

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

**Université de Djilali Bounaama Khemis Miliana**



Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de la Technologie

**Projet de Mémoire de Fin d'Etudes**

**Master 2**

En

**Filière : Génie Mécanique**

**Options : Energétique**

**Thème**

**Etude du chauffage et de la climatisation du nouveau laboratoire  
de recherche de l'Université de Khemis Miliana**

Réalisé par :

**-BENAAS Bahia**

Encadré par :

**-Dr\_A. KELLACI**

2016/2017

# REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet en particulier mon encadreur Mr/A.KELLACI pour son aide et ses conseils.

Je remercie également tous nos enseignants de Département des Sciences et de la Technologie en particulier ceux de la filière de Génie Mécanique /Energétique, qui ont contribué à notre formation durant les cinq années.

Je remercie le président et les membres du jury qui ont bien voulu accepter d'examiner ce travail.

En fin je remercie mes chers amis de ma promotion 2016/1017.

# Dédicaces

**Merci ALLAH...!!!!!!!**

**Au premier je dédie ce travail a mes parents qui ont sacrifié  
leur vie pour moi, et qui n'ont jamais cessé de  
m'encourager et de me soutenir.**

**A tous mes ami(e) s qui ont rendu ma vie agréable et pleine  
de bons souvenirs (Fella, Fatiha, Bekhta).**

## RÉSUMÉ

Le présent travail est une étude de climatisation du nouveau laboratoire de recherche de l'université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, à la ville de Khemis Miliana, wilaya d'Ain Defla.

Cette étude s'intéresse d'une part au calcul des bilans thermiques hivernal et estival pour chaque local en utilisant le règlement (D.T.R), ainsi qu'aux réseaux hydrauliques.

D'après les calculs on choisira les équipements adéquats qui nous permettront d'atteindre les conditions de confort souhaitable et de les stabiliser à une valeur fixe, d'autre part, au choix des systèmes de climatisation, de ventilation et de régulation.

Le coût d'investissement a fait l'objet à la dernière partie.

## ملخص

هذا البحث هو دراسة تكييف لمختبر الأبحاث الجديد على مستوى جامعة جيلالي بونعاما خميس مليانة بلدية خميس مليانة ولاية عين الدفلى.

تهتم هذه الدراسة بحساب الحوصلة الحرارية الصيفية و الشتوية لكل المحلات باستعمالنا نظام (DTR) وكذلك حساب الشبكة المائية.

بعد كل هذه الحسابات قمنا باختيار المعدات المناسبة التي يمكن تحقيق الشروط المطلوبة للراحة وتركها مستقرة في قيمة ثابتة ومن جهة أخرى باختيار نظام التكييف و التهوية والمراقبة. كلفة الاستثمار معروضة في الجزء الأخير .

## ABSTRACT

This work is study of an air conditioning of the new research laboratory located of Khemis Miliana University, Khemis Miliana city, state of Ain Defla.

This study interests on one hand in calculation of the thermal winter and summer results in each area by using DTR system.

After all its calculation on choising appropriate equipment that we can achieve the desirable conditions for confort and to stablize a fixed value, also on the other hand in choice of air conditioning system, ventilation system and control.

The investment cos twas the subject of the last part.

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Désignation</b>	<b>Page</b>
Tableau I.1	Conditions extérieures de base	5
Tableau I.2	Conditions intérieures de base	5
Tableaux I.3	Différents locaux du laboratoire (RDC)	6
Tableau I.4	Différents locaux du laboratoire. (1 <sup>er</sup> Etage)	7
Tableaux I.5	Différents locaux du laboratoire (2 <sup>ème</sup> Etage)	8
Tableau I.6	Résistance des différentes couches du mur extérieur	13
Tableau I.7	Résistance des différentes couches du mur intérieur	14
Tableau I.8	Résistance des différentes couches du mur intérieur (contact avec circulation)	16
Tableau I.9	Résistance des différentes couches du plancher entre étage	17
Tableau I.10	Résistance des différentes couches du plancher sur sol	18
Tableau I.11	Résistance des différentes couches de la toiture	20
Tableau I.12	Valeur de coefficient K pour les fenêtres et les portes	21
Tableau I.13	vérification de la condition ( $R_{\text{paroi}} > R_{\text{min}}$ ) pour chaque type de paroi extérieure de la construction	22
Tableau I.14	Les pressions partielles au niveau des interfaces	25
Tableau I.15	résistance de chaque couche de la paroi extérieur	26
Tableau II.1	Coefficient a, b, c, d, e .Annexe Tableau A.20	32
Tableau II.2	Gains due à l'éclairage	36
Tableau II.3	températures des locaux non chauffées du RDC	40
Tableau II.4	températures des locaux non chauffées de l'E01	40
Tableau II.5	températures des locaux non chauffées de l'E02	41
Tableau II.6	Résultats des calculs du bilan thermique hivernal du RDC	43
Tableau II.7	Résultats des calculs du bilan thermique hivernal du l'1 <sup>er</sup> Étage	44
Tableau II.8	Résultats des calculs du bilan thermique hivernal du l' 2 <sup>ème</sup> Étage	45
Tableau II.9	Déperditions thermiques total	46
Tableaux II.10	valeur de $\Delta T_{\text{em}}(t)$ et $\Delta T_{\text{es}}(t)$	47
Tableaux II.11	valeur $C\Delta T_e(t)$	47
Tableau II.12	Résultats des calculs du bilan thermique estival du RDC	52
Tableau II.13	Résultats des calculs du bilan thermique estival du l'1 <sup>er</sup> étage	52
Tableau II.14	Résultats des calculs du bilan thermique estival du l'2 <sup>ème</sup> étage	53
Tableau II.15	Apports thermiques total.	53
Tableau II.16	Taux de renouvellement	59
Tableau II.17	Débit d'air d'évacuation des sanitaires	59
Tableau III 1	Paramètres de fonctionnement des ventilo – convecteurs (RDC)	65
Tableau III 2	Paramètres de fonctionnement des ventilo – convecteurs (1 <sup>ère</sup> étage)	66
Tableau III.2	Paramètres de fonctionnement des ventilo – convecteurs (2 <sup>ème</sup> étage)	67
Tableau. IV.1	Calcul hydraulique du réseau de chauffage des locaux de RDC	73
Tableau. IV.2	Calcul hydraulique du réseau de chauffage des locaux de la 1 <sup>er</sup> Étage	74
Tableau. IV.3	Calcul hydraulique du réseau de chauffage des locaux de la 2 <sup>ème</sup> Étage	75
Tableau V.1	Comparaison entre le système semi centralisé et le système décentralisé	87

## Liste des figures:

<b>Figure</b>	<b>Désignation</b>	<b>Page</b>
Figure I.1	vue par satellite de l'université de Khemis Miliana	4
Figure I.2	Plan du RDC	9
Figure I.3	Plan du 1 <sup>er</sup> étage	10
Figure I.4	Plan du 2 <sup>ème</sup> étage	11
Figure I.5	vue en coupe d'un mur extérieur double cloison	13
Figure I.6	vue en coupe d'un mur intérieur entre locaux	14
Figure I.7	vue en coupe d'un mur intérieur en contact avec circulation	15
Figure I.8	vue en coupe d'un plancher entre étage	17
Figure I.9	vue en coupe d'un Plancher sur sol	18
Figure I.10	vue en coupe d'une toiture terrasse	19
Figure I.11	Déférents températures de la condensation superficielle	23
Figure I.12	Diagramme de GLASER (mur extérieur)	27
Figure II.1	Tourelle	57
Figure II.2	L'emplacement de la tourelle	58
Figure III.1	système centralisé	60
Figure III.2	système décentralisé	61
Figure III.3	système semi centralisé	61
Figure III.4	composants du système semi centralisé	63
Figure III.5	pompe à chaleur HYDROCIAT modèle 1800 BX HPS	64
Figure. III 6	Ventilo-convecteur Aqualix	65
Figure. III.6	Pompe SALMSON PBS 125-220/4/4/18	64
Figure III.7	Vase d'expansion SALMSON 66308	69
Figures III.8	Conduit d'air neuf VINYL M1	70
Figure IV.1	Plan Réseau hydraulique du RDC	76
Figure IV.2	Plan Réseau hydraulique du 1 <sup>er</sup> étage	77
Figure IV.3	Plan Réseau hydraulique du 2 <sup>ème</sup> étage	78
Figure IV.3	Plan Réseau hydraulique de la toiture	79
Figure IV.4	Schéma de gestion du microprocesseur	82
Figure IV.5	Schéma de régulation d'un ventilo-convecteur a deux tubes	83

## LISTE DES SYMBOLES

<b>Symboles</b>	<b>Signification</b>	<b>Unité</b>
A	Apports calorifiques	W
AE	Apports calorifiques effectifs	W
AI	Apports calorifiques internes	W
An	Air neuf	
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
C	coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique	
CS	Coefficient de simultanéité	
Cme	coefficient de majoration	W/m <sup>2</sup> . °C
c.a.l.n.c	contact avec local no chauffé	
DN	Diamètre	m
DC	Double cloison	
D <sub>tot</sub>	Déperditions thermiques totales	W/°C
D <sub>li</sub>	Déperditions à travers les liaisons	W/°C
D <sub>sol</sub>	Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	W/°C
D <sub>lnc</sub>	Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés	W/°C
DR	Déperditions thermiques par renouvellement	W/°C
Dréf	Déperditions par transmission de référence	W/°C
FS	Facteur solaire	
H	Hauteur moyenne des ouvrants au dessus du sol	m
he	Coefficient extérieur d'échanges superficiels	W/m <sup>2</sup> . °C
hi	Coefficient intérieur d'échanges superficiels	W/m <sup>2</sup> . °C
Inf.	air d'infiltration	
K	Coefficient de transmission surfacique	W/m <sup>2</sup> . °C

Kev	Taux horaire de renouvellement d'air	$h^{-1}$
L	Latente	
N	Coefficient d'amortissement	
P	Différence de pression - Calcul du débit	
Pp	Perméabilité à l'air d'une paroi	$m^3/h$
Po	Perméabilité à l'air d'un ouvrant	$m^3/h.m^2$
PV	Perméabilité à l'air d'un volume	$m^3/h$
PL	Perméabilité à l'air d'un logement	$m^3/h$
PVI	Paroi vitrée	
PV	Paroi vertical	
PH	Paroi horizontale	
Q	Puissance de chauffage fourni par une	W
R	Résistance thermique d'une couche de matériau	$W/m^2. ^\circ C$
réf	Référence	
S	Surface d'une paroi opaque	$m^2$
Sup	Supérieur	
Sf	Soufflage	
Sup	Supérieur	
SV	Surface vitrée	$m^2$
SC	Simple cloison	
Ti	Température intérieure	$^\circ C$
Te	Température extérieure	$^\circ C$
Tbi	Température intérieure de base	$^\circ C$
Tbe	Température extérieure de base	$^\circ C$
V	Volume	$m^3$
Vap	Vapeur	
Wn	la puissance nominale de l'ampoule ou tub fluorescent	W
$\Phi$	Humidité relative	%

# Sommaire

<b>Introduction générale</b>	1
<b>Chapitre I : présentation du projet et données thermiques</b>	
I.1 la présentation du projet	3
I.2 Le but du projet	3
I.3 Situation géographique	3
I.34 Zone climatique	4
I.5 Conditions de base	4
I.5.1 Les Conditions extérieures de base	5
I.5.2 Les Conditions intérieures de base	5
I.6 Description du laboratoire de recherche	6
I.7 Caractéristiques thermiques	12
I.7.1 Calcul thermique de paroi	12
I.7.2 Calcul de Coefficient de transmission thermique d'une paroi K	12
I.7.3 Application au projet	12
I.7.4 Etude de la stabilité thermique	21
I.7.4.1 La résistance minimale $R_{\min}$	21
I.7.4.2 Application au projet	22
I.7.5 Etude de la condensation	23
I.7.5.1 La condensation superficielle	23
I.7.5.2 Application au projet	24
I.7.5.3 La condensation dans la masse	24
I.7.5.4 Détermination du risque de condensation dans une paroi «diagramme de Glaser»	24
I.7.5.5 Application au projet	25
<b>Chapitre II : Bilan thermique et Ventilation</b>	
II.1 Méthode de calcul du bilan thermique en période hivernale	28
II.1.1 Présentation du document technique règlement DTR	28
II.1.1.1 Objet de DTR	28
II.1.1.2 Domaine d'application	28
II.1.1.3 Déperditions par transmission	29
II.2 Méthode de calcul du bilan thermique en période estivale	32
II.2.1 Calcul des apports thermique	32
II.2.2 Principe et méthode de calcul des apports thermiques	32
II.2.3 Les apports calorifiques pour chaque volume thermiques	32
II.2.3.1. Apports à travers les parois opaques	33
II.2.3.2 Apports à travers les parois vitrées	34
II.2.3.3 Apports de chaleur interne	35
II.2.3.4 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur	37
II.2.4 Vérifications	38
II.3 Calcul du bilan hivernal	40
II.3.1 Calcul les températures des locaux non chauffées	40

II.3.2 Exemple de calcul d'un local	41
II.3.3 Résultats des calculs du bilan thermique hivernal	45
II.3.4 Vérification	46
II.4 Calcul du bilan estival	47
II.4.1 Exemple de calcul	47
II.4.2 Résultats des calculs du bilan thermique estival	52
II.4.3 Vérifications	53
II.5 La ventilation	55
II.5.1 Ventilation naturelle (libre)	55
II.5.2 Ventilation mécanique (forcée)	56
II.5.3 Application au projet	57
II.5.3.1 Ventilation des sanitaires	57
II.5.3.2 Appareille utilisé pour la ventilation des sanitaires	57
<b>Chapitre III : choix de système de climatisation</b>	
III.1 La classification des systèmes de climatisation	60
III.1.1 Les systèmes centralisés	60
III.1.2 Les systèmes décentralisés	60
III.1.3 Les systèmes semi centralisé	61
III.2 Choix du système de climatisation	61
III.2.1 Domaine d'application du système semi centralise	62
III.2.2 Les avantage du système	62
III.2.3 Les inconvenants du système	62
III.2.4 Composants du système semi centralisé	63
III.2.5 Principe de fonctionnement	63
III.3 Choix de l'appareillage	63
III.3.1 Choix de la Pompe à chaleur	63
III.3.2 Choix des ventilo-convecteurs	65
III.3.3 Choix de la pompe	67
III.3.4 Choix du vase d'expansion	68
III.3.5 Choix de la tuyauterie	69
III.3.6 Choix de conduit d'air neuf	69
<b>Chapitre IV : Calcul hydraulique et régulation</b>	
IV.1 Calcul du réseau hydraulique	71
IV.1.1 La méthode de calcul	71
IV.1.2 Perte de charge linéaire	72
IV.1.3 Perte de charge singulière	72
IV.1.4 Méthode de calcul par les longueurs équivalentes	72
IV.2 La régulation	80
IV.2.1 Boucle de régulation	80
IV.2.2. Appareils de régulation utilisée dans les installations de climatisation	80
IV.2.2.1 Organe de détection	80
IV.2.2.2 Organe de réglage	81
IV.2.3 Choix du mode de régulation	81

IV.2.3.1 La régulation individuelle	81
IV.2.3.2 La régulation d'ensemble	81
IV.2.4 Régulation du groupe de production réversible	81
IV.2.5. Régulation des Ventilo-convecteurs	82
<b>Chapitre V : Estimation</b>	
V.1 Etape de l'étude économique	85
V.1.1 Investissement	85
V.1.1.1 Coûts directs	85
V.1.1.2 Coûts indirects	86
V.1.1.3 Imprévus	86
V.1.2 Investissement : Estimation des charges d'exploitations	86
V.2 Estimation du chiffre d'investissement	86
V.3 comparaison entre le système semi centralisé et le système décentralisé	87
<b>Conclusion générale</b>	88

**INTRODUCTION**  
**GENERALE**

# INTRODUCTION

L'environnement et les conditions dans lesquels les individus se trouvent ont une influence directe sur leur moral, leur sécurité et donc de façon directe sur leur efficacité en matière de travail.

Outre le bruit et la lumière, un des facteurs d'environnement non moins important est l'état de l'air, car pour fonctionner de manière efficace, le corps humain a besoin d'une atmosphère spécifique. Cette atmosphère dépend de plusieurs facteurs qui sont la température, l'humidité et le taux de renouvellement de l'air.

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.

Le dispositif d'équipement permettant d'atteindre ces objectifs est désigné sous le nom de système de climatisation et a deux fonctions essentielles:

- la préparation de l'air à distribuer
- la distribution de l'air traité par l'intermédiaire de conduits et d'appareils terminaux.

Dés lors un système de climatisation complet comprend un moyen de refroidissement, un ou plusieurs éléments de transfert de chaleur, des filtres à air, un moyen de distribution de l'air, ainsi que des commandes pour réguler la puissance de ces éléments en fonction des conditions à maintenir.

Il existe plusieurs systèmes de climatisation utilisant différents procédés de traitement de l'air, de ce fait il convient de choisir le système le mieux adapté à l'application donnée, en fonction des besoins et des spécificités de celle-ci.

Le présent mémoire contient outre l'introduction et la conclusion les étapes suivantes :

- ✓ Première étape : présentation du projet et caractéristiques thermiques.
- ✓ Deuxième étape : calcul du bilan thermique et ventilation des locaux non conditionnés.

- ✓ Troisième étape : choix du système de climatisation parmi les installations les plus utilisés (plus disponibles).
- ✓ Quatrième étape : calcul hydraulique, le calcul des pertes de charges et dimensionnement des diamètres des tuyauteries.et régulation du système par la présentation des notions fondamentales de la régulation et choix des organes de régulation pour notre système.
- ✓ Cinquième étape : estimation du chiffre d'investissement.

# **Chapitre I**

## **Présentation du projet et caractéristiques thermiques**

Pour faire un calcul bien précis d'une installation du chauffage et de la climatisation, il est nécessaire de connaître certaines données concernant la situation géographique et la zone climatique de la région où est implanté le projet (bloc à climatiser) ainsi que les conditions thermiques de base de l'air qui est en contact avec l'immeuble à conditionner et les données thermiques.

### **I.1 la présentation du projet :**

Le thème de notre mémoire est l'étude du chauffage et de la climatisation d'un nouveau laboratoire de recherche situé dans notre université (Djilali Bounaama Khmis Miliana) qui est constitué d'un rez-de-chaussée (RDC) et deux étages (E1, E2), contient des laboratoires, salles de lecture et de réunion, bureaux, magasins, sanitaires,...

### **I.2 Le but du projet :**

Le but de cette étude est de définir les besoins en énergie thermique à compenser en hiver ,par contre en été, à extraire pour chaque local de notre laboratoire et de choisir les équipements convenable pour garantir ces besoins grâce au bon dimensionnement des conduits et la bonne régulation de l'installation ;d'une façon générale pour réaliser le confort thermique de point de vue thermique et acoustique .

### **I.3 La Situation géographique :**

Pour commencer l'étude d'un projet du chauffage et de la climatisation, il est nécessaire de connaître toutes les informations concernant la situation géographique de ce projet :

- La wilaya
- La commune
- l'altitude du site par rapport au niveau de la mer
- La latitude de la région où est implanté le projet
- La longitude
- l'orientation des locaux du projet

Notre projet se trouve à l'université de Khemis Miliana, à la ville de Khemis Miliana qui se trouve à 120 km à l'ouest d'Alger à la wilaya d'Ain Defla.



**Figure I.1 : vue par satellite de l'université de Khemis Miliana [10]**

#### **I.4 Zone climatique :**

La détermination de la zone climatique à considérer pour le projet (bâtiment à climatiser) se fait selon la classification thermique (hivernale et estivale) des communes d'Algérie donnée dans **l'annexe tableau A1**

Dans notre cas le projet situe dans la zone climatique B', distinguée de la zone climatique B qui comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'atlas tellien.

#### **I.5 Conditions de base :**

Les conditions de base auront une influence directe sur le bilan thermique (voir chapitre bilan thermique) de l'installation de climatisation, puisqu'elle détermine la différence de température et d'humidité absolue entre l'air extérieur et l'air intérieur. Selon la saison et l'environnement, on distingue les deux types de conditions suivantes :

- conditions extérieures de base (en été et en hiver).
- conditions intérieures de base (en été et en hiver).

I.5.1 Les Conditions extérieures de base :[1]

Zone	Altitude (m)	Latitude	Longitude	PERIODE HIVERNALE		PERIODE ESTIVALE	
				T° de base (°c)	L'humidité relative (%)	T° de base (°c)	L'humidité relative (%)
B'	273	36 °.15N	2°.13 E	0	75	41	38

Tableau I.1: Conditions extérieures de base

I.5.2 Les Conditions intérieures de base :

Désignation	Période hivernale		Période estivale	
	Ti (°C)	φ (%)	Ti (°C)	φ (%)
Les Ateliers	21	50	24	45
Les Bureaux	21	50	24	45
Les Magasins	21	50	24	45
Laboratoires	21	50	24	45
Salle de conférence	21	50	24	45
Salle de lecture	21	50	24	45
Salle de réunion	21	50	24	45
Secrétariat	21	50	24	45
Cafétéria	21	50	24	45

Tableau I.2 Conditions intérieures de base.

**I.6 Description du laboratoire de recherche :**

Par la suite nous présentons les différents locaux et le plans de notre bâtiment (laboratoire) il comporte le rez-de-chaussée et deux étages le premier et le deuxième

Les différents locaux et leur caractéristique sont résumés dans les tableaux suivants :

<b>Locaux</b>	<b>Désignation</b>	<b>Hauteurs (m)</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>
<b>R 01</b>	<b>Atelier 01</b>	<b>3,88</b>	<b>128,72</b>
<b>R 02</b>	<b>Atelier 02</b>	<b>3,88</b>	<b>117,98</b>
<b>R 03</b>	<b>Atelier 03</b>	<b>3,38</b>	<b>119,33</b>
<b>R 04</b>	<b>Atelier 04</b>	<b>3,88</b>	<b>123,60</b>
<b>R 05</b>	<b>Magasin 01</b>	<b>3,88</b>	<b>21,79</b>
<b>R 06</b>	<b>Magasin 02</b>	<b>3,88</b>	<b>21,06</b>
<b>R 07</b>	<b>Magasin 03</b>	<b>3,88</b>	<b>17,53</b>
<b>R 08</b>	<b>Laboratoire de recherche</b>	<b>388</b>	<b>114,68</b>
<b>R 09</b>	<b>Salle de lecture</b>	<b>3,88</b>	<b>43,68</b>
<b>R 10</b>	<b>Bureau secrétariat</b>	<b>3,88</b>	<b>13,50</b>
<b>R 11</b>	<b>Bureau de directeur de laboratoire</b>	<b>3,88</b>	<b>15,30</b>
<b>R 12</b>	<b>Dépôt</b>	<b>3,88</b>	<b>17,02</b>
<b>R 13</b>	<b>S.D.B Hommes</b>	<b>3,88</b>	<b>15,838</b>
<b>R 14</b>	<b>S.D.B Femmes</b>	<b>3,88</b>	<b>22,535</b>

**Tableaux I.3:Différents locaux du laboratoire (RDC).**

Locaux	Désignation	Hauteurs (m)	Surface (m <sup>2</sup> )
E1 01	Salle de conférence	3,54	104,71
E1 02	Salle de lecture	3,54	62,79
E1 03	Salle de réunion	3,54	44,36
E1 04	Laboratoire de recherche –FIMA-	3,54	145,37
E1 05	Laboratoire de recherche	3,54	114,93
E1 06	Bureau secrétariat -FIMA-	3,54	21,60
E1 07	Bureau de directeur de laboratoire -FIMA-	3,54	22,40
E1 08	Bureau secrétariat	3,54	15,05
E1 09	Bureau de directeur de laboratoire	3,54	14,13
E1 10	Cafétéria	3,54	64,25
E1 11	Dépôt	3,54	17,02
E1 12	S.D.B Hommes	3,54	15,838
E1 13	S.D.B Femmes	3,54	22,535

Tableau I.4 : Différents locaux du laboratoire. (1<sup>er</sup> Étage)

Locaux	Désignation	Hauteurs (m)	Surface (m <sup>2</sup> )
E2 01	Laboratoire de recherche 1	3,54	145,37
E2 02	Laboratoire de recherche 2	3,54	114,93
E2 03	Salle de lecture	3,54	62,79
E2 04	Bureau administratif 1	3,54	21,84
E2 05	Bureau administratif 2	3,54	29,25
E2 06	Bureau administratif 3	3,54	13,50
E2 07	Bureau administratif 4	3,54	36,44
E2 08	Bureau administratif 5	3,54	13,32
E2 09	Bureau secréteraît 1	3,54	21,60
E2 10	Bureau secrétariat2	3,54	15,05
E2 11	Bureau de directeur de laboratoire 1	3,54	22,40
E2 12	Bureau de directeur de laboratoire 2	3,54	14,13
E2 13	Bureau de DAG	3,54	32,65
E2 14	Secrétariat	3,54	15,07
E2 15	Magasin	3,54	17,02
E2 16	S.D.B Hommes	3,54	15,838
E2 17	S.D.B Femmes	3,54	22,535

Tableaux I.5 : Différents locaux du laboratoire (2<sup>ème</sup> Etage).

