Application de calcule à norme de **DTR (C3.2 et 3.4)**

Exemple de calcule Bureau Directeur (R1 02) :

- Mur (Sud oust) :

Donc : $M_{surf} = 300\ kg/m^2$

- α= 0.5 tableau 10.4
- Δtes(t) :08 :00 h à 16 :00 h la paroi est à l'ombre tableau 10.1
- CΔte: Δtsmax = TSb, e - TSb, I = 36-24 = 12
- 08 :00 h à 16 :00 h facteur de correction tableau 10.3
- Δtem(t) :08 :00 h à 16 :00 h la paroi est à l'ombre tableau 10.1
- It, b : Latitude 35.88° donc par interpolation entre 40° et 30° égale 361.45 tableau 9.4
- It, b (40) (Nord) :394 tableaux 9.4

Donc :

- $\Delta te\ (8) = 0 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(-2.2-(0))] \times \frac{361.45}{394} = 0.68$ (°C)
- $\Delta te\ (9) = 0 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(-1.7-(0))] \times \frac{361.45}{394} = 0.94$ (°C)
- $\Delta te\ (10) = 0 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(-1.1-(0))] \times \frac{361.45}{394} = 1.24$ (°C)
- $\Delta te\ (11) = 0.5 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(-0.5-(0.5))] \times \frac{361.45}{394} = 1.79$ (°C)
- $\Delta te\ (12) = 1.1 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(0-1.1)] \times \frac{361.45}{394} = 2.34$ (°C)
- $\Delta te\ (13) = 4.4 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(1.7-4.4)] \times \frac{361.45}{394} = 4.83$ (°C)
- $\Delta te\ (14) = 6.7 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(3.3-6.7)] \times \frac{361.45}{394} = 6.78$ (°C)
- $\Delta te\ (15) = 13.3 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(4.4-13.3)] \times \frac{361.45}{394} = 10.6$ (°C)
- $\Delta te\ (16) = 17.8 + 1.8 + \frac{0.5}{0.9} \times [(5.5-17.8)] \times \frac{361.45}{394} = 13.39$ (°C)
- Après les calculs $\boldsymbol{\Delta te(t)\ max} = \boldsymbol{\Delta te}$So(16) =13.39(°C)
- $\boldsymbol{\Delta te(t)\ max} = \boldsymbol{\Delta te}$ se (14) =10.35 (°C)

La différence de température équivalente Δte(t) peut être positive (apports dans le local considéré), ou négative (déperditions). Dans le cas où la différence de température équivalente est négative, on n'en tiendra pas compte dans les calculs

APO(t)= 1.2 × Kete × Sint × Δte(t) (W).....(II.8)

En applique la calcule par exemple à la locaux R1 02 **SO** et **SE**

- Kété= 1.33
- Sint mur de double cloison SE= (3.74×3.7) -(1.8*1.8) = 10.6m²
- Sint Mur SO= (4.8×3.74) =17.95m²

Donc :

- APOSE (16) =1.2×1.33×10.6×10.35 = 175.09 (W)
- APOSO (14) =1.2×1.33×17.95×13.4 =383.88 (W)

Parois en contact avec le sol :

- APO = Kété × Sint × (TSm-TSi.b) Tableau (10.10)
- TSm-TSi.b= 29-24 = 5 °C
- APO = 1.82 ×16.03 × 5 = 145.87 W
- APO = Kété × Sint × ΔtInc(t)
- ΔtInc(t) = [(TSe(t) - Cinc) - TSb, i] Tableau (10.11)

Exemple R1 05

Contacte non conditionner avec escaler

- S=4.06*3.74=15.18m²
- ΔtInc (16) = [(36 – (5.33)) - 24] =6.67 °C
- APO = Kété × Sint ×ΔtInc(t)
- APO = 2.18 ×15.18×6.67= 220.72 W

II.5. Apports à travers les parois vitrées

AV (t) = AVT (t) + AVE (t).....(II.9)

Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées [2]

AVT (t) = 1.2×Kété × Souv × (TSe(t)-TSbi) (W).....(II.10)

TSbi = TSe - (CTS ×Eb) Tableau 9.2

- TSe(8)= 36-(0.77×15) = 24.45 °C
- TSe(9)= 36-(0.63×15) = 26.55 °C
- TSe(10)= 36-(0.48×15) = 28.8 °C
- TSe(11)= 36-(0.35×15) = 30.75 °C
- TSe(12)= 36-(0.21×15) = 32.85 °C

- TSe(13)= 36-(0.067×15) = 34.995 °C
- TSe(14)= 36-(0×15) = 36 °C
- TSe(15)= 36-(0×15) = 36 °C
- TSe (16)= 36-(0×15) = 36 °C

Souv = (1.8*1.8) -(0.1*1.8*4) =2.52 m^2

Kété= 5,8(En métal un seul vitrage)

AVT = 1.2×5,8×2.52× (36-24) =210,47 W

AVE (t)= (SVens× It + (SV - SVens)× Id)× FS × NPVI (t) (W).....(II.11)

NPVI=on va obtenir le coefficient d'amortissement pour (12) heures de fonctionnement de l'installation.

Npvi (se) (10) = 0.75

FS=0.98 (vitrage double DTR)

(Sud-est) SE :

It = [C_{cadre}×C_{limp}× C_{alt}×C_{ros}]×It, b (W/m^2).....(II.12)

Id = [C_{cadre}×C_{limp}× C_{alt}×C_{ros}]×Id, b (W/m^2).....(II.13)

- It= [1 ×0.92×1.018 × 1.062]×361.45 = 359.5 [W/m^2]
- Id= [1 × 0.92 × 1.018 × 1.062]×394 = 391.88 [W/m^2]
- SV= (1.8*1.8) = 3.24 m^2
- **an(SE)**= -45°, $\delta = 23.45 * \sin\left(\frac{360*(284+202)}{365}\right)$ =20.44°, ^{w} = 15(12-12) =0, $\phi = 90.12°$,
- $\sin(h) = \sin\delta.\sin Q + \cos\delta.\cos Q.\cos w$

Donc : $h = 73.73°$

- $\beta = a - an = 45°$, $sina = \frac{\cos\delta \sin w}{\cosh} = 0°$, $Q = 35.88°$, h =73.73°
- R=0.15 m
- L_0=$R\tan\beta$ =0.15 tan(45) =0.15 m
- H_0=$\frac{R\tan h}{\cos\beta} = \frac{0.15\tan(73.73)}{\cos(45)}$ =0.72 m
- SVens=(L-L_0)(H-H_0) = (1.8-0.15) × (1.8-0.72) = 1,78m^2
- Somb= (SV – S_{vens}) = (3.24-1.78) = 1.46m^2

Donc :

AVE (12) = (SVens × It + (SV - SVens)× Id)× FS × NPVI (12)(W)

- AVE (12) =(1.78×359.5+ (3.24 -1.78)×391.88)×0.98×0.75 = 890.86 W
- AV=AVE + AVt=890.86+1.81=892.67 W

II.6. Apports internes

AI(t) = AIs(t) + AIl(t).....**(II.14)**

AI(t) = $\sum j$ $(CSj \times AIS, j \times NAl, j) + \sum (CSj \times AIl, j)$(W)

II.6.1. Apports dus aux occupants

Exemple en locaux (R1 05) :

Cs = 0.8 $NAl, j = 0.96$

Donne ce bureaux (R1 05) il Ya 6 place donc égale 6 occupants

- AIs(t)= $\sum(CS \times AIS \times NAl) = 0.8 \times 6 \times 0.96 * 71 \Rightarrow$AIs(t) =327.16 w
- AIl(t)= $\sum (CSj \times AIl, j) = 0.8 \times 6 \times 60 \Rightarrow$AIl(t) = 288 w
- AI(t) = (276.48+340.8) = 615.168w

II.6.2. Apports dus machines électriques

- Micro-ordinateur (écran compris) =450 w
- Imprimante à jet d'encre =52 w

II.6.3. Apports dus l'éclairage

AI = $\sum$ (Wn × Cme × Ccr).....**(II.15)**

Lampes fluorescentes Tableau 12.10

Wn = 20.93×16 = 334.88 w

AI = [334.88×1.25×1] = 418.6 w

AI total = (615.168+450+52+418.6) = 1535.768 W

II.6.4. Apports de chaleur par introduction d'air extérieur

Exemple R1 05

ARENS = 0.32 × qvan × (TSe (t) – TSbi).....**(II.16)**

- Vh de R1 05 = 78.27 m^3
- Qvan = 0.6 × Vh = 0.6 ∗ 78.27 = 46.96 m^3/h
- ARENS = 0.32 × 46.96 × (36 – 24) = 180.32 w

II.7. Apports des infiltrations (AINFl)

AINFs(t) = 0,320×Qvinf× (TSe (t) − TSb, i)(W)..... **(II.17)**

AINF1 = 0,797× Qvinf × Max. [(HSb, − HSb, i), 0] (W).....**(II.18)**

- Qvinf = $\sum$ (Qvo inf, i× Souv, i)
- Fenêtre : sove = 2.52 m^2
- Qvo inf, I = 8.7 [m2/h. m^2]
- Qvo_{inf} Vent oblique par rapport à l'ouvrant (en m3/h.m^2 d'ouverture)

- $Qvo_{inf,i}$ (en $m3/h.m^2$) désigne le débit d'infiltration correspondant à l'ouvrant i considéré
- $Qvinf = (2.52 * 8.7) = 21.92\ (m^3/h.m^2)$
- $AINFs(t) = 0{,}320 \times 21.92 \times 12 = 84.17$ w
- ARENl et AINF1 = 0 par ce que. Max. [(HSb, e − HSb, i), 0] et $[(HSb, e - HSb, i) = (40 - 45) = -5$

Type De Parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$ (36,26°) [W/m²]	$I_{t,b}$ (40°) [W/m²]	ΔTe(t) [°C]	K [W/m² °C]	Coef	S [m²]	APO [W]
Mur Sud Oust	8	0	-2.2	1.8	0,5	361.45	394	0.68	1.33	1.2	13.4	14.53
	9	0	-1.7					0.94				20.1
	10	0	-1.1					1.24				26.5
	11	0.5	-0.5					1.79				38.28
	12	1.1	0					2.34				38.04
	13	4.4	1.7					4.83				103.29
	14	6.7	3.3					6.78				144.99
	15	13.3	4.4					10.60				226.692
	16	17.8	5.5					13.39				286.35

Tableau (II.1): Les apports à travers les parois opaques extérieurs (double cloison) locaux **R101**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$(36,26°) [W/m²]	$I_{t,b}$(40°) [W/m²]	ΔTe(t) [°C]	K [W/m²°C]	Coef	S [m²]	APO [W]
Mur Nord Oust	8	-2.2	-2.2	1.8	0,5	405.35	400	-0.4	1.33	1.2	10.6	-6.75
	9	-1.7	-1.7					0.1				1.68
	10	-1.1	-1.1					0.7				11.83
	11	0	-0.5					1.52				25.7
	12	1.1	0					2.28				38.56
	13	3.3	1.7					4.2				71.05
	14	4.4	3.3					5.58				94.39
	15	5.5	4.4					6.68				113.02
	16	6.7	5.5					7.83				132.45

Tableau (II.2): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 01**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}(36,26°)$ [W/m²]	$I_{t,b}(40°)$ [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	Coef	S [m²]	APO [W]
Mur Sud Oust	8	0	-2.2	1.8	0,5	361.45	394	0.68	1.72	1.2	16.76	23.52
	9	0	-1.7					0.94				32.5
	10	0	-1.1					1.24				42.88
	11	0.5	-0.5					1.79				61.92
	12	1.1	0					2.34				80.94
	13	4.4	1.7					4.83				167.07
	14	6.7	3.3					6.78				234.52
	15	13.3	4.4					10.60				366.67
	16	17.8	5.5					13.39				463.18

Tableau (II.3): Les apports à travers les parois opaques extérieurs (béton armé) locaux **R1 01**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}(36,26°)$ [W/m²]	$I_{t,b}(40°)$ [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	Coef	S [m²]	APO [W]
Mur Sud Oust	8	0	-2.2	1.8	0,5	361.45	394	0.68	1.33	1.2	17.95	19.47
	9	0	-1.7					0.94				26.92
	10	0	-1.1					1.24				35.52
	11	0.5	-0.5					1.79				51.27
	12	1.1	0					2.34				67.03
	13	4.4	1.7					4.83				138.36
	14	6.7	3.3					6.78				194.23
	15	13.3	4.4					10.60				303.66
	16	17.8	5.5					13.39				383.59

Tableau (II.4): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 01**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}(36,26°)$ [W/m²]	$I_{t,b}(40°)$ [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	Coef	S [m²]	APO [W]
Mur Sud Este	8	0	-2.2	1.8	0,5	361.45	394	0.68	1.33	1.2	10.6	1.44
	9	7.2	-1.7					4.5				9.55
	10	11.1	-1.1					6.74				14.3
	11	13.3	-0.5					8.13				17.25
	12	15.6	0					9.52				20.19
	13	14.4	1.7					9.79				20.77
	14	13.9	3.3					10.35				21.96
	15	11.7	4.4					9.81				20.82
	16	10	5.5					9.52				20.19

Tableau (II.5): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 02**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}(36,26°)$ [W/m²]	$I_{t,b}(40°)$ [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	S [m²]	Coef	APO [W]
Mur Sud Este	8	0	-2.2	1.8	0,5	361.45	394	0.68	1.33	12.66	1.2	13.72
	9	7.2	-1.7					4.5				90.92
	10	11.1	-1.1					6.74				136.17
	11	13.3	-0.5					8.13				164.26
	12	15.6	0					9.52				192.34
	13	14.4	1.7					9.79				197.80
	14	13.9	3.3					10.35				209.12
	15	11.7	4.4					9.81				198.20
	16	10	5.5					9.52				192.34

Tableau (II.6): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 03**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$ (36,26°) [W/m²]	$I_{t,b}$ (40°) [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	Coef	s [m²]	APO [W]
Mur Nord	8	-2.2	-2.2	1.8	0,5	48.23	47	-0.4	1.33	1.2	18.17	-11.59
	9	-1.7	-1.7					0.1				2.89
	10	-1.1	-1.1					0.7				20.91
	11	-0.5	-0.5					1.3				37.69
	12	0	0					1.8				52.2
	13	1.7	1.7					3.5				101.49
	14	3.3	3.3					5.1				147.88
	15	4.4	4.4					6.2				179.78
	16	5.5	5.5					**7.3**				211.69

Tableau (II.7): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 04**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$ (36,26°) [W/m²]	$I_{t,b}$ (40°) [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	S [m²]	coef	APO [W]
Mur Sud Este	8	0	-2.2	1.8	0,5	361.45	394	0.68	1.33	6.67	1.2	7.23
	9	7.2	-1.7					4.5				47.89
	10	11.1	-1.1					6.74				71.74
	11	13.3	-0.5					8.13				86.54
	12	15.6	0					9.52				101.34
	13	14.4	1.7					9.79				104.2
	14	13.9	3.3					10.35				110.17
	15	11.7	4.4					9.81				104.42
	16	10	5.5					9.52				101.34

Tableau (II.8): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 05**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$ (36,26°) [W/m²]	$I_{t,b}$ (40°) [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	S [m²]	coef	APO [W]
Mur Nord Este	8	0	-2.2	1.8	0,5	361.45	394	0.68	1.33	13.13	1.2	14.24
	9	7.2	-1.7					4.5				94.29
	10	11.1	-1.1					6.74				141.23
	11	13.3	-0.5					8.13				170.36
	12	15.6	0					9.52				199.48
	13	14.4	1.7					9.79				205.15
	14	13.9	3.3					10.35				216.88
	15	11.7	4.4					9.81				205.57
	16	10	5.5					9.52				199.48

Tableau (II.9): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 06**

Type de parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$ (36,26°) [W/m²]	$I_{t,b}$ (40°) [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	S [m²]	coef	APO [W]
Mur Oust	8	0	-2.2	1.8	0,5	516	516	0.59	1.33	7.32	1.2	6.88
	9	0	-1.7					0.85				2.72
	10	0	-1.1					1.19				13.89
	11	1.1	-0.5					2.02				23.59
	12	2.2	0					2.79				32.55
	13	3.9	1.7					4.49				52.45
	14	5.5	3.3					6.09				71.13
	15	10.6	4.4					8.99				105.02
	16	14.4	5.5					11.30				132.01

Tableau (II.10): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 07**

Type De Parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$(35.88°) [W/m²]	$I_{t,b}$(40°) [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m²°C]	S [m²]	coef	APO [W]
Mur Nord Este	8	-1.1	-2.2	1.8	0,5	405.35	400	0.09	1.33	10.3	1.2	1.47
	9	2.8	-1.7					2.11				34.68
	10	13.3	-1.1					7.13				117.2
	11	12.2	-0.5					6.97				114.57
	12	11.1	0					6.75				110.95
	13	8.3	1.7					6.44				105.86
	14	5.5	3.3					6.08				99.93
	15	6.1	4.4					6.95				114.24
	16	6.7	5.5					7.83				128.71

Tableau (II.11): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 08**

Type De Parois	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	A	$I_{t,b}$ (36,26°) [W/m²]	$I_{t,b}$ (40°) [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m² °C]	S [m²]	Coef	APO [W]
Mur Nord Oust	8	-2.2	-2.2	1.8	0,5	405.35	400	-0.4	1.33	10.97	1.2	-6.99
	9	-1.7	-1.7					0.1				1.74
	10	-1.1	-1.1					0.7				12.25
	11	0	-0.5					1.52				26.6
	12	1.1	0					2.28				39.91
	13	3.3	1.7					4.2				73.52
	14	4.4	3.3					5.58				97.69
	15	5.5	4.4					6.68				116.95
	16	6.7	5.5					7.83				137.08

Tableau (II.12): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 09**

Type De Paroi	Heure [h]	ΔT_{es} [°C]	ΔT_{em} [°C]	$C_{\Delta Te}$ [°C]	α	$I_{t,b}$ (35.88°) [W/m²]	$I_{t,b}$(40°) [W/m²]	$\Delta Te(t)$ [°C]	K [W/m² °C]	S [m²]	Coef	APO [W]
Mur Nord Este	8	-1.1	-2.2	1.8	0,5	405.35	400	0.09	1.33	13.31	1.2	1.9
	9	2.8	-1.7					2.11				44.82
	10	13.3	-1.1					7.13				151.45
	11	12.2	-0.5					6.97				148.05
	12	11.1	0					6.75				143.38
	13	8.3	1.7					6.44				136.8
	14	5.5	3.3					6.08				129.14
	15	6.1	4.4					6.95				147.63
	16	6.7	5.5					7.83				166.32

Tableau (II.13): Les apports à travers les parois opaques extérieurs locaux **R1 10**

Remarque : le calcul des déférents apports thermiques de notre projet (RDC, 1ère étage et 2éme étage) est résumés dans les tableaux suivants.

- **RDC :**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	1129.1
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	1706.47
Apports internes AI(t) (W)	2081.12
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	234.29
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	176.35
Σ AP(t) (W)	**5150.98**

Tableau (II.14): Les apports à locaux **R1 01**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	551.42
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	892.67
Apports internes AI(t) (W)	1067.12
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	138.12
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84.18
Σ AP(t) (W)	**2533.51**

Tableau (II.15): Les apports à locaux **R1 02**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	334.7
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	991.54
Apports internes AI(t) (W)	1340.08
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	118.9
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	92.16
Σ AP(t) (W)	**2677.38**

Tableau (II.16): Les apports à locaux **R1 03**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	497.43
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	857.06
Apports internes AI(t) (W)	4131.68
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	270.55
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	137.64
Σ AP(t) (W)	**4694.36**

Tableau (II.17): Les apports à locaux **R1 04**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	521.42
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	892.67
Apports internes AI(t) (W)	1535.768
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	180.33
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84.18
Σ AP(t) (W)	**3014.368**

Tableau (II.18): Les apports à locaux **R1 05**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	650.26
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	296.61
Apports internes AI(t) (W)	515.52
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	111.39
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	24.05
Σ AP(t) (W)	1597.83

Tableau (II.19): Les apports à locaux **R1 06**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	203.08
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	1269.5
Apports internes AI(t) (W)	330.72
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	67.27
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84.64
Σ AP(t) (W)	**1955.21**

Tableau (II. 20): Les apports à locaux **R1 07**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	255.2
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	366.09
Apports internes AI(t) (W)	531.04
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	119.76
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	34.74
Σ AP(t) (W)	**1306.83**

Tableau (II. 21): Les apports à locaux **R1 08**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	415.33
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	745.49
Apports internes AI(t) (W)	505.44
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	105.98
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84.64
Σ AP(t) (W)	**1856.88**

Tableau (II.22): Les apports à locaux **R1 09**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	921.19
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	775.04
Apports internes AI(t) (W)	1726.4
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	375.69
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	1336.32
Σ AP(t) (W)	**5134.64**

Tableau (II.23): Les apports à locaux **R1 10**

- **1ère étage :**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	580,77
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	1268
Apports internes AI(t) (W)	16703,44
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	212,06
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	134,95
Σ AP(t) (W)	**18899,22**

Tableau (II.24): Les apports à locaux **E1 01**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	334,84
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	1356,94
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**1691,78**

Tableau (II.25): Les apports à locaux **E1 02**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	858,57
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	1612,32
Apports internes AI(t) (W)	3576,68
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	259,97
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	134,95
Σ AP(t) (W)	6442,49

Tableau (II.26): Les apports à locaux **E1 03**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	301,4
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	8510,6
Apports internes AI(t) (W)	4354,93
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**13166,93**

Tableau (II.27): Les apports à locaux **E1 04**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	/
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	368,21
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**368,21**

Tableau (II.28): Les apports à locaux **E1 05**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	/
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	447,66
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	447,66

Tableau (II.29): Les apports à locaux **E1 06**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	193,67
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	892,67
Apports internes AI(t) (W)	11530,19
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	181,90
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84,17
Σ AP(t) (W)	**12882,6**

Tableau (II.30): Les apports à locaux **E1 07**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	277,04
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	892,67
Apports internes AI(t) (W)	1530,19
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	178,37
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84,17
Σ AP(t) (W)	**2962,44**

Tableau (II.31): Les apports à locaux **E1 08**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	/
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	1222,38
Apports internes AI(t) (W)	2183,69
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**3406,07**

Tableau (II.32): Les apports à locaux **E1 09**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	/
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	6614,94
Apports internes AI(t) (W)	931,24
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**7546,18**

Tableau (II.33): Les apports à locaux **E1 10**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	302,32
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	1703,44
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	2005,76

Tableau (II.34): Les apports à locaux **E1 11**

Type de Les Apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	471,37
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	371,14
Apports internes AI(t) (W)	368,21
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	91,51
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	24,05
Σ AP(t) (W)	1326,28

Tableau (II.35): Les apports à locaux **E1 12**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	/
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	6252,12
Apports internes AI(t) (W)	717,2
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**6969,32**

Tableau (II.36): Les apports à locaux **E1 13**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	629,25
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	5887,68
Apports internes AI(t) (W)	1330,71
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**7847,64**

Tableau (II.37): Les apports à locaux **E1 14**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	198,67
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	463,25
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	661,92

Tableau (II.38): Les apports à locaux **E1 15**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	532,98
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	892,67
Apports internes AI(t) (W)	463,25
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	91,51
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84,17
Σ AP(t) (W)	**2064,58**

Tableau (II. 39): Les apports à locaux **E1 16**

- **2ème étage :**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	564,09
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	890,86
Apports internes AI(t) (W)	4930,19
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	151,39
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84,14
Σ AP(t) (W)	**6620,67**

Tableau (II. 40): Les apports à locaux **E2 01**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	302,26
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	5165,96
Apports internes AI(t) (W)	3930,19
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**9398,41**

Tableau (II. 41): Les apports à locaux **E2 02**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	/
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	5606,89
Apports internes AI(t) (W)	9530,19
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**15137,08**

Tableau (II. 42): Les apports à locaux **E2 03**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	/
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	5552,25
Apports internes AI(t) (W)	1330,71
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**6882,96**

Tableau (II. 43): Les apports à locaux **E2 04**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	233,8
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	1530,19
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**1763,99**

Tableau (II. 44): Les apports à locaux **E2 05**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	558,28
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	311,01
Apports internes AI(t) (W)	815,88
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	91,51
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	24,05
Σ AP(t) (W)	**1800,73**

Tableau (II. 45): Les apports à locaux **E2 06**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	772,38
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	890,86
Apports internes AI(t) (W)	828,71
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	178,37
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84,17
Σ AP(t) (W)	2754,49

Tableau (II. 46): Les apports à locaux **E2 07**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	292,16
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	615,86
Apports internes AI(t) (W)	1416,94
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**2324,96**

Tableau (II. 47): Les apports à locaux **E2 08**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	419,99
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	931,24
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**1351,23**

Tableau (II. 48): Les apports à locaux **E2 09**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	570,08
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	890,86
Apports internes AI(t) (W)	1530,19
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	183,02
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	84,17
Σ AP(t) (W)	**3258,32**

Tableau (II. 49): Les apports à locaux **E2 10**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	1305,63
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	1609,43
Apports internes AI(t) (W)	4001,68
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	259,37
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	134,95
Σ AP(t) (W)	**7311,06**

Tableau (II. 50): Les apports à locaux **E2 11**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	1100,89
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	1265,65
Apports internes AI(t) (W)	5123,44
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	211,97
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	134,95
Σ AP(t) (W)	**7835,9**

Tableau (II. 51): Les apports à locaux **E2 12**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	678,62
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	6948,5
Apports internes AI(t) (W)	10363,18
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**17990,3**

Tableau (II. 52): Les apports à locaux **E2 13**

Type des apports	A (W)
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)	324,61
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)	/
Apports internes AI(t) (W)	582,05
Apports dus au renouvellement de l'air ARENs (t) (W)	/
Apports dus aux infiltrations d'air AINFs(t) (W)	/
Σ AP(t) (W)	**906,66**

Tableau (II. 53): Les apports à locaux **E2 14**

Les apports totaux	**A (KW)**
RDC	29,922
E1	88,689
E2	85,336
Total	**203,947**

Tableau (II. 54): Les apports totaux

Remarque : Dans le cadre de ce projet, seuls les apports thermiques en période estivale ont été pris en compte. Cette démarche se justifie par le fait que les puissances à évacuer en été (liées aux apports solaires, internes et aux renouvellements d'air) sont significativement supérieures aux besoins de chauffage en hiver. Par conséquent, le dimensionnement de l'installation de conditionnement d'air sera effectué sur la base des charges maximales rencontrées en période estivale, ce qui permet de garantir le confort thermique tout au long de l'année.

Chapitre III: Choix du système de climatisation

III.1. Introduction

La notion de conforts est de nos jours associés à la climatisation, le coût des installations et le coût de leur consommation obligent les climatiseurs à travailler avec méthode et sagesse afin de satisfaire leurs clientèles en concevant et en réalisant des équipements acceptables.

III.2. Définition de la climatisation

La climatisation est le contrôle simultané de la température et l'humidité relative. Le déplacement de la quantité de l'air dans un espace donné.

Le confort et le bien-être sont les résultats des commodités dont on dispose et c'est cela qu'aspire chaque être humain pour mener à bien son existence et le conditionnement d'air en est la clé de fonte pour une bonne ambiance ; et son aptitude a exercer une activité donnée, qu'elle soit physique supérieure en froid industriel et conditionnement d'air ; est d'arriver de faire une étude soit sur une chambre froide ou soit une salle a climatisé et aussi d'arriver de faire le dépannage et le montage.

III.3. Rôle de la climatisation

La climatisation d'une enceinte consiste à modifier et à maintenir constant la température de l'air, son humidité et son mouvement de circulation en fonction de variations des conditions de l'air extérieur.

Et aussi le maintien d'un équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est une exigence de santé et de confort c'est à dire de bien être, la zone d'équilibre dans lequel ce confort est maintenu est étroite et dépend de nombreux paramètres :

III.3.1. Paramètres personnels

- Activité.
- Résistance au climat.
- Vêtement.

III.3.2. Paramètres environnementales

- Température de l'air.
- Hygrométrie.
- Rayonnement.
- Mouvement

Le corps produit de la chaleur par la combustion interne des aliments consommés c'est ce qu'on appelle métabolisme de l'homme, une faible part de l'énergie crée sert aux mouvements, le reste est évacuée sous forme de chaleur par convection et rayonnement il est également évacuée par la transpiration et la respiration.

Les principales évolutions technologiques se porteront sur les points suivants :

- L'augmentation du rendement des matériels de production frigorifique.
- L'amélioration des échangeurs.
- La réduction de la taille, du poids des consommations et du bruit des matériels intégrés.

III.3.3. Climatisation industrielle

Elle doit surtout répondre aux exigences d'opérations (fabrication, manipulation, conservation), de produits divers, opérations pour lesquels certaines conditions de température et d'humidité relative bien déterminées sont indispensables citons par exemple :

- Fabrication : produits de laboratoire
- Manutention : emballage de chocolat et de confiserie.
- Conservation : produits chimique.

III.3.4. Climatisation de confort pour les locaux d'habitation

Elle a pour but de rendre confortable tout en restant hygiénique l'atmosphère des locaux d'habitation, magasins, salle de spectacle, restaurants, lieu de travail….etc.

Ce confort est obtenu par la combinaison correcte de la température de l'air du local et de son humidité relative et de son déplacement.

On peut limiter la zone de confort qui s'étend de 30°C avec 30% d'humidité relative à 20°C avec 70% d'humidité relative que le plus grand nombre de personne trouveront l'atmosphère idéale, la vitesse de l'air étant inférieur à 0,15m/s.

III.4. Différents systèmes de climatisation

On distingue trois (03) types de système :

III.4.1. Système centralisé

L'air est traité dans une centrale puis distribuer vers les locaux par un réseau de gaines liant la centrale à un ensemble de bouches de soufflage, se trouvent à l'intérieur des locaux climatisé.

Au niveau de traitement de l'air on distingue :

- Réchauffage

- Refroidissement + déshumidification ou bien refroidissement seulement.
- Humidification
- Le chauffage

La circulation de l'air ainsi traité est assure par un ventilateur de soufflage. Une partie de l'air ambiant s'échappe sur pression vers l'extérieur, le reste est reprit pour être divisé en deux parties, une a recyclée et l'autre a rejetée et le cycle recommence.

III.4.1.1. Avantages du système

- Dans le cas des grands locaux ce système est économique.
- Système très esthétique.
- Système très acoustique.
- Localisation du fluide chaud et froid.
- Régulation locale.

III.4.1.2. Inconvénient du système

Si la centrale tombe en panne tous les locaux seront privés de confort et ceci à cause de la régulation locale au niveau de la centrale.

III.4.2. Système semi centralisé

Le but de ce système est la régulation indépendante en conservant les avantages de la centralisation.

La centrale assure l'alimentation des appareils terminaux en air neuf, la ventilation est assurée par ces derniers, et la distribution d'air se fait avec une grande vitesse.

En générale la quantité d'air est relativement faible donc les dimensions de gaines sont petites par rapport au système centralisé.

Les appareils terminaux sont :

- Les ventilo-Convecteurs.
- Ejecta-Convecteurs.

III.4.3. Système décentralisé

Chaque local est équipé d'un climatiseur entièrement autonome, les armoires de climatisation, les split système, et les climatiseurs type WINDOWS.

- Ces systèmes sont utilisés sans calcul, sauf les armoires.
- Ce système n'est pas économique.

III.5. Système à eau glacée

Le système dit à « Eau glacée » est un mode de production de froid qui utilise l'eau pour diffuser le froid vers les unités intérieures depuis un groupe frigorifique. Son utilisation concerne plus particulièrement les grandes installations où les systèmes en Détente directe de type DRV trouvent leurs limites. L'avantage de l'eau glacée est que le fluide frigoporteur (l'eau) est sans danger et facile à manipuler contrairement aux fluides frigorigènes d'une installation de climatisation DRV.

III.5.1. Différents types de système à « Eau glacée »

Il en existe également différents types :

III.5.1.1. Ventilo-convecteur : Cet appareil est une de climatisation ou de chauffage destinée à souffler de l'air dans une pièce afin d'apporter la quantité nécessaire en calories ou frigories. Il pulse l'air au moyen d'un ventilateur et le réchauffe ou le rafraichi au travers de batteries thermiques.

III.5.1.2. Cassettes : Même principe que pour la Détente directe c'est un terminal de climatisation (ou de chauffage) encastré dans une faux-plafond. La cassette en climatisation est très utilisée dans les bureaux et les surfaces commerciales. Le principe existe aussi avec les modèles dit « muraux ».

III.5.1.3. Centrale d'air : Une centrale de traitement d'air (appelé **CTA**) un appareil qui va modifier les conditions thermiques de l'air, que cet air soit l'air ambiant ou le traitement d'un l'air neuf, on parle alors de centrale de traitement d'air neuf. La température de chauffage ou de climatisation est assurée par des batteries de traitement d'air (batterie eau glacée). La déshumification est assurée par un fonctionnement de 2 batteries l'une froide qui assure un sous-refroidissement, et l'autre électrique, qui remonte la température de l'air ainsi desséché. L'humidification s'effectue par pulvérisation voire mieux par humidification à vapeur vive; ce qui évite tout problème de légionnelles et contamination. La filtration est quant à elle réalisée par filtres… La **CTA** est monobloc ou assemblée par des éléments dit caissons. Ceux-ci peuvent être isolés thermiquement acoustiquement. La **CTA** peut fonctionner également avec un ventilateur à débit variable. Les consommations électriques sont alors optimisées en fonctions des besoins. La **CTA** est soit positionné en faux-plafond (**CTA** de faible puissance et faible débit) soit pour des débits plus importants (disons au-delà de 4000 m^3/h) dans un local technique.

III.6.Installation de climatisation

Dans les installations de climatisation, la machine frigorifique permet d'évacuer vers l'extérieur la chaleur excédentaire des locaux. En pratique, elle prépare de l'air froid ou de l'eau froide qui viendront compenser les apports de chaleur du soleil, des équipements de bureautique, des occupants,... de telle sorte que le bilan chaud-froid soit à l'équilibre et que la température de consigne soit maintenue dans les locaux.

La technique la plus simple consiste à préparer de l'air froid qui sera diffusé via des gaines de distribution (Figure III.1 et Figure III.2).

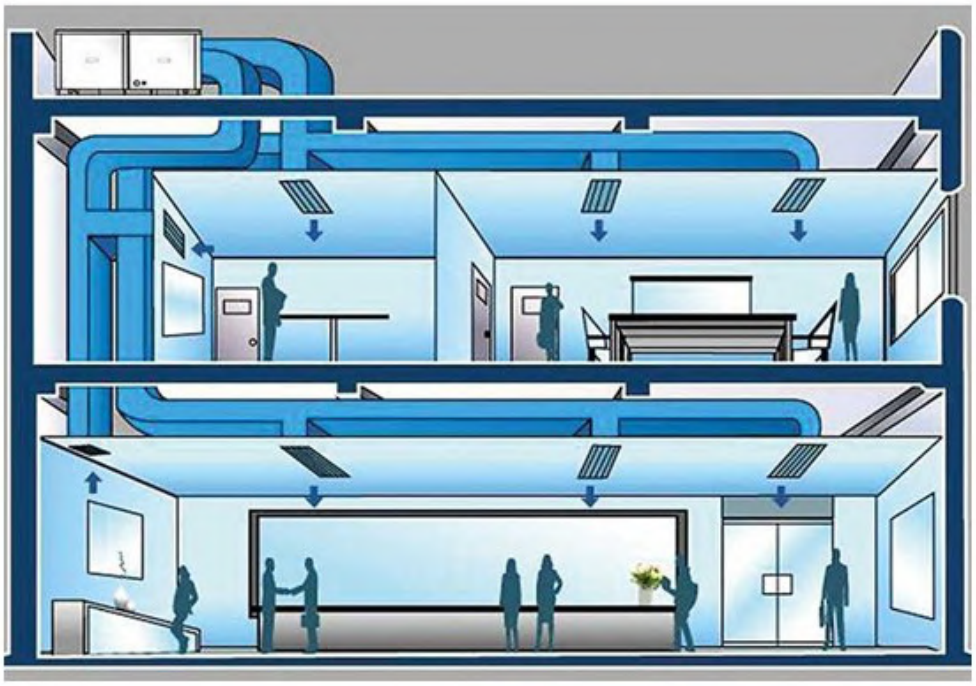


Figure III.1: Distribution de l'air froid dans le bâtiment

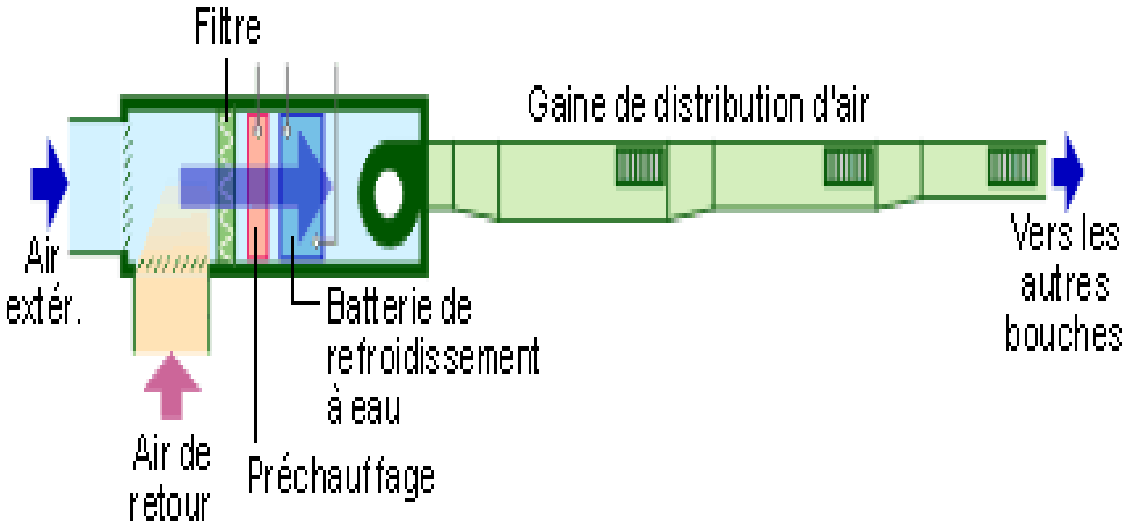


Figure III.2: Traitement de l'air dans des caissons de climatisation

III.6.1. Groupe frigorifique

Pour le groupe frigorifique, on distingue deux modes principaux d'action :

- **Soit le fluide frigorigène refroidit l'air en passant directement dans la batterie de refroidissement :** on parle de "système à détente directe" parce que l'évaporateur de la machine frigorifique prend la place de la batterie de froid dans le caisson de climatisation (Figure III.3).

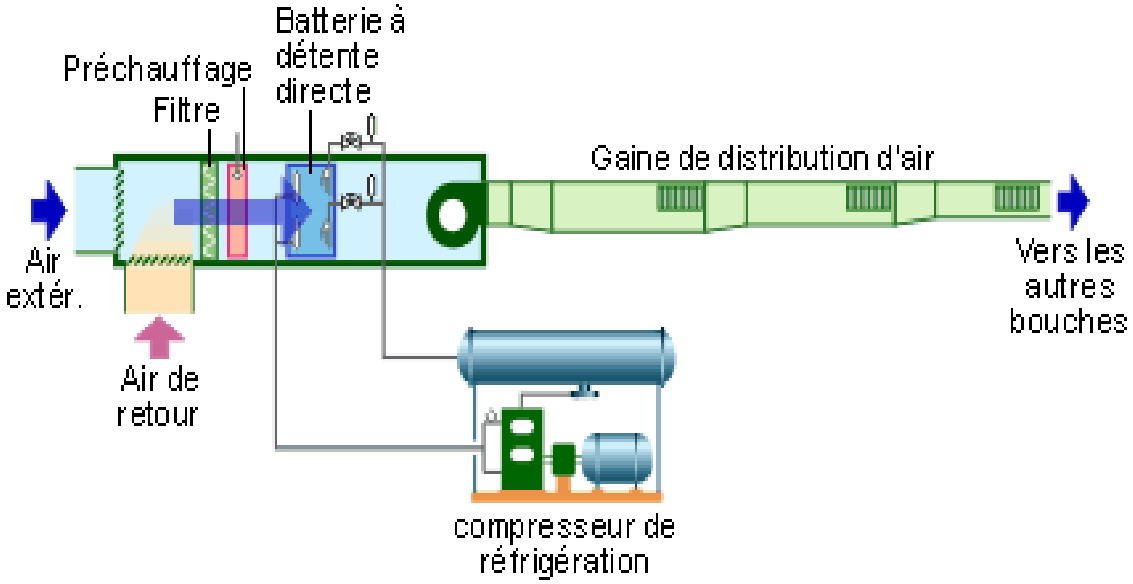


Figure III.3: Réfrigération "à détente directe"

- **Soit l'installation frigorifique prépare de l'eau froide à 6°C :** (généralement appelée "eau glacée"), eau qui alimentera la batterie de refroidissement du caisson de traitement d'air (Figure III.4).

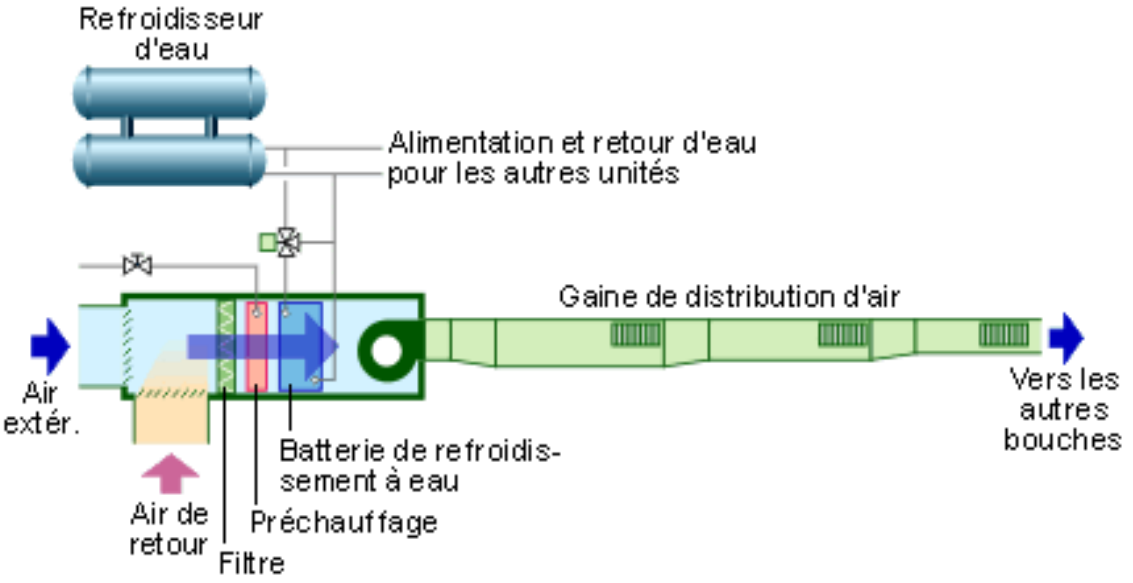


Figure III.4 : Réfrigération par circuit d'eau glacée

Mais le transport de froid par l'air est très coûteux à l'investissement (gainage). A titre d'exemple, comparons l'encombrement demandé pour le transfert de 10 kW de froid (Tableau III.1).

Transport par air		Transport par eau	
Delta T° :	9°C (de +16° pulsé à +25°C d'ambiance, par ex.)	**Delta T° :**	5°C (boucle d'eau glacée au régime 7° - 12°C, par ex.)
Débit d'air :	3 270 m^3/h	**Débit d'eau :**	1,72 m^3/h
Vitesse :	15 m/s	**Vitesse :**	0,8 m/s
Section de gaine :	300 x 220 mm (ou Ø 300 mm)	**Diamètre de conduite :**	Ø 40 mm

Tableau III.1 : Transport par l'air et par l'eau

De plus, à l'exploitation, la consommation des ventilateurs représente de 10 à 30 % de l'énergie transportée contre 2 % pour la consommation des pompes de circulation (Figure III.5).