L'implantation des ces éléments est désigné sur les plans d'architectures suivant

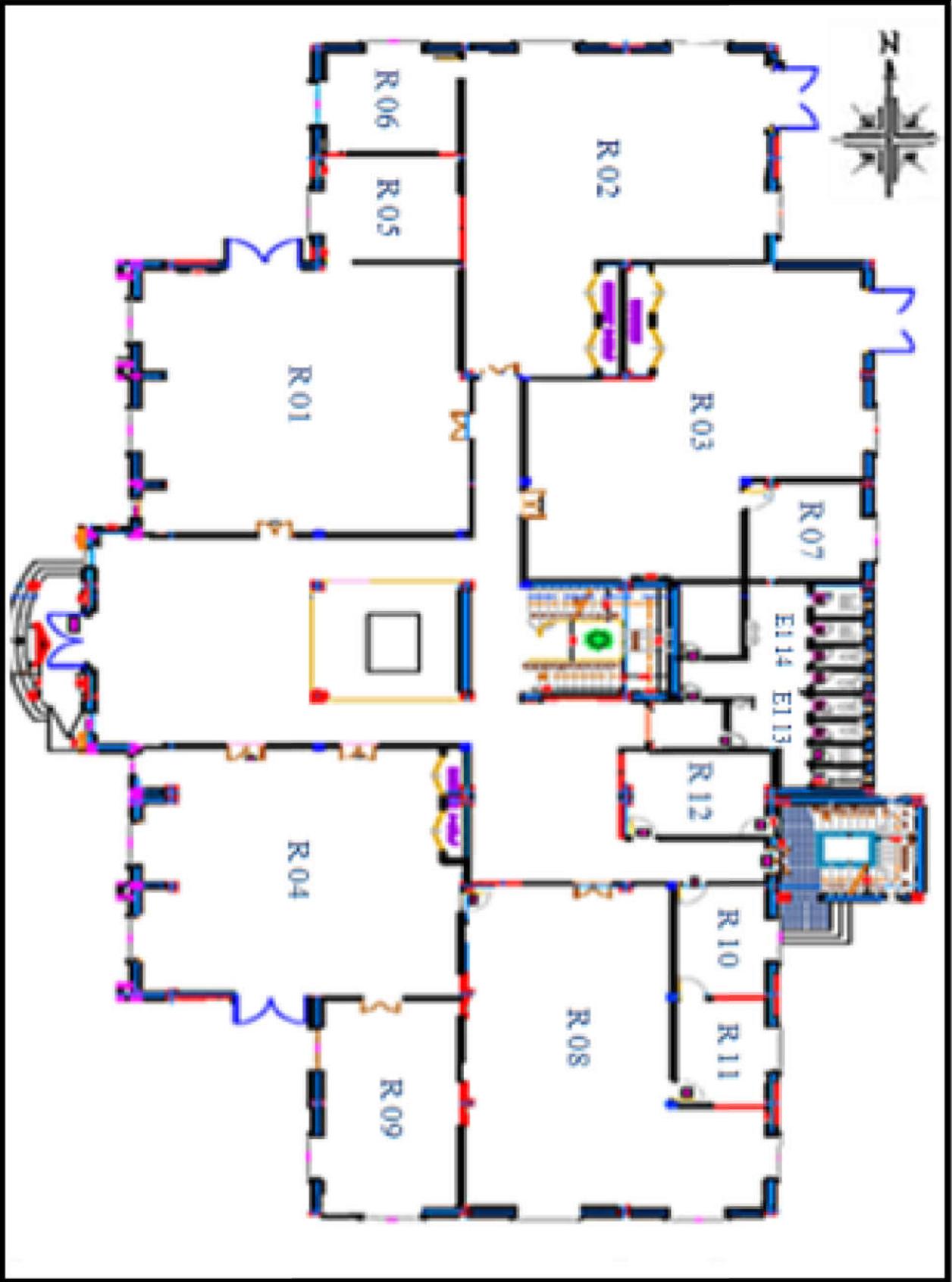


Figure I.2 : Plan du RDC.

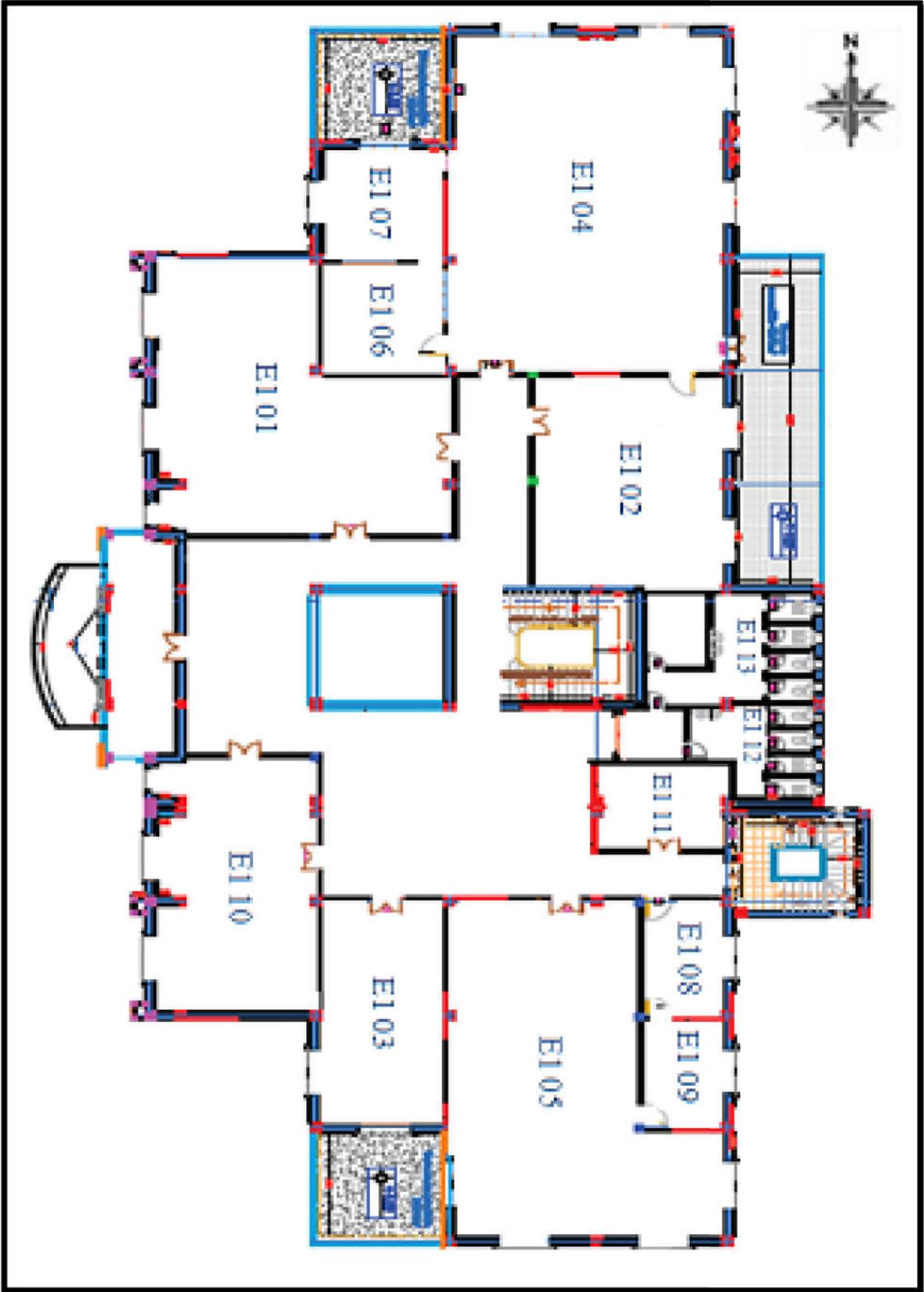


Figure I.3 ; Plan du 1<sup>er</sup> étage

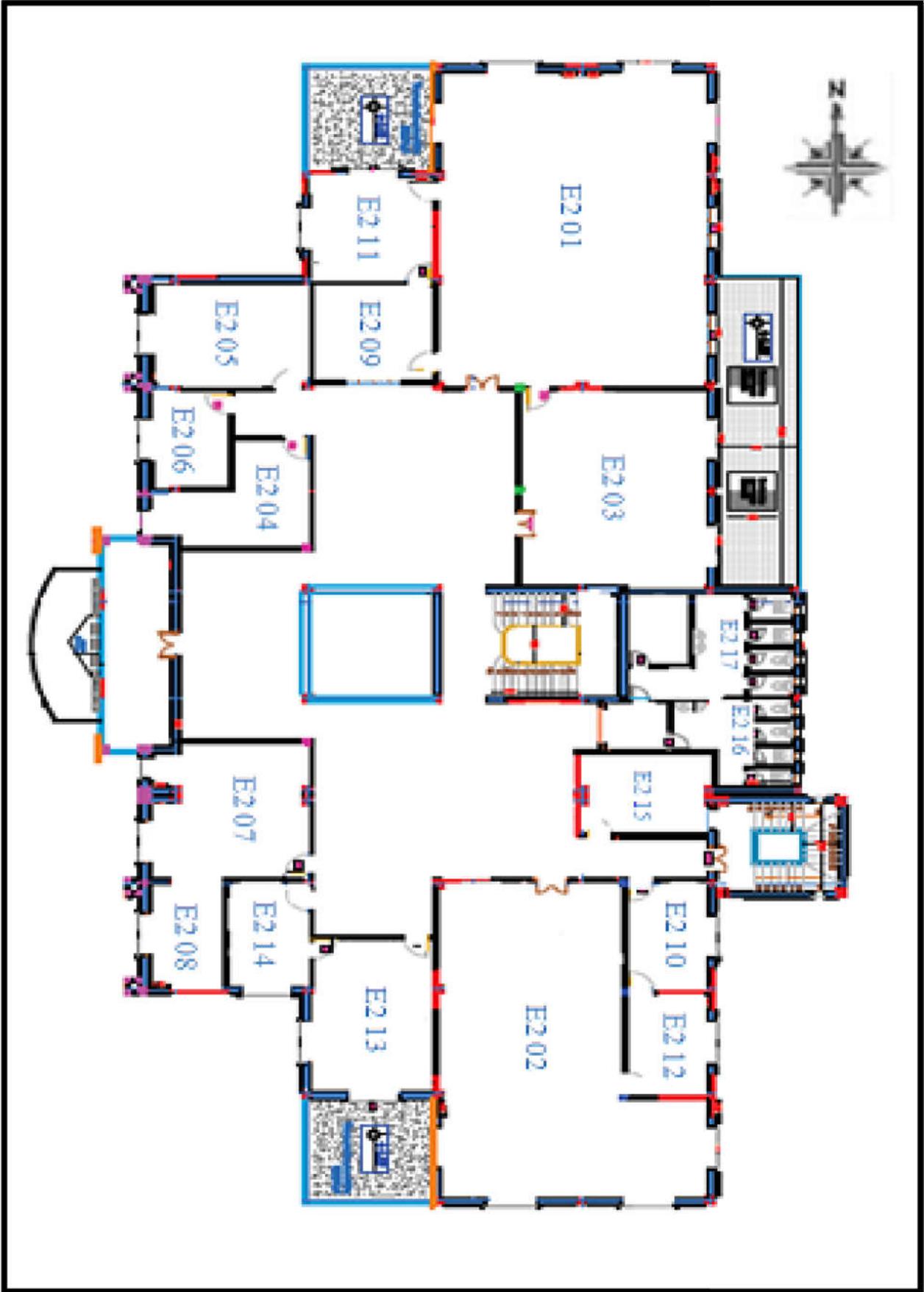


Figure I.4 : Plan du 1' 2<sup>ème</sup> étage

## I.7 Caractéristiques thermiques :

### I.7.1 Calcul thermique de paroi :

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

Des éléments tels que planchers, parois, dalles, toits, 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.7.2 Calcul de Coefficient de transmission thermique d'une paroi K: [3]

Il est représenté ci-contre une paroi composée d'une seule couche:

Son coefficient de transmission thermique K est calculé comme suit :

$$K = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (1.1)$$

En pratique, une paroi (un mur) est généralement constituée de plusieurs couches de matériaux d'épaisseurs et de conductivités thermiques différentes.

Le coefficient de transmission thermique K d'une telle paroi a pour équation :

$$K = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \quad (1.2)$$

Tel que:

$$R_{\text{tot}} = R_i + \Sigma R + R_e$$

Donc ;

$$K = \frac{1}{R_i + \Sigma R + R_e} \quad (1.3)$$

Avec :

$$R_i = \frac{1}{h_i}, \quad R_e = \frac{1}{h_e} \quad \text{et} \quad R = \frac{e}{\lambda}$$

### I.7.3 Application au projet :

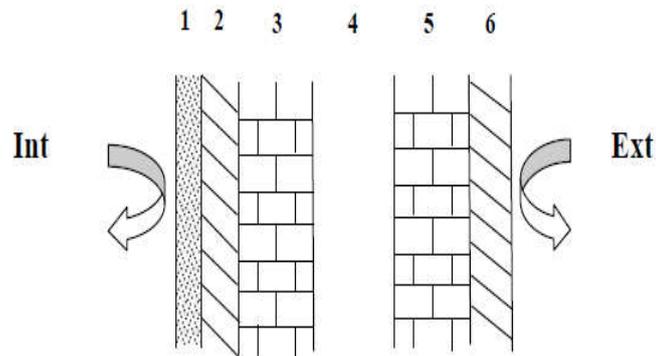
Les murs utilisés dans le projet sont les suivants :

- Mur extérieur.
- Mur intérieur (entre locaux).
- Mur intérieur (contact avec circulation).
- -Plancher entre étage.
- Plancher sur sol.
- Toiture.

**- Mur extérieur.**

Le mur extérieur est fini, il est constitué de 6 couches, allant de la surface intérieure du mur vers la surface extérieure de celui-ci, sont les suivants :

- 1-Enduit plâtre.
- 2-Enduit ciment.
- 3-Brique creuse
- 4-Lame d'air.
- 5-Brique creuse.
- 6-Enduit ciment



**Figure I.5: vue en coupe d'un mur extérieur double cloison**

Les couches	e (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (m <sup>2</sup> °C/ W)	$\sum R$ (m <sup>2</sup> °C/W)
1	0,005	0,35	0,014	<b>0,616</b>
2	0,015	1,4	0,011	
3	0,1	0,48	0,21	
4	0,1	0,625	0,16	
5	0,1	0,48	0,21	
6	0,015	1,4	0,011	

**Tableau I.6: Résistance des différentes couches de la paroi extérieure.**

Le coefficient de transmission thermique K pour :

**-Hiver:**

$$R_i = 0,11 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

$$R_e = 0,06 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

A.N:

$$K = \frac{1}{0,11+0,616+0,06}$$

$$K_{\text{hiver}} = 1,3 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

-Été :

$$R_i = 0,10 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/ W}$$

$$R_e = 0,04 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/ W}$$

A.N :

$$K = \frac{1}{0,10+0,616+0,04}$$

$$K_{\text{été}} = 1,32 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Mur intérieur (entre locaux):

Le mur intérieur est composé de 5 couches, allant de la surface intérieure du mur vers la surface extérieure de celui-ci, sont les suivants :

- 1-Enduit plâtre.
- 2-Enduit ciment.
- 3-Brique creuse
- 4-Enduit ciment.
- 5-Enduit plâtre.

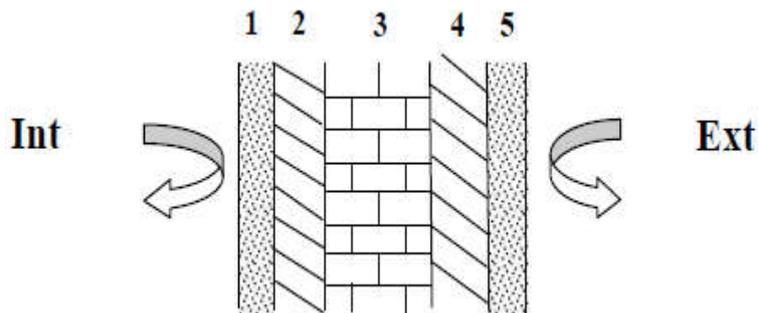


Figure I.6 : vue en coupe d'un mur intérieur entre locaux.

Les couches	e (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (m <sup>2</sup> °C/ W)	$\sum R$ (m <sup>2</sup> °C/W)
1	0,005	0,35	0,014	<b>0,260</b>
2	0,015	1,4	0,011	
3	0,1	0,48	0,21	
4	0,015	1,4	0,011	
5	0,005	0,35	0,014	

Tableau I.7: Résistance des différentes couches du mur intérieur.

Le coefficient de transmission thermique K pour :

**-Hiver :**

$$R_i = 0,11 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/ W}$$

$$R_e = 0,11 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/ W}$$

A.N :

$$K = \frac{1}{0,11+0,260+0,11}$$

$$K_{\text{hiver}} = 2,08 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

**-Été :**

$$R_i = 0,10 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/ W}$$

$$R_e = 0,11 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/ W}$$

A.N :

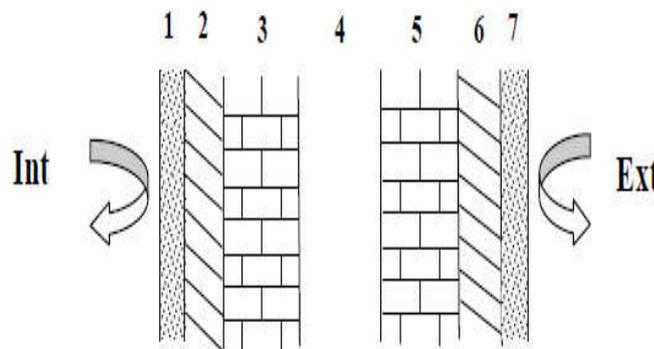
$$K = \frac{1}{0,10+0,260+0,11}$$

$$K_{\text{été}} = 2,12 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

**- Mur intérieur (contact avec circulation):**

Le mur intérieur est composé de 7 couches, allant de la surface intérieure du mur vers la surface extérieure de celui-ci, sont les suivants :

1. Enduit plâtre.
2. Enduit ciment.
3. Brique creuse.
4. lame d'air.
5. Brique creuse.
6. Enduit ciment.
7. Enduit plâtre.



**Figure I.7 : vue en coupe d'un mur intérieur en contact avec circulation.**

Les couches	e (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (m <sup>2</sup> °C/ W)	$\Sigma R$ (m <sup>2</sup> °C/W)
1	0,005	0,35	0,014	<b>0,360</b>
2	0,015	1,4	0,011	
3	0,1	0,48	0,21	
4	0,1	0,625	0,16	
5	0,1	0,48	0,21	
6	0,015	1,4	0,011	
7	0,005	0,35	0,014	

**Tableau I.8: Résistance des différentes couches du mur intérieur (contact avec circulation).**

Le coefficient de transmission thermique K pour :

**-Hiver :**

$$R_i = 0,11 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

$$R_e = 0,11 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

A.N:

$$K = \frac{1}{0,11+0,630+0,1}$$

$$K_{\text{hiver}} = 1,18 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

**-Été :**

$$R_i = 0,10 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

$$R_e = 0,11 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

A.N :

$$K = \frac{1}{0,10+0,630+0,11}$$

$$K_{\text{été}} = 1,2 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

**- Plancher entre étage :**

Le plancher entre étage est composé de 5 couches, sont les suivants :

1. Carrelage.
2. Ciment.
3. Béton armé.
4. Hourdis.

5. Enduit plâtre

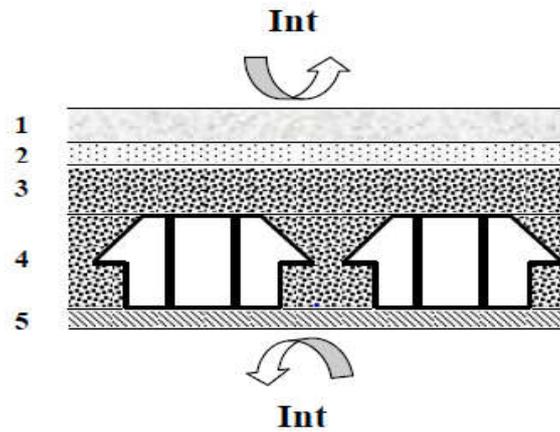


Figure I.8 : vue en coupe d'un plancher entre étage.

Les couches	e (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (m <sup>2</sup> °C/ W)	$\Sigma R$ (m <sup>2</sup> °C/W)
1	0,025	0,55	0,045	<b>0,236</b>
2	0,025	1,4	0,018	
3	0,1	1,75	0,057	
4	0,1	0,98	0,102	
5	0,005	0,35	0,014	

Tableau I.9: Résistance des différentes couches du plancher entre étage.

Le coefficient de transmission thermique K pour:

**-Hiver:**

$$R_i = 0,17 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

$$R_e = 0,17 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

A.N :

$$K = \frac{1}{0,17 + 0,236 + 0,17}$$

$$K_{\text{hiver}} = 1,4 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

**-Été :**

$$R_i = 0,08 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

$$R_e = 0,04 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

A.N:

$$K = \frac{1}{0,08 + 0,236 + 0,04}$$

$$K_{\text{été}} = 2,8 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

- Plancher sur sol :

Le planché sur sol a une épaisseur de 80 cm et il est composé de 6 couches + le sol, sont les suivants :

1. Carrelage.
2. Ciment.
3. Sable.
4. Mortier en ciment.
5. Béton armé.
6. Pierres
7. Sol.

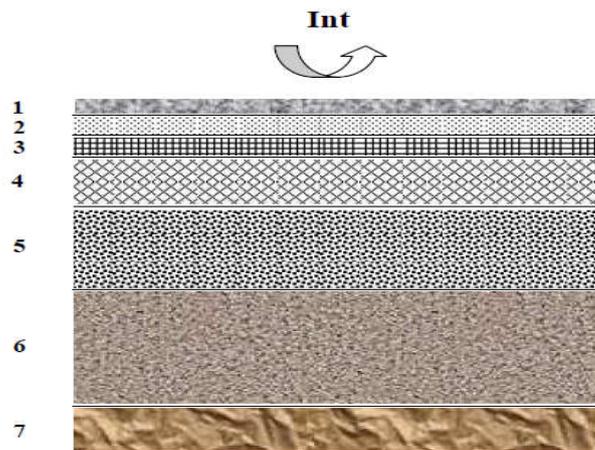


Figure I.9: vue en coupe d'un Plancher sur sol.

Les couches	e (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (m <sup>2</sup> °C/ W)	$\sum R$ (m <sup>2</sup> °C/W)
1	0,025	0,55	0,045	<b>0,429</b>
2	0,025	1,4	0,018	
3	0,025	0,67	0,037	
4	0,075	1,4	0,053	
5	0,15	1,75	0,086	
6	0,33	2,67	0,12	
7	0,17	2,43	0,07	

Tableau I.10: Résistance des différentes couches du plancher sur sol.

Le coefficient de transmission thermique K pour :

**-Hiver :**

$$R_i = 0,17 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$R_e = 0,17 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$$

A.N :

$$K = \frac{1}{0,17+0,429+0,17}$$

$$K_{\text{hiver}} = 1,3 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

**-Été :**

$$R_i = 0,08 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$R_e = 0,04 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$$

A.N :

$$K = \frac{1}{0,08+0,429+0,04}$$

$$K_{\text{été}} = 1,82 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

**- Toitures :**

La toiture à une épaisseur de 40 Cm et elle est formée de 7 couches, sont les suivants :

1. Gravillon.
2. Carte bitumée.
3. Liège.
4. Chape en ciment.
5. Béton.
6. Hourdis.
7. Enduit plâtre.

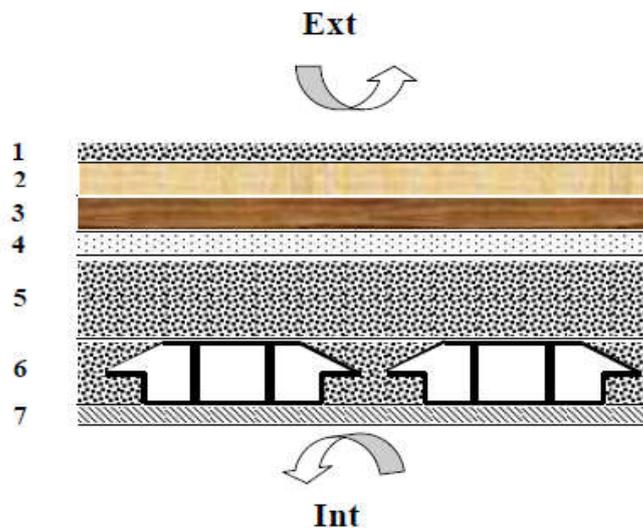


Figure I.10: vue en coupe d'une toiture (terrasse.)