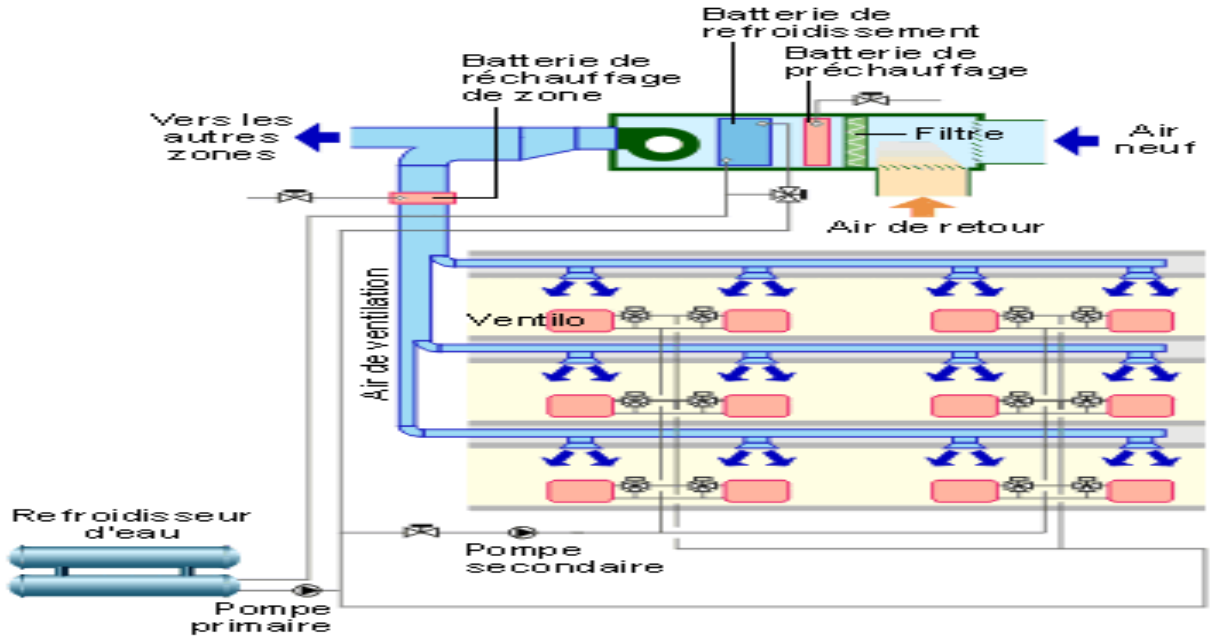


Figure III.5 : Circuit d'eau glacée pour l'air neuf et les ventilo-convecteurs

Aussi, on rencontre souvent des installations où le refroidissement des locaux est principalement assuré par de l'eau glacée alimentant les batteries froides des ventilo-convecteurs. Un complément de froid peut être donné par le rafraîchissement de l'air neuf de ventilation. Bien sûr, "produire du froid" sous-entend évacuer de la chaleur. Aussi, à l'extérieur du bâtiment, souvent en toiture, on trouvera un équipement chargé de refroidir (Figure III.6).

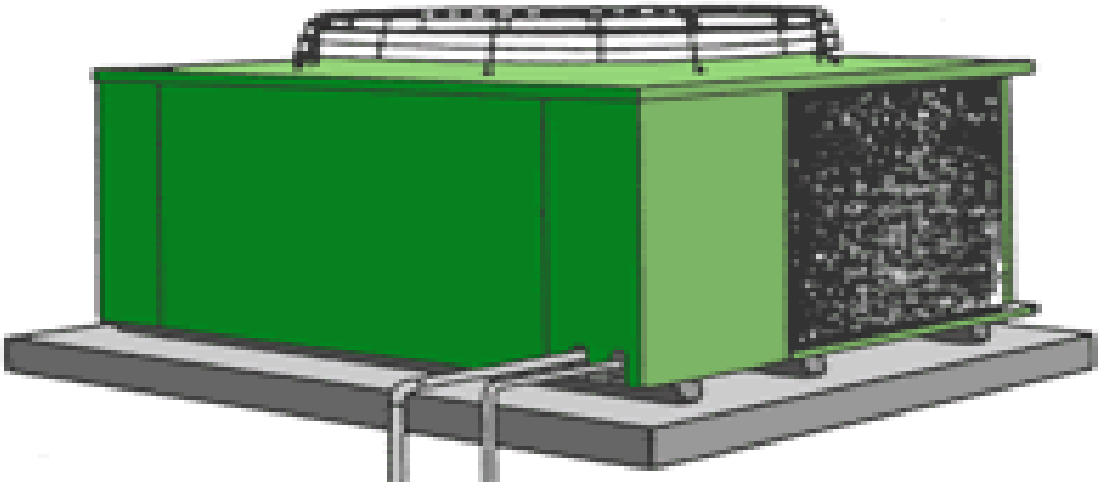


Figure III.6 : Equipement de refroidissement

- **Soit le fluide frigorigène directement :** C'est le condenseur de l'installation frigorifique.
- **Soit de l'eau, qui elle-même sert à refroidir le fluide frigorigène :** C'est la tour de refroidissement.

III.6.2. Système de conditionnement d'air

Le système de conditionnement d'air "tout air, à débit constant, mono-gaine" est un système où l'air est préparé (chauffé, refroidi, humidifié,...) en centrale dans un caisson de traitement d'air, puis envoyé par un réseau de gaines vers le/les locaux (Figure III.7).

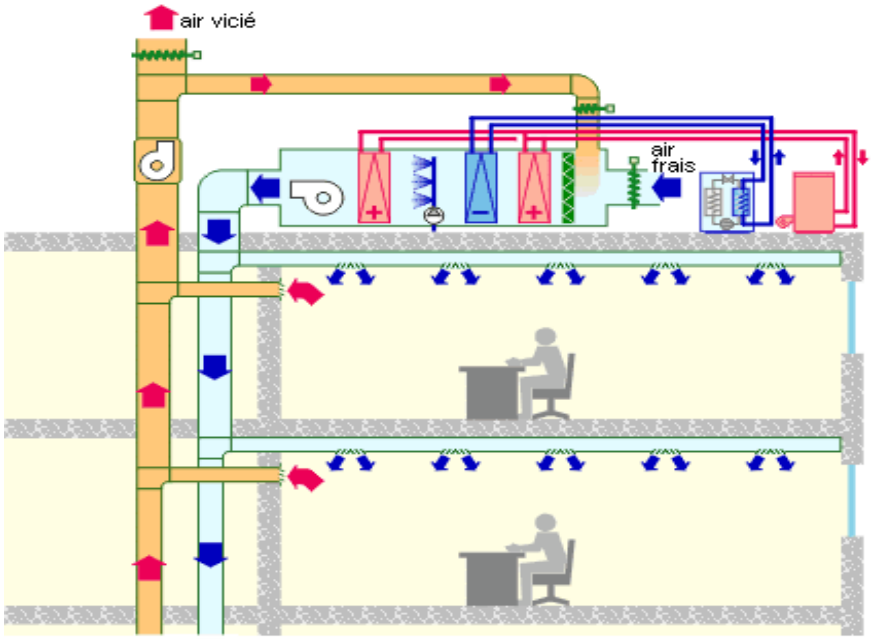


Figure III.7 : Système tout air, à débit constant, mono-gaine1

Il constitue une branche de la grande famille du conditionnement d'air "tout air".

III.6.2.1. Débit constant

- Mono gaine
  - Uni zone.
  - Multizone.
- Double gaine multizone :(avec boîte de mélange)
  - Basse pression.
  - Haute pression (avec boîte de détente).

III.6.2.2. Débit variable

- Avec chauffage par radiateurs indépendants.
- Avec chauffage par batterie à eau chaude.

III.6.2.3. Exemples

- **Système tout air**

L'air est le fluide caloporteur de chaleur, de froid, ou d'humidité. Par exemple :

- si en hiver le local présente des déperditions, l'air pourra être pulsé à 28°C,
- mais si en été, le local subit des apports solaires, l'air pourra être pulsé à 16°C,
- et si, dans la salle de cinéma, le film très suggestif provoque beaucoup de dégagement de vapeur de la part des spectateurs, l'air sera pulsé très sec !

- **Système débit constant**

- Le débit est fixé par le ventilateur (qui ne dispose que d'une seule vitesse de rotation).
- La régulation est réalisée par action sur la température et le taux d'humidité de l'air pulsé.

- **Mono gaine ou double gaine**

Un seul réseau de gaines est créé, et donc un seul niveau de température est disponible pour la(les) pièce(s) climatisée(s). A l'inverse, les réseaux double gaine véhiculent simultanément de l'air chaud et de l'air froid, le mélange étant effectué à l'arrivée dans le local. Ce mélange est destructeur d'énergie.

- **Uni zone multizone**

- Il n'existe qu'une seule zone à traiter (une salle de conférences, par exemple),
- On crée plusieurs zones dans le bâtiment, chaque zone pouvant recevoir un air traité spécifiquement en fonction de ses besoins.

— On peut aussi faire une distinction selon le niveau de pression "basse ou haute" :

On parle de basse pression du ventilateur :

— si pression < 800 Pa.

— si vitesse d'air dans les gaines comprises entre 2 et 7 m/s.

On parle de réseau haut pression :

— si la vitesse dans les conduits atteint de 12 à 16 m/. Ces vitesses entrainant des consommations excessives des ventilateurs, on ne travaille aujourd'hui plus en haute pression lorsque le débit est constant.

Une unité de toiture aurait pu être classée dans les installations "tout air, à débit constant, mono-gaine". Elle présente la spécificité d'être équipée d'un refroidissement à détente directe (Figure III.8).

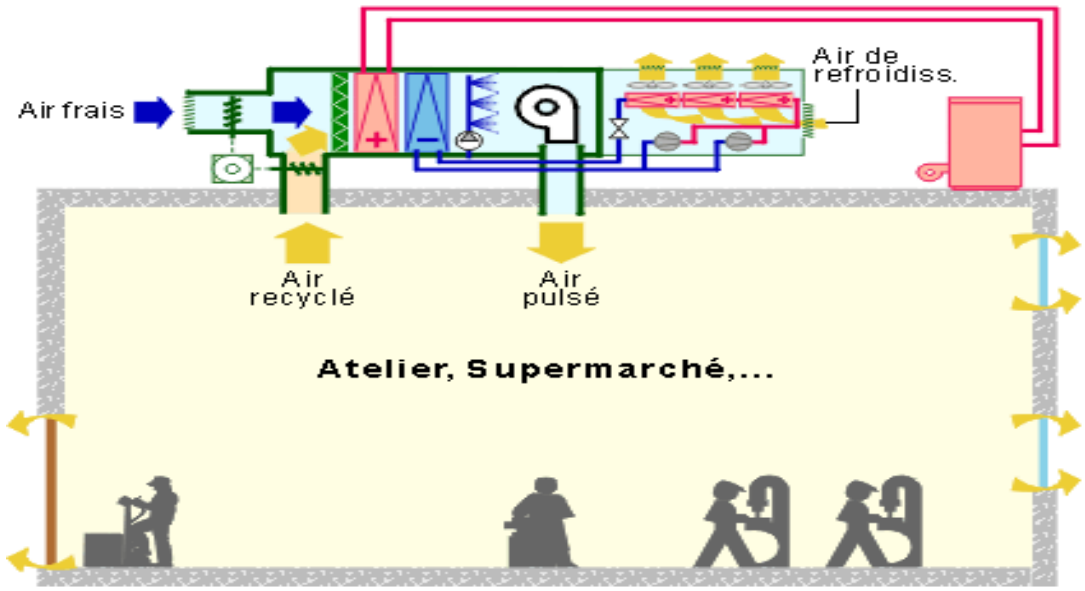


Figure III.8 : Refroidissement à détente directe

III.7. Domaine d'application

Le système "tout air" a de l'intérêt lorsqu'un débit d'air élevé et constant est souhaité : on pense par exemple aux salles de spectacles ou de toute façon on doit apporter de l'air aux personnes.

- Un seul local est à climatiser, généralement de grand volume : salle de spectacles, salle d'opération, salle de réunion, ...

- Il existe plusieurs locaux dont le fonctionnement thermique est similaire et pour lesquels un respect strict des consignes de température n'est pas imposé : plusieurs bureaux similaires sur une même façade, ...
- Il y a présence de locaux à chauffage très intermittent comme des salles de réunion, de spectacles,... : dans ce cas, la variante avec système de chauffage complémentaire par radiateurs permet d'assurer un chauffage de base entre 10 et 15°C en période de non-occupation, et une mise en confort très rapide dès l'arrivée des personnes (ou par horloge). Ce système est économique et supprime la surchauffe des locaux en période de forte occupation grâce aux possibilités de ventilation et de rafraîchissement, et au faible charge des parois.

III.8. Choix de Centrale de Traitement d'air (CTA) à 100% d'air neuf

III.8.1. Critères techniques pour le choix d'une Centrale de Traitement d'air (CTA) à 100% d'air neuf

Pour faire le choix entre telle ou telle système, il faut prendre en considération plusieurs critères dont les plus importantes sont :

- **Exigences strictes d'hygiène et de stérilité**

  Le système 100 % air neuf permet d'éviter tout recyclage de l'air vicié, ce qui élimine le risque de contamination croisée. L'air repris est totalement évacué à l'extérieur, assurant ainsi une hygiène maximale.

- **Contrôle de la contamination**

  Ce type de système est essentiel pour maintenir un environnement propre, répondant aux normes ISO ou GMP (Bonnes Pratiques de Fabrication), souvent exigées dans les laboratoires.

- **Qualité de l'air optimisée**

  En introduisant en permanence de l'air neuf filtré, le système garantit une qualité d'air élevée, sans poussières, micro-organismes ou composés volatils.

- **Maîtrise précise des conditions ambiantes**

  Le système assure un **contrôle rigoureux de la température, de l'humidité relative et de la pression**, éléments indispensables à la fiabilité et à la répétabilité des analyses en laboratoire.

- **Adaptation aux environnements sensibles**

  Il est parfaitement adapté aux zones critiques (zones blanches, salles propres, laboratoires microbiologiques...), où un air ultra-propre est impératif.

- **Conformité aux normes**

  Il permet de respecter les normes de ventilation et de climatisation pour les locaux à atmosphère contrôlée (NF EN ISO 14644, etc.).

- **Pression différentielle contrôlée**

  Maintien de pressions positives ou négatives selon les besoins du laboratoire (par exemple, surpression pour protéger une zone propre, dépression pour contenir un agent contaminant).

- **Systèmes de filtration haute efficacité**

  Intégration de filtres HEPA ou ULPA dans la CTA pour assurer une filtration fine des particules et micro-organismes.

- **Sécurité et fiabilité du système**

  Une CTA bien dimensionnée avec redondance des composants (ventilateurs, batteries, sondes) assure une continuité de service critique pour les laboratoires.

En raison de ces critères, une Centrale de Traitement d'Air (CTA) à 100 % d'air neuf avec diffuseurs a été adoptée comme solution idéale pour répondre aux exigences du laboratoire.

III.8.2. Avantages d'un système de CTA à 100 % air neuf

1. **Qualité d'air optimale**

   Fournit un apport constant d'air neuf filtré sans recyclage, garantissant un environnement propre et exempt de polluants.

2. **Élimination du risque de contamination croisée**

   L'air vicié est totalement rejeté à l'extérieur après usage, ce qui empêche toute recirculation de particules ou de micro-organismes.

3. **Respect des normes strictes d'hygiène**

   Le système permet de se conformer aux exigences réglementaires telles que les normes ISO et GMP dans les zones sensibles.

4. **Maîtrise précise des conditions climatiques**

   Il assure un contrôle rigoureux de la température, de l'humidité et de la pression, essentiel pour la fiabilité des analyses.

5. **Adapté aux environnements sensibles**

   Idéal pour les laboratoires microbiologiques, les salles blanches et les zones à atmosphère contrôlée.

6. **Renforcement de la sécurité sanitaire**

   Ce système protège les produits, les échantillons, les équipements et le personnel contre les risques de contamination.

7. **Compatibilité avec les systèmes de filtration haute efficacité**

   Il permet l'intégration facile de filtres HEPA ou ULPA pour assurer une qualité d'air maximale.

III.8.3. Inconvénients d'un système de CTA à 100 % air neuf

1. **Consommation énergétique élevée**

   Le traitement constant de l'air neuf (chauffage, refroidissement, humidification...) demande beaucoup d'énergie.

2. **Coût d'installation et d'exploitation élevé :**

   Système plus coûteux à mettre en place et à entretenir que les systèmes avec recyclage partiel.

3. **Dépendance à la qualité de l'air extérieur :**

   En cas de pollution ou de conditions climatiques extrêmes, il faut renforcer les traitements de l'air.

4. **Dimensionnement plus important :**

   Nécessite des équipements de plus grande capacité (CTA, réseaux de gaines, batteries de traitement...).

5. **Besoins d'entretien fréquents :**

   Changement régulier des filtres, contrôle des débits, réglage des paramètres climatiques pour garantir la performance.

III.8.4. Choix de CTA

Le choix sera fait à partir de la puissance frigorifique totale des Diffuseurs : La puissance frigorifique totale des diffuseurs (R.D.C, 1, et 2ème étage) est de **203,947 KW**.

Pour cela on a choisi la Version Hygiénique **D-AHU** est testée et écriée par TÜV NORD System Gmbh et Co. KG selon les normes allemandes VDI 6022/Partie 1 et DIN 1946-4 et convient parfaitement à diverses applications hygiéniques **[3]**.

Le choix de CTA ce fait par le calcul de débit volumique de l'installation de notre projet **(tableau III.1 et figure III.9).**

$$\mathbf{P} = \boldsymbol{Qm}(\boldsymbol{he} - \boldsymbol{hi}) \quad \text{(III.1)}$$

- $\mathrm{Qm} = \frac{203947.84}{27000} = 7.55\ \mathrm{kg/s}$

- Qv= 7.55×0.85= 6.41 m^3/s
- Qv= 23076 m^3/h
- **Qv= 25300 m^3/h**

Dimension	Capacité de débit d'air [m3/h] (vitesse d'air de la batterie 2,5 m/s)	Hauteur [mm]	Largeur [mm]
1	1,105	550	850
2	1,550	600	900
3	1,980	650	950
4	2,600	780	1,000
5	3,170	780	1,150
6	3,550	800	1,150
7	4,000	800	1,250
8	4,800	850	1,300
9	5,560	900	1,350
10	6,600	900	1,550
11	7,950	1,100	1,550
12	9,320	1,100	1,650
13	10,050	1,150	1,650
14	13,200	1,400	1,850
15	19,200	1,500	2,100
16	25,300	1,580	2,650
17	31,500	1,750	2,750
18	37,000	1,800	3,240
19	43,400	2,100	3,090
20	51,300	2,250	3,340
21	58,000	2,250	3,820
22	67,500	2,400	4,040
23	78,000	2,450	4,490
24	84,700	2,700	4,490
25	98,000	2,850	4,890
26	111,000	2,850	5,490
27	124,000	3,000	5,990

Tableau III.2 : Dimension de CTA (Daikin)



Figure III.9 : CTA (Daikin)

III.8.5. Choix de la batterie froide

III.8.5.1. Calcul la puissance de la batterie froide

P = ρ . Qv . Δh .....(III.2)

- $\rho = \frac{\rho ext + \rho int}{2}$
- Qv= débit volumique m^3/h
- Δh = différence de l'enthalpie
- **ρ**e =masse volumique extérieur
- **ρ**i = masse volumique intérieur

$$P = \frac{1.123+1.162}{2} \times 23076 \times 27.5 = 725019.075 \text{ kJ/h} = 201.394 \text{ kW}$$

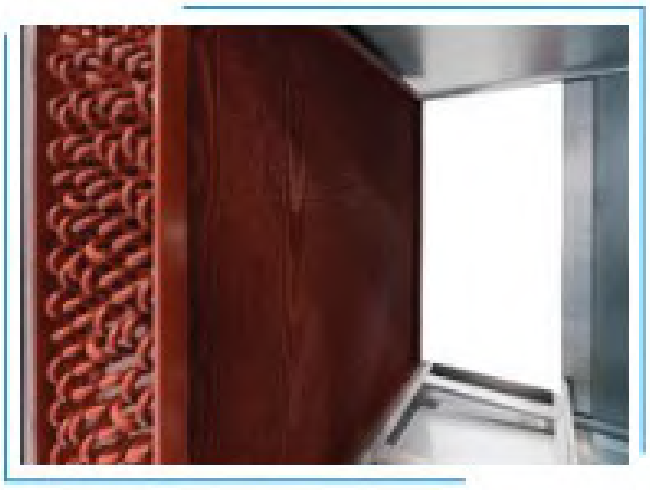


Figure III.10 : Batterie froide

III.8.5.2. Choix de Ventilateur

Le choix ce fait par les pertes de charge et la pression dynamique de l'installation.

Pu = ΔP qv.....(III.3)

- **ΔP = PS, V + PD, V**
- **$PD, V = \frac{1}{2} \rho V^2$**

PD,V : Pression dynamique du ventilateur nécessaire

- **Calcul PD,V :**

- PD, V= $0.5 \times 1.204 \times (8)^2 = 38.528$ pa

ΔH Total = 472.328 Pa

- **Calcul la pression totale :**

- ΔP = PS, V + PD, V

Donc :

- $\Delta Pt = 472.328 + 38.528 = 510.856$ Pa

- **Calcul la puissance utile ou disponible à la sortie du ventilateur Pu :**

- $Pu = 510.856*6.41 = 3274.586$ W

- **Calcul la puissance fournée de ventilateur à installer est Donnée par l'expression Suivante :**

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{\Delta ht\ Qv}}{\boldsymbol{\eta}} \quad \text{.....(III.4)}$$

- Δht : Valeur maximale de perte de charge entre le point départ et les points terminaux du réseau (Diffuseur) [Pa].
- Qv : Débit Volumique De Soufflage [m^2/s].
- η: Rendement Du Ventilateur.

Donc :

$$P = \frac{510.856 \times 6.41}{0.7} = 4677.98 \text{ W}$$

$P_{fournée} = 4677.98$ W

Alors la puissance du ventilateur à Installer est de 4677.98 W.

III.8.5.3. Choix de diffuseur [4]

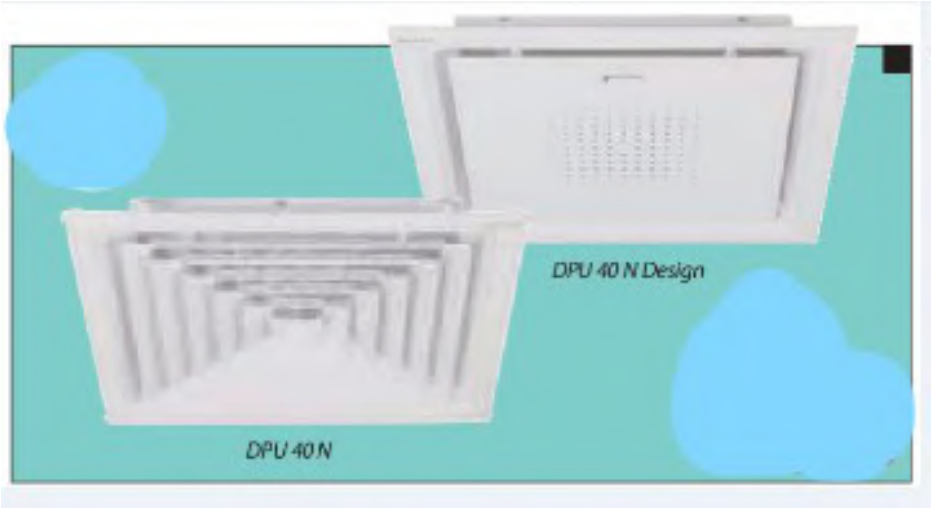


Figure III.11 : Diffuseur

- **RDC : DAP 95 600 × 600 plaque latéral (Annexe B)**

Local	Débit volumique [m^3/h]	Nombre de diffuseur	Nombre de Fentes	Surface effective De diffuseur [m^2]
R01	573,11	2	3	0.055
R02	281,91	1	3	0.055
R03	297,92	1	3	0.055
R04	522,35	2	3	0.055
R05	335,42	1	4	0.066
R06	177,79	1	2	0.040
R07	217,56	1	2	0.040
R08	145,41	1	2	0.040
R09	206,62	1	2	0.040
R10	571,35	3	2	0.040

Tableau III.3 : Nombre et surface de diffuseur de **R D C**

- **1ére étage : DAU 40/ DAP 40 (Annexe B)**

Locaux	Débit volumique (m^3/h)	Nombre de diffuseur	Dimension [mm]	Surface effective De diffuseur [m^2]
E1 01	2102	1	525*525	0,1323
E1 02	187,2	1	150*150	0,010
E1 03	720	1	300*300	0,0432
E1 04	1462	1	450*450	0,0972
E1 05	39,6	1	150*150	0,010
E1 06	46,8	1	150*150	0,010
E1 07	1433	1	450*450	0,0972
E1 08	327,6	1	225*225	0,0243
E1 09	378	1	225*225	0,0243
E1 10	838,8	1	300*300	0,0432
E1 11	219,6	1	150*150	0,010
E1 12	144	1	150*150	0,010
E1 13	774	1	300*300	0,0432
E1 14	871,2	1	300*300	0,0432
E1 15	72	1	150*150	0,010
E1 16	226,8	1	150*150	0,010

Tableau III.4 : Nombre et surface de diffuseur de **1ére étage**

- **2ème étage : DAU 40/ DAP 40**

Locaux	Débit volumique (m^3/h)	Nombre de diffuseur	Diamètre [mm]	Surface effective De diffuseur [m^2]
E2 01	734,4	1	300*300	0,0432
E2 02	1040	1	375*375	0,0675
E2 03	1681	1	450*450	0,1323
E2 04	763,2	1	300*300	0,0432
E2 05	194,4	1	150*150	0,010
E2 06	198	1	150*150	0,010
E2 07	306	1	150*150	0,010
E2 08	255,6	1	150*150	0,010
E2 09	147,6	1	150*150	0,010
E2 10	360	1	225/225	0,0243
E2 11	810	1	300*300	0,0432
E2 12	867,6	1	300*300	0,0432
E2 13	1998	1	525*525	0,1323
E2 14	97,2	1	150*150	0,010

Tableau III.5 : Nombre et surface de diffuseur de **2ème étage**

III.8.4.4. Système de filtration dans notre cas

Dans le cadre de notre choix d'un système de climatisation par CTA à 100 % d'air neuf, la filtration joue un rôle fondamental pour garantir une qualité d'air conforme au exigences strictes d'un laboratoire de contrôle de qualité. Étant donné que l'air repris n'est pas recyclé, tout l'air insufflé est neuf et doit donc être traité en amont pour éliminer les poussières, les particules fines, les micro-organismes et autres polluants atmosphériques.

Le système de filtration se compose généralement de plusieurs étages :

1. Préfiltration (G4 ou M5 selon EN ISO 16890) : Elle permet de capturer les particules grossières, comme les poussières et les pollens, et de protéger les filtres en aval.

2. Filtration fine (F7 à F9) : Elle assure la rétention des particules fines (PM10, PM2,5), souvent présentes dans l'air extérieur, et améliore considérablement la Qualité de l'air intérieur.

3. Filtration absolue (HEPA H13 ou H14) : Ce niveau de filtration est souvent indispensable dans les laboratoires sensibles, notamment microbiologiques ou pharmaceutiques. Il permet de piéger plus de 99,95 % des particules ≥ 0,3 µm.

Le système de filtration constitue un élément clé dans l'efficacité d'une CTA à 100 % d'air neuf, en particulier dans un environnement aussi sensible qu'un laboratoire de contrôle de qualité. En l'absence de reprise d'air, l'intégralité de l'air introduit doit être

rigoureusement filtrée pour garantir un niveau de pureté optimal. L'utilisation d'une filtration multi-étageé (préfiltration, filtration fine et filtres absolus HEPA/ULPA) permet non seulement de protéger les équipements et les opérateurs, mais aussi d'assurer la conformité aux normes sanitaires en vigueur. Ainsi, ce choix technologique, bien que plus exigeant en matière d'entretien et de consommation énergétique, s'impose comme une solution indispensable pour répondre aux exigences strictes de qualité de l'air en laboratoire.

Chapitre IV : Calcul réseau aéraulique

IV.1. Introduction

Une gaine constitue généralement un réseau aéraulique, elle est souvent constituée en tôle d'acier.

Le rôle capital des gaines est le transport des différents débits d'air de soufflage, les gaines sont de différents types, selon le matériau constitutif, on distingue :

- Les gaines à section circulaire, caractérisées par un diamètre « d » et une épaisseur« e »
- Les gaines à sections carrées ou rectangulaire, caractérisées par une hauteur « b », une largeur « a » et une épaisseur « e ».

IV.2. Etablir un réseau aéraulique [5]

Déterminer un réseau de conduits aéraulique, revient à :

- Calculer les dimensions des conduits (Diamètre ou section) en fonction du débit qu'ils transportent,
- Calculer la perte de charge totale.

IV.3. Evaluation des grandeurs des conduits

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

- L'optimisation des longueurs et section,
- Minimisation des bruits produits par l'écoulement de l'air,
- Minimisation des pertes de charges.
- Les dimensions d'un conduit d'air se déterminent par :
- Le débit volumique,
- La vitesse dans le tronçon.

Exemple : R01 08 (Annexe C)

- Température extérieur = 36 °C
- Température intérieur =24 °C
- Humidité intérieure = 45%
- Humidité extérieur = 40 %

En utilise les paramètres suivent dense le diagramme psychométrique en trouve les paramètres suivent s:

- $h_{ext} = 74$ kJ/kg
- $h_{int} = 47$ kJ/kg
- Volume massique = 0.85 m^3/kg

$$\mathbf{P = Q_m(h_e - h_i)} \quad \textbf{(IV. 1)}$$

$$P = \frac{P}{(h_e - h0_i)} = \frac{1306.83}{73.5-46} = \frac{1306.83}{27500} = 0.047 \text{ kg/s}$$

$$\mathbf{Qv = (Qm \,.\, Vm)} \quad \textbf{(IV. 2)}$$

Donc : $Qv = 0.047 \times 0.85 = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$

Vitesse (V) dans la conduite principale 8 m/s et les secondaire 2 m/s

$$\mathbf{Qv = (S \,.\, V)} \quad \textbf{(IV. 3)}$$

Donc : $S = \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ m}^2$

La forme de la gaine de distribution c'est rectangulaire

$$\mathbf{S = (l \,.\, h)} \quad \textbf{(IV. 4)}$$

Donc : $l = 0.15\ m$. $h = 0.13\ m$

IV.4. Calcul des pertes de charges

Un circuit aéraulique ou hydraulique comporte deux types de pertes de charge qui désigne les pertes irréversibles d'énergie de pression qui sont :

- Les pertes de charge linéaire dues aux frottements dans les conduits. Elles sont provoquées par la viscosité du fluide, et elles sont fonction du degré de turbulence.
- Les pertes de charges singulières, sont le résultat de variations de vitesses et de changements de direction provoqués par les formes et obstacles que rencontre le fluide en traversant un objet : cônes, coudes, grilles, raccordements, …

IV.4.1. Pertes de charges linéaires

Les pertes de charge linéaire causées par le frottement intérieur interviennent dans les conduits rectilignes, dont le diamètre et la section sont constants. Ces pertes dépendent des éléments suivants :

- Elles sont directement proportionnelles à la longueur de la canalisation, elles augmentent quand la longueur du tronçon augmente.
- Quand le diamètre diminue, la perte de charge augmente considérablement. Le fluide a
- Plus de difficultés à s'écouler, donc les frottements augmentent pour un débit identique.

- Plus le débit augmente (vitesse plus élevée), plus les forces de frottements augmentent pour un diamètre identique.

$$\Delta hl = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} \quad \text{.....(IV. 5)}$$

- Δhl : Perte de charge linéaire [Pa].
- V : Vitesse moyenne dans la section [m/s].
- ρ : Masse volumique du fluide (air) [kg/m3].
- L : Longueur du tube [m].
- D : Diamètre équivalent du conduit,
- D : calculé par la relation suivent

On peut faire cette conversion avec la formule de Huebscher :

$$D = 1.3 \times \frac{(l \times h)^{0.625}}{(l+h)^{0.25}} \quad \text{.....(IV.6)}$$

- D = diamètre d'une canalisation cylindrique équivalente à une canalisation rectangulaire, m
- h, l = côtés de la section rectangulaire, m
- h = hauteur m
- l = largeur m

Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{D \rho v}{\mu} \quad \text{.....(IV.7)}$$

- Re = nombre de Reynolds, sans unité
- v = vitesse moyenne du fluide, m/s
- D = diamètre interne du tube, m
- V = viscosité cinématique du fluide, m^2/s

En fonction de ce nombre, le mouvement du fluide peut être considéré comme :

- laminaire si Re est inférieur à 2.000
- transitoire si Re est compris entre 2.000 et 2.500
- turbulent si Re est supérieur à 2.500

$Re = \frac{D\,v}{V} = \frac{0{,}152 \times 2}{1.56 \times 10^{-5}} = 19487.17$régimes turbulent

D'après le diagramme de Moody (en coefficient de perte de charge). Le type de matière utilise l'acier (rugosité e=0.05mm) **(Annexe C)**

$\frac{e}{d} = \frac{0.05 * 10^{-3}}{0.152} = 0.00033$

λ=0.0153

ρ =1.204 kg/m^3

V $= \frac{\mu}{\rho} = 1.56*10^{-5}$ [m^2/s]

IV.4.2. Perte de charge singulière

$$\Delta hs = \xi . \rho . \frac{v^2}{2} \quad \text{.....(IV.8)}$$

- z = perte de charge singulière, Pa
- ξ = coefficient de perte singulière sans unité
- ρ = masse volumique de l'eau, Kg/m3
- v = vitesse moyenne de l'air, m/s

IV.4.2.1. Types de perte de charge singulière

A. Brusque

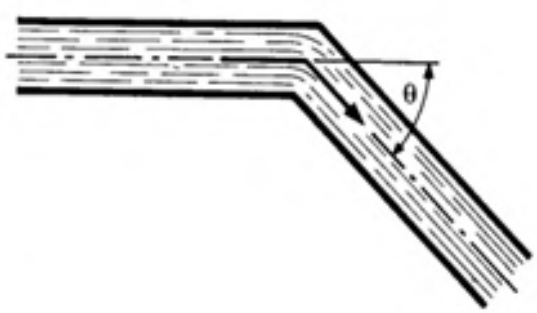


Figure IV.1 : Perte de charge singulière brusque

θ (°)	22,5	30	45	60	90
k	0,07	0,11	0,24	0,47	1,13

Tableau IV.1 : ξ en faction d'angle

B. Branchement de prise

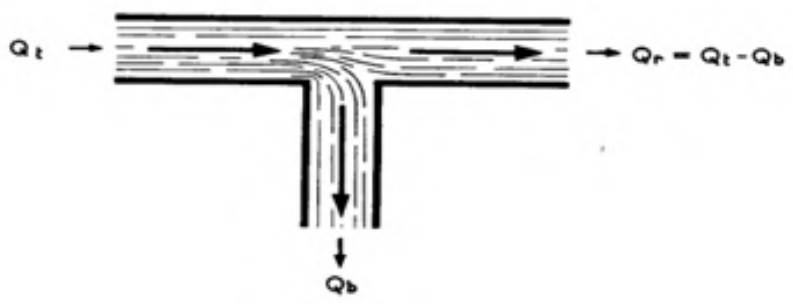


Figure IV.2 : Perte de charge singulière branchement de prise

$\frac{Q_b}{Q_t}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
k_r k_b	0,04 0,95*	- 0,08 0,88	- 0,05 0,89	0,07 0,95	0,21 1,10	0,35* 1,28

Tableau IV.2 : ξ en faction de débit

- k : et Δh prennent chacun deux valeurs suivant que l'on considère le tuyau rectiligne de départ (k_r et Δhr) ou le branchement (k_b et Δhb) ;
- V : est la vitesse du courant d'arrivée en mètre par seconde.
- K_r et k_b : sont donnés par le tableau ci-après, en fonction de Q_b /Q_t.
- Q_t : débit total (débit d'arrivée) en mètres cubes par seconde
- Q_b : débit dans le branchement (débit de prise latérale) en mètres cube par seconde.

C. Rétrécissement

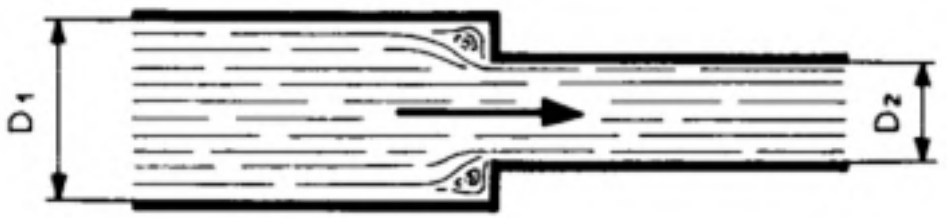


Figure IV.3 : Perte de charge singulière Rétrécissement

$$\mathbf{K = 0.5\left[1 - \left(\frac{D2}{D_1}\right)2\right]} \quad \text{(IV.9)}$$

Avec :

- D1 = diamètre intérieur de la conduite avant rétrécissement, en mètres.
- D2 = diamètre intérieur de la conduite après rétrécissement, en mètres.

IV.5. Axonométrie de l'installation (Annexe C)

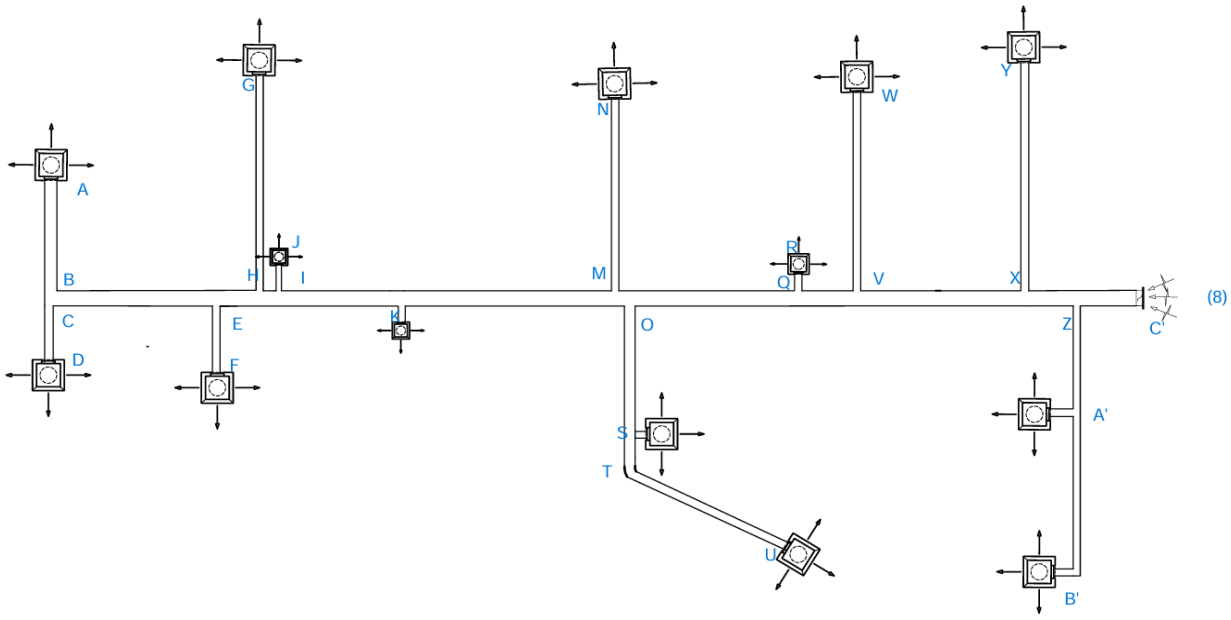


Figure IV.4 : Axonométrie des gaines de **R D C**

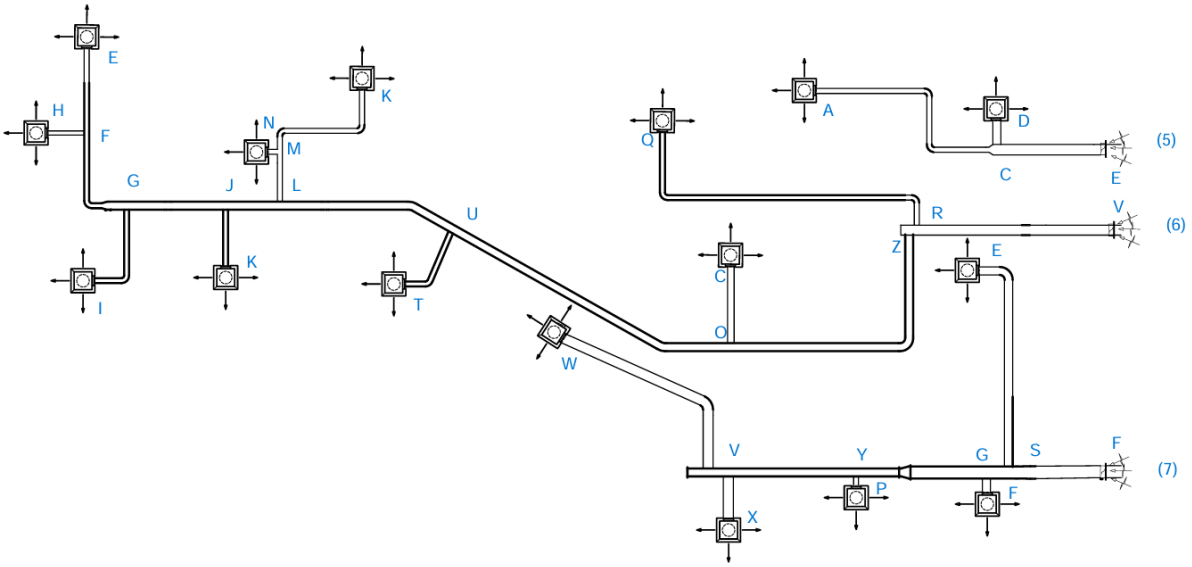


Figure IV.5 : Axonométrie des gaines de **1ère étage**

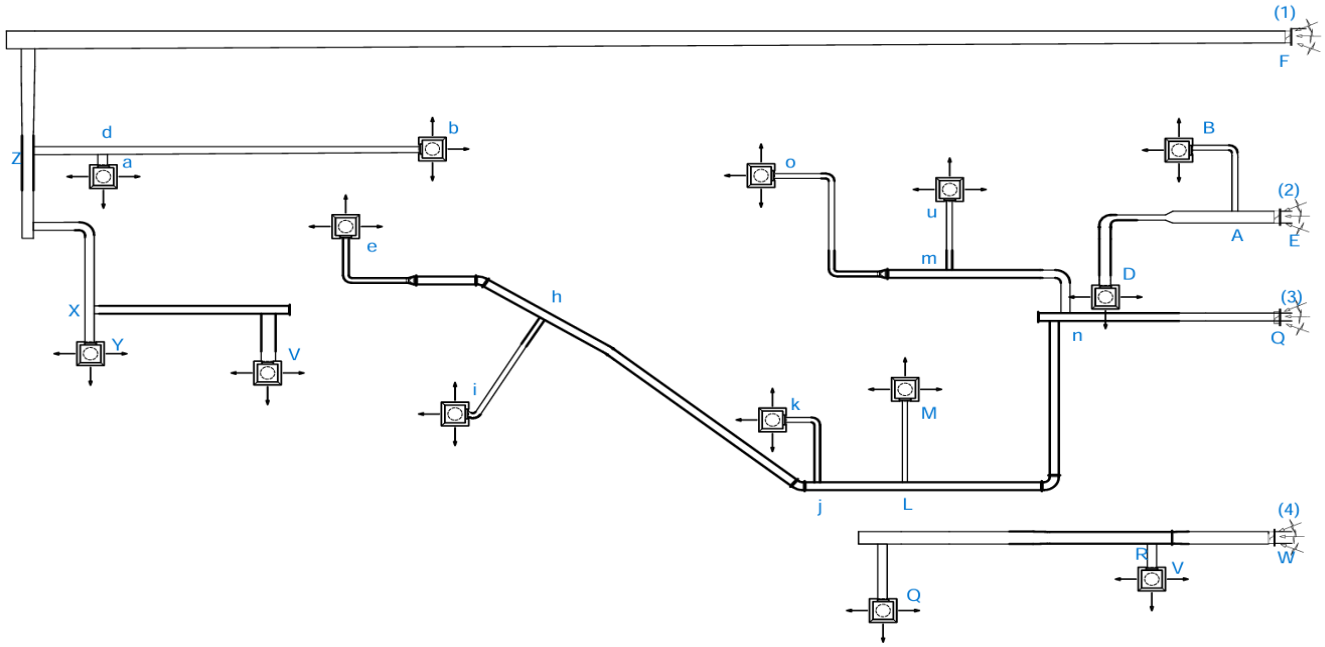


Figure IV.6 : Axonométrie des gaines de **2ème étage**

IV.6. Pertes de charge de l'installation

Application de projet :