Les couches	e (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (m <sup>2</sup> °C/ W)	$\Sigma R$ (m <sup>2</sup> °C/W)
1	0,02	0,95	0,021	<b>0,774</b>
2	0,03	0,2	0,15	
3	0,02	0,06	0,33	
4	0,01	1,63	0,006	
5	0,2	1,75	0,11	
6	0,1	0,98	0,10	
7	0,02	0,35	0,057	

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

Le coefficient de transmission thermique K pour:

**-Hiver :**

$$R_i = 0,17 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

$$R_e = 0,05 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

A.N:

$$K = \frac{1}{0,17+0,774+0,05}$$

$$K_{\text{hiver}} = 1 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

**-Été :**

$$R_i = 0,08 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

$$R_e = 0,04 \text{ m}^2 \text{ °C/ W}$$

A.N:

$$K = \frac{1}{0,16+0,774+0,04}$$

$$K_{\text{été}} = 1,02 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

- Portes et fenêtres :

Désignation		K (w/m <sup>2</sup> °C)
Porte	En bois	3,50
	En métal	5,80
	30% vitrage	4,00
	30-60% vitrage	4,70
	En métal ou verre	5,80
Fenêtre	En verre glissante	4,50
	En verre	5,00

Tableau I.12: Valeur de coefficient K pour les fenêtres et les portes. (Annexe Tableau A.2)

**I.7.4 Etude de la stabilité thermique :**

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

**I.7.4.1 La résistance minimale R<sub>min</sub> :**

La résistance thermique d'une paroi exposée a l'extérieur doit-être supérieure à une certaine valeur appelée résistance minimale **R<sub>min</sub>**, 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 a l'extérieur, elle est calculée par la formule suivante :

$$R_{min} = \frac{n(T_i - T_e)}{h_i \Delta\theta_{max}} \tag{1.4}$$

**Avec :**

T<sub>i</sub>: La température de l'air intérieur (°C).

T<sub>e</sub>: La température extérieure (°C).

h<sub>i</sub>: Coefficient superficiel de la chaleur (m<sup>2</sup>.°C / w).

n: Coefficient donne en fonction du position de l'élément de construction.

n = 1,0 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 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 extérieurs.

$\Delta\theta_{\max} = 4,5$  °C pour les terrasses.

On doit vérifier

$$R_{\text{paroi}} > R_{\text{min}} \quad \text{Avec} \quad R_{\text{paroi}} = \frac{1}{K} \text{ (m}^2 \cdot \text{°C / w)}.$$

**I.7.4.2 Application au projet :**

- **Mur extérieur :**

$$T_i = 21 \text{ °C} \quad T_e = 0 \text{ °C} \quad h_i = 9,09 \quad n = 1 \quad \Delta\theta_{\max} = 5 \text{ °C} .$$

$$R_{\text{min}} = \frac{1(21-0)}{9,09 \cdot 5} \Rightarrow R_{\text{min}} = 0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{°C / w}$$

$$K = 1,3 \text{ w/m}^2\text{°C} \quad R_{\text{paroi}} = \frac{1}{K} \Rightarrow R_{\text{paroi}} = 0,769 \text{ m}^2 \cdot \text{°C / w}$$

$R_{\text{min}} < R_{\text{paroi}}$  Donc la structure est bonne.

Le tableau suivant montre la vérification de la condition  $R_{\text{paroi}} > R_{\text{min}}$  pour chaque type de paroi extérieure de la construction.

Parois	$T_i$ (°C)	$T_e$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$K$ (w/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta\theta_{\max}$ (°C)	$n$	$R_{\text{paroi}}$ m <sup>2</sup> ·°C /w	$R_{\text{min}}$ m <sup>2</sup> ·°C /w	$R_{\text{paroi}} >$ $R_{\text{min}}$
Mur extérieur	21	0	21	1,3	5	1	0,77	0,55	vérifiée
Toiture	21	0	21	1	4,5	0,9	1	0,68	vérifiée
Plancher sur sol	21	10	11	1,3	4,5	0,9	0,77	0,24	vérifiée

**Tableau I.13: vérification de la condition ( $R_{\text{paroi}} > R_{\text{min}}$ ) pour chaque type de paroi extérieure de la construction.**

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

### I.7.5 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 du peinture, la formation des moisissures, il peut s'agir également de condensation dans la masse même des matériaux qui leur fait perdre leur caractéristiques 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.7.5.1 La condensation superficielle :

En hiver les faces intérieurs des parois donnant sur l'extérieur sont à une température  $\theta_i$  inférieure à la température  $T_i$  de l'ambiance intérieure :

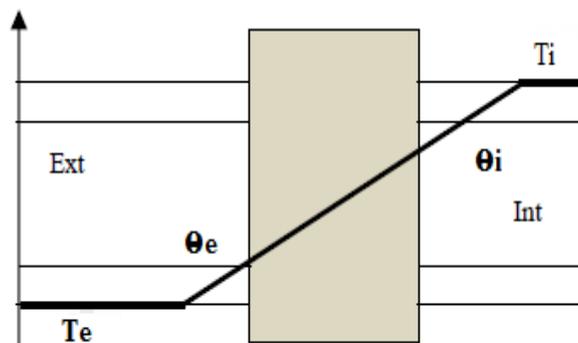


Figure I.11: Différents températures de la condensation superficielle.

$\theta_i$  est donné par la relation suivante :

$$\theta_i = T_i - \frac{1}{h_i} (T_i - T_e) Ks \quad (^\circ\text{C}) \quad (1.5)$$

Ou :

$T_i$  : La température intérieure du local ( $^\circ\text{C}$ )

$h_i$  : Le coefficient d'échange superficiel de la surface intérieure ( $m^2 \cdot ^\circ C / w$ )

$T_e$  : La température extérieure ( $^\circ C$ ).

$K_s$  : Le coefficient de transmission surfacique de la paroi ( $w/m^2 \cdot ^\circ C$ ).

Des condensations se manifesteront sur la face intérieure des parois si la température superficielle est inférieure au point de rose de l'ambiance intérieure ( $\theta_i < T_r$ ).

### **I.7.5.2 Application au projet :**

**- Contact avec l'extérieur :**

On a :

$$T_i = 21 \text{ } ^\circ C \text{ et } T_e = 0 \text{ } ^\circ C$$

$$\begin{cases} T_i = 21 \text{ } ^\circ C \\ \varphi = 50\% \end{cases} \Rightarrow T_r = 10,19 \text{ } ^\circ C \quad \text{Annexe Tableau B.8.}$$

$$\theta_i = 21 - 0,11 (21 - 0) 1,3 = 18 \text{ } ^\circ C$$

$$\theta_i = 18 \text{ } ^\circ C > T_r = 10,19 \text{ } ^\circ C$$

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.7.5.3 La 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.

### **I.7.5.4 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.

Le diagramme de l'air humide nous a montré que pour une ambiance donnée (température et humidité) il y aura condensation si la température de l'ambiance (ou

localement si la température de surface d'une paroi en contact avec l'ambiance s'abaisse en dessous de la température de rosée.

Cette condition se traduit également en pression partielle de la vapeur d'eau qui reste inférieure à la pression de saturation. C'est cette dernière notion qui est utilisée pour évaluer les risques de condensation dans la masse des parois.

**I.7.5.5 Application au projet :**

Contact avec l'extérieur :

$$T_j = T_{j-1} - K \left( \frac{e_j}{\lambda_j} \right) \cdot (T_i - T_e) \quad (^\circ\text{C})$$

Donc :

$$T_1 = 18 - 1,3 \left( \frac{0,005}{0,35} \right) \cdot (21 - 0) \Rightarrow T_1 = 17,61 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_1 = 17,61 - 1,3 \left( \frac{0,015}{14} \right) \cdot (21 - 0) \Rightarrow T_1 = 17,32 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_1 = 17,32 - 1,3 \left( \frac{0,1}{0,48} \right) \cdot (21 - 0) \Rightarrow T_1 = 11,63 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_1 = 11,63 - 1,3 \left( \frac{0,1}{0,625} \right) \cdot (21 - 0) \Rightarrow T_1 = 7,26 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_1 = 7,26 - 1,3 \left( \frac{0,1}{0,48} \right) \cdot (21 - 0) \Rightarrow T_1 = 1,57 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_1 = 1,57 - 1,3 \left( \frac{0,015}{14} \right) \cdot (21 - 0) \Rightarrow T_1 = 1,52 \quad (^\circ\text{C})$$

- Détermination des pressions de saturation :

On utilisant le diagramme de l'air humide pour définir les pressions de saturation qui correspondent à chaque température.

<b>T (°C)</b>	21	17,61	17,32	11,63	7,26	1,57	1,52	0
<b>Ps (kpa)</b>	2,486	2,01	1,98	1,37	1,03	0,684	0,682	0,61

**Tableau I.14: Les pressions partielles au niveau des interfaces.**

- Détermination des pressions partielles :

$$\varphi = \frac{P_v}{P_s} \Rightarrow P_v = \varphi \times P_s \quad (\text{kpa})$$

$$P_{vi} = \varphi \times P_{si} \quad \varphi = 50 \% \quad P_{vi} = 0,5 \times 2 = 1 \quad \text{kpa}$$

$$P_{ve} = \varphi \times P_{se} \quad \varphi = 75 \% \quad P_{ve} = 0,75 \times 0,682 = 0,51 \quad \text{kpa}$$

Les couches	e (m)	λ (W/m °C)	R (m² °C/ W)	ΣR (m²°C/W)
1	0,005	0,35	0,014	<b>0,616</b>
2	0,015	1,4	0,011	
3	0,1	0,48	0,21	
4	0,1	0,625	0,16	
5	0,1	0,48	0,21	
6	0,015	1,4	0,011	

Tableau I.15: résistance de chaque couche de la paroi extérieur.

On a :

$$P_{vn} = P_{ve} + \left( \frac{e_n}{\pi_n} \right) \times \left( \frac{P_{ve} - P_{vi}}{\sum \frac{e_n}{\pi_n}} \right) \quad (\text{Kpa})$$

$$\frac{P_{ve} - P_{vi}}{\sum \frac{e_n}{\pi_n}} = \frac{1 - 0,51}{1,46} = 0,34$$

$$P_{v1} = P_{ve} + \left( \frac{e_1}{\pi_1} \right) \cdot 0,34 = 0,53 \quad \text{Kpa}$$

$$P_{v2} = P_{ve} + \left( \frac{e_1}{\pi_1} + \frac{e_2}{\pi_2} \right) \cdot 0,34 = 0,66 \quad \text{Kpa}$$

$$P_{v3} = P_{ve} + \left( \frac{e_1}{\pi_1} + \frac{e_2}{\pi_2} + \frac{e_3}{\pi_3} \right) \cdot 0,34 = 0,98 \quad \text{Kpa}$$

$$P_{v4} = P_{ve} + \left( \frac{e_1}{\pi_1} + \frac{e_2}{\pi_2} + \frac{e_3}{\pi_3} + \frac{e_4}{\pi_4} \right) \cdot 0,34 = 1,02 \quad \text{Kpa}$$

$$P_{v5} = P_{ve} + \left( \frac{e_1}{\pi_1} + \frac{e_2}{\pi_2} + \frac{e_3}{\pi_3} + \frac{e_4}{\pi_4} + \frac{e_5}{\pi_5} \right) \cdot 0,34 = 1,34 \quad \text{Kpa}$$

$$P_{v6} = P_{ve} + \left( \frac{e_1}{\pi_1} + \frac{e_2}{\pi_2} + \frac{e_3}{\pi_3} + \frac{e_4}{\pi_4} + \frac{e_5}{\pi_5} + \frac{e_6}{\pi_6} \right) \cdot 0,34 = 1,46 \quad \text{Kpa}$$

<b>e (m)</b>	0,005	0,015	0,1	0,1	0,1	0,015
<b>Ps (kpa)</b>	2,01	1,98	1,37	1,03	0,684	0,682
<b>Pv (kpa)</b>	1,46	1,34	1,02	0,98	0,66	0,53

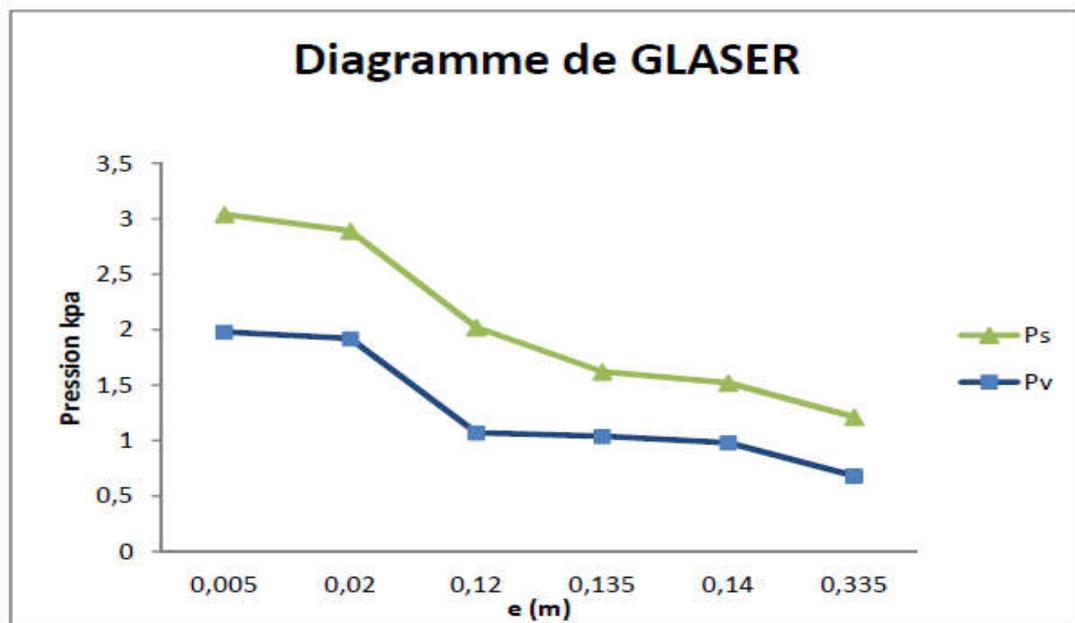


Figure I.12: Diagramme de GLASER (mur extérieur).

D'après le diagramme I.12 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 le mur extérieur.

# **Chapitre II**

## **Bilan thermique et Ventilation**

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.1 Méthode de calcul du bilan thermique en période hivernale :

On établit un calcul qui nous permet de déterminer la puissance calorifique à mettre en œuvre pour maintenir la température stable pour cela on a choisi le document technique réglementaire (**D.T.R**) qui nous permettra d'effectuer les calculs suivants les normes et avec une grande précision.

#### II.1.1 Présentation du document technique règlement (DTR): [1]

##### II.1.1.1 Objet de DTR :

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

##### • Pour l'été :

- détermination des apports calorifiques des bâtiments

- vérification de la conformité à la DTR des bâtiments

##### • Pour l'hiver :

- détermination des déperditions thermiques des bâtiments

- vérification de la conformité à la DTR des bâtiments

##### II.1.1.2 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,

- d'enseignement (classes, salles d'études, ...),
- de réunion,
- de vente (boutique,...),
- d'accueil (bibliothèques,...),
- de restauration (café,...),
- a usage artisanal (salon de coiffure,...).

### III.1.1.3 Déperditions par transmission : [1]

On distingue deux types de déperdition thermique :

- La déperdition par transmission à travers l'enveloppe de l'immeuble (murs, portes, toit, fenêtres...)
- Les déperditions par renouvellement d'air (fuite d'air)

#### A. Calcul des déperditions de base par transmission :

Pour le calcul de ces déperditions nous avons la formule suivante :

$$D_T = D_s + D_{li} + D_{sol} + D_{inc} \quad (2.1)$$

Sachons que :

$D_T$  : Déperditions par transmission

$D_s$  : Déperditions surfacique à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.

$D_{li}$  : Déperditions à travers les liaisons.

$D_{sol}$  : Déperditions à travers les parois en contact avec le sol.

$D_{inc}$  : Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

#### A.1 .Les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois $D_s$ :

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi séparant deux ambiances différentes sont données par la formule suivante :

$$D_s = K \times A \times (T_i - T_e) \quad (2.2)$$

$A$ : surface de l'élément de construction (m<sup>2</sup>).

$K$ : coefficient global de transmission de la chaleur (W/m<sup>2</sup>°C).

$T_e$  : Température extérieure (°C).

$T_i$ : Température intérieure (°C).

**A.2 Les Déperditions à travers les ponts thermiques  $D_{li}$  :**

Les déperditions à travers les liaisons, ou comme on les appelle aussi déperditions à travers les ponts thermiques, sont données par la formule suivante :

$$D_{li} = K_i \times A \times (T_i - T_e) \quad (2.3)$$

Pour simplifier les calculs on prend :

$$D_{li} = 0,2 \times D_s \quad (2.4)$$

**A.3 Les Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol**

$D_{sol}$  :

Dans ce type de déperdition on distingue trois types de parois, les planchers bas enterrés, les murs enterrés et les planchers hauts enterrés. Pour ce qui concerne l'immeuble étudié, on trouve deux parmi les trois types de parois, le plancher bas et mur enterré.

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

$$D_{sol} = K_s \times A \times (T_i - T_s) \quad (2.5)$$

**A.4 Les déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés**

$D_{inc}$  :

Les déperditions à travers les parois en contact avec un local non chauffé ou des locaux non chauffés  $D_{inc}$ , sont données par la formule suivante :

$$D_{inc} = T_{au} \times [\sum(K \times A \times \Delta T) + 0,2 \sum(K_i \times L \times \Delta T)] \quad (2.6)$$

On constate que ces déperditions ( $D_{inc}$ ) sont pondérées par un coefficient  $T_{au}$ , dit « Coefficient de réduction de température ». La valeur de Tau est comprise entre 0 et 1, ce dernier est donné par la formule suivante:

$$T_{au} = \frac{t_i - t_n}{t_i - t_e} = \frac{d_e}{d_e - ac} \quad (2.7)$$

Avec :

$t_i$  : Température intérieure. (°C).

$t_n$  : Température de l'espace non chauffé. (°C).

$t_e$  : Température extérieure. (°C).

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

**Annexe Tableau B 1.a, Annexe Tableau B 1.b**

$d_e$  : Déperditions du local non chauffé vers l'extérieur. (W/°C).

• Calcul des températures non chauffées :

$$t_n = t_i - \left[ (t_i - t_e) \left( \frac{d_e}{d_e - ac} \right) \right] \quad (2.8)$$

**B. Les déperditions par renouvellement d'air :**

Les déperditions par renouvellement d'air tiennent compte :

- des déperditions dues au fonctionnement des dispositifs de ventilation ; on associe à ces déperditions le débit spécifique de ventilation.
- des déperditions supplémentaires par infiltrations dues à l'effet de vent.

Les déperditions par renouvellement d'air de l'immeuble ont pour expression :

$$D_r = 0,34 \times (Q_v + Q_s) \times \Delta T \quad (2.9)$$

**0,34** : la chaleur volumique d'air.

$Q_v$  : Le débit volumique de ventilateur.

$$Q_v = \text{MAX} [(0,6 \times V_h); Q_{vref}]$$

$V_h$  : Volume habitable.

$Q_{vref}$  : Le débit extrait de référence.

$$Q_{vref} = \frac{(5Q_{vmin} + Q_{vmax})}{6}$$

$Q_s$  : Le débit supplémentaire par infiltration dans un ventilateur.

$$Q_s = \sum P_p \times ev$$

$$\sum P_p = P_0 \times A$$

$ev$  : coefficient d'exposition au vent effectuée à la paroi. **Annexe Tableau B.2**

$P_p$  : Infiltration dues à l'air de la paroi.

$P_0$  : Infiltration surfacique à l'air de l'ouvrant. **Annexe Tableau B.3**

$Q_{vmin}$  **Annexe Tableau B.4**

$Q_{vmax}$  : **Annexe Tableau B.5.**

**C. Vérification :**

$$D_t \leq 1,05 D_{réf} \quad (2.10)$$

$D_{réf}$  : Déperdition de référence.

$D_t$  : Déperdition par transmission.

$$D_{\text{réf}} = aS_1 + bS_2 + cS_3 + dS_4 + eS_5 \quad (2.11)$$

Les  $S_i$  représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur. Elles concernent respectivement :

$S_1$  : La toiture.

$S_2$  : Le plancher.

$S_3$  : Les murs.

$S_4$  : Les ports.

$S_5$  : Les fenêtres

Immeuble collectif					
Zone	A	B	C	D	E
b'	0,9	2,40	1,20	3,50	4,50

Tableau II.1 : Coefficient a, b, c, d, e .Annexe Tableau B.6

## II.2 Méthode de calcul du bilan thermique en période estivale :

### II.2.1 Calcul des apports thermiques :

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

### II.2.2 Principe et méthode de calcul des apports thermiques : [2]

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 thermiques,
- calcul la puissance frigorifique,

### Remarque :

Les calculs doivent être menés pour le mois de juillet.

### II.2.3 Les apports calorifiques pour chaque volume thermiques :

Les apports calorifiques sensibles AS et latents AI sont donnés par :

$$AS = APO(t) + AV(t) + AIs + AINFs(t) \quad (W) \quad (2.12)$$

$$AI = AI_I + AINF_I(t) \quad (W) \quad (2.13)$$

Où :

**AP0 (t) :** Apports par les parois opaques (W).

**AV (t) :** Apports à travers les parois vitrées (W).

**AIs et AI<sub>I</sub> :** parties sensibles et latentes des apports internes (W).

**AINFs(t) et AINF<sub>I</sub>(t) :** parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air (W).

### II.2.3.1. Apports à travers les parois opaques APO (t) :

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

$$APO(t) = APO(t)_{ext} + APO(t)_{int} + APO_{sol}(t) \quad (2.14)$$

**AP0(t)<sub>ext</sub> :** apports par les parois extérieur (W).

**AP0 (t)<sub>int</sub> :** apports par les parois intérieur (W).

**AP0<sub>ens</sub> :** apports par les parois en contact avec le sol (W)

#### A. Les murs extérieurs :

$$APO(t)_{ext} = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta T_e \quad (2.15)$$

**1,2 :** Coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques)

**K<sub>été</sub> :** Coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été (W/m<sup>2</sup>.°C°). **Annexe Tableau B.7**

**S<sub>int</sub> :** Surface intérieure totale de la paroi considérée (m<sup>2</sup>).

**ΔT<sub>e</sub> :** Différence équivalente de température à l'instant t. (°C).

$$\Delta T_e(t) = \Delta T_{es}(t) + C \Delta T_e(t) + \frac{\alpha}{0,9} (\Delta t_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)) \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)} \quad (2.16)$$

Paroi à l'ombre 24 h / 24 :

$$\Delta T_e(t) = \Delta T_{es}(t) + C \Delta T_e(t) \quad (2.17)$$

**ΔT<sub>es</sub>(t) :** Différence de température équivalente à l'heure (t) considérée. **Annexe Tableau C.1**

**ΔT<sub>e</sub>(t) :** est un facteur de correction du, d'une part. **Annexe Tableau C.2**

$\alpha$  : Facteur d'absorption de la paroi. **Annexe Tableau C.3**

$\Delta t_{em}(t)$  : différence de température équivalente de a l'heure t considérée a l'ombre. **Annexe Tableau C.1**

### B. Les murs intérieurs :

$$APO(t)_{int} = K_{été} \times S_{int} \times \Delta T \quad (2.18)$$

$\Delta T$  : Différence de température entre les deux locales.

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

$$APO(t)_{int} = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{Inc}(t) \quad (2.19)$$

$\Delta t_{Inc}(t)$  : écart de température entre l'espace non conditionnée et le local considère (°C).

$$\Delta t_{Inc}(t) = [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}] \quad (2.20)$$

$TS_e(t)$  : température extérieur sèche à l' instant considérée. (°C)

$C_{inc}$  : Coefficient correcteur.

$TS_{b,i}$  : température intérieur du local conditionnée. (°C)

#### Remarque :

Dans le cas des valeurs déterminer dans les parois intérieurs sont négatifs on n'en tendra pas compte dans les calculs.

### C. Apports à travers les parois en contact avec le sol :

$$APO_{sol}(t) = K_{été} \times S_{app} \times (TS_m - TS_{b,i}) \quad (2.21)$$

$K_{été}$ : Coefficient de transmission de la paroi calculé comme si la paroi été en contact avec l'extérieur. (W/m<sup>2</sup>°C)

$S_{app}$  : Surface de la zone d'apport. (m<sup>2</sup>)

$TS_m$ : Température du local conditionnée. (°C). **Annexe Tableau C.4**

$TS_{b,i}$  : Température moyenne sèche de l'air extérieur. (°C). **Annexe Tableau C.4**

#### II.2.3.2 Apports à travers les parois vitrées :

Apports à travers les parois vitrées AV (t) est donnes par la formule suivante :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad (2.22)$$

$AVT(t)$  : Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées (W).

**AVE (t) :** Apports dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées (W).

### A. Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées :

Les apports dus au gradient de température AVT (t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par la formule suivante :

$$AVT (t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times (TS_e - TS_{b,i}) \quad (2.23)$$

**1,2 :** coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques)

**$K_{\text{été}}$  :** Coefficient de transmission de la paroi calculé comme si la paroi été en contact avec l'extérieur. (W/m<sup>2</sup>°C)

**$S_{\text{ouv}}$  :** La surface de l'ouverture dans les parois opaques (m<sup>2</sup>).

**$TS_e(t)$  :** la température extérieure sèche a l'instant t (°C).

**$TS_{b,i}$  :** la température intérieure de base (°C).

### B. Apports dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées :

Les apports dus au rayonnement solaire AVE (t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par la formule suivante :

$$AVE (t) = (SV_{\text{ens}} \times I_t + (SV - SV_{\text{omb}}) \times I_d) \times FS \times N_{\text{pvi}} \quad (2.24)$$

**$SV_{\text{ens}}$  :** la surface vitrée ensoleillée (m<sup>2</sup>).

**$SV_{\text{omb}}$  :** la surface vitrée à l'ombre (m<sup>2</sup>).

**$I_t$  :** le rayonnement total maximal réel (W/m<sup>2</sup>). **Annexe Tableau C.5.**

**$I_d$  :** le rayonnement diffus maximal réel (W/m<sup>2</sup>). **Annexe Tableau C.5.**

**$N_{\text{pvi}}(t)$  :** le coefficient d'amortissement relatif aux apports par ensoleillement a travers les parois vitrées a l'heure t considérée. **Annexe Tableau C.6**

**FS :** le facteur solaire du vitrage. **Annexe Tableau C.8**

#### II.2.3.3 Apports de chaleur internes :

On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible a l'intérieure des locaux conditionnes.

#### • Calcul des apports internes :

##### A. Apports dus aux occupants

Les gains dus aux occupants sont une source de chaleur sensible et latente. Leur calcul doit tenir compte des personnes susceptibles de fréquenter les locaux à climatiser.

Les gains dus aux occupants sont données par la formule suivante :

$$A_I(t) = A_{Is}(t) + A_n(t) = \Sigma (CS \times A_s \times N) + \Sigma (CS \times A_l) \quad (2.25)$$

$A_s$  : partie sensible de l'apport interne (W).

$A_l$  : partie latente de l'apport interne (W).

$CS$  : coefficient de simultanéité relatif.

$N$  : coefficient d'amortissement relatif. **Annexe Tableau C.7.**

**B. Apports dus à l'éclairage :**

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible.

Si l'on connaît la puissance installée pour l'éclairage, les gains dus à celui-ci sont donnés par la formule suivante :

$$AL = \Sigma (W_n \times C_{me} \times C_{cr}) \quad (2.26)$$

$W_n$  : La puissance nominale de l'ampoule ou tube fluorescent (W).

$C_{me}$  : Coefficient de majoration :

- 1,2 pour les lampes à incandescence.
- 1,25 pour les tubes fluorescents.

$C_{cr}$  : Le pourcentage de chaleur résiduelle :  $C_{cr}$  dans notre cas est égal à 1.

Si l'on ne connaît pas la puissance installée pour l'éclairage, on calculera les gains dus à celui-ci et prend on considération la surface de chaque local en utilisant le tableau suivant :

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée (lux)	Puissance dégagée des lampes ou des tubes (W/m²)	
		Lampes à Incandescence	Lampes fluorescentes
Les Laboratoires, Bureaux et les salles	250	55	16

**Tableau II.2: Gains due à l'éclairage.**

**D. Les Apports dus machines électriques**

Les apports dus aux machines électriques, on utilisera soit :

- Les indications données par le fabricant.
- Donnée par les tableaux **C.9, C.10. (Annexe).**

### II.2.3.4 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur :

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

- Les apports dus aux infiltrations qui interviennent directement dans le bilan du local ; ces apports sont à associer au débit d'infiltrations  $Q_{v_{inf}}$ .
- les apports dus à l'introduction d'air neuf qui interviennent dans le bilan calorifique total ; ces apports sont à associer au débit d'air neuf  $Q_{v_{an}}$ .

Les apports sensibles dus au renouvellement de l'air  $AREN_s$ , et dus aux infiltrations  $AINF_s$  sont donnés par les formules suivantes :

$$AREN_s = 0,32 \times qv_{an} \times (TS_e(t) - TS_{bi}(t)) \quad (2.27)$$

$$AINF_s = 0,32 \times qv_{inf} \times (TS_e(t) - TS_{bi}(t)) \quad (2.28)$$

**0,32 (J/m<sup>3</sup>. °C)** : le produit de la chaleur spécifique de l'air (1004 J/Kg°C) par la masse volumique de l'air (1.15 Kg/m<sup>3</sup>) et par facteur de conversion (1/3600).

**qv<sub>an</sub>** : Le débit d'air neuf (m<sup>3</sup>/h).

**qv<sub>inf</sub>** : Le débit dû aux infiltrations (m<sup>3</sup>/h)

**TS<sub>e</sub>(t)** : La température sèche de l'air extérieure à l'instant t (°C).

**TS<sub>bi</sub>(t)** : La température sèche de l'air intérieure (°C).

Les apports latents dus au renouvellement de l'air  $AREN_t$ , et dus aux infiltrations  $AINF_t$  sont donnés par les formules suivantes :

$$AREN_t = 0,797 \times qv_{an} \times \text{MAX}[(HS_{b,e} - HS_{b,i})] \quad (2.29)$$

$$AINF_t = 0,797 \times qv_{inf} \times \text{MAX}[(HS_{b,e} - HS_{b,i})] \quad (2.30)$$

**0,797 (J.kg<sub>air</sub>/g<sub>vap</sub>.m<sup>3</sup> air)** : le produit de la masse volumique moyenne de l'air (1,15 Kg/m<sup>3</sup>) par la chaleur de vaporisation de l'eau (2498J/g) et par facteur de conversion (1/3600).

**qv<sub>an</sub>** : Le débit d'air neuf (m<sup>3</sup>/h).

**qv<sub>inf</sub>** : Le débit dû aux infiltrations (m<sup>3</sup>/h).

**HS<sub>b,e</sub>** : L'humidité spécifique de base de l'air extérieur (°C).

**HS<sub>b,i</sub>** : L'humidité spécifique de base de l'air intérieur (°C).

#### • Le débit d'air neuf :

Le débit d'air neuf d'un local est donné par la formule suivante selon le DTR C 3-2, fascicule n°1 :

$$qv_{an} = 0,6 \times V_h \quad (2.31)$$

• **Le débit d'air du aux infiltrations :**

Le débit d'air neuf d'un local est donné par la formule suivante selon le DTR C 3-2, fascicule n°1 :

$$q_{v_{inf}} = (q_{v_{o_{inf,i}}} \times S_{ouv,i}) \quad (2.32)$$

$q_{v_{o_{inf,i}}$  ( $m^3/h$ ) : le débit d'infiltration correspondant à l'ouvrant  $i$  considéré ; les valeurs de  $q_{v_{o_{inf,i}}$  doivent être fournies soit par le fabricant, soit par l'avis technique ; à défaut, on utilisera les valeurs du tableau.

**II.2.4 Vérifications :**

La vérification réglementaire des locaux à usage de bureaux doit s'effectuer selon les étapes suivantes :

- des apports par les parois opaques.
- des apports par les parois vitrées.
- Calcul des apports calorifiques de référence.
- vérification de la conformité à réglementation thermique d'été des locaux.
- La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques doit

Vérifier au mois de juillet à 15 h, pour cela il y a la relation suivante :

$$A_{PO} (15h) + A_{V} (15h) \leq 1,05 \times A_{réf} (15h) \quad (2.33)$$

Les apports calorifiques de références  $A_{réf}$  : sont données par :

$$A_{réf} = A_{réf,ph} + A_{réf,pv} + A_{réf,pvi} \quad (W) \quad (2.34)$$

Ou :

$A_{réf,ph}$  : Apports calorifiques de références à travers les parois opaques horizontales (W).

$A_{réf,pv}$  : Apports calorifiques de références à travers les parois opaques verticales (W).

$A_{réf,pvi}$  : Apports calorifiques de références à travers les parois vitrées (W).

• **Apports de références des parois opaques horizontales  $A_{réf,ph}$ :**

$$A_{réf,ph} = \sum (a \times S_{int} \times \Delta T_{S_{réf,ph}}) \quad (W) \quad (2.35)$$

$a$  : coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique, **Annexe Tableau C.10.**

$S_{int}$  : désigne la surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur ;

$\Delta TS_{\text{réf,ph}}$  : La différence de température de référence. **Annexe Tableau C.11.**

• **Apports de référence des parois opaques verticales  $A_{\text{réf,pv}}$  :**

Les apports calorifiques de référence des parois opaques verticales  $A_{\text{réf,pv}}$  sont calculés par la formule suivante :

$$A_{\text{réf,pv}} = \sum (c \times S_{\text{int}} \times \Delta TS_{\text{réf,pv}}) \quad (\text{W}) \quad (2.36)$$

$c$ : coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique ( $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )

**Annexe Tableau C.12.**

$S_{\text{int}}$  : désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur.

$\Delta TS_{\text{réf,pv}}$  : Différence de température de référence pour la paroi opaque verticale. **Annexe Tableau C.13.**

• **Apports de référence des parois vitrées  $A_{\text{réf,pvi}}$  :**

Les apports de référence pour les parois vitrées sont donnés par la somme des apports de référence de chaque paroi vitrée.

Les apports de référence  $A_{\text{réf,pvi}}$  pour une paroi vitree en contact avec l'extérieur sont donnés par :

$$A_{\text{réf,pvi}} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}} \quad (\text{W}) \quad (2.37)$$

Ou :

$AVE_{\text{réf}}$  : Les apports de référence dus à l'ensoleillement.

$AVT_{\text{réf}}$  : Les apports de référence dus au gradient de température.

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

$$AVE_{\text{réf}} = [SV_{\text{ens}} \times It + (SV - SV_{\text{ens}}) \times Id] FS_{\text{réf}} \times N_{\text{PVI, réf}} \quad (2.38)$$

Ou :

$SV$  : la surface totale vitrée.

$SV_{\text{ens}}$ : la surface vitrée ensoleillée à 15 h TSV.

$It$  : le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et la latitude considérées, **Annexe Tableau C.14.**

$Id$  : le rayonnement diffus maximal réel, **Annexe Tableau C.14.**

$FS_{\text{réf}}$  : est le facteur solaire de référence,

- ✓ 0,15 pour les locaux a usage d'habitation et d'hébergement.

✓ 0,38 pour les locaux à usage de bureaux.

$N_{PVI,ref}$  représente le coefficient d’amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées de l’orientation considérée. **Annexe Tableau C.15.**

$$AVT_{ref} = e' \times S_{ouv} \times \Delta TS_{ref,pv} \tag{2.39}$$

$e'$  : est un coefficient relatif à la nature de locaux (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ):

- ✓ 4,2 : pour les locaux à usage d’habitation et d’hébergement.
- ✓ 5,4 : pour les locaux à usage bureau.

$S_{ouv}$  : est la surface d’ouverture dans le mur(en  $m^2$ ).

$\Delta TS_{ref,pv}$  : est la différence de température de référence des parois vitrées(en  $^\circ C$ ) **Annexe Tableau C.13.**

### II.3 Calcul du bilan hivernal :

#### II.3.1 Calcul des températures des locaux non chauffés :

$$t_n = t_i - \left[ (t_i - t_e) \left( \frac{d_e}{d_e - ac} \right) \right]$$

RDC	
Local	( $^\circ C$ )
Circulation commune	16,58
Sanitaire	15
Dépôt	16

**Tableau II.3 : températures des locaux non chauffés du RDC.**

E01	
Local	( $^\circ C$ )
Circulation commune	19,78
Sanitaire	17
Dépôt	18

**Tableau II.4 : températures des locaux non chauffés de l’E01.**

R02	
Local	(°C)
Circulation commune	19,18
Sanitaire	16
Dépôt	17

**Tableau II.5: températures des locaux non chauffés de l'E02.**

### II.3.2 Exemple de calcul d'un local :

On prend par exemple le local R01 (Atelier 01) de 499,4336 m<sup>3</sup>. Il se trouve dans l'un des angles de rez-de-chaussée.

❖ Les caractéristiques du local sont les suivantes :

-Une paroi extérieure (mur double cloison) est de 11,2 m × 3,88 m (avec  $K = 1,3 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ) comporte 02 fenêtres de 3,82 m<sup>2</sup> et 01 fenêtre de 1,91 m<sup>2</sup> (avec  $K = 4,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ).

-Une paroi extérieure (mur double cloison) est de 5,3 m × 3,88 m (avec  $K = 1,3 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ) comporte une porte en métal de 9,54 m<sup>2</sup> (avec  $K = 5,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ).

-La paroi intérieure (en contact avec l'espace non chauffé) est de 17,4 m × 3,88 m (avec  $K = 1,18 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ) comporte 02 portes en bois de 5,72 m<sup>2</sup> (avec  $K = 3,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ).

-La paroi intérieure (en contact avec l'espace chauffé) est de 9,2 m × 3,88 m (avec  $K = 2,08 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ) comporte une porte en bois de 5,72 m<sup>2</sup> (avec  $K = 3,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ).

-Les températures :

- $T_e = 0 \text{ °C}$  et  $T_s = 10 \text{ °C}$  (d'après les conditions de base de la région).
- $T_i = 21 \text{ °C}$  (la température désirée).
- $T_n = 16,58 \text{ °C}$  (d'après les calculs).

Les déperditions de base sont données par la formule suivante :

$$D_T = D_s + D_{li} + D_{sol} + D_{inc}$$

**-Les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois  $D_s$  :**

Les déperditions surfaciques par transmission sont données par la formule suivante :

$$D_s = K \times A \times (T_i - T_e)$$

-MDC :  $D_s = 1,3 \times 37,786 \times (21-0) = 1031,0664 \text{ W}$

-MDC :  $D_s = 1,3 \times 11,024 \times (21-0) = 300,9552 \text{ W}$

-MSC :  $D_s = 1,18 \times 61,792 \times (21-16,58) = 322,2823552 \text{ W}$

-MSC :  $D_s = 2,08 \times 29,456 \times (21-21) = 0 \text{ W}$

-Portes :

- En Métal :  $D_p = 5,8 \times 9,54 \times (21-0) = 1161,972 \text{ W}$
- En Bois :  $D_p = 3,5 \times 11,44 \times (21-1,85) = 176,9768 \text{ W}$

- Fenêtre :  $D_f = 4,5 \times 9,55 \times (21-0) = 902,475 \text{ W}$

**-Déperdition à travers les parois en contact avec le sol  $D_{sol}$ :**

$-D_{sol} = 1,3 \times 128,72 \times (21-10) = 1840,696 \text{ W}$

❖  $D_{s.total} = \sum D_m + \sum D_p + D_f + D_s$

**$D_{s.total} = 5736,42376 \text{ W}$**

**-Déperdition à travers les liaisons  $D_{li}$  :**

$D_{li} = D_{s.total} \times 0,2$

$D_{li} = 5736,42376 \times 0,2 = 1147,28475 \text{ W}$

**$D_{li} = 1147,28475 \text{ W}$**

**-Déperdition par renouvellement d'air  $D_r$  :**

$D_r = 0,34 \times (Q_v + Q_s) \times \Delta T$

$Q_v = 0,6 \times V_h$

$Q_v = 0,6 \times 499,4336 = 299,66 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_s = \sum P_p \times e_v$

$Q_s = (20,98 \times 1,2 + 9,55 \times 4) \times 2,71 = 171,74896 \text{ m}^3/\text{h}$

$D_r = 0,34 \times (299,66 + 171,74896) \times 21 = 3365,85 \text{ W}$

**$D_{Tot} = 10249,559 \text{ W}$**

## II.3.3 Résultats des calculs du bilan thermique hivernal :

Tableau II.6 : Résultats des calculs du bilan thermique hivernal du RDC

Locaux	Surface des murs DC m <sup>2</sup>	Surface des murs SC (c.a.l.n.c) m <sup>2</sup>	Surface de sol ou planché m <sup>2</sup>	Surface de terrasse m <sup>2</sup>	Surface des portes m <sup>2</sup>		Surface total des fenêtres m <sup>2</sup>	$\Delta T1$ (°C)	$\Delta T2$ (°C)	$\Delta T3$ (°C)	D <sub>r</sub> (W)	D <sub>li</sub> (W)	D <sub>r</sub> (W)	D <sub>tot</sub> (W)
					extérieur	intérieur								
R 01	48,81	61,792	128,72	-	9,54	11,44	9,55	21	4,42	11	5736,42	1147,28	3365,85	10249,56
R 02	54,47	-	117,98	-	10,1124	5,72	11,45	21	-	11	5304,45	1060,89	3301,14	9666,48
R 03	31,8516	79,152	119,33	25,2	10,1124	5,72	3,82	21	4,42	11	8588,73	1717,75	2733,09	13039,57
R 04	44,542	70,302	147,45	-	9,54	11,44	9,55	21	4,42	11	5633,32	1126,66	3280,75	10040,73
R 05	13,64	-	21,79	-	-	-	3,82	21	-	11	1044,86	208,97	744,13	1997,96
R 06	27,28	-	21,06	21,06	-	-	7,64	21	-	11	2210,14	442,03	1027,64	3679,81
R 07	12,476	15.132	17,53	11,76	-	-	3,82	21	4,42	11	1393,78	278,76	673,3	1672,54
R 08	42,044	21.2848	114,68	-	-	5,72	11,46	21	4,42	11	4070,19	814,04	3098,61	7982,84
R 09	40,92	-	43,68	20,57	-	-	11,46	21	-	11	3256,68	651,34	1745,8	5653,82
R 10	13,64	4,1972	13,5	-	-	3,718	3,82	21	4,42	11	1005,82	201,16	606,38	1813,36
R 11	13,64	-	15,30	-	-	-	3,82	21	-	11	952,15	190,43	722,64	1865,22

Tableau II.7 : Résultats des calculs du bilan thermique hivernal du 1<sup>er</sup> Étage

Locaux	Surface des murs DC m <sup>2</sup>	Surface des murs simple (c.a.l.n.c) m <sup>2</sup>	Surface de sol ou planché m <sup>2</sup>	Surface de terrasse m <sup>2</sup>	Surface des portes m <sup>2</sup>		Surface total des fenêtres m <sup>2</sup>	$\Delta T1$ (°C)	$\Delta T2$ (°C)	$D_T$ (W)	$D_{li}$ (W)	$D_r$ (W)	$D_{tot}$ (W)
					extérieur	intérieur							
<b>E1 01</b>	51,692	43,43	29,7	-	-	11,44	9,55	21	1,22	2488,08	497,62	2592,71	5578,41
<b>E1 02</b>	23,158	50,8846	-	-	-	5,72	7,64	21	1,22	1451,87	290,37	1762,62	3504,86
<b>E1 03</b>	24,22	10,21	10,8	-	-	5,72	7,64	21	1,22	1445,23	289,05	1396,86	3131,14
<b>E1 04</b>	71,75	3,838	-	-	5,72	5,72	19,1	21	1,22	4339,02	867,80	3816,36	9023,18
<b>E1 05</b>	49,502	18,9184	-	-	-	5,72	15,28	21	1,22	1882,95	376,60	3058,39	5317,92
<b>E1 06</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	413,84	413,84
<b>E1 07</b>	24,22	-	-	-	-	-	7,64	21	-	703,15	140,63	1103,69	1947,47
<b>E1 08</b>	12,11	4,5656	-	-	-	3,718	3,82	21	1,22	714,04	142,80	696,51	1553,36
<b>E1 09</b>	12,11	-	-	-	-	-	3,82	21	-	691,59	138,32	682,58	1512,49
<b>E1 10</b>	47,09	26,898	-	-	-	11,44	9,55	21	1,22	2275,60	455,12	1978,17	4708,89

Tableau II.8 : Résultats des calculs du bilan thermique hivernal du 1<sup>er</sup> 2<sup>ème</sup> Étage

Locaux	Surface des murs DC m <sup>2</sup>	Surface des murs SC (c.a.l.n.c) m <sup>2</sup>	Surface de sol ou planché m <sup>2</sup>	Surface de terrasse m <sup>2</sup>	Surface des portes m <sup>2</sup>		Surface total des fenêtres m <sup>2</sup>	ΔT1 (°C)	ΔT2 (°C)	ΔT4 (°C)	D <sub>r</sub> (W)	D <sub>li</sub> (W)	D <sub>r</sub> (W)	D <sub>tot</sub> (W)
					extérieur	intérieur								
E2 01	73,722	3,838	-	145,37	-	5,72	22,92	21	1,82	21	7275,98	1455,20	4111,31	12842,48
E2 02	52,022	27,4144	-	114,93	-	5,72	15,28	21	1,82	21	5373,00	1074,60	3058,39	9505,99
E2 03	23,158	50,8846	-	62,79	-	5,72	7,64	21	1,82	21	2818,50	563,70	1678,39	5060,60
E2 04	6,9416	39,116	-	21,84	-	3,718	3,82	21	1,82	21	1116,82	223,36	860,26	2200,45
E2 05	31,226	6,902	-	29,25	-	3,718	3,82	21	1,82	21	1505,23	301,05	825,57	2631,84
E2 06	12,464	4,424	-	13,5	-	3,718	3,82	21	1,82	21	1358,12	271,62	586,69	2216,43
E2 07	12,678	36,284	-	36,44	-	3,718	5,73	21	1,82	21	1754,44	350,88	1082,45	3187,78
E2 08	22,022	-	-	13,32	-	-	3,82	21	-	21	990,64	198,128	497,64	1686,41
E2 09	-	16,284	-	21,60	-	-	-	-	1,82	21	488,57	97,71	500,17	1086,46
E2 10	12,11	4,5656	-	15,05	-	3,718	3,82	21	1,82	21	1041,13	208,23	610,18	1859,54
E2 11	24,22	-	-	22,40	-	-	7,64	21	-	21	1853,60	370,72	1694,94	3919,24
E2 12	12,11	-	-	14,13	-	-	3,82	21	-	21	988,32	197,66	682,58	1868,57
E2 13	27,052	13,628	-	32,65	-	3,718	7,64	21	1,82	21	2239,91	447,98	1259,06	3946,95
E2 14	6,446	4,778	-	15,07	-	3,718	3,82	21	1,82	21	887,38	177,48	696,8	1761,65

Niveaux	$D_t(w)$
RDC	67661,8936
1 <sup>er</sup> Étage	36691,6
2 <sup>ème</sup> Étage	53862,837
$\Sigma D_{total}(W)$	158216

Tableau II.9 : Déperditions thermiques total :

### II.3.4 Vérification :

-Exemple le local R01 (Atelier 01) :

$$D_{réf} = (0,9 \times S_1 + 2,4 \times S_2 + 1,2 \times S_3 + 3,5 \times S_4 + 4,5 \times S_5) \times \Delta T$$

Dans notre cas, on n'a pas de toiture ; donc  $S_1 = 0$

$$S_2 \times \Delta T = 128,72 \times 11 = 1415,92 \text{ m}^2\text{C}$$

$$S_3 \times \Delta T = (37,786 \times 21) + (11,024 \times 21) + (29,456 \times 0) + (61,792 \times 4,42) = 1298,13 \text{ m}^2\text{C}$$

$$S_4 \times \Delta T = (9,54 \times 21) + (11,44 \times 4,42) = 250,9048 \text{ m}^2\text{C}$$

$$S_5 \times \Delta T = 9,55 \times 21 = 200,55 \text{ m}^2\text{C}$$

$$D_{réf} = 2,4 \times 1415,92 + 1,2 \times 1298,13 + 3,5 \times 250,9048 + 4,5 \times 200,55 = 6736,60 \text{ W}$$

$$D'ou \quad 1,05 \times D_{réf} = 7073,44 \text{ W}$$

Après calcul on a:

$$D_t = 5736,4237 \text{ W}$$

$$\text{Donc : } 5736,4237 < 7073,44$$

Alors on peut dire que la condition vérifie

**II.4 Calcul du bilan estival :**

**II.4.1 Exemple de calcul :**

-Atelier 01, R01 :

Les apports calorifiques sensibles  $A_s$  et les latents  $A_l$  :

$$A_s = A_{PO}(t) + A_V(t) + A_{Is} + A_{INFs}(t) \quad (W)$$

$$A_l = A_{I_l} + A_{INF_l}(t) \quad (W).$$

**a- Apports à travers les parois opaques:**

$$A_{PO}(t) = A_{PO}(t)_{ext} + A_{PO}(t)_{int} + A_{PO}(t)_{sol}$$

- Les murs extérieurs :

$$A_{PO}(t)_{ext} = 1,2 \times K_{ete} \times S_{int} \times \Delta T_e \quad (t)$$

$$\Delta T_e(t) = \Delta T_{es}(t) + C \Delta T_e(t) + \frac{\alpha}{0,9} (\Delta t_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)) \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

Orientation	$m_{surf}(kg/m^2)$	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NE	300	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7
E	300	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,06	7,8	7,2	7,8
SE	300	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10
S	300	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4
SO	300	0	0	0	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4
O	300	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4
NO	300	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7
N	300	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5

Tableaux II.10 : valeur de  $\Delta T_{em}(t)$  et  $\Delta T_{es}(t)$ .