Calcul les pertes de charges de l'installation de (RDC, 1ère étage, 2ème étage et la gaine principale)

- **R D C :**

Locaux De RDC	Charge Thermique [w]	Enthalpie [j/kg]	Débit Massique [Kg/s]	Volume massique [m³/kg]	Débit volumique [m³/s]	Débit volumique [m3/h]
R01	5150,48	27500	0,19	0,85	0,16	573,11
R02	2533,51	27500	0,09	0,85	0,08	281,91
R03	2677,38	27500	0,10	0,85	0,08	297,92
R04	4694,36	27500	0,17	0,85	0,15	522,35
R05	3014,368	27500	0,11	0,85	0,09	335,42
R06	1597,83	27500	0,06	0,85	0,05	177,79
R07	1955,21	27500	0,07	0,85	0,06	217,56
R08	1306,83	27500	0,05	0,85	0,04	145,41
R09	1856,88	27500	0,07	0,85	0,06	206,62
R10	5134,64	27500	0,19	0,85	0,16	571,35
total	29922	27500	1,09	0,85	0,92	3 329,50

Tableau IV.3 : Débit volumique de **RDC**

Tronçon	Débit [m³/s]	Vitesse [m/s]	Section [m]²	Longueur [m]	Hauteur [m]
A-B	0,04	2	0,02	0,15	0,13
C-D	0,06	2	0,03	0,20	0,15
C-E	0,1	4	0,03	0,21	0,12
E-F	0,06	2	0,03	0,20	0,15
E-H	0,16	5	0,03	0,20	0,16
H-G	0,05	2	0,03	0,19	0,13
H-I	0,21	6	0,04	0,22	0,16
I-J	0,053	2	0,03	0,18	0,15
I-K	0,263	6	0,04	0,22	0,2
K-L	0,053	2	0,03	0,18	0,15
K-M	0,316	6	0,05	0,26	0,2
M-N	0,09	2	0,05	0,23	0,2
M-O	0,406	6	0,07	0,27	0,25
U-P	0,075	2	0,04	0,21	0,18
P-O	0,075	2	0,04	0,21	0,18
O-Q	0,556	6	0,09	0,31	0,3
Q-R	0,053	2	0,03	0,18	0,15
Q-V	0,636	6	0,11	0,35	0,3
V-W	0,08	2	0,04	0,22	0,18
V-X	0,689	6	0,11	0,38	0,3
X-Y	0,08	2	0,04	0,22	0,18
X-Z	0,769	6	0,13	0,37	0,35
B'-A'	0,08	2	0,04	0,22	0,18
A'-Z	0,08	2	0,04	0,22	0,18
Z-C'	0,929	6	0,15	0,43	0,36

Tableau IV.4 : Section et hauteur et largeur de chaque tronçon

Tronçon	Hauteur [m]	Largeur [m]	Diamètre [m]	Vitesse [m/s]	Reynolds	e/d	λ	Langueur [m]	Perte de Charge linéaire [Pa]
A - B	0,13	0,15	0,15	2	19 558,29	0,00033	0,03	1,2	0,568
C- D	0,15	0,2	0,19	2	24 212,10	0,00026	0,027	1,28	0,441
C-E	0,12	0,21	0,17	4	44 068,23	0,00029	0,024	3	4,035
E -F	0,15	0,2	0,19	2	24 212,10	0,00026	0,024	1,28	0,392
E-H	0,16	0,2	0,20	5	62 579,47	0,00026	0,024	0,9	1,665
H - G	0,13	0,19	0,17	2	21 927,89	0,00029	0,022	3,6	1,115
H- I	0,16	0,22	0,20	6	78 634,53	0,00024	0,022	0,2	0,466
I -J	0,15	0,18	0,18	2	23 005,02	0,00028	0,03	0,5	0,201
I-K	0,2	0,22	0,23	6	88 168,94	0,00022	0,019	3,17	5,694
K-L	0,15	0,18	0,18	2	23 005,02	0,00028	0,021	0,3	0,085
K-M	0,2	0,26	0,25	6	95 671,51	0,00020	0,021	3,13	5,727
M-N	0,2	0,23	0,23	2	30 040,37	0,00021	0,019	4	0,781
M-O	0,25	0,27	0,28	6	109 215,44	0,00018	0,019	0,1	0,145
U-T	0,18	0,21	0,21	2	27 227,95	0,00024	0,019	3.8	0,819
T-p	0,18	0,21	0,21	2	27 227,95	0,00024	0,019	2.43	0,523
O-Q	0,3	0,31	0,33	6	128 215,16	0,00015	0,014	3,11	2,831
Q-R	0,15	0,18	0,18	2	23005.02	0,00028	0,03	0.3	0,121
Q-V	0,3	0,35	0,35	6	136 139,76	0,00014	0,014	1.11	0,951
V-W	0,18	0,22	0,22	2	27854.36	0,00023	0,019	4.5	0,948
V-X	0,3	0,38	0,37	6	141 712,55	0,00014	0,014	3	2,470
X-Y	0,18	0,22	0,22	2	27 854,36	0,00023	0,019	4,5	0,948
X-Z	0,35	0,37	0,39	6	151 288,35	0,00013	0,014	0,1	0,077
B'-A'	0,18	0,22	0,22	2	27 854,36	0,00023	0,019	2,5	0,526
A'-Z	0,18	0,22	0,22	2	27 854,36	0,00023	0,019	2	0,421
Z-C'	0,36	0,43	0,43	6	165260,89	0,00012	0,012	0,5	0,303
C'-F (8)	0,36	0,43	0,43	7	192804.37	0,00012	0,012	3,74	3,081
Total									∑= 35.031 Pa

Tableau IV.5 : Pertes de charge linière

Point	Débit t	Débit r	Débit b	Coeff r	Coeff b	Vitesse r	Vitesse b	Perte r	Perte b	Perte Total
B	0,1	0,06	0,04	- 0.05	0,89	4	2	-0,48	2,14	1,66
C	0,1	0,04	0,06	0,07	0,95	4	2	0,67	2,29	2,96
E	0,16	0,1	0,06	-0,05	0,89	5	2	- 0,75	2,14	1,39
H	0,21	0,16	0,05	-0,08	0,88	6	2	-1,73	2,12	0,39
I	0,263	0,21	0,053	-0,08	0,88	6	2	-1,73	2,12	0,39
K	0,316	0,263	0,053	-0,08	0,88	6	2	- 1,73	2,12	0,39
M	0,406	0,316	0,09	-0,08	0,88	6	2	-1,73	2,12	0,39
O	0,556	0,406	0,15	-0,08	0,88	6	2	-1,73	2,12	0,39
T	0,15	0,075	0,075	0,07	0,95	6	2	1,52	2,29	3,80
Q	0,689	0,636	0,053	0,04	0,95	6	2	0,87	2,29	3,15
V	0,636	0,556	0,08	-0,08	0,88	6	2	- 1,73	2,12	0,39
X	0,769	0,689	0,08	-0,08	0,88	6	2	-1,73	2,12	0,39
Z	0,929	0,769	0,16	-0,08	0,88	6	2	-1,73	2,12	0,39
A'	0,16	0,08	0,08	0,07	0,95	6	2	1,52	2,29	3,80
B'	0,08	0	0,08	0,35	1,28	6	2	7,59	3,08	10,67
C'	0,929	0	0,929	0,35	1,28	6	2	7,59	3,08	10,67
								4,64	36,55	∑=41,19

Tableau IV.6 : Pertes de charge singulier type de Branchement de prise

Tronçon	Type	Diamètre 1	Diamètre 2	K	Vitesse	Perte
CE	Rétrécissement	0,17	0,2	0,17	4	1.34
HI	Rétrécissement	0,2	0,23	0,16	5	1.84
IK	Rétrécissement	0,23	0,25	0,10	6	1.66
KM	Rétrécissement	0,25	0,28	0,13	6	2.20
MO	Rétrécissement	0,28	0,33	0,18	6	3.03
OQ	Rétrécissement	0,33	0,35	0,08	6	1.20
QV	Rétrécissement	0,35	0,37	0,07	6	1.14
VX	Rétrécissement	0,37	0,39	0,07	6	1.08
VZ	Rétrécissement	0,39	0,43	0,12	6	1.92

Tableau IV.7: pertes de charge singulière type rétrécissement

Pertes des charges	Valeur finale [Pa]
Les pertes linières	35.031
Les pertes sigillaires	56.61
Pert de charge totale	**91.944**

Tableau IV.8 : Pertes de charge total de R D C

- **1ère étage :**

Locaux	Charge Thermique [w]	Volume massique [m³/kg]	Débit massique (kg/s)	Débit volumique (m³/s)	Débit volumique (m³/h)
E1 01	18899,22	0,85	0,687	0,584	2102
E1 02	1691,78	0,85	0,061	0,052	187,2
E1 03	6442,78	0,85	0,234	0,20	720
E1 04	13166,93	0,85	0,478	0,406	1462
E1 05	368,21	0,85	0,013	0,011	39,6
E1 06	447,66	0,85	0,016	0,013	46,8
E1 07	12882,6	0,85	0,468	0,398	1433
E1 08	2962,44	0,85	0,107	0,091	327,6
E1 09	3406,07	0,85	0,051	0,105	378
E1 10	7546,18	0,85	0,123	0,233	838,8
E1 11	2005,76	0,85	0,072	0,061	219,6
E1 12	1326,28	0,85	0,048	0,040	144
E1 13	6969,32	0,85	0,253	0,215	774
E1 14	7847,64	0,85	0,285	0,242	871,2
E1 15	661,92	0,85	0,024	0,020	72

Tableau IV.9 : Débit volumique de **1ère étage**

Tronçon	Débit [m³/s]	Vitesse [m/s]	Section [m]²	Largeur [m]	Hauteur [m]	Diamètre [m]
A – B	0,398	2	0,20	0,50	0,40	0,49
C- D	0,584	2	0,29	0,65	0,45	0,59
C-E (05)	0,982	4	0,25	0,60	0,42	0,55
E -F	0,063	2	0,03	0,20	0,15	0,19
E'-H	0,020	2	0,01	0,12	0,08	0,11
H – G	0,083	2	0,04	0,25	0,15	0,21
H- Z	0,242	2	0,12	0,40	0,30	0,38
H -J	0,325	4	0,08	0,30	0,28	0,32
I-K	0,215	2	0,11	0,38	0,30	0,37
K-L	0,54	4	0,14	0,45	0,32	0,41
K-M	0,040	2	0,02	0,20	0,10	0,15
M-N	0,061	2	0,03	0,20	0,15	0,19
N-O	0,101	2	0,05	0,25	0,15	0,21
O-K	0,641	4	0,16	0,46	0,35	0,44
M-O	0,233	2	0,12	0,40	0,30	0,38
U-T	0,874	4	0,22	0,52	0,42	0,51
T-O	0,011	2	0,01	0,12	0,08	0,11
O-Q	0,885	4	0,22	0,52	0,42	0,51
Q-R	0,091	2	0,05	0,25	0,15	0,21
Q-V (06)	0,976	4	0,24	0,60	0,40	0,53
V-W	0,105	2	0,05	0,25	0,20	0,24
V-X	0,406	2	0,20	0,50	0,40	0,49
X-Y	0,511	4	0,13	0,42	0,32	0,40
X-Z	0,013	2	0,01	0,12	0,08	0,11
B'-A'	0,524	4	0,13	0,42	0,32	0,40
D-C	0,20	2	0,10	0,33	0,30	0,34
E-C	0,724	4	0,18	0,54	0,34	0,47
F-E	0,052	2	0,03	0,20	0,15	0,19
H-E (07)	0,776	4	0,19	0,55	0,35	0,48

Tableau IV.10 : Section et hauteur et largeur de chaque tronçon de **1ère étage**

Tronçon	Re	e/d [m]	λ	Largeur (m)	Perte de Charge linéaire [Pa]
A – B	62579,47	0,000102	0.02029	5,32	0,662
C- D	75479,54	0,000085	0.01947	0,59	0,147
C-E (05)	140153,53	0,000091	0.01736	3,02	1,943
E -F	24212,10	0,000265	0.02534	2,06	1,571
E-H	13661,89	0,000469	0.02930	0,93	0,088
H - G	26921,75	0,000238	0.02469	0,81	1,021
H- I	48424,21	0,000132	0.02150	2,33	1,562
I -J	81226,23	0,000158	0.01952	2,36	0,203
I-K	47237,52	0,000136	0.02163	1,40	0,757
K-L	105982,12	0,000121	0.01842	1,24	0,269
K-M	19530,45	0,000328	0.02673	3,01	1,0004
M-N	24212,10	0,000265	0.02534	0,23	0,165
N-O	26921,75	0,000238	0.02469	1,19	0,163
O-K	112207,96	0,000114	0.01820	4,14	1,226
M-O	48424,21	0,000132	0.02150	1,82	1,114
U-T	130806,61	0,000098	0.01762	9,66	5,028
T-X	13661,89	0,000469	0.02930	1,90	0,060
X-Q	130806,61	0,000098	0.01762	4,50	2,396
Q'-R	26921,75	0,000238	0.02469	8,05	0,910
Q'-V (06)	136618,90	0,000094	0.01746	4,90	2,396
V-W	31289,73	0,000205	0.02381	1,63	0,788
V-X	62579,47	0,000102	0.02029	2,17	0,134
X-Y	102522,78	0,000125	0.01856	2,73	0,592
X-Z	13661,89	0,000469	0.02930	0,58	0,009
B'-A'	102522,78	0,000125	0.01856	2,80	0,638
D-C	44084,47	0,000145	0.02197	3,10	0,161
E-C	119310,45	0,000107	0.02029	3,87	0,129
F-E	24212,10	0,000265	0.01947	2,33	2,781
H-E (07)	122204,54	0,000105	0.01736	4,15	1,140
					∑=31,474

Tableau IV.11 : Pertes de charge linière de **1ère étage**

Point	Débit t	Débit r	Débit b	Coeff r	Coeff b	Vitesse r (m/s)	Vitesse b (m/s)	Perte r	Perte b	Perte de Charge Total[Pa]
B	0,982	0,398	0,584	0,07	0,95	2	2	0,17	2,29	2,46
E	0,083	0,063	0,020	-0,08	0,88	2	2	-0,19	2,12	1,93
G	0,325	0,083	0,242	0,21	1,1	2	2	0,51	2,16	2,67
j	0,54	0,325	0,215	-0,05	0,89	4	2	-0,12	2,14	2,02
M	0,101	0,040	0,061	0,07	0,95	2	4	0,17	9,15	9,32
O	0,641	0,54	0,101	-0,08	0,88	4	2	-0,77	2,12	1,35
T	0,874	0,641	0,233	-0,08	0,88	4	2	-0,77	2,12	1,35
X	0,885	0,874	0,011	-0,08	0,88	2	4	-0,19	8,48	8,29
Q	0,885	0	0,885	0,35	1,28	0	4	0	9,15	9,15
Q'	0,976	0,885	0,091	-0,08	0,88	4	2	-0,77	2,12	1,35
W	0,105	0	0,105	0,35	1,28	0	2	0	3,08	3,08
V	0,511	0,105	0,406	0,21	1,1	2	2	0,51	2,65	3,16
X'	0,524	0,511	0,013	-0,08	0,88	4	2	-0,77	2,12	1,35
C	0,724	0,524	0,20	-0,08	0,88	4	2	-0,77	2,12	1,35
E	0,776	0,724	0,052	-0,08	0,88	4	2	-0,77	2,12	1,35
l										∑=50,13

Tableau IV.12 : Pertes de charge singulière type de Branchement de prise **1ère étage**

Tronçon	Type	Diamètre 1 [m]	Diamètre 2 [m]	K	Vitesse [m/s]	Perte de charge[Pa]
01	Rétrécissement	0,398	0,982	0,418	4	4,03
02	Rétrécissement	0,242	0,325	0,22	4	2.12
03	Rétrécissement	0,325	0,54	0,32	4	3,08
04	Rétrécissement	0,54	0,641	0,15	4	1,44
05	Rétrécissement	0,641	0,874	0,23	4	2,22
06	Rétrécissement	0,874	0,885	0,01	4	0,10
07	Rétrécissement	0,885	0,885	0	4	0
08	Rétrécissement	0,511	0,524	0,025	4	0,24
09	Rétrécissement	0,524	0,724	0,238	4	2,29
10	Rétrécissement	0,724	0,776	0,724	4	6,97
						∑ = 22.49

Tableau IV.13 : Pertes singulaire type rétrécissement **1ère étage**

Tronçon	Coef (ξ)	Vitesse[m/s]	Perte de charge[Pa]
FG	1,13	2	2,72
GI	1,13	2	2,72
KM	1,13	2	2,72
UT	0,24	2	0,58
QR	1,13	2	2,72
WV	0,24	2	0,58
ES	1,13	2	2,72
AB	1,13	2	2,72
AB	1,13	2	2,72
			$\sum$= 20.2

Tableau IV.14 : Pertes de charge singulière type Brusque **1ère étage**

Type de perte de charge	[Pa]
Perte de charge léneaire	31.474
Perte de charge singuliere	92.82
Perte de charge total	**124.294**

Tableau IV.15 : Pertes de charge totales **1ère étage**

- **2ème étage :**

Locaux	Charge Thermique [w]	Volume massique [m^3/kg]	Débit massique (kg/s)	Débit volumique (m^3/s)	Débit volumique (m^3/h)
E2 01	6620,67	0,85	0,240	0,204	734,4
E2 02	9398,41	0,85	0,341	0,289	1040
E2 03	15137,08	0,85	0,550	0,467	1681
E2 04	6882,96	0,85	0,250	0,212	763,2
E2 05	1763,99	0,85	0,064	0,054	194,4
E2 06	1800,73	0,85	0,065	0,055	198
E2 07	2754,49	0,85	0,100	0,085	306
E2 08	2324,96	0,85	0,084	0,071	255,6
E2 09	1351,23	0,85	0,049	0,041	147,6
E2 10	3258,32	0,85	0,118	0,100	360
E2 11	7311,06	0,85	0,265	0,225	810
E2 12	7835,9	0,85	0,284	0,241	867,6
E2 13	17990,3	0,85	0,654	0,555	1998
E2 14	906,66	0,85	0,032	0,027	97,2

Tableau IV.16 : Débit volumique de **2éme étage**

Tronçon	Débit [m³/s]	Vitesse [m/s]	Section [m]²	Longueur [m]	Hauteur [m]	Diamètre[m]
A – B	0,241	2	0,12	0,40	0,30	0,38
C- D	0,027	2	0,01	0,12	0,08	0,11
C-E (02)	0,268	4	0,07	0,30	0,24	0,29
E-H	0,054	2	0,02	0,16	0,13	0,16
H- I	0,212	2	0,11	0,38	0,30	0,37
i-J	0,266	2	0,13	0,42	0,32	0,40
f-K	0,071	2	0,03	0,20	0,15	0,19
f-L	0,337	4	0,08	0,30	0,28	0,32
P-M	0,041	2	0,02	0,16	0,13	0,16
P-N	0,378	4	0,09	0,33	0,28	0,33
M-O	0,085	2	0,04	0,25	0,15	0,21
T-U	0,100	2	0,05	0,25	0,20	0,24
T-E	0,185	2	0,09	0,33	0,28	0,33
E-Q (03)	0,618	4	0,15	0,44	0,34	0,42
Q-R	0,555	2	0,28	0,65	0,43	0,57
Z-V	0,225	2	0,11	0,38	0,30	0,37
Z-W (04)	0,78	4	0,19	0,55	0,35	0,48
V-X	0,467	2	0,23	0,52	0,45	0,53
X-Y	0,289	2	0,14	0,45	0,32	0,41
X-Z	0,756	4	0,19	0,55	0,35	0,48
b-d	0,055	2	0,03	0,20	0,15	0,19
d– a	0,204	2	0,10	0,4	0,25	0,34
d-z	0,259	2	0,13	0,42	0,32	0,40
Z -F (01)	1,015	4	0,25	0,60	0,42	0,55

Tableau IV.17 : Section et hauteur et largeur de chaque tronçon de **2éme étage**

Tronçon	Re	e/d	λ	Longeur [m]	Perte de Charge linéaire [Pa]
A – B	48424,21	0,000132	0,0215	2,28	0,313
C- D	13661,89	0,000469	0,0293	3,93	2,602
C-E (02)	75095,36	0,000171	0,0198	0,92	0,599
E-H	20185,47	0,000318	0,0265	5,13	2,079
H- I	47237,52	0,000136	0,0216	2,78	0,392
I -J	51261,39	0,000125	0,0212	7,07	0,903
I-K	24212,10	0,000265	0,0253	2	0,645
K-L	81226,23	0,000158	0,0195	1,81	1,073
K-M	20185,47	0,000318	0,0265	2,05	0,831
M-N	85131,69	0,000151	0,0193	6,86	3,841
M-O	26921,75	0,000238	0,0246	5,72	1,614
U-T	31289,73	0,000205	0,0238	2,73	0,641
T-O	42565,85	0,000151	0,0221	2,64	0,423
O-Q (03)	108190,05	0,000118	0,0183	4,62	1,930
Q-R	73702,37	0,000087	0,0195	7,1	0,580
Q-V	47237,52	0,000136	0,0216	1,38	0,195
V-W (04)	122204,54	0,000105	0,0178	2,97	1,068
V-X	67751,00	0,000095	0,0199	3,67	0,333
X-Y	52991,06	0,000121	0,021	0,7	0,086
X-Z	122204,54	0,000105	0,0178	4,5	1,619
b-d	24212,10	0,000265	0,0253	6,82	2,200
d-a	44017,00	0,000146	0,0219	1,41	0,217
d-z	5126,39	0,000125	0,0305	0,23	0,042
Z-F(01)	140153,53	0,000091	0,0173	30,2	9,207
					∑=33,43