$\Delta T_{S_{max}}$	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3

Tableaux II.11 valeur  $C \Delta T_e(t)$ .

Remarque :

$$\frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)} = \frac{363,6}{47} = 7,74$$

**-Murs extérieurs :**

**-Mur ouest :**

$$\Delta T_e(8) = 0 + 13,2 + \frac{0,5}{0,9} (-2,2 - 0) \times 7,74 = 3,83 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(9) = 0 + 12,7 + \frac{0,5}{0,9} (-1,7 - 0) \times 7,74 = 11,75 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(10) = 0 + 12,3 + \frac{0,5}{0,9} (-1,1 - 0) \times 7,74 = 7,57 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(11) = 1,1 + 11,8 + \frac{0,5}{0,9} (-0,5 - 1,1) \times 7,74 = 6,02^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(12) = 2,2 + 11,3 + \frac{0,5}{0,9} (0 - 2,2) \times 7,74 = 4,04 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(13) = 3,9 + 10,9 + \frac{0,5}{0,9} (1,7 - 3,9) \times 7,74 = 5,34 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(14) = 5,5 + 10,4 + \frac{0,5}{0,9} (3,3 - 5,5) \times 7,74 = 6,44 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(15) = 10,6 + 9,3 + \frac{0,5}{0,9} (4,4 - 10,6) \times 7,74 = -6,76 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(16) = 14,4 + 9,8 + \frac{0,5}{0,9} (5,5 - 14,4) \times 7,74 = -14,07 \quad ^\circ\text{C}$$

D'après les calculs  $\Delta T_{e\text{max}} = \Delta T_e(9) = 11,75 \quad ^\circ\text{C}$

$$\text{APO}(t)_{\text{ext}} = \text{APO}(9) = 1,2 \times 1,32 \times 32,354 \times 11,75 = 602,17 \text{ W}$$

**-Mur nord :**

$$\Delta T_e(8) = -2,2 + 13,2 + \frac{0,5}{0,9} (-2,2 - (-2,2)) \times 7,74 = 11 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(9) = -1,7 + 12,7 + \frac{0,5}{0,9} (-1,7 - (-1,7)) \times 7,74 = 11 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(10) = -1,1 + 12,3 + \frac{0,5}{0,9} (-1,1 - (-1,1)) \times 7,74 = 11,2^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(11) = -0,5 + 11,8 + \frac{0,5}{0,9} (-0,5 - (-0,5)) \times 7,74 = 11,3^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(12) = 0 + 11,3 + \frac{0,5}{0,9} (0 - 0) \times 7,74 = 11,3 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(13) = 1,7 + 10,9 + \frac{0,5}{0,9} (1,7 - 1,7) \times 7,74 = 12,6 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(14) = 3,3 + 10,4 + \frac{0,5}{0,9} (3,3 - 3,3) \times 7,74 = 13,6 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(15) = 4,4 + 9,3 + \frac{0,5}{0,9} (4,4 - 4,4) \times 7,74 = 13,7 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_e(16) = 5,5 + 9,8 + \frac{0,5}{0,9} (5,5 - 5,5) \times 7,74 = 15,3 \quad ^\circ\text{C}$$

D'après les calculs  $\Delta T_{e\max} = \Delta T_e(16) = 15,3^\circ\text{C}$

$$APO(t)_{\text{ext}} = APO(9) = 1,2 \times 1,32 \times 11,024 \times 15,3 = 276,16 \text{ W}$$

$$APO(\text{porte}) = APO(9) = 1,2 \times 5,8 \times 9,54 \times 15,3 = 1015,895 \text{ W}$$

**-Murs intérieurs :**

$$APO = K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta T$$

Dans notre cas les murs intérieurs sont en contact avec un espace non conditionnée donc :

$$APO(t)_{\text{int}} = K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta t_{\text{Inc}}(t)$$

$$\Delta t_{\text{Inc}}(t) = [(TS_e(t) - C_{\text{inc}}) - TS_{b,i}]$$

$$\Delta t_{\text{Inc}}(t) = [(41 - (-3)) - 24 = 20^\circ\text{C}]$$

$$APO(t)_{\text{int}}(E) = 1,2 \times 17,948 \times 20 = 430,752 \text{ W}$$

$$APO(t)_{\text{int}}(S) = 1,2 \times 36,572 \times 20 = 877,728 \text{ W}$$

$$APO(\text{porte}) = 3,5 \times 11,44 \times 20 = 800,8 \text{ W}$$

**-Parois en contact avec le sol :**

$$APO_{\text{sol}}(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{app}} \times (TS_m - TS_{b,i})$$

$$APO_{\text{sol}}(t) = 1,82 \times 128,72 \times (29 - 24) = 1171,352 \text{ W}$$

$$APO_{\text{totale}} = 5165,852$$

**-Apports à travers les parois vitrées :**

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

**-Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées :**

$$AVT (t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times (TS_e - TS_{b,i})$$

$$TS_{b,i} = TS_e - (CTS \times E_b)$$

$$TS_e (8) = 41 - (0,77 \times 18) = 27,14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (9) = 41 - (0,63 \times 18) = 29,66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (10) = 41 - (0,48 \times 18) = 32,66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (11) = 41 - (0,35 \times 18) = 34,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (12) = 41 - (0,21 \times 18) = 37,29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (13) = 41 - (0,067 \times 18) = 39,79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (14) = 41 - (0 \times 18) = 41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (15) = 41 - (0 \times 18) = 41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TS_e (16) = 41 - (0 \times 18) = 41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$AVT = 1,2 \times 5,8 \times 9,55 \times (41 - 24) = 1129,956 \text{ W}$$

**-Apports dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées :**

$$AVE (t) = (SV_{\text{ens}} \times I_t + (SV - SV_{\text{omb}}) \times I_d) \times FS \times N_{\text{pvi}} (t)$$

$$I_t = (1 \times 0,92 \times 1,0064 \times 1,05) \times 116 = 112,75$$

$$I_d = (1 \times 0,92 \times 1,0062 \times 1,05) \times 47 = 45,69$$

$$AVE (15) = (7,534 \times 112,75 + 2,016 \times 45,69) \times 1 \times 0,61 = 574,35 \text{ W}$$

$$AV = 1745,7 \text{ W}$$

**-Apports internes :**

**-Apports dus aux occupants :**

$$A_i (t) = A_{Is}(t) + A_n (t) = \Sigma (CS \times A_s \times N) + \Sigma (CS \times A_i)$$

$$A_L = 348 \times 1 \times 0,96 + 584 \times 1 = 772,08 \text{ W}$$

**-Apports dus l'éclairage :**

$$AL = \sum (W_n \times C_{me} \times C_{cr})$$

$$AL = 2059,52 \times 1,25 \times 1 = 2574,4 \text{ W}$$

**-Apports dus machines électriques :**

$$AL_{mach} = 1620 \text{ W}$$

$$AL_{total} = 4967,08 \text{ W}$$

**-Apports de chaleur par introduction d'air extérieur :**

**-Apports des gains sensibles dus renouvellement d'air AINF<sub>s</sub> :**

$$AREN_s = 0,32 \times qv_{an} \times (TS_e(t) - TS_{bi}(t))$$

$$AINF_s = 0,32 \times qv_{inf} \times (TS_e(t) - TS_{bi}(t))$$

$$Q_{van} = \text{Max} [(0,6 \times V_h) Q_{vref}]$$

$$Q_{vref} = \frac{(5 \times QV_{min} + Qv_{max})}{6} = 23,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{van} = 0,6 \times 499,4336 = 299,66016 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AREN_s = 0,32 \times 299,66016 \times (41 - 24) = 1630,15 \text{ W}$$

$$Q_{vinf} = Qv_0 \times S_{ouv}$$

$$Q_{vinf} = 99,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINF_s = 0,32 \times 99,52 \times (41 - 24) = 2171,58 \text{ W}$$

**-Apports des AINF<sub>1</sub> :**

$$AINF_1 = 0,797 \times Q_{vas} \times \text{Max} [(H_{se}(t) - H_{sbi}) ; 0]$$

$$AINF_1 = 0,797 \times Q_{vinf} \times \text{Max} [(H_{se}(t) - H_{sbi}) ; 0]$$

$$H_{se}(t) - H_{sbi} < 0 \text{ donc } AINF_1 = 0$$

$$\Sigma AP(t) = 13726,362 \text{ W}$$

## II.4.2 Résultats des calculs du bilan thermique estival : Annexe Tableaux D.8.

Tableau II.12 : Résultats des calculs du bilan thermique estival du RDC

Locaux	APO(t) (W)	AV (t) (W)	AI(t) (W)	AREN <sub>s</sub> (t) (W)	AINF <sub>s</sub> (t) (W)	Σ AP(t) (W)
R 01	5165,852	1745,7	4967,08	1630,15	217,58	13726,362
R 02	2862,762	3489,02	4751,68	2490,227	812,14	14405,829
R 03	5020,199	2647,74	5576,04	2518,72	275,448	16038,147
R 04	5179,673	934,04	7101,44	2908,84	234,378	16358,371
R 05	414,929	934,56	555,09	459,92	275,44	2364,499
R 06	1055,563	1019,822	549,88	1041,54	444,51	4111,315
R 07	516,213	613,406	877,96	370	301,32	2678,899
R 08	2598,488	1860,97	5483,04	2420,57	1579,199	13942,267
R 09	1503,887	1684,18	2417,76	2881,13	92,89	8579,847
R 10	669,872	538,65	961,92	284,947	740,22	3195,609
R 11	306,01	538,65	797,36	322,94	370,08	2335,04

Tableau II.13 : Résultats des calculs du bilan thermique estival du 1<sup>er</sup> étage

Locaux	APO(t) (W)	AV (t) (W)	AI(t) (W)	AREN <sub>s</sub> (t) (W)	AINF <sub>s</sub> (t) (W)	Σ AP(t) (W)
E1 01	3961,203	1212,9	10085	6574,29	2016,46	23849,853
E1 02	1904,45	280,02	5452,52	2016,463	1277,87	10931,323
E1 03	1690,472	981,37	2958,72	854,27	1277,87	7762,702
E1 04	1710,927	1880,93	12475,52	2799,47	2555,75	21422,597
E1 05	1676,249	1880,93	6260,12	2213,275	1880,52	13911,094
E1 06	-	-	1345,4	415,96	40,45	1801,81
E1 07	518,879	280,02	975,36	431,37	602,64	2808,269
E1 08	547,022	538,65	961,92	284,947	740,22	3072,759
E1 09	166,78	538,65	322,94	370,08	797,36	2195,81
E1 10	2157,514	1212,9	5594,64	1237,3	753,304	10955,658

Tableau II.14 : Résultats des calculs du bilan thermique estival du 1<sup>er</sup> 2<sup>ème</sup> étage.

Locaux	APO(t) (W)	AV (t) (W)	AI(t) (W)	AREN <sub>s</sub> (t) (W)	AINF <sub>s</sub> (t) (W)	Σ AP(t) (W)
E2 01	4069,626	3720,715	10083,64	2799,47	2483,164	23156,615
E2 02	3669,135	1880,93	6260,12	2213,275	1880,52	15903,98
E2 03	2992,728	280,02	5452,52	2010,463	1277,87	12013,601
E2 04	1576,875	533,83	1491,52	420,58	150,66	4173,465
E2 05	1628,724	538,65	2167,08	563,284	301,32	4660,408
E2 06	829,496	538,65	1324,72	259,97	301,32	3254,156
E2 07	1814,914	1326,9	1114,84	701,74	451,98	5410,374
E2 08	632,822	538,65	652,44	256,51	301,32	2381,742
E2 09	74,544	-	1345,4	415,96	40,45	2176,354
E2 10	809,223	538,65	961,92	284,947	740,22	3334,96
E2 11	907,295	280,02	975,36	431,37	602,64	3196,685
E2 12	411,794	538,65	322,94	370,08	797,36	2440,824
E2 13	1618,136	981,37	1811,12	628,760	1277,87	6317,256
E2 14	763,16	538,65	386,04	289,63	370,08	2347,56

Niveaux	AP(t) (W)
RDC	97736,185
1 <sup>er</sup> étage	98711,9
2 <sup>ème</sup> étage	90767,98
Σ AP(t) (W)	287216,065

Tableau II.15 Apports thermiques total.

## II.4.3 Vérifications :

-R04: Atelier 04:

$$\text{APO (15h)} + \text{AV (15h)} \leq 1.05 \times \text{A}_{\text{réf}} \text{ (15h)}$$

Les apports calorifiques de références  $\text{A}_{\text{réf}}$  : sont données par :

$$\text{A}_{\text{réf}} = \text{A}_{\text{réf,ph}} + \text{A}_{\text{réf,pv}} + \text{A}_{\text{réf,pvi}} \text{ (W)}$$

– Apports de références des parois opaques horizontales  $A_{\text{réf,ph}}$ :

$$A_{\text{réf,ph}} = \sum(a \times S_{\text{int}} \times \Delta T_{\text{S}_{\text{réf,ph}}}) \quad (\text{W})$$

$a = 1,9$  planchers haut en contact avec un local non conditionnée.

$$A_{\text{réf,ph}} = 1,9 \times 4,9 \times 6 = 55,86 \text{ W}$$

– Apports de référence des parois opaques verticales  $A_{\text{réf,pv}}$  :

$$A_{\text{réf,pv}} = \sum(c \times S_{\text{int}} \times \Delta T_{\text{S}_{\text{réf,pv}}}) \quad (\text{W})$$

$c = 1,2$  mur contact avec l'extérieur.

Paroi O:

$$A_{\text{réf,pv}} = 1,2 \times 31,4131 \times 11,45 = 431,615 \text{ W}$$

Paroi S:

$$A_{\text{réf,pv}} = 1,2 \times 10,088 \times 12,51 = 151,441 \text{ W}$$

Paroi N:

– Apports de référence des parois vitrées  $A_{\text{réf,pvi}}$  :

$$A_{\text{réf,pvi}} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}} \quad (\text{W})$$

$$AVE_{\text{réf}} = [SV_{\text{ens}} \times I t + (SV - SV_{\text{ens}}) \times Id] FS_{\text{réf}} \times NPVI, \text{réf}$$

$$AVE_{\text{réf}} = [9,55 \times 405 + (9,55 - 9,55) \times 405] 0,38 \times 0,61 = 896,544 \text{ W}$$

$$AVT_{\text{réf}} = e' \times S_{\text{ouv}} \times \Delta T_{\text{S}_{\text{réf,pv}}}$$

$$AVT_{\text{réf}} = 5,4 \times 9,55 \times 14 = 721,98 \text{ W}$$

$$A_{\text{réf}} = 55,86 + 431,651 + 151,441 + 896,544 + 721,98 = 2257,476 \text{ W}$$

$$1,05 \times A_{\text{réf}} = 2370,34 \text{ W}$$

$$APO (15h) = 899,68 \text{ W}$$

$$AV (15h) = 934,04 \text{ W}$$

$$APO (15h) + AV (15h) \leq 1,05 \times A_{\text{réf}} (15h)$$

$$899,9 + 934,04 \leq 2370,34$$

**La condition vérifie**

Donc après avoir calculé le bilan estival et hivernal, et après vérification, on constate que l'architecture et la conception de l'immeuble sont dans les normes énergétiques.

**II.5 la ventilation :**

L'aération a pour but d'améliorer la nature de l'air que nous respirons dans le lieu d'habitation et de travail

En d'autre terme l'amélioration de l'état de l'air intérieur par son renouvellement régulier dans un local.

On distingue deux types de ventilation qui sont :

- Ventilation naturelle (libre).
- Ventilation mécanique (forcée).

**II.5.1 Ventilation naturelle (libre): [5]**

Dans la ventilation naturelle, aucun ventilateur n'intervient. L'air se déplace grâce aux différences de pression qui existe entre les façades du bâtiment et grâce à la différence de masse volumique en fonction de sa température.

L'air peut pénétrer dans un bâtiment à travers des inétanchéités. On ne peut considérer a proprement parler ce phénomène comme de la ventilation. En effet, les débits d'air résultants sont tout à fait incontrôlables en fonction du vent, des ouvertures parasites,... . On parle dans ce cas d'infiltrations.

**a) Avantage :**

- La ventilation entièrement naturelle ne demande aucune consommation électrique, le moteur du déplacement d'air étant la pression du vent et les différences de température. Elle est en ce sens économique et réduit l'impact du bâtiment sur l'environnement.
- En outre, les éléments de ventilation naturelle demandent généralement très peu d'entretien et ne comprennent pas de ventilateurs bruyants.

**b) Inconvénients :**

- L'air neuf n'est pas filtré et les grilles d'amenée d'air peuvent laisser filtrer les bruits extérieurs, ce qui peut être délicat en site urbain ou fortement pollué.
- Les grilles d'ouvertures peuvent engendrer un inconfort, par exemple en plein hiver, sauf si la grille d'ouverture est placée à une hauteur supérieure à 1,80 m par rapport au sol ou derrière un corps de chauffe.
- Les ouvertures entre locaux, favorisent le passage de bruits pouvant être très gênants. Un traitement acoustique des grilles doit alors être prévu. Mais en pratique, la présence d'absorbeur acoustique dans une ouverture augmente son épaisseur et sous-entend

généralement que la grille doit être placée dans l'épaisseur du mur (et non dans le vitrage ou dans la porte).

- En fin, les ouvertures dans les façades ne sont pas toujours du goût des architectes.

### **II.5.2 Ventilation mécanique (forcée) :**

C'est plus souvent un système qui assure la ventilation en mettant le local en dépression ce qui provoque l'entrée d'air neuf.

L'air frais pénètre par les ouvrants, fenêtres, grilles ...etc. et l'air vicié est extrait par un ventilateur d'extraction.

La ventilation mécanique assure :

- Le maintien d'un faible écart de température entre l'intérieur et l'extérieur.
- Le maintien du local en dépression tout en assurant sa ventilation ce qui évitera la propagation de l'air vicié dans les autres locaux.
- L'élimination des odeurs et les polluants de l'air dans le local.

Ce type de ventilation pourra avoir :

- Une ventilation par reprise seule.
- Une ventilation par soufflage seul.
- Une ventilation par couplage soufflage et reprise.

Le rejet de l'air vicié dans l'atmosphère se fait de deux manières :

- Horizontalement.
- Verticalement.

Au niveau du bruit, le rejet vertical est toujours préférable au rejet horizontal car les ondes sonores sont plus dispersées facilement dans l'air du local.

Selon le taux de renouvellement d'air et pour répondre aux besoins, un aérateur doit avoir un débit horaire égal (ou supérieur de référence) aux besoins en renouvellement horaire calculés pour un local donné.

#### **a) Avantage :**

- La ventilation par simple extraction d'air est simple, et peu coûteuse à l'exploitation
- Les débits d'air extraits sont contrôlés.
- La mise au point est facile et se limite au réglage des débits extraits au moyen des bouches.

#### **b) Inconvénients :**

- On rejette directement vers l'extérieur de l'air aux conditions extérieures, ce qui induit des pertes énergétiques importantes.

-L'air neuf n'est pas filtré et les grilles d'amenée d'air peuvent laisser filtrer les bruits extérieurs, ce qui peut être délicat en site urbain ou fortement pollué.

-Les grilles d'ouvertures peuvent engendrer un inconfort, par exemple en plein hiver, sauf si la grille d'ouverture est placée à une hauteur supérieure à 1,80 m par rapport au sol ou derrière un corps de chauffe.

-Enfin, les ouvertures dans les façades ne sont pas toujours du goût des architectes.

### **II.5.3 Application au projet :**

#### **II.5.3.1 Ventilation des sanitaires :**

Ce type d'installation assure le renouvellement d'air et en même temps est chargé d'éliminer ou tout au moins de réduire le plus possible les odeurs plus ou moins nauséabondes qui se développent dans les sanitaires ;

Leur fonctionnement se fait tout en air neuf dans la plupart des cas ;

La désodorisation ne constitue bien entendu en aucun cas une fonction thermodynamique.

#### **II.5.3.2 Appareil utilisé pour la ventilation des sanitaires :**

Pour assurer la ventilation par extraction du sanitaire plus ou moins grandes dimensions, on utilise ce qu'on appelle un ventilateur-extracteur de toiture, plus couramment dénommé «tourelle » (figure II.1).



**Figure II.1 : Tourelle.**

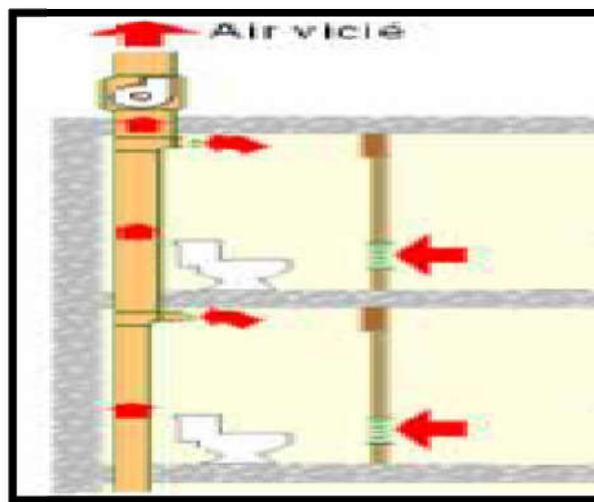
Ces tourelles placées à l'extérieur, en toiture même inclinée, sont destinées soit à limiter la pollution ambiante soit à évacuer d'importantes quantités de chaleur, Soit les deux à la fois.

L'introduction d'air a lieu en été par les portes et les fenêtres, ou mieux encore, surtout en hiver, est assurée par une installation d'insufflation mécanique.

Ces tourelles se composent :

- D'une carrosserie en tôle d'acier avec capot pare pluie anti-corrosif ou encore en matière plastique,
- D'un ventilateur centrifuge ou hélicoïde avec son moteur,
- D'un clapet de fermeture automatique dont l'ouverture est assurée par l'écoulement de l'air ou commandée par servomoteur.

La figure suivante représente l'emplacement de la tourelle ;



**Figure II.2 : L'emplacement de la tourelle.**

Pour l'entrée d'air neuf en générale, les portes et les fenêtres sont suffisamment une étanche pour passer assez d'air.

#### A. Calcul du débit d'air d'évacuation :

$$K_{ev} = \frac{V_s}{V} \quad (2.40)$$

Avec :

$V$  : Volume du local ( $m^3$ )

$V_s$  : Débit de ventilation ( $m^3/h^{-1}$ ).

$K_{ev}$  : Taux de renouvellement ( $h^{-1}$ ).

#### A.1 Valeurs de $K_{ev}$ :

Le tableau suivant donne les valeurs de  $K_{ev}$  :

Pièces	Valeur de $K_{ev}$
Cuisine	6 à 10
Salle de bains	8 à 12
W.C	8 à 10
Circulation	5 à 10

**Tableau II.16: Taux de renouvellement**

Pour notre projet on prend  $K_{ev} = 10 \text{ h}^{-1}$

**A.2 Exemple de calcul :**

Pour sanitaire RDC:

$$V = 61,45 \text{ m}^3$$

$$K_{ev} = 10 \text{ h}^{-1}$$

$$V_s = K_{ev} \times V \quad \text{AN : } V_s = 61,45 \times 10 \quad V_s = 614,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Niveau	Locaux	Désignation	$K_{ev} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	$V \text{ (m}^3\text{)}$	$V_s \text{ (m}^3/\text{h)}$
<b>RDC</b>	R013	S.D.B Hommes	10	61,45	614,5
	R014	S.D.B Femmes	10	87,43	874,3
<b>1<sup>er</sup> étage</b>	E1 12	S.D.B Hommes	10	56,06	560,6
	E1 13	S.D.B Femmes	10	79,77	797,7
<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	E2 16	S.D.B Hommes	10	56,06	560,6
	E2 17	S.D.B Femmes	10	79,77	797,7

**Tableau II.17 Débit d'air d'évacuation des sanitaires.**

**Chapitre III**  
**Choix du système de**  
**climatisation**

Dans ce chapitre nous allons choisir le système de climatisation on période hivernale et estivale.

Le choix se fait selon plusieurs critères dont les plus importants sont :

- Destination des locaux.
- Taux d'occupation des locaux.
- Contraintes architecturales.

### III.1 La classification des systèmes de climatisation :

Suivant la méthode de classification choisie, les systèmes IVCA peuvent être répartis en différentes catégories. En fonction de type de traitement d'air, de transfert de l'énergie et de régulation on peut adopter la classification suivante :

- Les systèmes centralisés.
- Les systèmes décentralisés.
- Les systèmes semi centralisés.

#### III.1.1 Les systèmes centralisés (tout air):

L'air est traité dans une centrale, puis distribué par un réseau de conduits aéraulique dans les locaux à climatiser.

Les centrales d'air sont réalisées à partir d'éléments (dénommés aussi caissons ou section) juxtaposées et accolées en usine ou dans le local technique prévu pour les recevoir.

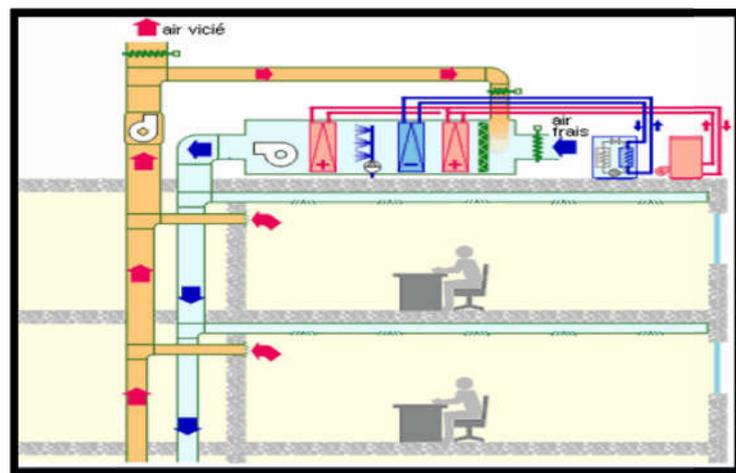


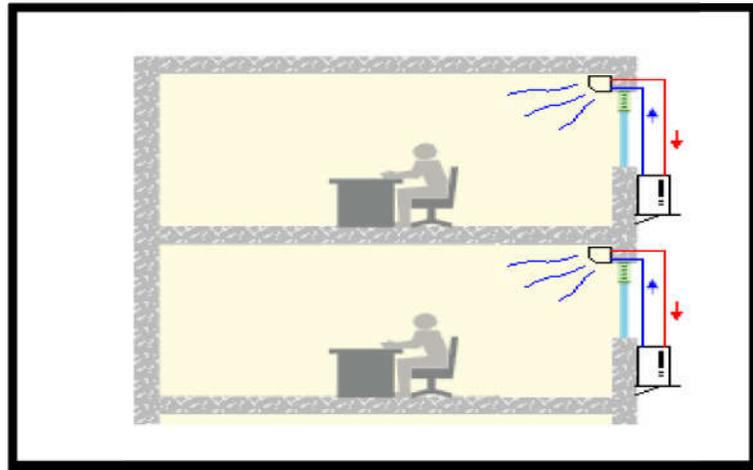
Figure III.1 : système centralisé.

#### III.1.2 Les systèmes décentralisés :

Se présentent sous forme d'équipement monobloc « compact » ou à éléments séparés « Split système ».

- Les climatiseurs individuels.

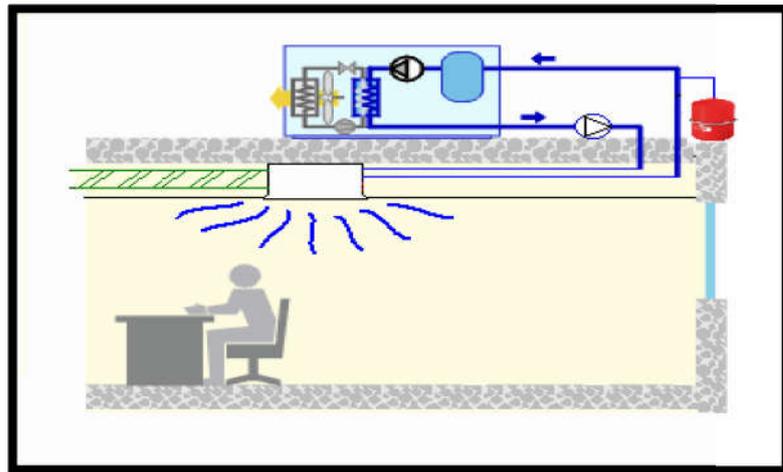
- Les armoires de climatisation.



**Figure III.2 : système décentralisé.**

### III.1.3 Les systèmes semi centralisés (à air et eau):

Leurs principale caractéristique consiste dans le fait que leurs sources de chaleur ou du froid ne sont pas incorporées mais centralisées en dehors des appareils, n'étant reliées à ces derniers que par des tuyauteries pour réseaux hydrauliques « eau chaude ou glacée » qui circule dans des appareils conçues pour ce types de système comme : les ventilo-convecteurs, les radiateurs, ...etc., ou pour réseaux aéraulique (bouches de diffusion, grilles de diffusion, ...etc.).



**Figure III.3: système semi centralisés**

## III.2 Choix du système de climatisation :

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

- Destinations des locaux (conditions internes imposées dans les locaux).

- Configuration des locaux (contraintes architecturales).
- Critère économique.

A partir de ces critères, on a opté pour un système semi-centralisé avec ventilo-convecteur.

### **III.2.1 Domaine d'application du système semi-centralisé :**

On rencontre le ventilo-convecteur comme émetteur :

- Dans les installations de climatisation devant assurer à la fois des besoins de chaleur en hiver et des besoins de refroidissement en été; ainsi, on les rencontre classiquement en allège de fenêtre des locaux, pour casser le froid du vitrage en hiver et compenser les apports solaires importants en été dans les bureaux, les commerces, les restaurants, les salles informatiques, les chambres d'hôtel,...
- Dans les installations de chauffage pour lesquelles on souhaite une relance très rapide; une salle de lecture, une salle de conférence, ... dont le chauffage est intermittent, seront utilement équipés de ventilo-convecteurs.

### **III.2.2 Les avantages du système :**

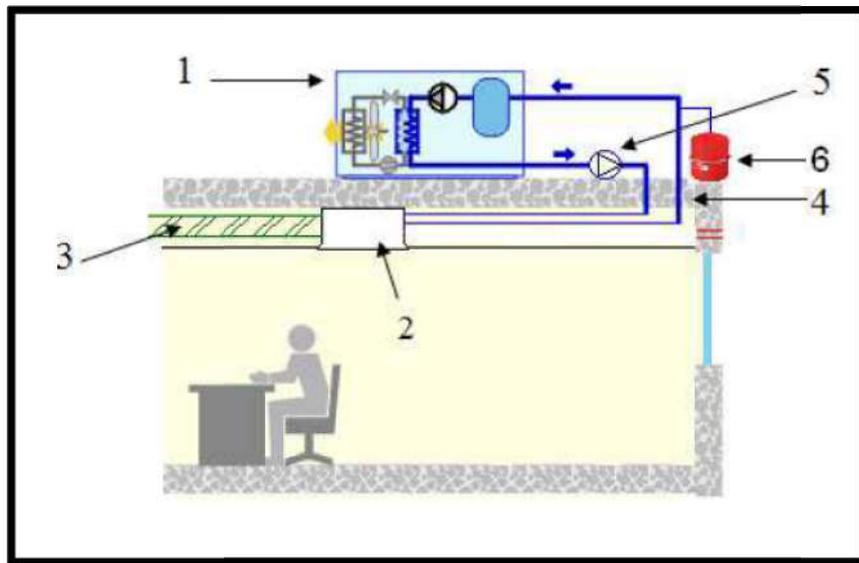
- La souplesse d'utilisation est totale puisque chaque ventilo-convecteur est autonome un local peut être refroidi tandis que son local voisin est chauffé.
- La possibilité de récupérer la chaleur extraite dans un local pour la fournir au local en demande.
- Plus de circuits de zones, de vannes de commutation, ...etc., la régulation est plus simple et le service de maintenance ne s'en plaindra pas.

### **III.2.3 Les inconvénients du système :**

- Le coût d'installation est plus élevé puisque les ventilo-convecteurs contiennent deux échangeurs, les circuits sont dédoublés, de même que le nombre de vannes, de calculateurs, ...etc.
- L'encombrement est également plus important (appareils plus volumineux et gaines techniques plus larges).
- Durant toute une partie de l'année, il faut maintenir en fonctionnement les deux réseaux, les pertes énergétiques de ces réseaux ne sont pas négligeables.

### III.2.4 Composants du système semi centralisé :

Les composants du système semi centralisé sont présentés par la figure suivante :



**Figure III.4 : composant du système semi centralisé.**

- 1- Groupe frigorifique généralement disposé en toiture.
- 2- Ventilo-convecteur.
- 3 -Conduit d'air neuf.
- 4- Tuyauteries d'eau glacée.
- 5-Pompe de circulation.
- 6- vase d'expansion.

### III.2.5 Principe de fonctionnement :

Le système à ventilo-convecteur est un système de rafraîchissement utilisant l'eau pulsée comme fluide primaire.

Un réseau de tuyauterie distribue de l'eau chaude ou glacée dans une batterie incorporée dans un appareil terminal appelé ventilo-convecteur qui est installé dans le local à climatiser.

Un ventilateur incorporé permet de souffler de l'air repris (ou bien mélange) à travers cette batterie de façon à obtenir des caractéristiques d'air soufflé compatible avec les charges du local.

## III.3 Choix de l'appareillage :

### III.3.1 Choix de la Pompe à chaleur :

On a choisi la pompe à chaleur HYDROCIAT

Les avantages de ce type sont les suivants :

- Efficacité énergétique excellente grâce au fluide à haut rendement, aux échangeurs optimisés à volume de fluide réduit, aux compresseurs performants, à la régulation de puissance en continue et au séparateur d'huile à 3 étages.
- Augmentation conséquente de la puissance frigorifique et calorifique, grâce au système HPS (High Power System), proposé sur toute la gamme.
- Large plage de fonctionnement de  $-8^{\circ}\text{C}$  à  $50$  ou  $60^{\circ}\text{C}$  suivant le fluide.
- Respect de l'environnement par l'utilisation de fluide frigorigène à effet nul sur la couche d'ozone
- Dimensions restreintes facilitant la mise en place.
- Alimentation électrique sans neutre car le transformateur est prévu dans l'armoire.
- Entretien à portée de main grâce à un affichage clair des informations et une bonne accessibilité à tous les organes.

Le choix sera fait à partir de la puissance frigorifique totale des ventilo convecteur :

Pour nous La puissance frigorifique totale des ventilo- convecteur (au R.D.C, 1er et 2ème étage) est de 312 KW, et (au)

Pour cela on a choisi la pompe à chaleur HYDROCIAT modèle 1800 BX (voire la figure III.5), **Annexe Tableau D.1.**



**Figure III .5 : pompe à chaleur HYDROCIAT modèle 1800 BX.**

## III.3.2 Choix des ventilo-convecteurs :

Le ventilo-convecteur est un appareil terminal, peut être placé au sol, fixé au mur ou au plafond ou intégré dans le plafond, se compose pour l'essentiel d'un ou deux échangeurs de chaleur pour assurer le chauffage et le refroidissement, un bac de récupération des condensats, un ventilateur de type centrifuge ou à turbine tangentielle et un filtre.

Pour notre projet on a choisi les ventilo convecteur **Aqualix** (Figure III.6), **Annexe Tableau D.2**



Figure. III 6 : Ventilo-convecteur Aqualix.

Locaux	Type de Ventilo-Convecteur	Déperditions (K.W)	Apports (K.W)	Puissance calorifique (K.W)	Puissance frigorifique (K.W)	PDC (Kpa)	Nombre des Ventilo-convecteurs
R01	GV 95	10,24	13,72	10,04	7,53	36,1	2
R02	GV 95	9,66	14,40	10,04	7,53	36,1	2
R03	PV 135	13,03	16,03	11,39	8,68	30,7	2
R04	PV 135	10,04	16,35	11,39	8,68	30,7	2
R05	MV 35	1,99	2,36	3,33	2,71	29,4	1
R06	PV 65	3,67	4,11	5,44	4,25	29,4	1
R07	PV 75	1,67	4,67	6,16	4,94	24,7	1
R08	GV 95	7,98	13,94	10,04	7,53	36,1	2
R09	PV 135	5,65	8,57	11,39	8,68	30,7	1
R10	GV 25	1,81	3,19	2,65	2	29,4	1
R11	GV 25	1,86	2,33	2,65	2	29,4	1

Tableau III 1 Paramètres de fonctionnement des ventilo – convecteurs (RDC).

Locaux	Type de Ventilateur-Convecteur	Déperditions (K.W)	Apports (K.W)	Puissance calorifique (K.W)	Puissance frigorifique (K.W)	PDC (Kpa)	Nombre des Ventilateur-convecteurs
E1 01	MV 120	5,57	23,84	12,02	9,04	40	3
E1 02	GV 65	3,5	10,93	7,43	5,52	29,4	2
E1 03	PV 135	3,13	7,76	11,39	8,68	30,7	1
E1 04	GV 95	9,02	21,42	10,04	7,53	36,1	3
E1 05	GV 95	5,31	13,91	10,04	7,53	36,1	2
E1 06	GV 65	0,41	1,8	2,65	2	29,4	1
E1 07	PV 45	1,94	2,8	3,61	2,89	29,4	1
E1 08	PV 50	1,55	3,07	4,16	3,27	29,4	1
E1 09	PV 35	1,51	2,19	2,64	2,21	29,4	1
E1 10	GV 65	4,70	10,95	7,43	5,25	29,4	2

Tableau III 2 Paramètres de fonctionnement des ventilateur – convecteurs (1<sup>ère</sup> étage).

Locaux	Type de Ventilateur-convecteur	Déperditions (K.W)	Apports (K.W)	Puissance calorifique (K.W)	Puissance frigorifique (K.W)	PDC (Kpa)	Nombre des Ventilateur-convecteurs
E2 01	MV 120	12,84	23,15	12,02	9,04	40	3
E2 02	PV 135	9,5	15,9	11,39	8,68	30,7	2
E2 03	GV 95	5,06	12,01	10,04	7,53	36,1	2
E2 04	PV 65	2,2	4,17	5,44	4,25	29,4	1
E2 05	PV 65	2,63	4,66	5,44	4,25	29,4	1
E2 06	PV 50	2,21	3,25	4,16	3,27	29,4	1
E2 07	GV 65	3,18	5,41	7,43	5,52	29,4	1
E2 08	MV 35	1,77	2,38	3,33	2,71	29,4	1
E2 09	MV 35	1,08	2,17	3,33	2,71	29,4	1
E2 10	MV 45	1,85	3,33	4,44	3,45	29,4	1

E2 11	MV 45	3,91	3,19	4,44	3,45	29,4	1
E2 12	MV 35	1,86	2,44	3,33	2,71	29,4	1
E2 13	GV 95	3,94	6,31	10,04	7,13	36,1	1
E2 14	MV 35	1,76	2,34	3,33	2,71	29,4	1

Tableau III.2 Paramètres de fonctionnement des ventilo – convecteurs (2<sup>ème</sup> étage).

-Régime d'eau 50/45°C, température ambiante 20°C.

- Régime d'eau 7/12°C, température ambiante 25°C et 19°C bulbe humide.

**III.3.3 choix de la pompe :**

Les pompes sont des appareils assurant la circulation de l'eau nécessaire, et par conséquent vaincre toutes les pertes de charges du circuit le plus défavorisé.

La puissance nécessaire pour entraîner la pompe se calcule d'après la formule :

$$P = Q_v \cdot \Delta P_t / \eta \quad (\text{en W}). \quad (3.1)$$

**Q<sub>v</sub>** : Débit d'eau en circulation (en m<sup>3</sup>/s).

**ΔP<sub>t</sub>** : chute total de pression (en Pa).

**η** : rendement de la pompe (sans unité), on prenant pour notre projet η = 0,8.

Pour nous Q<sub>v</sub> = 76,24 m<sup>3</sup>/h = 0,0212m<sup>3</sup>/s, ΔP<sub>t</sub> = 138027,45 Pa                      η = 0,8

Donc la puissance nécessaire pour entraîner la pompe P = 3,657 KW ;

Pour cette puissance et un débit de 4 m<sup>3</sup>/h on a choisi pompe monobloc horizontales normalisées SALMSON PBS 100-220/4/4/18 (Figure III.7), **Annexe Tableau D.3**



**Figure. III 7 : Pompe SALMSON PBS 125-220/4/4/18**

Les applications de cette pompe sont les suivants :

- Circulation d'eau chaude ou d'eau froide.
- Circuits d'eau de refroidissement.
- Vidange, remplissage, surpression, irrigation, lavage.
- Toutes industries ou il s'agit de pomper des liquides clairs, non abrasifs et chimiquement neutres.

Les avantages de ce type de pompe sont les suivants :

- Haut rendement hydraulique.
- Faibles consommations électriques.
- Encombrements réduit.
- Faible niveau sonore.
- Pas de risque de désalignement pompe-moteur.

### III.3.4 Choix du vase d'expansion :

Le vase d'expansion sert dans un premier temps à compenser les variations de volume que subit la masse d'eau de l'installation suite aux fluctuations de température.

Le choix du vase d'expansion sera fait à partir de la relation suivante :

$$V = V_t \cdot (C_m - C_r) / (1 - P_1/P_2) \quad (\text{en l}) \quad (3.2)$$

**V** : Volume total du réservoir (en l).

**V<sub>t</sub>** : Volume total de l'installation (en l).

**C<sub>m</sub>** : coefficient de dilatation à la température moyenne.

**C<sub>r</sub>** : coefficient de dilatation à la température de remplissage (10° à 12°C).

**P<sub>1</sub>** : pression effective de gonflage correspondant à la hauteur statique + 1bar.

**P<sub>2</sub>** : pression d'ouverture de la soupape + 1bar.

Pour nous :

- **V<sub>t</sub>** = 5041 l, P<sub>1</sub> = 2 bar, P<sub>2</sub> = 4 bar.

- **C<sub>m</sub>** = 0,0107 pour une température hivernal moyenne de 47°C

- **C<sub>r</sub>** = 0,0004 pour une température de remplissage de 10°C.

Donc le volume total du réservoir et de **V** = 104 l

Pour cela on a choisi le vase d'expansion type SALMSON de référence 66308 (Figure III 8),

### Annexe Tableau D.4



**Figure III 8 : Vase d'expansion SALMSON 66308.**

Les avantages de ce type de pompe sont les suivants :

- Vases fermés supprimant tous risques d'évaporation et de gel.
- Reserve d'eau utile importante évitant les démarrages trop fréquents des pompes.
- Installation rapide et facile.

### **III.3.5 Choix de la tuyauterie :**

Pour nous on a choisi tuyauteries PVC et pour le calcul et le dimensionnement de la tuyauterie voir Chapitre 4(calcul hydraulique).

Les avantages de ce type de tuyauterie sont les suivants :

- Faible coût
- Facile à transporter
- Facilité de montage
- Choix très important

Pour les inconvénients :

- Bien connaître les règles de mise en œuvre par rapport à sa forte dilatation.

### **III.3.6 Choix de conduit d'air neuf :**

Les conduits généralement rectangulaires ou circulaires

- les conduits en tôle d'acier de sections rectangulaires ou circulaires.
- les conduits métalliques souples de section circulaires.
- les conduits textiles
- les conduits plastiques.

On utilise pour notre projet un conduit circulaire flexible du type VINYL M1 nu (Figure III 9)



**Figures III 9: conduit d'air neuf VINYL M1.**

Les avantages de ce type de conduit sont les suivants :

- Flexible vinyle à bonne résistance mécanique.
- Rapidité de mise en œuvre.

Les applications de ce type de conduit sont les suivants :

- Installations de ventilation, climatisation, aspiration de fumée de soudure...
- Raccordements à basse, moyenne et haute pressions.
- Tertiaire et habitat.
- Utilisé pour certaines applications industrielles.

**Chapitre IV**

**Calcul hydraulique et  
régulation**

Lorsqu'une certaine quantité d'eau circule à travers une installation, cela provoque en frottement. Les molécules d'eau frottent contre la paroi intérieure de la tuyauterie en fonction de la rugosité de cette dernière. Lors du passage dans les coudes, le fluide subit un changement de direction. Dans les ventilo-convecteurs, la même quantité de fluide doit passer dans un diamètre intérieur..., etc.

L'ensemble de ces frottements est appelé : les pertes de charges ou pertes de pression.

Dans une installation, la circulation d'un fluide en circuit fermé (par exemple : chauffage à eau chaude) n'est rendue possible que si ces pertes de charge sont compensées par une pompe de circulation.

## IV.1 Calcul du réseau hydraulique :

### IV.1.1 La méthode de calcul :[6]

La méthode de calcul sera comme suit :

- en premier lieu on doit tracer l'axonométrie de l'installation suivant le plan architectural et l'emplacement de ventilo convecteur dans chaque local
- on divise le circuit en tronçons partiels, et on affecte un nom pour chaque tronçon, on note que les conduites d'aller et de retour sont toujours parallèles, de même longueur
- on détermine le débit volumique de chaque tronçon à partir de la relation suivante :

$$q_v = (3600 \cdot p) / (\rho \cdot c \cdot \Delta\theta) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.1)$$

Avec :

**P** : puissance de l'appareil (KW)

**$\rho$**  : masse volumique du fluide caloporteur (Kg/m<sup>3</sup>). **Annexe tableau D.5.**

**c** : chaleur massique du fluide caloporteur (KJ/K.Kg). **Annexe tableau D.5.**

**$\Delta\theta$**  : écart de température entre l'aller et le retour (°C ou K)

- on porte sur chaque tronçon la longueur relevée sur plan.

- Calcul des pertes de charge.

Le réseau est maintenant totalement déterminé par ses dimensions et par ses composants. Il est découpé en tronçon bien définis et bien repérés.

On passe alors au calcul des pertes de charge.

La perte de charge total d'un tronçon se compose de :

$$J_{\text{totale}} = J_{\text{linéaire}} + J_{\text{singulière}} + J_{\text{appareil}} \quad (4.2)$$

**IV.1.2 Perte de charge linéaire :**

La perte de charge linéaire ou répartie exprime les frottements dans les tuyauteries rectilignes, sans accidents de parcours.

Elle se calcule par :

$$J_{\text{linéaire}} = J \times L \quad (4.3)$$

Avec :

- **J** : perte de charge linéique (en pa/m). **Annexe tableau D.6.**
- **L** : longueur de la tuyauterie rectiligne (en m).

**IV.1.3 Perte de charge singulière :**

La perte de charge singulière exprime les frottements dans les «accidents de parcours» tels que les coudes, les tés, les vannes, etc....

Deux méthodes existent pour estimer ces pertes de charge.

- **Méthode du dzêta ( $\zeta$ ) :**

On utilise la formule classique :

$$J_{\text{singulière}} = \zeta \cdot \rho \cdot V^2 / 2 \quad (4.4)$$

Avec :

$\zeta$  : Coefficient de perte de charge singulière de l'élément considéré (ex : coude). **Annexe tableau D.7.**

$\rho$  : masse volumique du fluide caloporteur (en Kg/m<sup>3</sup>). **Annexe tableau D.5.**

$V$  : vitesse du fluide (en m/s).

**IV.1.4 Méthode de calcul par les longueurs équivalentes :**

Cette technique consiste à substituer virtuellement les «accidents de parcours» par une tuyauterie droite de même diamètre et de longueur **Le**, telle que sa perte de charge linéaire soit égale à la perte de charge singulière de l'obstacle, pour le même débit.

La longueur **Le** ainsi définie s'appelle longueur équivalente.

La perte de charge singulière se calcule donc par :

$$J_{\text{singulière}} = J \cdot L_e \quad (4.5)$$

Avec :

- **J** : perte de charge linéique (en pa/m)

• **Le** : La longueur équivalente. **Annexe tableau D.8.**

On utilise pour notre projet la méthode des longueurs équivalent.