Tableau IV.18 : Pertes de charge linière de **2ème étage**

Point	Débit t	Débit r	Débit b	Coeff r	Coeff b	Vitesse r	Vitesse b	Perte r	Perte b	Perte Total
01	0,467	0	0,467	0,35	1,28	0	2	0	3,08	3,08
02	0,756	0,289	0,467	0,07	0,95	2	2	0,17	2,29	2,46
03	1,015	0,756	0,259	-0,08	0,88	4	2	-0,77	8,48	7,71
04	0,78	0,555	0,225	-0,08	0,88	2	2	-0,19	2,12	1,93
05	0,268	0,027	0,241	0,21	1,1	2	2	0,51	2,65	2,14
06	0,266	0,212	0,054	-0,08	0,88	2	2	-0,19	2,12	1,93
07	0,337	0,071	0,266	0,21	1,1	2	2	0,51	2,65	3,16
08	0,378	0,041	0,337	0,35	1,28	2	4	0,84	3,08	3,92
09	0,185	0,100	0,085	-0,05	0,89	2	2	-0,12	2,14	2,02
										∑=28.35

Tableau IV.19 : Pertes de charge singulière type de branchement de pris de **2ème étage**

Tronçon	Type	Diamètre 1	Diamètre 2	K	Vitesse	Perte
01	Rétrécissement	0,054	0,266	0,479	2	1,15
02	Rétrécissement	0,266	0,337	0,188	4	1,81
03	Rétrécissement	0,337	0,378	0,103	4	0,99
04	Rétrécissement	0,085	0,185	0,394	2	0,95
05	Rétrécissement	0,185	0,618	0,455	4	4,38
06	Rétrécissement	0,555	0,78	0,247	4	2,38
07	Rétrécissement	0,76	1,015	0,220	4	2,38
						∑=14,04

Tableau IV.20 : Pertes de charge singulière type de Rétrécissement de **2ème étage**

Tronçon	Coef	Vitesse m/s	Perte de charge [Pa]
X Z	1,13	4	10,88
e h	0,24	2	0,58
h i	0,24	2	0,58
h j	0,24	2	0,58
j k	1,13	2	2,72
o m	1,13	2	2,72
m n	1,13	2	2,72
A B	1,13	2	2,72
A D	1,13	2	2,72
			∑= 26.22

Tableau IV.21 : Pertes de charge singulière type de brusque de **2ème étage**

Type de perte de charge	[Pa]
Perte de charge linéaire	33.43
Perte de charge singulière	68.61
Perte de charge total	**102,04**

Tableau IV.22 : Pertes de charge totales de **2ème étage**

- Gaine principale :

Tronçon	Débit [m³/s]	Vitesse [m/s]	Section [m]²	Largeur [m]	Hauteur [m]	Diamètre [m]
AB	6.344	8	0,79	1	0,79	0,97
BD	5.32	8	0,67	0,93	0,73	0,90
DF	5.061	8	0,63	0,90	0,70	0,87
FH	4.443	8	0,56	0,86	0,65	0,82
HJ	3.663	8	0,46	0,79	0,59	0,74
JN	2.681	6	0,45	0,78	0,58	0,73
LN	1.705	6	0,28	0,65	0,43	0,57
NP	0.929	6	0,15	0,44	0,34	0,42

Tableau IV.23 : débit volumique, largeur, hauteur et diamètre de gaine principale

Tronçon	Re	e/d	λ	Largeur(m)	Perte de Charge linéaire [Pa]
AB	497407,598	0,000052	0,0215	3,2	2,733
BD	461063,082	0,000056	0,0140	4,17	2,502
DF	444085,495	0,000058	0,0142	2,28	1,440
FH	418116,093	0,000061	0,0144	5,33	3,627
HJ	381714,281	0,000067	0,0146	3,74	2,826
JL	282024,54	0,000068	0,0154	1,77	0,806
LN	221107,105	0,000087	0,0162	5,75	3,512
NP	162285,082	0,000118	0,0172	3,74	3,304
					∑=25,75

Tableau IV.24 : Perte de charge linéaire de gaine principale

Point	Débit t	Débit r	Débit b	Coeff r	Coeff B	Vitesse r (m/s)	Vitesse b (m/s)	Perte r	Perte b	Perte Total[Pa]
B	6,344	5,32	1,015	-0,08	0,88	8	4	-3,08	8,48	5,4
D	5,32	5,061	0,268	0,04	0,95	8	4	1,54	9,15	10,69
F	5,061	4,443	0,618	-0,08	0,88	8	4	-3,08	8,48	5,4
H	4,443	3,663	0,78	-0,08	0,88	8	4	-3,08	8,48	5,4
J	3,663	0,982	2,681	0,21	1,1	6	4	4,55	10,60	15,60
L	2,681	1,705	0,976	-0,05	0,89	6	4	-1,08	8,57	7,49
N	1,705	0,929	0,776	-0,05	0,89	6	4	-1,08	8,57	7,49
										∑=57,47

Tableau IV.25 : Perte de charge singulière type de branchement de pris de gaine principale

Tronçon	Type	Diamètre1 (m)	Diamètre2 (m)	ξ	Vitesse (m/s)	Perte Total[Pa]
BD	Rétrécissement	0,97	0,90	0,070	8	0,34
DF	Rétrécissement	0,90	0,87	0,033	8	0,16
FH	Rétrécissement	0,87	0,82	0,056	8	0,27
HJ	Rétrécissement	0,82	0,74	0,093	8	0,45
JL	Rétrécissement	0,74	0,73	0,013	6	0,05
LN	Rétrécissement	0,73	0,57	0,195	6	0,70
NP	Rétrécissement	0,57	0,42	0,229	6	0,83
						∑=2,8

Tableau IV.26 : Perte de charge singulière type rétrécissement de gaine principale

Tronçon	Coef	Vitesse	Perte de charge [Pa]
AB	1,13	8	43,54
NP	1,13	6	24,49
			∑= 68,03

Tableau IV.27 : Perte de charge singulière type brusque de gaine principale

Type de perte de charge	[Pa]
Perte de charge linéaire	25,75
Perte de charge singulière	128,3
Perte de charge totale	**154,05**

Tableau IV.28 : Perte de charges totales de gaine principale

Locaux	[Pa]
R D C	91.944
1ér étage	124.294
2éme étage	102,04
Gaine principale	154,05
Perte de charge totale	**472,328**

Tableau IV.29 : Perte de charges totales de l'installation

IV.7. Equilibrage des réseaux

L'équilibrage des réseaux de gaines aérauliques consiste à obtenir, dans plusieurs circuits fonctionnant en parallèle, des pertes de charge équivalentes afin d'assurer les débits d'air prévus à chaque point de distribution. Cette démarche garantit que chaque bouche de soufflage reçoive le débit d'air nécessaire à son bon fonctionnement. Pour ce faire, des dispositifs spécifiques d'équilibrage sont intégrés au réseau. On distingue notamment :

Les volets de réglage, les clapets gonflables, les diaphragmes, les clapets à iris, et les clapets papillon.

Ces organes permettent de moduler la perte de charge dans chaque branche, afin d'équilibrer le réseau de manière efficace.

IV.7.1. Dispositifs d'équilibrage

a) **Évaluation de la perte de charge à introduire**

Chaque dispositif d'équilibrage est installé à un point de dérivation du réseau et permet de contrôler le débit dans les branches secondaires. L'évaluation de la perte de charge à introduire dans une branche donnée suit une démarche en trois étapes :

- **Calcul des pertes de charge totales :** Il s'agit de déterminer la perte de charge totale de chaque branche depuis le point amont de la dérivation jusqu'au point terminal le plus éloigné.
- **Comparaison des pertes :** Les pertes totales calculées pour chaque branche sont comparées afin d'identifier la branche dite « la plus défavorisée », c'est-à-dire celle ayant la plus grande perte de charge naturelle.
- **Détermination de la perte à compenser** : Pour chaque autre branche, on calcule la différence de perte de charge par rapport à celle de la branche la plus

défavorisée. Cette différence correspond à la perte que devra engendrer le dispositif d'équilibrage de la branche concernée.

b) Choix des dispositifs

Dans le cadre du présent projet, il est recommandé d'utiliser les dispositifs d'équilibrage en position intermédiaire, permettant ainsi une marge de réglage future. Les fabricants de ces dispositifs fournissent généralement des abaques reliant la perte de charge au degré d'ouverture et au débit d'air, ce qui facilite leur mise en œuvre sur le terrain.

IV.7.2. Equilibrage du réseau de gaine de distribution

L'équilibrage s'effectue à l'aide d'un dispositif qui s'appelle le « diaphragme » ce dernier crée une perte de charge supplémentaire dans le tronçon à équilibrer, le teste de l'équilibrage du réseau s'effectue par la condition suivante à chaque point de dérivation

$$E = [(\Delta p_{circuitdef} - \Delta p_{circuit})/\Delta p_{circuitdef}] \times 100 \leq 10\% \quad \text{(IV.10)}$$

Avec :

- $\Delta p_{circuitdef}$: perte de charge du circuit le plus défavorisé [Pa].
- $\Delta p_{circuit}$: perte de charge du circuit à équilibré [Pa].

Pour déterminer l'ouverture du diaphragme il faut connaitre d'abord le coefficient de perte de charge singulière par la suite on détermine son diamètre à l'aide de **Tableau IV.30**

Le coefficient de perte de charge singulière est calculé par la formule suivante :

$$\xi_{diaph} = \frac{\Delta p_{diaph}}{p_{dy}} \quad \text{(IV.11)}$$

Avec :

- Δp_{diaph}: perte de charge crée par le diaphragme [Pa].
- P_{dy}: pression dynamique [Pa]

$$\Delta p_{diaph} = \Delta p_{circuitdef} - \Delta p_{circuit} \quad \text{(IV.12)}$$

$$p_{dy} = \frac{\rho w^2}{2} \quad \text{(IV.13)}$$

ρ: Masse volumique de l'air 1.2 kg/m3

W : Vitesse effective du tronçon considéré [m/s] .

$(d_{éq}/D_{éq})^2$	0.05	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.4	0.45
ξ	1000	300	100	50	30	20	15	8	7
$(d_{éq}/D_{éq})^2$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.80	0.85	0.9
ξ	4	3	2	1.5	1	0.7	0.4	0.25	0.15

Tableau IV.30 : Coefficient de perte de charge singulière ξ du diaphragme

Application au projet :

- **RDC :**

Tronçon	Perte de charge plusdéfa	Perte de charge cir	Δp_{dif}	E%	Etat	Ξ_{diaph}	D_{diaph}[m]
AB _ CD	0.568	0.441	0.127	22.35	Non équilibré	0,312	0.052
EF _ GH	1.115	0.392	0.723	64.84	Non équilibré	0.83	0.301
IJ _ KL	0.201	0.085	0.116	57.71	Non équilibré	0,3	0.048
MN _ OU	1.342	0.781	0.561	41.8	Non équilibré	0.81	0.233
QR_ VW	0.948	0.121	0.827	87.23	Non équilibré	0.84	0.344
XY _ B'Z	0.948	0.947	0.001	0.1	Équilibré	-	-

Tableau IV.31 : Equilibrage de réseau **RDC**

- **1 ère étage :**

Tronçon	Perte de charge plus défa	Perte de charge cir	Δp_{dif}	E%	Etat	Ξ_{diaph}	D_{diaph}[m]
AC - CD	6,102	0,147	5,955	97,59	Non équilibré	2,48	0,749
QR - OZ	6,35	5,116	1,234	19,43	Non équilibré	0,51	0,648
KM -MN	6,444	0,165	6,279	97,43	Non équilibré	2,61	0,735
EF-FH	1,571	0,088	1,483	94,39	Non équilibré	0,61	0,624
E S - F G	5,501	3,741	1,76	31,99	Non équilibré	0,73	0,600
V W-V X	1,172	0,134	1,038	88,56	Non équilibré	0,43	0,659

Tableau IV.32 : Equilibrage de **1ére étage**

- **2 ème étage:**

Tronçon	Perte de charge plusdéfa	Perte de charge cir	Δp_{dif}	E%	Etat	Ξ_{diaph}	D_{diaph}[m]
bd -da	2,937	2,78	0,157	5,34	Équilibré	-	-
XY - VX	0,333	0,086	0,247	74,17	Non équilibré	0,10	0,95
AB – AD	5,322	3,033	2,289	43,01	Non équilibré	0,95	0,678
mu -om	4,334	0,641	3,693	85,21	Non équilibré	1,53	0,781
eh - hi	2,079	0,972	1,107	53,24	Non équilibré	0,46	0,656
RV- QR	0,580	0,195	0,385	66,37	Non équilibré	0,16	0,938
Mn – Ln	6,561	3,143	3,418	52,09	Non équilibré	1,42	0,806

Tableau IV.33 : Equilibrage de **2ème étage**

- **Gaine principale :**

Tronçon	Perte de charge plusdéfa	Perte de charge cir	Δp_{dif}	E%	Etat	Ξ_{diaph}	D_{diaph}[m]
FE - CE	31,813	15,953	15,86	49,85	Non équilibré	0,41	0,189
CE - OQ	45,601	15,953	29,95	65,01	Non équilibré	0,78	0,728
OQ - VW	45,601	8,632	36,96	81,07	Non équilibré	0,96	0,201
VW-CE	21,43	8,632	12,79	59,72	Non équilibré	0,33	0,465
CE- Q'V	77,50	21,43	56,07	72,34	Non équilibré	1,46	0,676
Q'V-HE	77,50	25,36	52,14	67,27	Non équilibré	1,35	0,610
HE- C'F	91,944	25,36	66,58	72,41	Non équilibré	3,08	0,610

Tableau IV.34 : Equilibrage de la **gaine principale**

Chapitre V : Régulation de l'installation de climatisation

V.1. Introduction

Une installation de climatisation a pour but de maintenir constante la température dans une pièce ventilée à une valeur donnée, indépendamment de l'état de l'air extérieur et qui ce passe dans la pièce. On utilise donc des procédés pour réchauffer ou refroidir les différents éléments de l'installation devront être disposé et associés de façon qu'il en résulte des combinaisons utiles ce qui nécessite un système de régulation.

V.2. Boucle de régulation [6]

Une boucle de régulation comprend :

V.2.1. Organe de détection

Il a pour rôle de mesurer la valeur réelle de la grandeur à régler, il peut être un thermostat, un pressostat ou un hygrostat.

V.2.2. Régulateur

C'est l'appareil qui a pour rôle de :

- comparer la valeur mesurée par le détecteur avec la valeur désirée.
- amplifier l'écart entre les deux valeurs.
- transformer cet écart en signal ou en ordre de commande à l'organe de réglage.

L'organe de commande qui peut être un servomoteur électrique, reçoit l'ordre du régulateur en actionnant de réglage.

V.2.3. L'organe de réglage

Il a pour rôle d'ajuster la grandeur de réglage à la valeur nécessaire, en recevant l'ordre du régulateur sous forme de signal électrique. L'action de l'organe de réglage est purement mécanique.

V.3. Appareils de régulation utilisée dans les installations de climatisation

V.3.1. Organe de détection

- **Thermostat :** c'est un organe de détection de température.
- **Sonde :** généralement identique a un thermostat mais se place à l'extérieur.
- **Hygrostat :** c'est un organe de détection d'humidité relative.

Les organes de détection doivent être simple et solide avec un fonctionnement précis et sur, et seront choisis en fonction des performances a assuré et leur degré de fiabilité.

V.3.2. Organe de réglage

- Vannes : elles servent à faire varier le débit d'un fluide par la modification de la section de passage ; cette variation entraîne une certaine variation de résistance hydraulique de la vanne.
- Servomoteurs : elles sont les organes de commande qui modulent la position des vannes ; ils sont de type électrique.

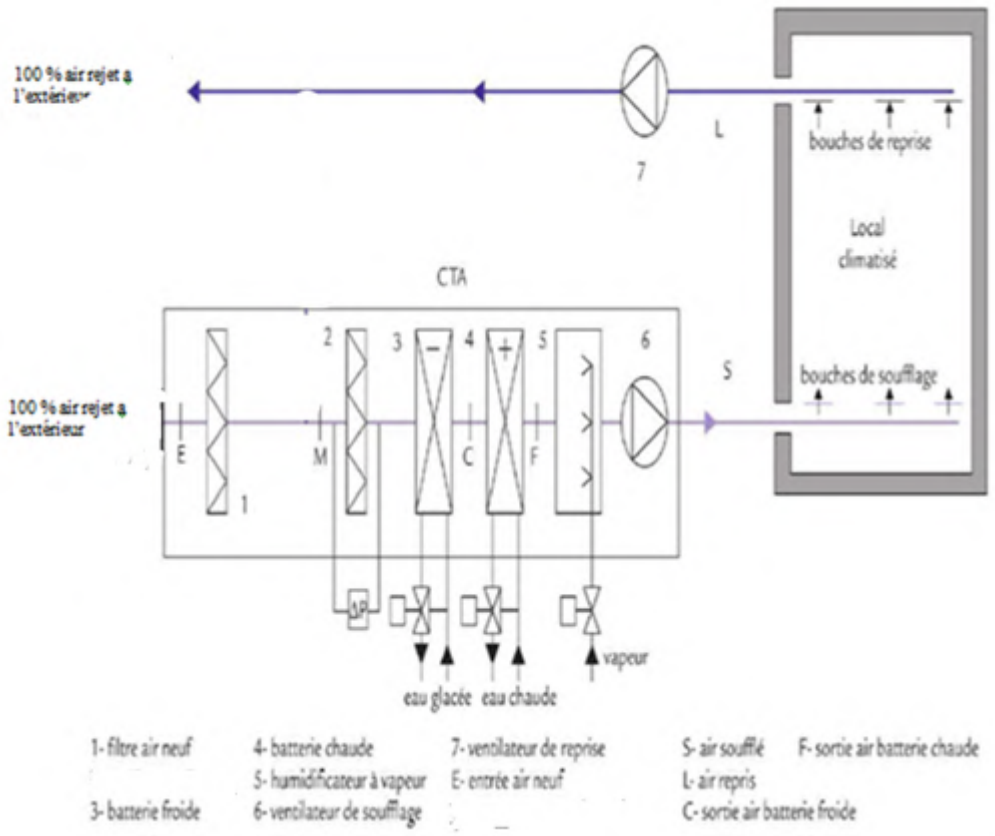


Figure V.1 : Schéma de régulation de C T A

V.4. Choix du mode de régulation

V.4.1. régulation d'ensemble

Ce type de régulation existe généralement dans les locaux techniques, c'est un mode de régulation agissant sur l'ensemble de la chaleur total fournie et cela en fonction des paramètres climatiques extérieurs (régulation fonctionnant avec la loi de correspondance) Système de central traitement d'air mono gaine à débit d'air constant et température variable :

V.4.1.1. Régulation de C T A

V.4.1.2. Boucles de régulation

Cet équipement comporte une boucle permettant de garantir la température et enfin une boucle permettant de garantir l'hygrométrie.

La **figure V.2** prend l'hypothèse de régulateurs analogiques. En numérique, beaucoup d'appareils peuvent gérer l'ensemble des trois boucles pour laquelle la régulation par point de rosée est souvent adoptée.

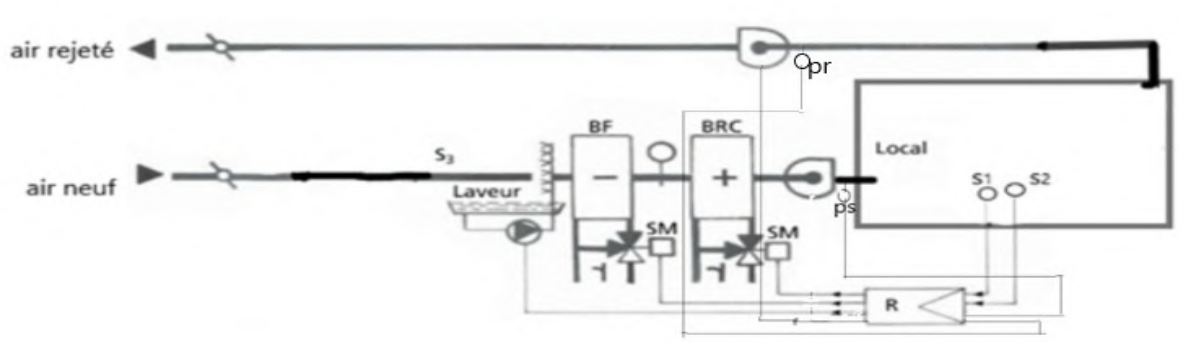


Figure V.2 : Boucles de régulation de C T A

- 1 : air neuf 100%.
- 2 : 100% air rejeté.
- 3 : batteries froide (BF) .
- 5 : batteries chaude (BRC)
- 6 : SM : servomoteur et vanne 3 voies permettant la régulation de la batterie froide de (bf).
- 7 : SM: servomoteur et vanne 3 voies permettant la régulation de la batterie chaude (brc) .
- 8 : laveur adiabatique.
- 9 : S_1 : sonde de température.
- 10 : S_2 : sonde de l'humidité.
- 11 : R : comparateur à maximum.
- Ps e Pr sonde de pression

  Remarque Pr et Pr mesure la pression et le régulateur actionné pour la ventilateur de air rejeté.

V.4.1.3. Boucle de régulation de température

Il est demandé ici que la température ambiante soit influencée par la température extérieure **Figure V.3.** La température est contrôlée à partir d'une batterie à eau glacée et d'une batterie à eau chaude. L'hygrométrie relative est contrôlée à partir d'un laveur adiabatique et de la batterie à eau glacée. La vanne 3 voies à eau glacée est donc sollicitée lors d'une demande de refroidissement et lors d'une demande de déshumidification. Il convient donc d'utiliser un comparateur à maximum, c'est le plus grand écart qui doit être privilégié.

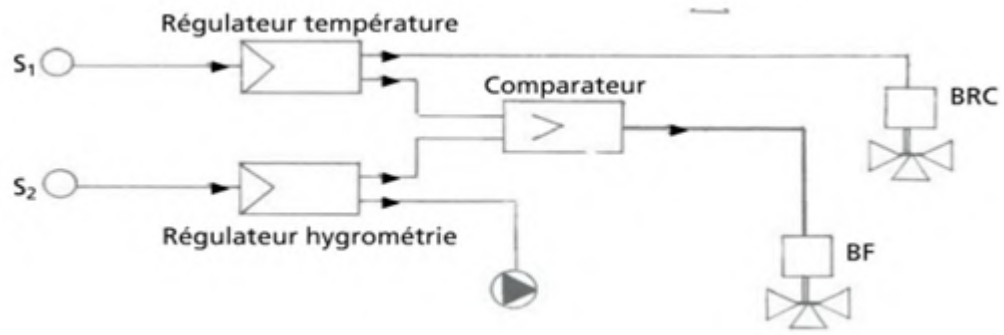


Figure V.2 : Boucle de régulation de température

V.4.1.4. Régulateur de pression

Le régulateur de pression a pour rôle de stabiliser la pression à la valeur de consigne paramétrée. Ils sont composés d'un régulateur et sonde pour mesure la pression et actionne au ventilateur de rejeté. Et assuré la pression déterminée à tous les tronçons.