**RDC**

**Tableau. IV.1: Calcul hydraulique du réseau de chauffage des locaux de RDC.**

Tronçon	Qv (m <sup>3</sup> /h)	DN (mm)	v (m/s)	L (m)	J (PA/m)	Le (PA/m)	J linéaire	J sing	J app	ΔP <sub>t</sub> (pa)
ABA'B'	25,45	125	0,85	13,9	60	6,59	834	395,4	0	1229,4
BCB'C'	15,03	125	1,21	6	200	6,59	1200	1318	0	2518
C1C'1	1,75	80	0,37	1,5	40	4,08	60	163,2	36,1	259,3
CDC'D'	13,28	125	1,04	6	150	6,59	900	988,5	0	1888,5
D2D'2	1,75	80	0,37	1,5	40	4,08	60	163,2	36,1	259,3
DED'E'	11,53	100	1,46	6	400	5,75	2400	2300	0	4700
EFE'F'	3	100	0,41	4,5	35	5,59	157,5	195,65	0	353,15
F3F'3	2,06	80	0,46	4,5	60	4,08	270	244,8	29,4	544,2
FGF'G'	0,94	65	0,26	9	25	3,03	225	75,75	0	300,75
G4G'4	0,94	65	0,26	4,5	25	3,03	112	75,75	29,4	217,65
EHE'H'	8,53	100	0,89	11,9	150	5,59	1785	838,5	0	2623,5
H5H'5	1,75	80	0,37	7	40	4,08	280	163,2	36,1	596,1
HIH'I'	6,78	100	0,88	6	150	5,59	900	838,5	0	1738,5
I6I'6	1,75	80	0,37	9	40	4,08	360	163,2	36,1	559,3
I7I'7	5,03	100	0,67	8,2	90	5,22	738	469,8	0	1207,8
J7J'7	1,98	80	0,42	4	50	4,08	100	204	30,7	334,7
JKJ'K'	3,05	80	0,61	10	100	4,08	1000	204	0	1204
K8K'8	1,98	80	0,42	4	50	4,08	100	204	30,7	334,7
KLK'L'	1,07	65	0,34	4,2	40	3,35	168	134	0	302
L9L'9	1,07	65	0,34	8,26	40	3,35	330,4	134	29,4	493,8
BMB'M'	10,42	125	0,84	26,3	100	6,59	2630	659	0	3289
M10M'10	1,98	80	0,40	3	45	4,08	135	183,6	30,7	349,3
MNM'N'	8,44	100	1,02	7,1	200	5,59	1420	1118	0	2538
N11N'11	1,98	80	0,40	3	45	4,08	135	183,6	30,7	349,3
NON'O'	6,46	100	0,88	19,3	150	5,59	2895	838,5	0	3733,5
O12O'12	1,98	80	0,40	2	45	4,08	90	183,6	30,7	304,3
OPO'P'	4,48	100	0,59	10,5	70	5,22	735	365,4	0	1100,4
P13P'13	1,75	80	0,37	7	40	4,08	280	163,2	36,1	479,3
PQP'Q'	2,73	80	0,57	4	90	4,08	360	367,2	0	727,2
Q14Q'14	1,75	80	0,37	7	40	4,08	280	163,2	36,1	479,3
QRQ'R'	0,98	50	0,46	10,5	100	2,43	1050	243	0	1293
R15R'15	0,49	40	0,37	2,5	90	1,75	225	157,5	29,4	411,9
RSR'S'	0,49	40	0,37	5,9	90	1,75	531	157,5	0	688,5
S16S'16	0,49	40	0,37	2,5	90	1,75	225	157,5	29,4	411,9
										37819,55

$Q_{VRDC} = 25,45 \text{ (m}^3\text{/h)}$

1<sup>er</sup> ÉtageTableau. IV.2: Calcul hydraulique du réseau de chauffage des locaux de la 1<sup>er</sup> Étage

Tronçon	Q <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /h)	DN (mm)	v (m/s)	L (m)	J (PA/m)	Le (PA/m)	J linéaire	J sing	J app	ΔP <sub>t</sub> (pa)
ABA'B'	27,59	125	1,5	10,6	250	6,59	2650	1647,5	0	4297,5
BCB'C'	18,37	125	1,36	6,7	250	6,59	1675	1647,5	0	3322,5
C1C'1	2,09	80	0,46	5,7	60	4,08	342	244,8	40	226,8
CDC'D'	16,28	125	1,21	1	200	6,59	200	1318	0	1518
D2D'2	2,09	80	0,46	3	60	4,08	180	244,8	40	464,8
DED'E'	14,19	125	1,21	9	200	6,59	1800	1318	0	3118
E3E'3	2,09	80	0,46	5,7	60	4,08	342	244,8	40	626,8
EFE'F'	12,1	125	1,04	4	150	6,59	600	988,5	0	1588,5
F4F'4	2,09	80	0,46	4,5	60	4,08	270	244,8	40	554,8
FGF'G'	10,01	125	0,80	4,9	90	6,59	441	593,1	0	1034,1
GHG'H'	0,62	50	0,31	4,5	50	2,26	225	113	0	338
H5H'5	0,62	50	0,31	4,5	50	2,26	225	113	29,4	362,9
GIG'I'	9,39	100	1,15	15,4	250	5,59	3850	1397,5	0	5247,5
I6I'6	1,29	80	0,26	6	20	3,7	120	74	29,4	223,4
IJJ'J'	8,1	100	1,02	4	200	5,59	800	1118	0	1918
J7J'7	1,29	80	0,26	6	20	3,7	120	74	29,4	223,4
JKJ'K'	6,81	100	0,88	6	150	5,59	900	838,5	0	1738,5
K8K'8	1,29	80	0,26	9	20	3,7	180	74	29,4	283,4
KLK'L'	2,52	80	0,54	15	80	4,08	1200	326,4	0	1526,4
L9L'9	1,29	80	0,26	2	20	3,7	40	74	29,4	134,4
LML'M'	1,29	80	0,26	3,5	20	3,7	70	74	0	144
M10M'10	1,29	80	0,26	2	20	3,7	40	74	29,4	134,4
BNB'N'	9,22	100	1,15	25,12	250	5,59	6280	1397,5	0	7677,5
N11N'11	1,29	80	0,26	6,9	20	3,7	138	74	29,4	241,4
NON'O'	7,93	100	1,02	9	200	5,59	1800	1558	0	2918
O12O'12	1,29	80	0,26	6,9	20	3,7	138	74	29,4	241,4
OPO'P'	6,64	100	0,88	9	150	5,59	1350	838,5	0	2188,5
P13P'13	1,98	80	0,40	3	45	4,08	135	183,6	30,7	349,3
PQP'Q'	4,66	100	0,59	20,9	70	5,22	1463	109,1	0	2572,1
Q14Q'14	1,74	80	0,49	4	80	4,08	320	326,4	36,1	682,5
QRQ'R'	2,92	80	0,61	1,5	100	4,37	150	437	0	587
R15R'15	1,74	80	0,49	4	80	4,08	320	326,4	36,1	682,5
RSR'S'	1,18	65	0,34	4,2	40	3,35	158	134	0	292
S16S'16	0,46	40	0,37	2,86	90	1,58	257,4	142,2	29,4	429
STS'T'	0,72	50	0,38	10,02	70	2,04	701,4	142,8	0	844,2
T17T'17	0,72	50	0,38	2,86	70	2,04	200,2	142,8	29,4	372,4
										49103,9

$$Q_{V \text{ 1}^{\text{er}} \text{ étage}} = 27,59 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

2<sup>ème</sup> ÉtageTableau. IV.3: Calcul hydraulique du réseau de chauffage des locaux de la 2<sup>ème</sup> Étage

Tronçon	Q <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /h)	DN (mm)	v (m/s)	L (m)	J (PA/m)	Le (PA/m)	J linéaire	J sing	J app	ΔP <sub>t</sub> (pa)
ABA'B'	23,2	125	1,5	3,2	150	6,59	480	988,5	0	1468,5
BCB'C'	13,7	125	1,04	4	150	6,59	600	988,5	0	1588,5
C1C'1	0,94	50	0,46	4	100	2,26	400	226	29,4	655,4
CDC'D'	12,76	125	1,04	6,82	150	6,59	1023	988,5	0	2011,5
D2D'2	0,72	40	0,56	1	200	1,75	200	350	29,4	579,4
DED'E'	12,04	125	1,04	6,82	150	6,59	1023	988,5	0	2011,5
E3E'3	0,94	50	0,46	4	100	2,26	400	226	29,4	655,4
EFE'F'	11,1	125	0,84	9,52	100	6,59	952	659	0	1611
FGF'G'	0,77	50	0,38	10,5	70	2,26	735	158,2	0	893,2
G4G'4	0,77	50	0,38	4,5	70	2,26	315	158,2	29,4	502,6
FHF'H	10,33	125	0,80	4,5	90	6,59	405	593,1	0	998,1
H5H'5	0,85	40	0,48	1,5	150	1,75	225	262,5	29,4	516,9
HIH'I'	9,75	100	1,26	12,9	300	5,75	3870	1725	0	5595
IJI'J'	6,27	100	0,71	4	100	5,59	400	559	0	959
J6J'6	2,09	80	0,42	4,5	50	4,08	225	204	40	469
JKJ'K'	4,18	80	0,88	8	200	4,37	1600	874	0	2474
K7K'7	2,09	80	0,42	4,5	50	4,08	225	204	40	469
KLK'L'	2,09	80	0,42	8	50	4,08	400	204	0	604
L8L'8	2,09	80	0,42	4,5	50	4,08	225	204	40	469
IMI'M	3,48	80	0,75	11	150	4,37	1650	655,5	0	2305,5
M9M'9	1,74	80	0,49	7,5	80	4,08	600	326,4	36,1	926,5
MNM'N'	1,74	80	0,49	11	80	4,08	880	326,4	0	1206,4
N10N'10	1,74	80	0,49	7,5	80	4,08	600	326,4	36,1	962,5
BOB'O'	9,5	125	0,75	22,32	80	6,59	1785,6	527,2	0	2312,8
O11O'11	1,29	50	0,66	2	200	2,43	400	486	29,4	915,4
OPO'P'	8,21	100	1,15	11,8	250	5,59	2950	1397,5	0	4347,5
P12P'12	0,58	40	0,48	1	150	1,75	150	262,5	29,4	441,9
PQP'Q'	7,63	100	1,02	11,4	200	5,59	2280	1118	0	3398
Q13Q'13	0,58	40	0,48	4,8	150	1,75	720	262,5	29,4	1011,9
QRQ'R'	7,05	100	0,88	8	150	5,59	1200	838,5	0	2038,5
R14R'14	1,74	80	0,49	4	80	4,08	320	326,4	36,1	682,5
RSR'S'	5,31	100	0,71	11,86	100	5,59	1186	559	0	1745
STS'T	3,96	100	0,54	8	60	5,22	480	313,2	0	793,2
T15T'15	1,98	80	0,40	1	45	4,08	45	183,6	30,7	259,3
TUT'U'	1,98	80	0,40	2	45	4,08	90	183,6	0	273,6
U16U'16	1,98	80	0,40	1	45	4,08	45	183,6	30,7	259,3
SVS'V'	1,35	50	0,66	7,76	200	2,43	1552	486	0	2038
V17V'17	0,77	50	0,38	2	70	2,26	140	158,2	29,4	327,6
W18W'18	0,58	40	0,48	4,5	150	1,75	675	262,5	29,4	327,6
										51104

$$Q_{V \text{ 2<sup>ème</sup> étage}} = 23,2 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

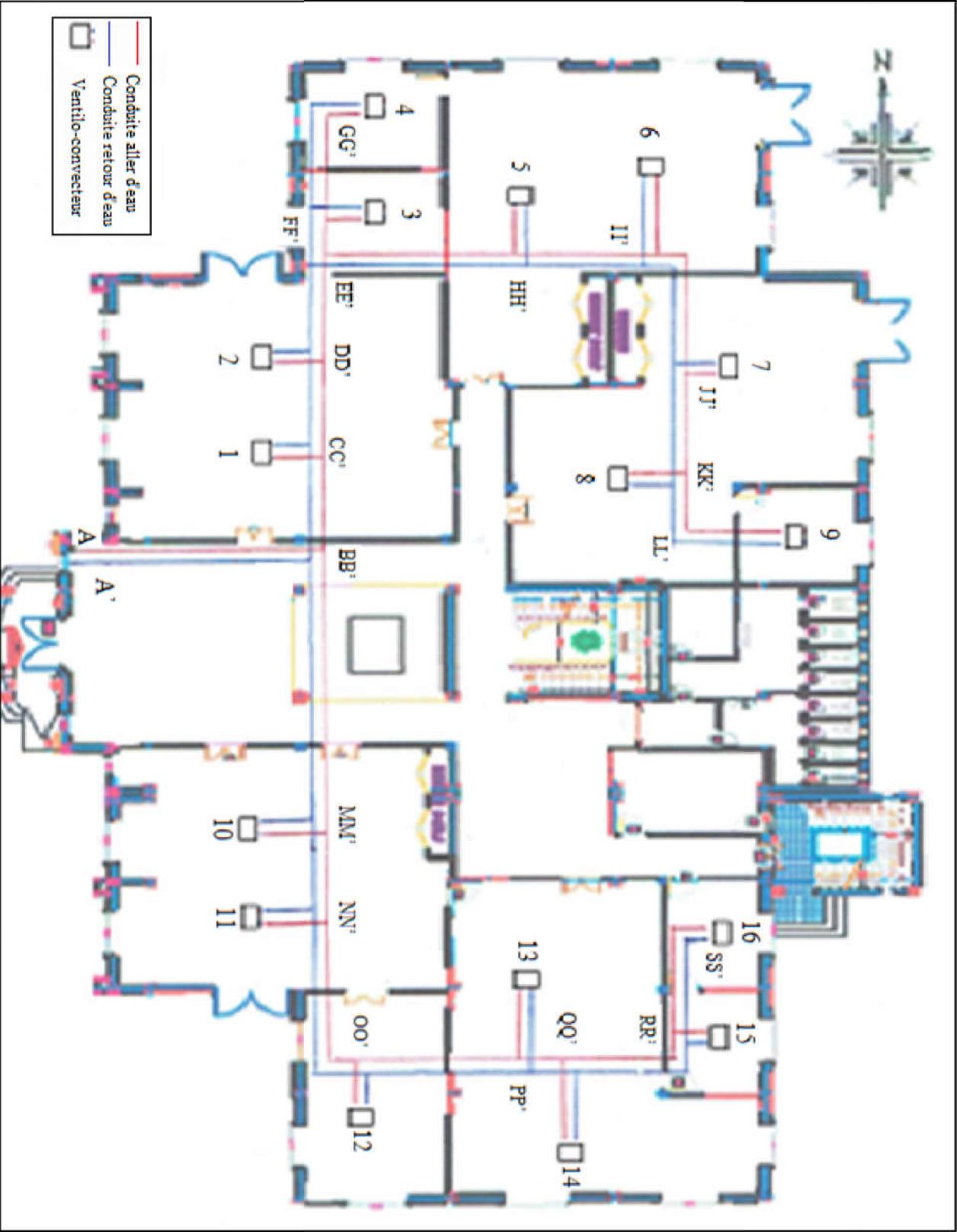


Figure IV.1: Plan du réseau hydraulique de RDC.

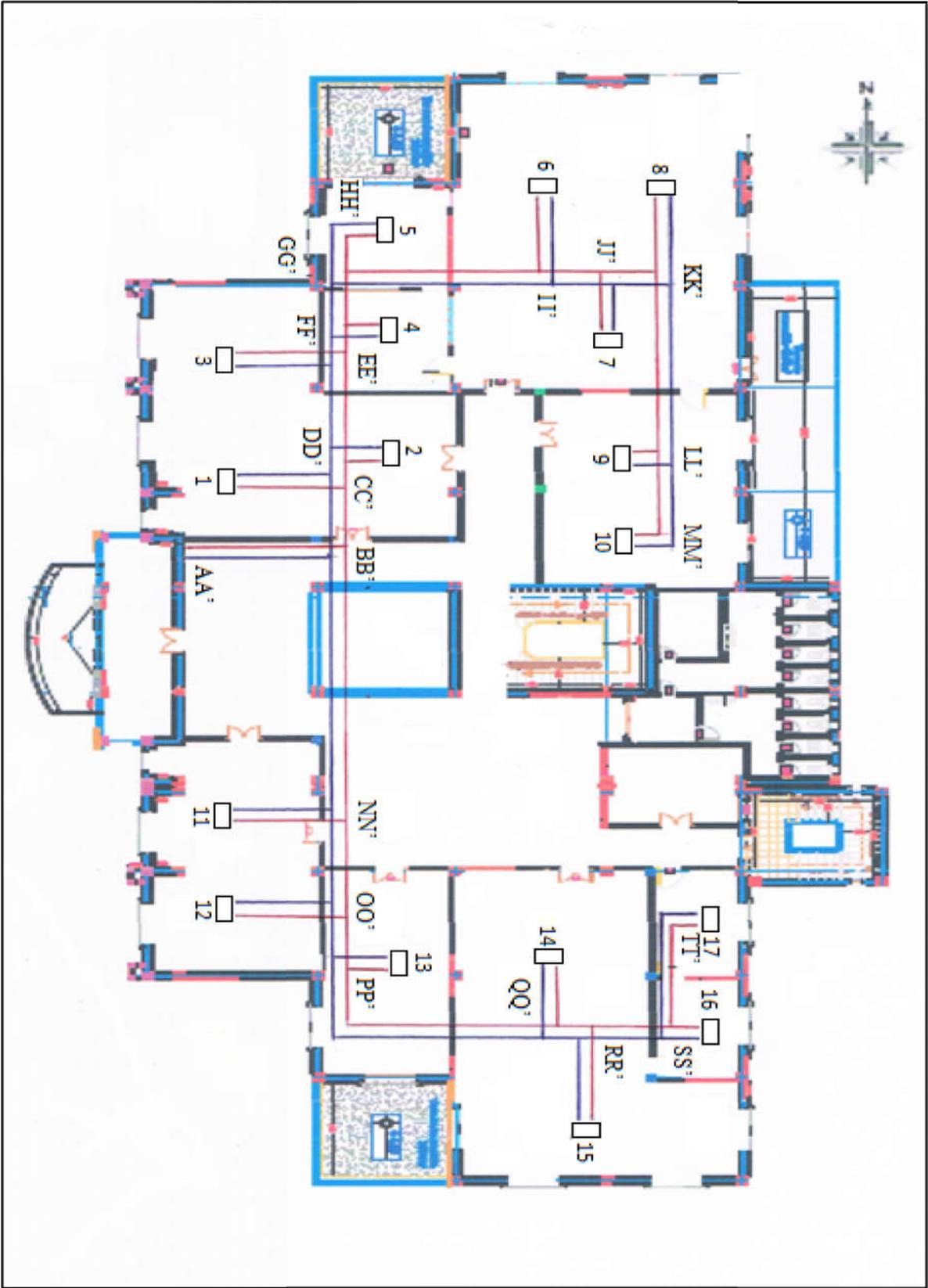


Figure IV.2: Plan du réseau hydraulique de l' 1<sup>er</sup> étage.

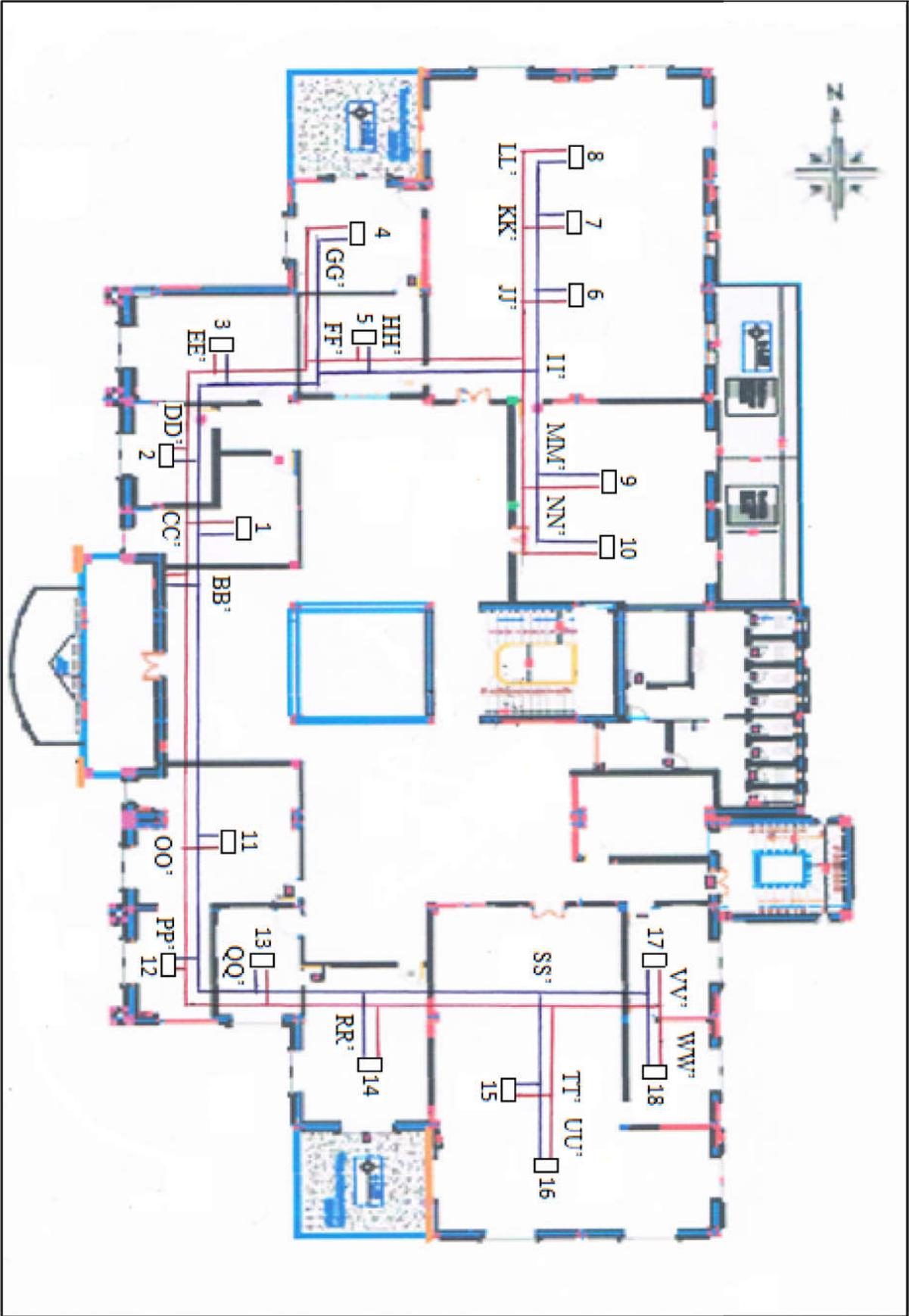


Figure IV.3 : Plan du réseau hydraulique de l' 2<sup>ème</sup> étage.

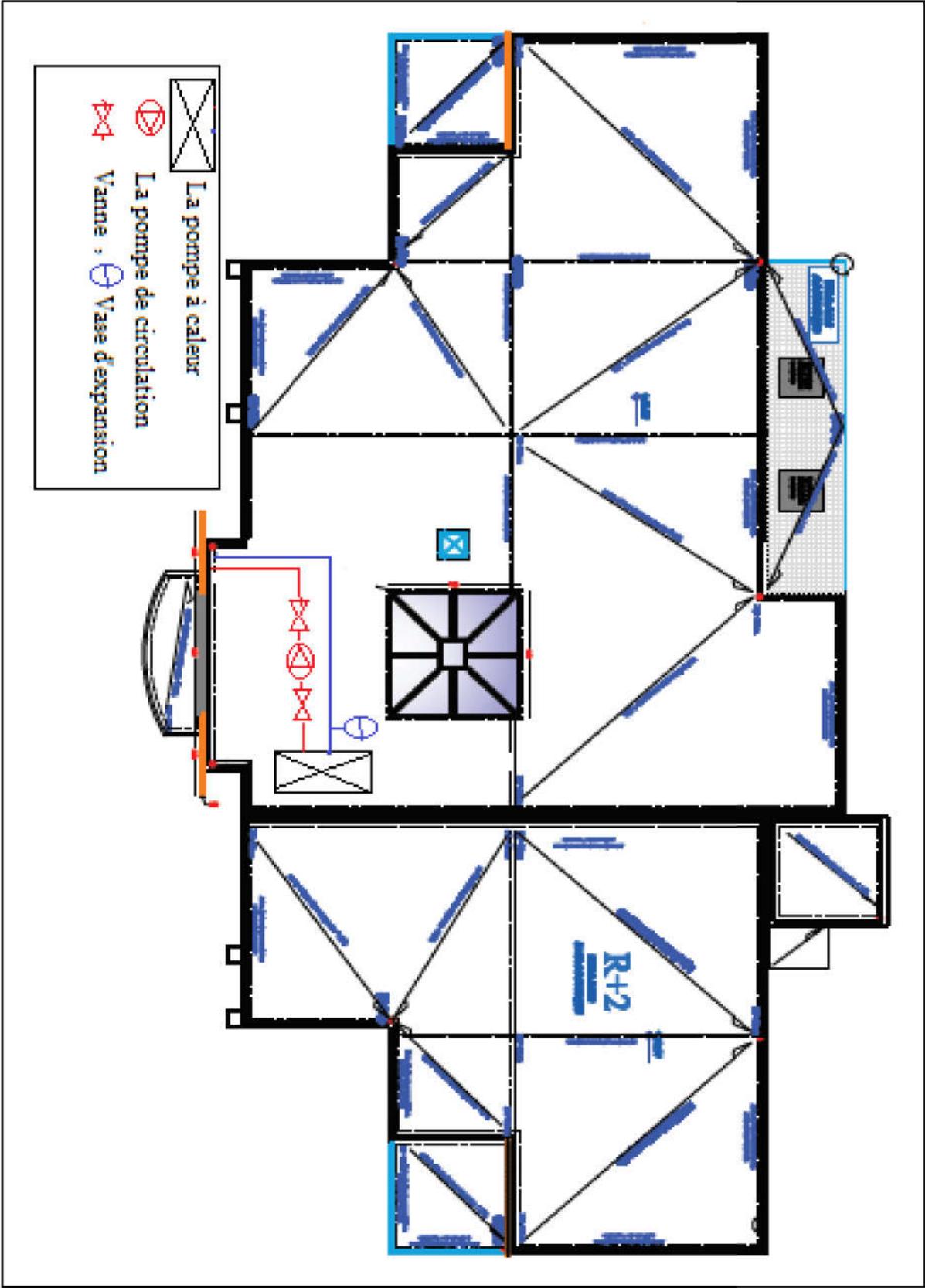


Figure IV.4 : Plan du réseau hydraulique de la toiture.