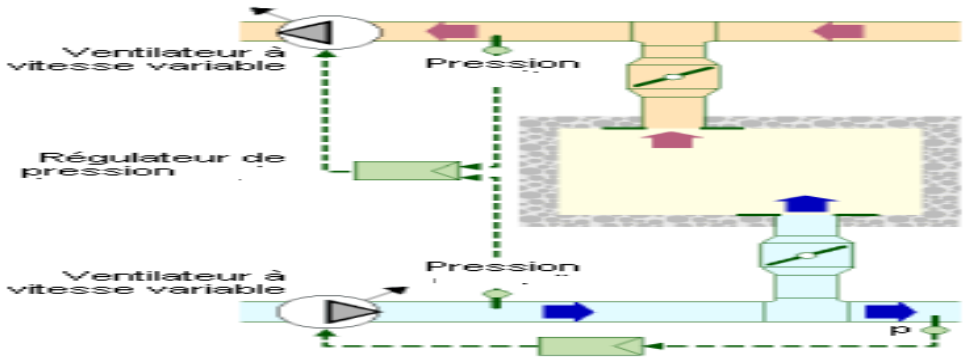


Figure V.4 : Régulation de pression

Sont les pressions des deux réseaux qui sont comparés et le ventilateur de reprise est régulé de façon à maintenir en permanence une différence de pression donnée.

Conclusion générale

L'opération de traitement d'air aujourd'hui s'élargit de plus en plus dans les domaines industriels, habitations, agroalimentaires, laboratoires, etc… Et elle reste la méthode la plus fréquemment utilisée afin de garantir et de maintenir l'environnement intérieur de confort thermique en bonne qualité. C'est pour cela que nous sommes contraints à fournir un débit d'air adéquat, en termes de température et d'humidité imposée.

Ces conditions de température et d'humidité, sont assurées par des installations de traitements d'air. C'est ce qui nous a conduits, en effet, à dimensionner une centrale de traitement d'air.

L'étude et le dimensionnement d'un système de climatisation est un projet important exigeant des connaissances techniques autant que la disponibilité de donnée reconnue comme conditions de base du confort thermique, et les conditions de base extérieure sur le lieu du projet.

Après la définition de toutes les caractéristiques de laboratoire de contrôle de qualité à climatiser, comme les différents paramètres climatiques, géométriques, et les différents matériaux de construction, toutes les dimensions et la nature de l'ensemble des éléments constituants l'intérieur, nous sommes arrivés au calcul du bilan thermique.

Le calcul des apports calorifiques suivant la méthode adoptée dans le document technique règlementaire algérien (D.T.R) nous a permit de déterminer les puissances nécessaires pour conditionner laboratoire de contrôle de qualité, et désigné la capacité et choisir de l'équipement adéquat en terme de fonctionnement et efficacité énergétique.

Pour assurer le confort du personnel de laboratoire nous avons choisi un système de régulation de température et débit d'air optimal.

Par ailleurs, nous avons les recommandations suivantes :

- Prévoir des dispositifs anti-vibrations pour réduire le bruit dû aux différents composants de l'installation de climatisation.
- Faire le bon choix de ces composants en s'appuyant sur la recherche des solutions les plus économiques aux problèmes à envisager après l'installation de ces composants.
- Elaborer des logiciels de calculs fiables et validés par les organismes concernés, pour calculer les déperditions et les apports thermiques, afin de minimiser la durée d'étude des projets avant leur réalisation.

Références bibliographiques

[1] Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, **DTR C 3.2 – Installations de ventilation et de conditionnement d'air : Règles générales de calcul des installations**, Édition janvier 2013, CTC (Centre de Contrôle Technique de la Construction), Algérie. Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, **DTR C 3.4 – Installations de ventilation : Désenfumage des bâtiments – Règles de calcul et de conception**, Édition janvier 2015, CTC (Centre de Contrôle Technique de la Construction), Algérie.

[2] ASHRAE, **Cooling and Heating Load Calculation Manual (Méthode CLTD/CLF),** Handbook 1985, mis à jour par ClimaWin, 7 juin 2013.",

[3] Daikin, **Catalogue technique – Solutions de climatisation et de ventilation**, Édition juillet 2020.

[4] France Air, **catalogue technique – Diffusion et traitement de l'air**, Édition janvier 2021

[5] Catalogue technique (hydraulique et aéraulique), Formulaire Saint-Gobain – Canalisation, édition 2014

[6] Desmans, Jean. Régulation en Génie Climatique. 2^{e} édition, Toulouse : Cépaduès, Éditions2009

Annexes

Annexe (A)

Condition extérieur de base

Zone climatique		Température sèche $TS_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $HS_{b,e}$ (g_{vap}/kg_{as})	Ecart diurne E_b (°C)	Température moyenne TS_m (°C)	Ecart annuel de température EAT (°C)
A	alt < 500 m	34	14,5	9	25,5	31
	500 ≤alt < 1000 m	33,5	13	10	25	32,5
	alt ≥1000 m	30,5	13	9	22,5	31,5
B	alt < 500 m	38	12,5	15	26,5	36
	500 ≤alt < 1000 m	37	11	15	26,5	36
	alt ≥1000 m	35	10	14	25	36
B1	alt < 500 m	42	11	18	29	41,5
B2	alt ≥500 m	39	8,5	18	25	
C	alt < 500 m	39,5	6	18	29	41
	alt ≥500 m	36	11	15	29	36
D	alt < 1000 m	40	8,5	20	27	41,5
	alt ≥1000 m	34	8,5	18	25	40
E		44	6,5	15,5	33	38
E1	alt < 500 m	37	6	18	29	41
	alt ≥500 m	34	11	15	29	36
F		46	5,5	16,5	36,5	43

Tableau 9.1 : Conditions extérieures de base

Rayonnement de base

Rayonnement total de base *It, b* et diffus de base *Id, b* (en W/m²)										
Latitude Nord	Mois	ORIENTATION								
		N	**NE**	**E**	**SE**	**S**	**SO**	**O**	**NO**	**Horiz.**
20°	Juillet	59	435	514	267	44	267	514	435	791
	Août	34	372	520	356	81	356	520	372	788
	Septembre	31	273	514	441	205	441	514	273	733
30°	Juillet	50	413	516	315	94	315	516	413	776
	Août	34	340	520	406	198	406	520	340	741
	Septembre	28	284	498	479	330	479	498	284	668
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	734
	Août	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Tableau 9.4 : Rayonnement de base

C_{ros} en fonction de la zone climatique

Zones		C_{ros}	Zones		C_{ros}
A	alt < 500 m	0,99	**C**	alt < 500 m	1,05
	500 ≤ alt < 1000 m	1,02		alt ≥1000 m	1,07
	alt ≥1000 m	1,02	**D**	alt < 1000 m	1,10
B	alt < 500 m	1,03		alt ≥1000 m	1,10
	500 ≤alt < 1000 m	1,05	**E**	Touts	1,15
	alt ≥1000 m	1,07	**E1**	alt < 500 m	1,05
B1	Toutes	1,10		alt ≥500 m	1,07
B2			**F**	Toutes	1,19

Tableau 9.5 : C_{ros} en fonction de la zone climatique

Conditions intérieur de base

APPLICATION	Niveau de confort amélioré		Niveau de confort normal		
	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Accroissement toléré de la température (°C)
Séjour de longue durée Logement, hôtel, bureaux, hôpital, école, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de courte durée Magasin, banque, bureaux de poste, salon de coiffure, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de durée limitée avec gains latents importants Amphithéâtre, salle de spectacle, lieu de culte, salle de restauration, cuisine, etc.	24	50	27	60	1

Tableau 9.6 : Conditions intérieures de base

Différence équivalent de températeur pour les murs extérieurs

Différence équivalente de température *Δtes(t)* ou *Δtem(t)* (en °C)-Murs ensoleillés ou à l'ombre

Orientation	M_{surf} kg/m²	Temps Solaire Vrais																						
		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	≤100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8
	≥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	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9
E	≤100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3
	≥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	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7
SE	≤100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9
	≥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	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0
S	≤100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8
	≥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	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
SO	≤100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,1
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
	≥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	8,3	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
O	≤100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9.4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4
	≥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	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,2
NO	≤100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8
	≥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	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0
N (à l'ombre)	≤100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5
	≥700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5

Tableau 10.1 : Différence équivalente de température pour les murs extérieurs

Différence équivalent de températeur pour les toiturs

Différence équivalente de température Δtes (t) ou Δtem (t) (en °C) – Toits ensoleillés ou à l'ombre																								
Condition	M_{surf} kg / m²	Temps Solaire Vrai																						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
ensoleillé	≤ 50	-2,2	-3,3	-3,9	-2,8	-0,5	3,9	8,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,6	25	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7
	≤ 100	0	-0,5	-1,1	-0,5	1,1	5	8,9	12,8	16,7	20	22,8	23,9	23,9	22,2	19,4	16,7	13,9	11,1	8,3	6,7	4,4	3,3	2,2	1,1
	200	2,2	1,7	1,1	1,7	3,3	5,5	8,9	12,8	15,6	18,3	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5,0	3,3
	300	5	4,4	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15	17,2	19,4	21,1	21,7	21,1	20,0	18,9	17,2	15,6	13,9	12,2	10,0	8,9	7,2	6,1
	≥ 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	20,6	19,4	18,9	18,9	17,8	16,7	15,0	12,8	11,1	10,0	7,8
A l'ombre	≤ 100	-2,8	-2,8	-2,2	-1,1	0	1,1	3,3	5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	2,8	1,1	0,5	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	-2,8
	200	-2,8	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8
	≥ 300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5	5,5	5,5	5,5	5,0	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1

Tableau 10.2 : Différence équivalente de température pour les toits

Facteur de correction CΔte

Valeurs de *CΔte* (en °C)																			
$\Delta ts_{max} = TS_{b,e} - TS_{b,i}$	Ecarts diurnes de base E_b(en °C)																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26	-26,5	-27	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8	
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22	-22,5	-23	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8	
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18	-18,5	-19	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8	
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14	-14,5	-15	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8	
0	-5	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6	
2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,6	-11,1	-11,7	
4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,6	-9,1	-9,7	
6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4	-4,5	-5	-5,4	-5,9	-6,7	-7,2	-7,8	
8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2	-2,5	-3	-3,4	-3,9	-4,7	-5,2	-5,8	
10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2	-2,8	-3,3	-3,9	
12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8	
14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2	
16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	
18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2	
20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2	
22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10	9,4	8,9	8,3	

Tableau 10.3 : Facteur de correction CΔte

X.1.3.4.1. Le facteur d'absorption α d'une paroi extérieure peinte est donné en fonction de la couleur de la face extérieure de la paroi

- face extérieure de couleur claire (blanc, crème), α= 0,50 ;

Valeur de C_{lnc} tempérqteur de base égale 37 ◦C

$TS_{b,e}$ =37°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

Tableau 10.7 : Valeurs de C_{lnc} pour une température de base égale à 37°C

Valeur de C_{lnc} tempérqteur de base égale 34◦C

$TS_{b,e}$ =34°C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-2	-14	-3	-4	13	2	-11	0	-6
2	-2	-15	-4	-4	14	2	-11	0	-6
3	-3	-15	-4	-4	15	3	-10	1	-5
4	-3	-16	-4	-5	16	4	-9	1	-5
5	-3	-16	-4	-4	17	3	-10	1	-5
6	-3	-16	-4	-4	18	3	-10	1	-6
7	-3	-16	-4	-4	19	3	-10	0	-6
8	-2	-15	-3	-3	20	2	-11	0	-7
9	-1	-14	-3	-8	21	2	-11	-1	-2
10	-1	-14	-2	-7	22	1	-12	-1	-2
11	0	-13	-2	-7	23	0	-13	-2	-3
12	1	-12	-1	-7	24	-1	-14	-2	-3

Tableau 10.8 : Valeurs de C_{lnc} pour une température de base égale à 34°C

Valeur de Z_{lim}

Valeur de z_{lim}							
Température du local conditionné	**Zone climatique**						
	A	B	B1, B2	C, D	E	E1	F
24	3,80	5,40	8,60	7,80	9,40	5,40	9,40
25	3,40	5,00	8,20	7,40	9,00	5,00	9,00
26	3,00	4,60	7,80	7,00	8,60	4,60	8,60
27	2,60	4,20	7,40	6,60	8,20	4,20	8,20

Tableau 10.10 : Valeurs de z_{lim} (en m)

Δtlnc est donné par la formule suivante

- Δ tlnc = [(TSe(t) C lnc) TS b, i] (° C) (10.11)
- TSe(t) (en °C) est la température extérieure sèche à l'instant considéré (cf. chapitre IX, § IX.1.1),
- Clnc (en °C) est un coefficient correcteur (cf. § X.2.2) ;
- TSb,i (en °C) représente la température intérieure du local conditionné.

Valeur de C_{ts}

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

Tableau 9.2 : Valeurs de C_{TS}

Cofficient k_{lg} pour de remplisages vitrés

Matériaux de la menuiserie[1]	Vitrage double ou triple, verre non traité, lame d'air ou de gaz K_{lg} (W/m.°C)	Vitrage double à faible émissivité, vitrage triple avec deux couches à faible émissivité, lame d'air ou de gaz K_{lg} (W/m.°C)
Bois ou plastique	0,05	0,08
Métal à coupure thermique	0,07	0,10
Métal sans coupure thermique	0,0	0,02

[1] Si le vitrage est tenu dans la feuillure par un élément métallique, la menuiserie doit être considérée comme métallique

Tableau 3.8 : Coefficient K_{lg} pour des remplissages vitrés

Gains dus à l'éclairage

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée ou des tubes (lux)	Puissance dégagée des lampes (W/m²)	
		lampes à incandescence	Lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux, salles d'opération	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

Tableau 12.10 : Gains dus à l'éclairage

Cofficient d'amortisement pour 12 heures de fonctionnement

	M kg/m²	Temps Solaire Vrai																							
		Protection intérieure												Sans protection ou avec protection extérieure											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	≥750	59	67	62	49	33	27	25	24	22	21	20	17	34	42	47	45	42	39	36	33	30	29	26	25
	500	59	68	64	52	35	29	24	13	20	19	17	15	35	45	50	49	45	42	34	30	27	26	23	20
	≤150	62	80	75	60	37	25	19	17	15	13	12	11	40	62	69	64	48	34	27	22	18	16	14	12
E	≥750	51	66	71	67	57	40	29	26	25	23	21	19	36	44	50	53	53	50	44	39	36	34	30	28
	500	52	67	73	70	58	40	29	26	24	21	19	16	34	44	54	58	57	51	44	39	34	31	28	24
	≤150	53	74	82	81	65	43	25	19	16	14	11	9	36	56	71	79	70	54	39	28	23	18	15	12
SE	≥750	20	42	59	70	74	71	61	48	33	30	26	24	34	37	43	50	54	58	57	55	50	45	41	37
	500	18	40	57	70	75	72	63	49	34	28	25	21	29	33	41	51	58	61	61	56	49	44	37	33
	≤150	9	35	61	78	86	82	69	50	30	20	17	13	14	27	47	64	75	79	73	61	45	32	23	18
S	≥750	28	25	40	53	64	72	77	77	73	67	49	31	47	43	42	46	51	56	61	65	66	65	61	54
	500	26	22	38	51	64	73	79	79	77	65	51	31	44	37	39	43	50	57	64	68	70	68	63	53
	≤150	21	29	48	67	49	82	89	83	56	50	24	16	28	19	25	38	54	68	78	84	82	76	61	42
SO	≥750	31	27	27	26	25	27	50	63	72	74	69	54	51	44	40	37	34	36	41	47	54	57	60	58
	500	33	28	25	23	23	35	50	64	74	77	70	55	53	44	37	35	31	33	39	46	55	62	64	60
	≤150	29	21	18	15	14	27	50	69	82	87	79	60	48	32	25	20	17	19	39	56	70	80	79	69
O	≥750	63	31	28	27	25	24	22	29	46	61	71	72	56	49	44	39	36	33	31	31	35	42	49	54
	500	67	33	28	26	24	22	20	28	44	61	72	73	60	52	44	39	34	31	29	28	33	43	51	57
	≤150	77	34	25	20	17	14	13	22	44	67	82	85	77	56	38	28	22	18	16	19	33	52	69	77
NO	≥750	68	28	27	25	23	22	20	19	24	41	56	67	49	44	39	36	33	30	28	26	26	30	37	44
	500	71	31	27	24	22	21	19	18	23	40	58	70	54	49	41	35	31	28	25	23	24	30	39	48
	≤150	82	33	25	20	18	15	14	13	19	41	64	80	75	53	36	28	24	19	17	15	17	30	50	66
N	≥750	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	75	75	79	83	84	86	88	88	91	92	93	93
	500	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	81	84	86	89	91	93	93	94	94	95	95	95
	≤150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 11.5 : Coefficient d'amortissement pour 12 heures de fonctionnement

Cofficient de simultanéité des gains internes

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
Eclairage fluorescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Eclairage fluorescent encastré, éclairage incandescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Eclairage 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
Evaporation 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

Tableau 12.1 : Coefficients de simultanéité des gains internes

Gains dus aux occupants

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 52	79 94	58 58	73 88	63 64	69 83	67 70	65 77	71 74	60 72	83 85	49 62
Debout, marche	Magasin, accueil	60	102	66	96	72	91	68	63	82	80	93	70
Travail léger	Atelier, usine	56	164	64	156	72	148	80	140	86	134	107	113
Travail assez pénible	Atelier, usine, salle de sport	79	214	88	205	97	197	132	161	112	181	135	158
Travail pénible	Atelier, usine, salle de sport	131	293	136	288	142	283	149	277	154	271	177	248

Tableau 12.3 : Gains dus aux occupants

Infiltration par les portes et fnetres

DÉSIGNATION	Qvo_{inf} Vent perpendiculaire à l'ouvrant (en $m^3/h.m^2$ d'ouverture)	Qvo_{inf} Vent oblique par rapport à l'ouvrant (en $m^3/h.m^2$ d'ouverture)
Fenêtre ou porte-fenêtre	14,5	8,7
Double fenêtre	8,7	5,2
Porte simple	21,7	13,0
Porte simple avec seuil et joint d'étanchéité	4,5	2,7
Porte en verre ou glace	145	87
Double porte avec sas		
portes simples	4,2	2,5
portes simples avec seuil et joint d'étanchéité	0,90	0,5
portes en verre	28,1	16,9
Porte à tambour		
avec joint d'étanchéité	7,3	4,4
sans joint d'étanchéité	21,7	13,0

Tableau 13.1 : Infiltrations par les portes et fenêtres

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

Hauteur et azimut solaire (latitude 37 ˚C Nord , latitude 34˚C Nord)

LATITUDE 37° NORD							
TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV
	β (en °)	ϕ (en °)	β (en °)	ϕ (en °)	β (en °)	ϕ (en °)	
6	12	106	7	100	-	-	18
7	24	98	19	91	12	81	17
8	36	89	31	81	24	71	16
9	47	79	43	70	35	59	15
10	59	65	53	55	44	44	14
11	69	42	62	32	51	24	13
12	73	0	65	0	53	0	12

Tableau B.1.1 : Hauteur et azimut solaire (latitude 37° Nord)

LATITUDE 34° NORD							
TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV
	β (en °)	ϕ (en °)	β (en °)	ϕ (en °)	β (en °)	ϕ (en °)	
6	11	107	7	100	-	-	18
7	23	99	19	92	13	82	17
8	36	92	32	83	25	72	16
9	48	82	44	73	36	61	15
10	60	70	55	58	46	46	14
11	71	47	64	36	53	26	13
12	76	0	68	0	56	0	12

Tableau B.1.2 : Hauteur et azimut solaire (latitude 34° Nord)

Facteur solaire

Type de vitrage	Epaisseur (mm)	FS
Verre à vitre : normal	2 à 3	1
fort	4	0,98
épais	5	0,96
Glace claire ordinaire	6	0,95
	8,6	0,92
	10,5	0,90
	12	0,88
Verre absorbant	5,5	0,71
Glace absorbante		
couleur bronze	6	0,64
	8	0,60
	10	0,54
couleur grise	6	0,65
	8	0,60
	10	0,55
couleur verte	6	0,63
	8	0,59
	10	0,53
Verre coloré		
rouge foncé	3 à 6	0,56
bleu foncé	3 à 6	0,60
gris foncé	3 à 6	0,32
gris-vert	3 à 6	0,46
opale vert	3 à 6	0,43
opale foncé	3 à 6	0,37
ambre	3 à 6	0,70
Glaces réfléchissantes		
claires	6	0,72
	8	0,71
	10	0,70
bronze	6	0,55
	8	0,49
	10	0,45
gris	6	0,55
	8	0,50
	10	0,46
vert	6	0,53
	8	0,49
	10	0,45
Film réflecteur		
sur glace claire		
film A18		0,25
film A33		0,42
sur glace absorbante		
bronze		
film A18		0,33
film A33		0,41
gris		
film A18		0,12
film A33		0,21

Tableau 11.7 : Facteur solaire des vitrages spéciaux en simple épaisseur

Les zone de communes des wilaya

Wilaya	Communes	Zone
18 JIJEL	**Groupe de Communes 1 :** Chekfa - El Aouana - El Kennar Nouchfi - Emir Abdelkader - Jijel - Kaous - Keir Oued Adjoul - Mansouria Sidi Abdelaziz - Taher - Ziama. **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 2.	A B
19 SETIF	**Groupe de Communes 1 :** Boutaleb - Hamma. **Groupe de Communes 2** : Ain Arnat - Ain Azal - Ain Lahdjar - Ain Oulmane - Beidha Bordj - Bellaa - Beni Hocine - Bir El Arch - Bir Haddada - El Eulma - El Ouldja - Guellal - Guenzet - Guidjel - Hammam Essokhna - Harbil - Ksar El Abtal - Mezloug - Ouled Sabor - Ouled Si Ahmed - Ouled Tebben - Rosfa - Salah Bey - Setif - Taya - Tella **Groupe de Communes 3**: Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.	D C B
20 SAIDA	Toutes les communes	C
21 SKIKDA	**Groupe de Communes 1 :** Ain Zouit - Benazouz - Cheraia - Collo - Djendel Saadi Mohamed - El Hadaik - El Marsa - Fil Fila - Hamadi Krouma - Kanoua - Kerkera - Kheneg Mayoum - Ouled Attia - Skikda - Tamalous - Zitouna **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	A B
22 SIDI BEL-ABBES	**Groupe de Communes 1** : Aïn Tidamine - Benachiba Chelia - Bir El Hammam - Dhaya - El Haçaiba - Marhoum - Merine - Mezaourou - Moulay Slissen - Oued Sebaa - Oued Sefioun - Oued Taourira - Ras El Ma - -Redjem Demouche - Sidi Ali Benyoub - Sidi Chaib - Taoudmout - Tassifour - Teghaliment - Telagh - Tenira. **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C B
23 ANNABA	**Groupe de Communes 1** : Annaba - Chetaïbi - Ouled El Aneb - Seraïdi **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	A B
24 GUELMA	**Groupe de Communes 1 :** Tamloka. **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C B
25 CONSTANTINE	**Groupe de Communes 1 :** Ain Smara - Ouled Rahmoune. **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C B
26 MEDEA	**Groupe de Communes 1 :** Aissaouia - Baata - Benchicao - Beni Slimane - Bir Ben Laabed - Bouchrahil - Bouskene - Deux Bassins - Djouab - Draa Essamar - El Azizia - El Guelb El Kebir - El Hamdania - El Omaria - Khams Djouamaa - Medea - Meghraoua - Mezrana - Mihoub - Ouamri - Oued Harbil - Ouled Brahim - Ouzera - Sidi Errabia - Sidi Naamane - Sidi Zahar - Sedraia - Souaghi - Tablat - Tamesguida - Tizi Mehdi **Groupe de Communes 2** : Hannacha. **Groupe de Communes 3 :** Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.	B B' C

Puissance de lampes des locaux

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée ou des tubes (lux)	Puissance dégagée des lampes (W/m²)	
		lampes à incandescence	Lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux, salles d'opération	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

Annexe (B)

Diffuseur DAP 95 600*600 piquage latéral

- DAP 95 600 x 600 piquage latéral

Q (m³/h)	Nombre de fentes	1	2	3	4
	Ak (m²)	0,021	0,040	0,055	0,066
100	X (m)	0,6			
	Pt (Pa)	2			
	NR	<20			
200	X (m)	1,2	1,0		
	Pt (Pa)	6	2		
	NR	21	<20		
300	X (m)	1,9	1,5	1,3	
	Pt (Pa)	14	3	2	
	NR	31	<20	<20	
400	X (m)	2,5	2,0	1,7	1,5
	Pt (Pa)	25	6	4	2
	NR	37	25	<20	<20
500	X (m)	3,1	2,5	2,1	1,9
	Pt (Pa)	39	10	6	4
	NR	42	30	24	21
600	X (m)	-	3,0	2,6	2,3
	Pt (Pa)	-	14	8	5
	NR	-	34	28	25
700	X (m)		3,5	3,0	2,7
	Pt (Pa)		19	11	7
	NR		37	32	28
800	X (m)		4,0	3,4	3,1
	Pt (Pa)		25	14	9
	NR		40	35	31
1000	X (m)			4,3	3,8
	Pt (Pa)			22	14
	NR			40	36
1200	X (m)			-	4,6
	Pt (Pa)			-	20
	NR			-	40

NR < 25 | 25 ≤ NR < 35 | 35 ≤ NR < 45 | NR ≥ 45

Ak (m²) : Surface effective.
X(m) : Portée en mètre pour une vitesse terminale Vt=0,25 m/s.
Pt (Pa) : Différence de pression totale.
NR : Noise Rating. Puissance acoustique sans atténuation du local. Lw= NR + 5 dB (A).

Diffuseur DAU 40/ DAP 40

SÉLECTION DAU 40 / DAP 40

Q (m³/h)	Dim. (mm) Ak (m²)	150 x 150 0,0108	225 x 225 0,0243	300 x 300 0,0432	375 x 375 0,0675	450 x 450 0,0972	525 x 525 0,1323	600 x 600 0,1728
100	X (m)	2,9						
	Pt (Pa)	4,6						
	NR	<20						
160	X (m)	4,6	3,1					
	Pt (Pa)	11,9	2,3					
	NR	28	<20					
200	X (m)	5,8	3,8	2,9				
	Pt (Pa)	18,5	3,7	1,2				
	NR	34	<20	<20				
300	X (m)	8,7	5,8	4,3	3,5			
	Pt (Pa)	41,7	8,0	2,6	1,1			
	NR	44	27	<20	<20			
400	X (m)		7,7	5,8	4,6	3,8		
	Pt (Pa)		14,6	4,6	1,9	0,9		
	NR		34	23	<20	<20		
500	X (m)		9,6	7,2	5,8	4,8	4,1	
	Pt (Pa)		22,9	7,2	3,0	1,4	0,8	
	NR		40	28	<20	<20	<20	
600	X (m)		11,5	8,7	6,9	5,8	4,9	4,3
	Pt (Pa)		32,9	10,4	4,3	2,1	1,1	0,7
	NR		45	33	24	<20	<20	<20
700	X (m)			10,1	8,1	6,7	5,8	5,1
	Pt (Pa)			14,2	5,8	2,8	1,5	0,9
	NR			37	27	20	<20	<20
800	X (m)			11,5	9,2	7,7	6,6	5,8
	Pt (Pa)			18,5	7,6	3,7	2,0	1,2
	NR			40	31	23	<20	<20
900	X (m)			13,0	10,4	8,7	7,4	6,5
	Pt (Pa)			23,4	9,6	4,6	2,5	1,5
	NR			43	34	26	<20	<20
1000	X (m)			14,4	11,5	9,6	8,2	7,2
	Pt (Pa)			28,9	11,9	5,7	3,1	1,8
	NR			45	36	29	23	<20
1200	X (m)				13,9	11,5	9,9	8,7
	Pt (Pa)				17,1	8,2	4,4	2,6
	NR				41	33	27	22
	NR			37	27	20	<20	<20
800	X (m)			11,5	9,2	7,7	6,6	5,8
	Pt (Pa)			18,5	7,6	3,7	2,0	1,2
	NR			40	31	23	<20	<20
900	X (m)			13,0	10,4	8,7	7,4	6,5
	Pt (Pa)			23,4	9,6	4,6	2,5	1,5
	NR			43	34	26	<20	<20
1000	X (m)			14,4	11,5	9,6	8,2	7,2
	Pt (Pa)			28,9	11,9	5,7	3,1	1,8
	NR			45	36	29	23	<20
1200	X (m)				13,9	11,5	9,9	8,7
	Pt (Pa)				17,1	8,2	4,4	2,6
	NR				41	33	27	22
1600	X (m)					15,4	13,2	11,5
	Pt (Pa)					14,6	7,9	4,6
	NR					41	34	29
2000	X (m)						16,5	14,4
	Pt (Pa)						12,3	7,2
	NR						40	34
3000	X (m)							21,7
	Pt (Pa)							16,3
	NR							44

sélection logiciel airgiflow 4D

NR < 25 | 25 ≤ NR < 35 | 35 ≤ NR < 45 | NR ≥ 45

Données en isotherme.
Ak (m²) : Surface effective.
X(m) = portée en mètre pour une vitesse terminale Vt = 0.25 m/s.
Pt (Pa) : Pression totale.
NR : Noise Rating. Puissance acoustique sans atténuation du local Lw – NR +5 dB(A) environ.

×2

Annexe (C)

Diagramme de Moody

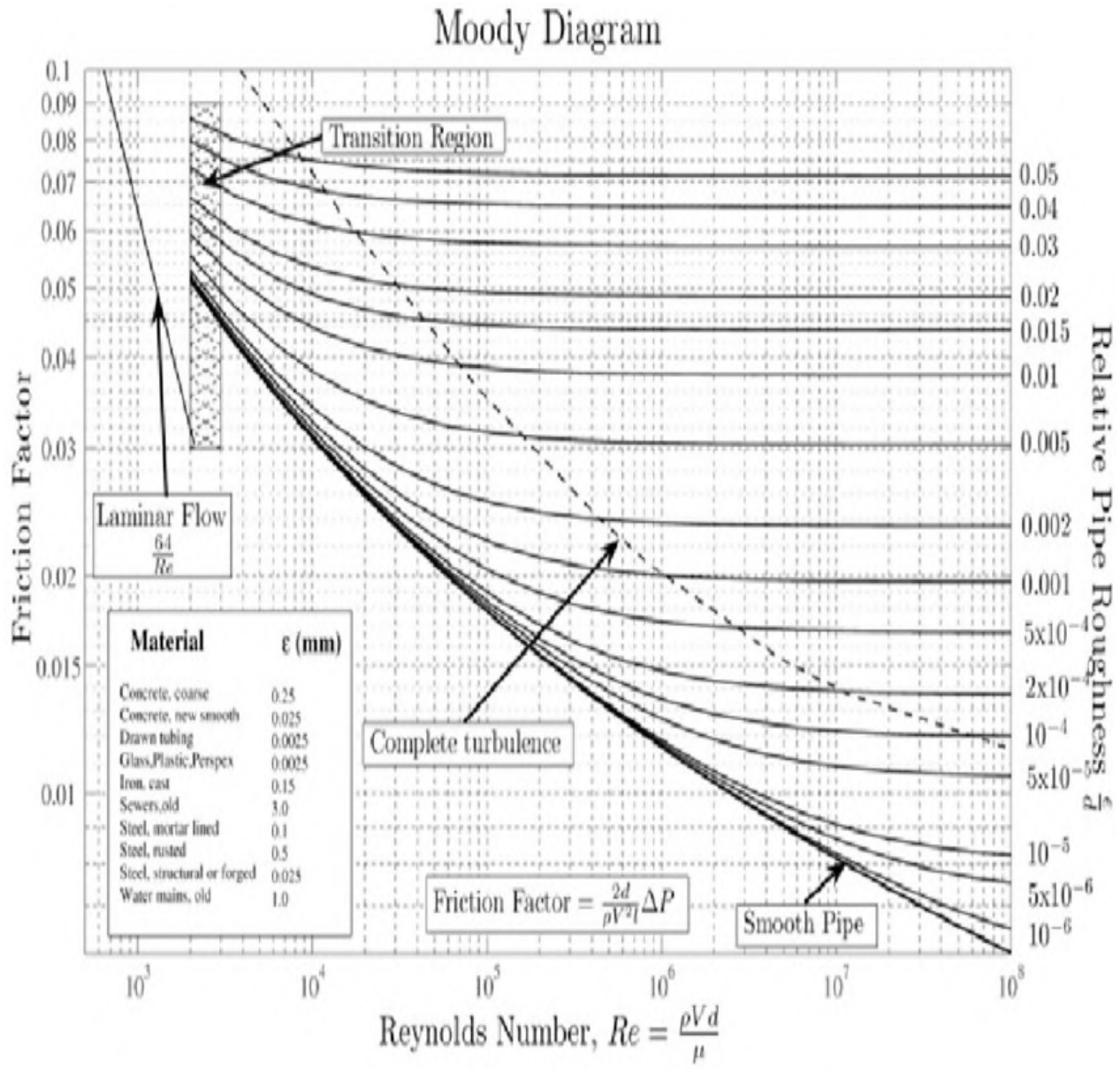
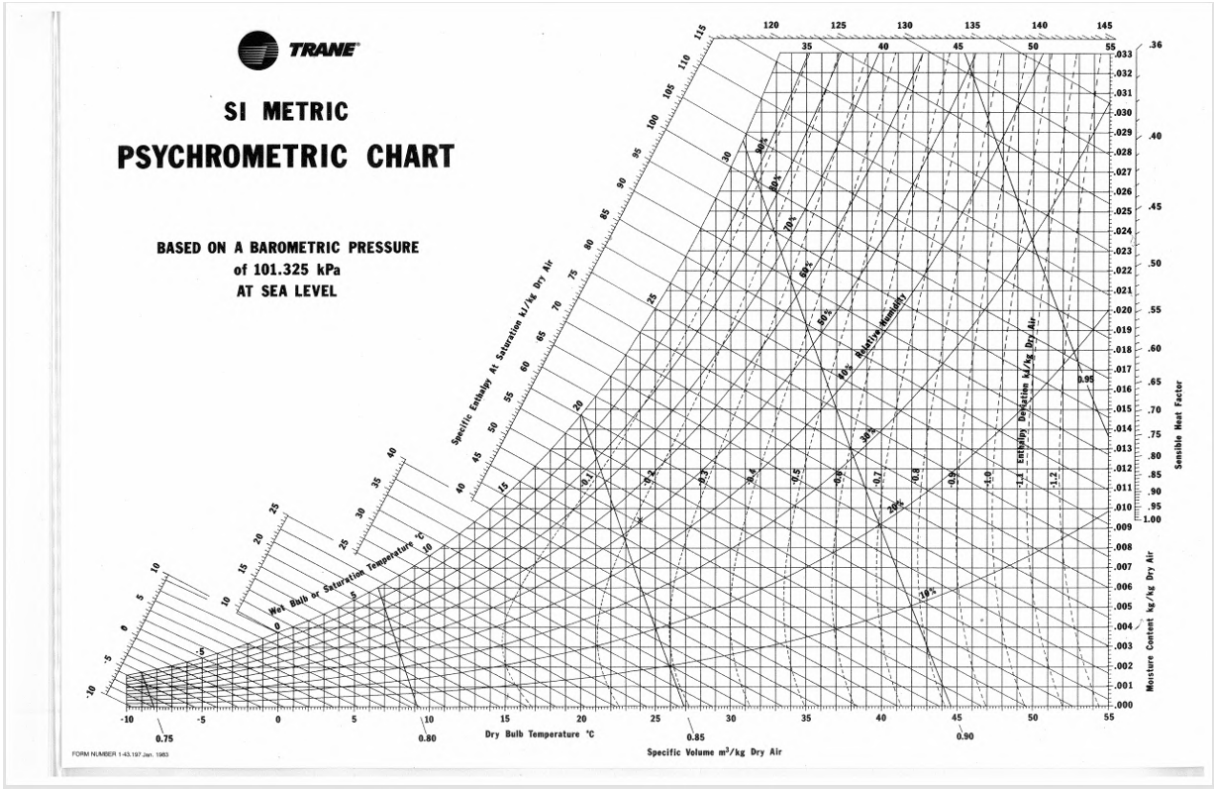
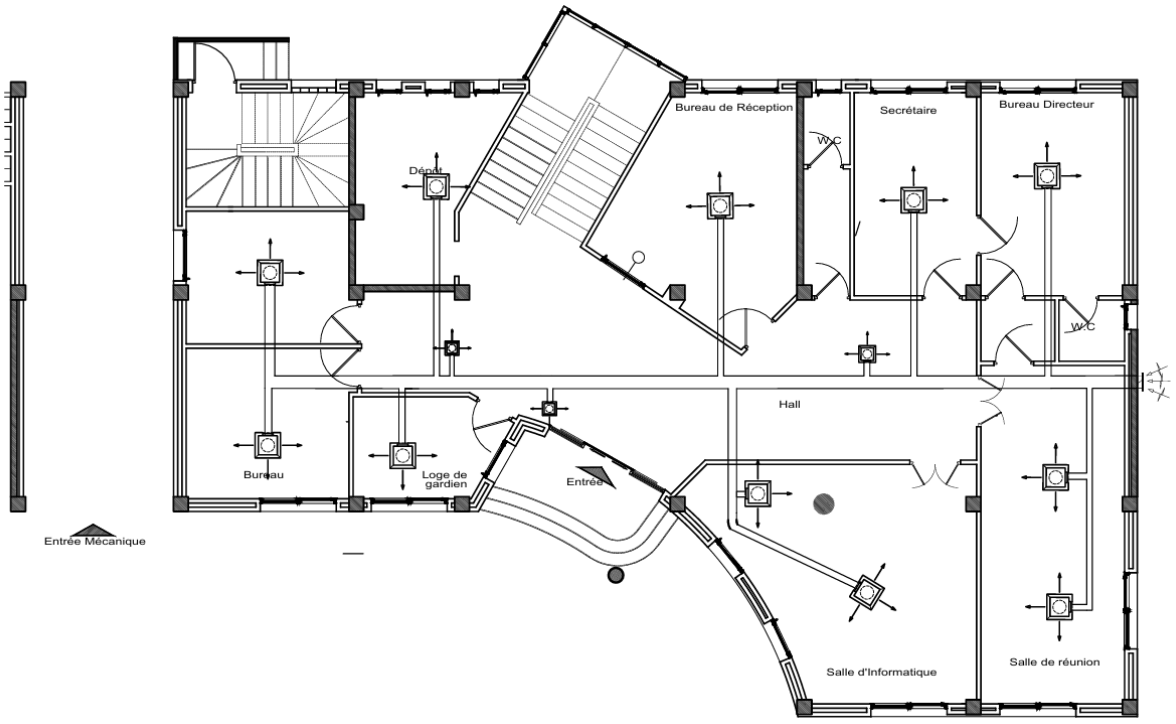


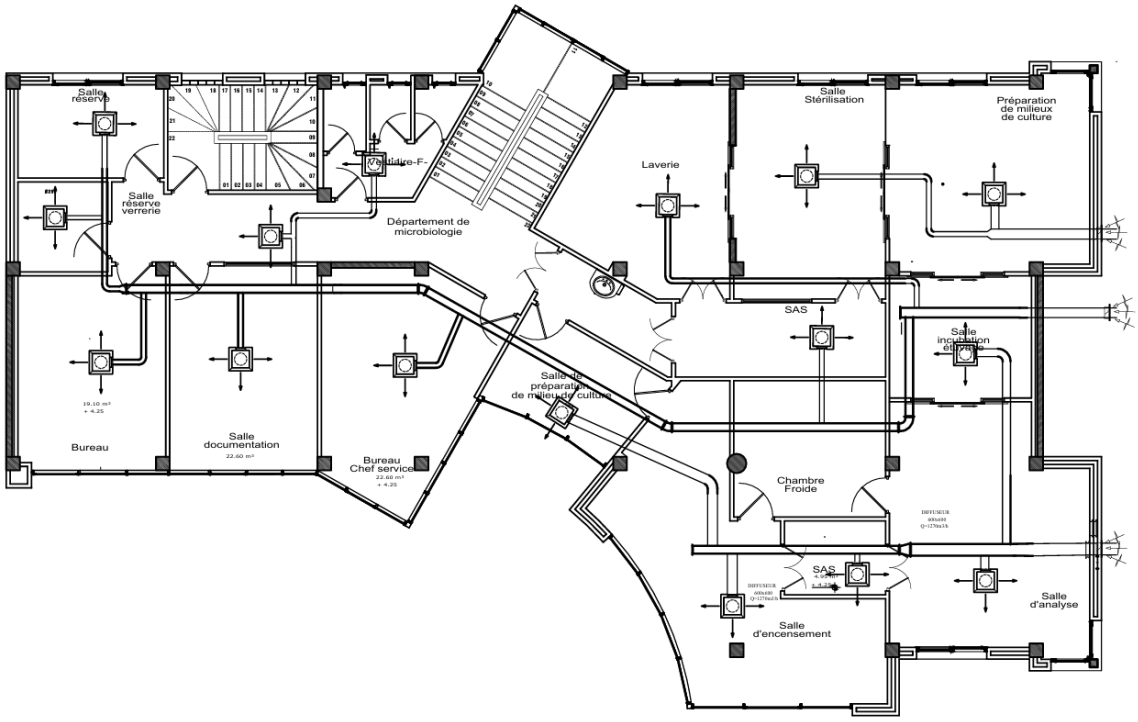
Diagramme psychrometric de l'air



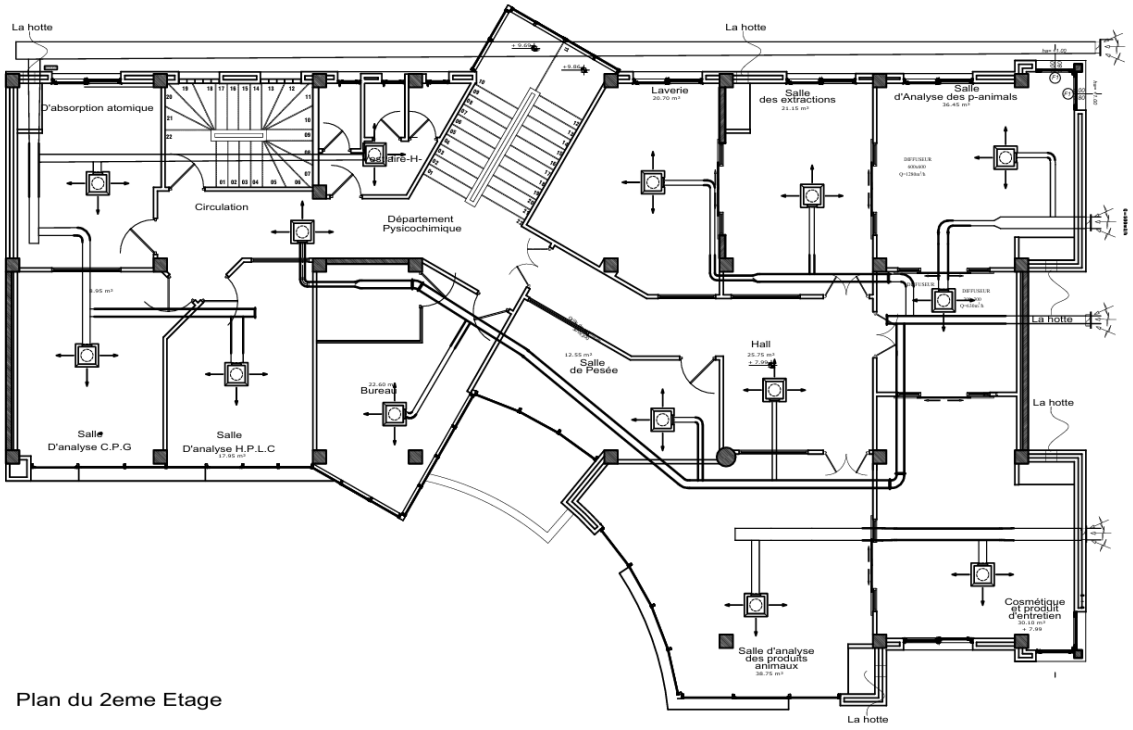
Résau aéraulique en autocad RDC



Résau aéraulique en autocad 1ère étage



Résau aéraulique en autocad 2ème étage



Plan du 2eme Etage