## IV.2 La régulation :

Le système de régulation, dont l'objectif est de rendre insensible aux occupants les variations climatiques externes, prendra partiellement ou totalement en compte les phénomènes météorologiques et les caractéristiques thermiques des locaux.

Le but de la régulation est maintenir à une valeur choisie fixe variable (point de consigne), une grandeur physique ou une grandeur réglée comme la température, l'humidité relative, la pression..etc. soumise à des perturbations pour cela la valeur est mesurée puis comparée au point de consigne. C'est alors qu'un organe de réglage (actionneur) intervient pour éliminer l'écart constaté et ceci quand on veut et ou l'on veut.

### IV.2.1 Boucle de régulation : [5]. [6]

Une boucle de régulation comprend :

#### a) 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 hygromètre.

#### b) 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.

#### c) 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.

### IV.2.2. Appareils de régulation utilisés dans les installations de climatisation:[5].[6]

#### IV.2.2.1 Organe de détection :

a) thermostat : C'est un organe de détection de température.

b) Sonde : Généralement identique à un thermostat mais se place à l'extérieur.

c) Hygromètre : C'est un organe de détection d'humidité relative.

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

**IV.2.2.2 Organe de réglage :**

a) 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.

b) Servomoteurs : elles sont les organes de commande qui modulent la position des vannes ; ils sont de type électrique.

**IV.2.3 Choix du mode de régulation :**

Parmi les modes de régulations, il existe :

**IV.2.3.1 La régulation individuelle :**

Par action directe sur le corps, elle peut être :

- Manuelle : en faisant varier le débit d'eau entrant dans appareil manuellement à l'aide d'un robinet.
- Automatique : ou l'appareil est muni d'un robinet thermostatique placé à son amant qui fait varier l'alimentation en eau en fonction de la température désirée.
- L'avantage de ce système est de contrôler chaque appareil séparément, mais l'inconvénient est le coût avec le nombre d'appareil existant.

**IV.2.3.2 La 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 totale fournie et cela en fonction des paramètres climatiques extérieurs (régulation fonctionnant avec la loi de correspondance)

**IV.2.4 Régulation du groupe de production réversible :**

La production est assurée par une machine de production d'eau glacée réversible : lors du changement été / hiver, le sens de circulation du fluide frigorigène s'inverse à l'aide d'une vanne à 4 voies et une pompe à chaleur (air/eau) est créée.

Le microprocesseur gère le fonctionnement de la machine et des alarmes (voir la figure qui suit).

Il compare en permanence la température de l'eau mesurée par une sonde (S1) et la valeur de la température de consigne rentrée par l'intermédiaire du clavier. La sonde (S1) de régulation est placée sur la conduite d'entrée d'eau. Une sonde (S2) est placée sur la sortie d'eau pour protection antigèle. Un système anti court cycle de la régulation impose un temps minimum de marche du compresseur. En cas d'arrêt de la machine, il se peut que les compresseurs fonctionnent pendant un certain temps (150 secondes maxi).

Les modules hydrauliques sont équipés d'un pressostat de sécurité interdisant le fonctionnement de la pompe de circulation d'eau et donc de l'appareil en cas de manque de pression (coupure 0,6 bar, enclenchement 1,4 bar).

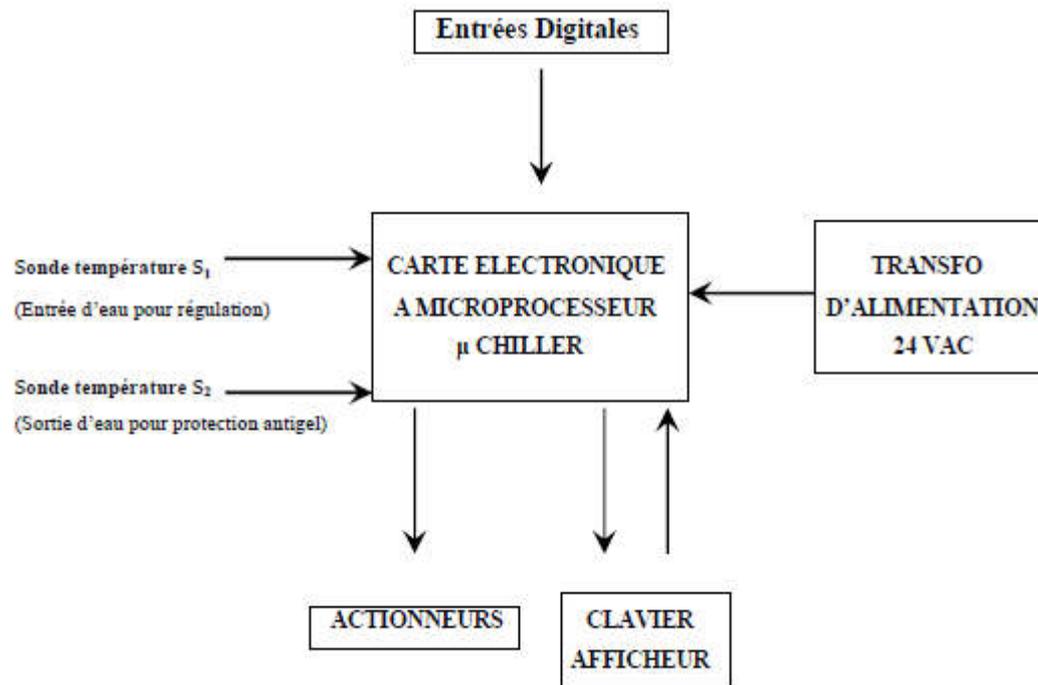


Figure IV.5: Schéma de gestion du microprocesseur.

#### IV.2.5. Régulation des Ventilo-convecteurs :

Les ventilo-convecteurs soufflent à l'intérieur des locaux à climatiser de l'air traité à des caractéristiques de température, d'humidité et de débit qui sont fonction d'un indicateur d'une sonde d'ambiance.

Deux positions d'une sonde sont possibles:

- Incorporé dans l'appareil et placé dans le circuit de recyclage, près de la grille de reprise.
- Installé dans le local, à l'extérieur du ventilo.

Dans notre projet on choisit la 2<sup>ème</sup> position.

La sonde d'ambiance va agir sur quatre paramètres:

Le débit d'eau chaude ou froide alimentant les deux batteries.

Le débit d'air mélange.

Le débit d'air neuf.

La vitesse de rotation du moteur du ventilateur.

Un schéma représentatif de régulation des ventilo-convecteurs est comme se suit:



Tr : Thermo-régulateur (Thermostat TouR).

Tc : Température de consigne.

R : Régulateur proportionnel.

➤ **Les raccordements hydrauliques pourront être complétés en installant :**

- A l'entrée (retour installation), un filtre à tamis métallique avec une maille de 1mm.
- En sortie (départ installation), un flussostat dimensionné et réglé en fonction des caractéristiques de l'installation ; accordé à la moitié d'un tube droit horizontal et d'une longueur d'au moins 1 ml.

Ceci devrait garantir, avec le pressostat différentiel installé dans la machine, le débit d'eau correct qui traverse l'appareil avec un delta T minimal de 4°C et maximal de 6°C.

- Purgeurs d'air situés en partie haute de l'installation.
- Joints élastiques et flexibles.
- Vannes d'isolement.
- Vannes d'isolement pour traitement chimique.

# **Chapitre V**

## **Estimation**

Le critère utilisé pour procéder à une étude économique de projet d'une installation de climatisation, est celui de la valeur globale actualisée des couts d'investissement et des coûts d'exploitation durant la période d'amortissement de projet.

Les coûts d'investissement et les couts annuels d'exploitation sont actualisés, puis additionnés pour produire un chiffre unique, appelé la valeur globale actualisée.

Il noté que toutes les dépenses ont été évaluées.

## V.1 Etape de l'étude économique :

Pour bien définir les étapes de l'étude économique, les différents éléments constitutifs des coûts d'investissement et des couts d'exploitation ainsi que les formulations, qui nous permettent de les estimer, sont précisées dans ce qui suit :

### V.1.1 Investissement :

Il existe plusieurs façons de définir un investissement. Le plus souvent, cette expression évoque l'acquisition de moyen de production telle que les bâtiments ou les équipements.les dépenses d'investissement peuvent être classées en trois catégories distinctes qui sont :

- Les couts directs.
- Les couts indirects.
- Les imprévus.

#### V.1.1.1 Coûts directs :

Il s'agit des coûts de fournitures et d'installation de tous les ouvrages nécessaires au système de climatisation de la structure.

##### ➤ Coûts d'équipement :

#### -Coûts de pompe à chaleur et tous les accessoires indispensables :

La détermination du cout des équipements se fait d'après les catalogues ou bien après des revendeurs spécialisés.

#### -Coûts des tubes :

La détermination du coûts des tubes se fait sur la base :

- Le prix des différents tubes utilisés dans l'installation majorée de 1% pour tenir compte des éventuels changements des prix.
- De la longueur de la canalisation : celle-ci doit être majorée de 3% pour tenir compte des éventuelles pertes lors des travaux de pose des tubes.

On obtient le cout des tubes de la manière suivante :

$$c_{\text{tube}} = (1,01) \cdot \text{prix} (1,03) \cdot L \quad [\text{DA}]$$

**L : en (m)** est la longueur de la tuyauterie.

#### **V.1.1.2 Coûts indirects :**

Les coûts indirects dont il est tenu compte dans la présente étude comprennent les éléments de coûts suivants :

- Etude et ingénierie.
- Charge du maître de l'ouvrage.

Les coûts de l'ensemble de ces éléments sont estimés à 10 % des coûts directs.

#### **V.1.1.3 Imprévus :**

Pris sur les travaux, ils ont pour objet de prendre en considération les frais exceptionnels relevant par exemple de retards imprévus pour cause d'intempéries, de modifications dans la construction ou encore des réévaluations des prix.

Les imprévus constituent une marge d'erreur, nous permettant de ne pas sous estimer le coût du projet, ils sont évalués à 10 % des coûts directs.

#### **V.1.1.2 Investissement : Estimation des charges d'exploitations :**

Les charges d'exploitations relatives au projet comprennent essentiellement :

- Les frais d'énergie.
- Les frais du personnel.
- Les frais d'entretien.

### **V.2 Estimation du chiffre d'investissement :**

L'investissement comprend l'ensemble des coûts relatifs à la conception de l'installation, aux équipements et leur transport, à leur installation et à la formation des personnels d'exploitation et de maintenance.

#### ✓ **Pompe à chaleur :**

Pour notre pompe à chaleur HYDROCIAT modèle 1800 BX le coût spécifique est d'environ **29.277.255 DA. [6]**

#### ✓ **la pompe :**

Le coût spécifique de notre pompe SALMSON PBS 125-220/4/4/18 est d'environ **299.456 DA. [8]**

#### ✓ **Vase d'expansion :**

Pour le vase d'expansion type SALMSON de référence 66308 de notre projet le coût spécifique de notre vase d'expansion est d'environ **30.894 DA. [8]**.

#### ✓ **Ventilo convecteur :**

Le coût spécifique des ventilo convecteurs de notre projet est d'environ **14.568.589 DA**. [7].

✓ **La tuyauterie :**

Le coût spécifique des tuyauteries de matière PVC de notre projet est d'environ **198.865 DA** [9].

Le chiffre d'investissement total sera d'environ **44.405.953 DA**

En général et bien que le bilan économique soit propre à chaque installation, le coût complet annuel (incluant l'investissement, les coûts de fonctionnement et de maintenance) est supérieur à celui d'une installation conventionnelle.

**V.3 comparaison entre le système semi centralisé et le système décentralisé :**

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Système semi centralisé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Coût moins élevé.</li> <li>-Espace utilisé non utile.</li> <li>-Faible coût de maintenance.</li> <li>- Consommation faible, car c'est un procédé écologique.</li> <li>-Pas de pollution due au fluide frigorigène.</li> <li>- Pas de pollution due à l'écoulement d'eau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Plus de bruit du à sa structure compact.</li> <li>-Système généralement uni zone.</li> <li>-Duré de vie faible.</li> <li>Commande centralisé.</li> <li>-Fonctionnement peut modulable.</li> </ul>
<b>Système décentralisé (Split System)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peu coûteux à l'achat.</li> <li>-Installation localisée, problème localisé.</li> <li>-Installation facile et rapide.</li> <li>-Espace utilisé non utile.</li> <li>-Système autorégulant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Entretien coûteux.</li> <li>-Source de perte de réfrigérant,</li> <li>-Durée de vie faible.</li> <li>-Nombre très élevé pour de grande installation.</li> <li>-Difficulté de centralisation de la commande.</li> <li>- À utiliser comme un chauffage d'appoint.</li> <li>-Unités intérieures qui pulsent de l'air.</li> <li>- Consommation élevée, car c'est un appareil électrique.</li> <li>- Risque de fuite et fuite en cas de défaut de pression.</li> <li>- Ecoulement d'eau, trou thermique coté condenseur.</li> <li>-Bruit des condenseurs.</li> </ul>

**Tableau V.1 : Comparaison entre le système semi centralisé et le système décentralisé.**

# **CONCLUSION GENERALE**

# CONCLUSION

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude nous ont permis de conclure que l'architecture de l'immeuble étudié est dans les normes énergétiques, cela est justifié par la vérification réglementaire. Le choix du système de climatisation semi-centralisé avec ventilo-convecteur est justifié suite aux avantages qu'il présente.

Nous avons essayé d'appliquer les paramètres de confort et d'hygiène cités au début de notre projet. Pour cela :

- ✓ On a choisi la température et l'humidité qui assure le confort à tous les occupants de laboratoire.
- ✓ On a éliminé toutes les odeurs indésirables à l'aide d'une installation de ventilation.
- ✓ On a utilisé des dispositifs anti vibration pour réduire le bruit due aux différents appareils.
- ✓ Nous avons cherché les solutions les plus économiques à tous les problèmes posés pour faire le bon choix des appareils.
- ✓ Pour le bon fonctionnement de l'installation on a utilisé l'eau distillée qui a été récupérée à partir des ventilo-convecteurs comme fluide caloporteur.

Pour l'instant, l'intégration d'applications complémentaires pouvant permettre la récupération de la chaleur reste encore rare, toutefois, moyennant certaines conditions techniques, et des potentialités existantes, c'est une opportunité à saisir dans le cadre des économies d'énergie.

## Références Bibliographiques

[1] Document technique réglementaire (D .T.R C) 3.2 réglementaire thermique des bâtiments d'habitations règle de calcul des déperditions calorifiques.

[2] Document technique réglementaire (D .T.R C) 3.4 réglementaire climatisation, règle de calcul des apports calorifiques des bâtiments.

[3] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique » données fondamentales Tome 01 3ème édition pyc édition livres 1995.

[4] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique » chauffage et production d'eau Chaude sanitaire. Tome 02 ,3ème édition pyc édition livres 1996.

[5] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique ». Ventilation, climatisation, conditionnement d'air. Tome 03, 3ème édition JJMG éditions / pyc livres 2001.

---

[6] catalogue de Ciat

[7] Catalogue ventilo-convecteurs Aqualix 2 (EMAT).

[8] catalogue générale Salmson.

[9] catalogue tuyauterie pvc.

---

[10] Logiciel Google earth.

# **ANNEXE**

**Annexe Tableau A.1 : Zonage climatique [2]**

Wilaya	Communes	Zone
38 TISSEMSILT	Groupe de Communes 1 : Lazharria. Groupe de Communes 2 : Beni Lahcene - Bordj Bounaama - Boucaid - Larbaa - Lardjem - Maasem - Mellaab - Sidi Lantri - Sidi Slimane - Tamalaht Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2	B'  B  C
39 EL OUED	Toutes les communes	D
40 KHENCHELA	Groupe de Communes 1 : Babar - Bouhmama - Cherchar - Djellal - El Ouldja - Khirane - M'Sara Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	D  C
41 SOUK AHRAS	Groupe de Communes 1 : Ain Zana - Haddada - Hanancha - Khedara - Mechroha - Merahna - Ouled Driss - Ouled Moumen - Quillen - Sidi Fredj - Souk Ahras - Taoura - Zaarouria Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	B  C
42 TIPAZA	Groupe de Communes 1 : Ahmer El Ain - Attatba - Bourkika - Menaceur - Meurad Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	B  A
43 MILA	Groupe de Communes 1 : Ain Mellouk - Benyahia Abderrahmane - Chelghoum Laid - El Mechira - Oued Athmanis - Oued Khalouf - Oued Seguen - Tadjenanet - Telerghma Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C  B
44 AIN DEFLA	Groupe de Communes 1 : Ain Lechiakh - Oued Djemaa - Tarik Ibn Ziad Groupe de Communes 2 : Ain Benian - Ain Turki - Arib - Bathia - Belaas - Ben Abdellah - Boumedfaa - El Hassania - Hammam Righa - Hoceinia - Miliana - Tacheta Zougagha Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2	C  B  B'

**Annexe Tableau A.2 : Valeur du coefficient K pour les portes et les fenêtres [5]**

	K [W/m <sup>2</sup> .°C]
Portes : Porte extérieure en métal.	5,8
Porte extérieure en bois.	3.7
Portes intérieures.	3.00
Fenêtres : Fenêtres verre simple	3.3
Double Fenêtres	2.6

**Annexe Tableau B 1.a : Valeurs de a [1]**

Valeurs de a (en W/m <sup>2</sup> . °C)		
Zone climatique	Logement Individuel	Logement en immeuble collectif, bureaux, locaux à usage d'hébergement
A	1,10	1,10
B	1,10	0,90
B'	1,10	0,90
C	1,10	0,85
D1, D2 et D3	2,40	2,40

**Annexe Tableau B 1.b : Valeurs de c [1]**

Valeurs de c (en W/m <sup>2</sup> . °C)		
Zone climatique	Logement Individuel	Logement en immeuble collectif. Bureaux. Locaux à usage d'hébergement
A	1,4	1,2
B	1,2	1,2
B'	1,2	1,2
C	1,2	1,2
D	1,4	1,4
D1, D2 et D3	1,4	1,4

**Annexe Tableau B.2 : valeur d'ev [1]**

Hauteur H <sup>(1)</sup> (m)	Classes de rugosité <sup>(2)</sup> e <sub>v</sub>				
	V	IV	III	II	I
H < 4	0,40	1,47	2,71	4,06	6,36
4 < H < 7	1,10	2,30	3,51	4,82	7,08
7 < H < 11	1,76	3,00	4,19	5,46	7,67
11 < H < 18	2,57	3,87	4,97	6,17	8,32
18 < H < 30	3,50	4,80	5,80	6,93	9,02
30 < H < 50	4,47	5,78	6,66	7,71	9,72

**Annexe Tableau B.3 : Valeur de P<sub>0</sub> [1]**

Type de parois	Valeurs de P <sub>0</sub> (m /h.m <sup>2</sup> sous P = 1 Pa)
Fenêtre ou porte fenêtre	4,0
Porte avec seuil et joint d'étanchéité	1,2
Porte	6,0
Double fenêtre	2,4

**Annexe Tableau B.4 : débit extrait minimal [1]**

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	> 5
Q <sub>Vmin</sub> (m <sup>3</sup> /h)	25	50	75	100	110	On ajoute 10 m <sup>3</sup> h par pièce supplémentaire

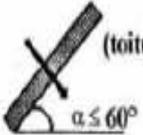
**Annexe Tableau B.5 : débit extrait maximal [1]**

Nombre de pièces principales par logement	Q <sub>Vmax</sub>			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

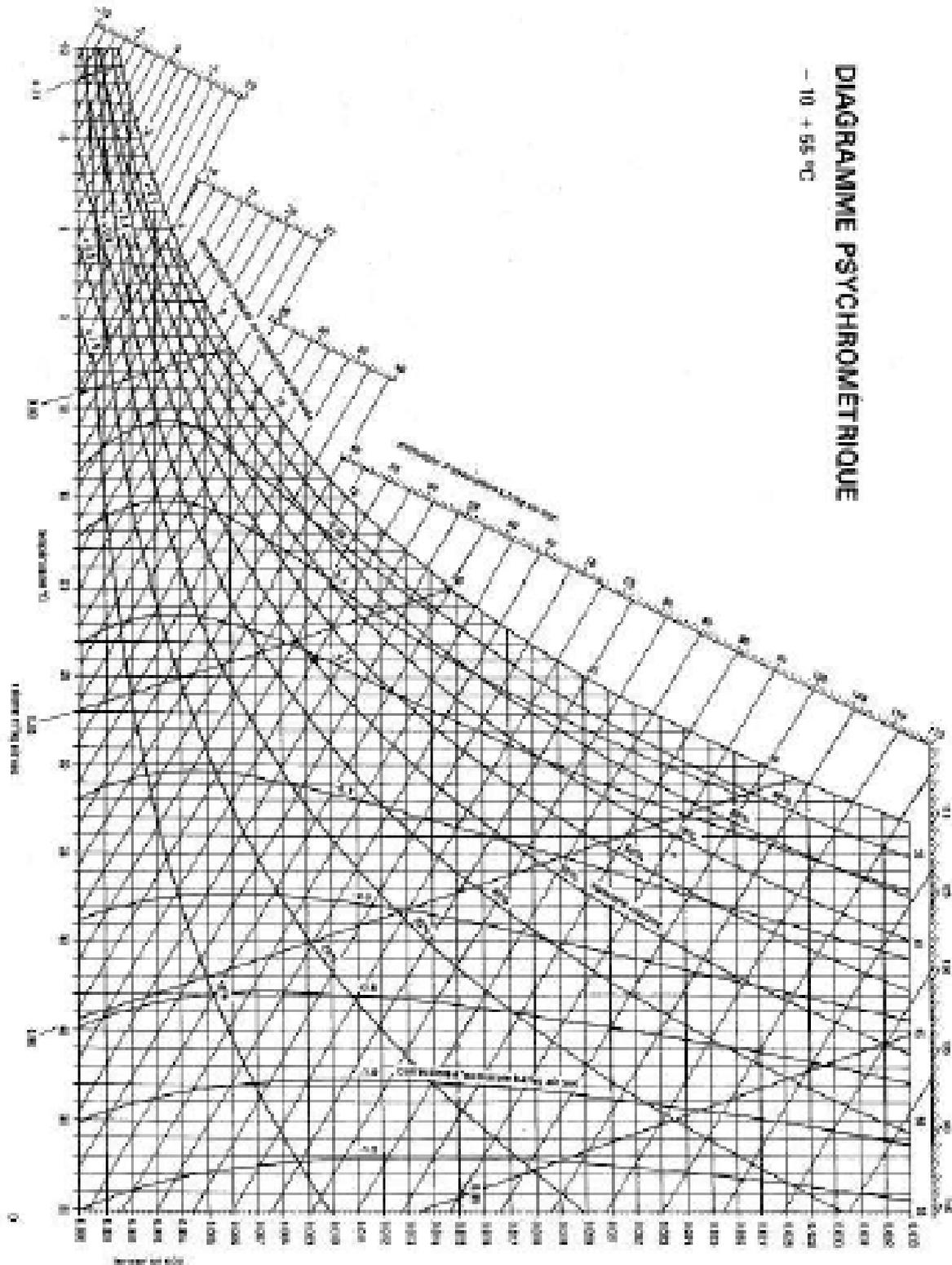
**Annexe Tableau B.6 : valeur a, b, c, d, e [1]**

Zone	Logement individuel					Logement en immeuble collectif				
	a	B	c	D	e	a	b	c	d	e
A	1,10	2,40	1,40	3,50	4,50	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
B	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
B'	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
C	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,85	2,40	1,20	3,50	4,50
D	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50
D'	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50

**Annexe Tableau B.7 : Coefficients de transfert superficiel (été) [5]**

$\frac{l}{h}$ en $m^2 \cdot ^\circ C/W$	Pari en contact avec :			Pari en contact avec :		
	- l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			- un autre local, conditionné ou non conditionné, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
 Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
 (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,16	0,04	0,20	0,16	0,17	0,33
 (plancher)	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

Annexe Tableau B.8 : Diagramme psychrométrique



**Annexe Tableau C.1 : Différence équivalente de  $\Delta t_{es}(t)$  ou  $\Delta t_{em}(t)$  (en °C)- murs ensoleillés ou à l'ombre [2]**

Différence équivalente de $\Delta t_{es}(t)$ ou $\Delta t_{em}(t)$ (en °C)- murs ensoleillés ou à l'ombre																									
Orientation	$m_{surf}$ Kg/m <sup>2</sup>	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
NE	≤100	2,8	8,3	12,2	12,8	13	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	12,2	11	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	6,1	5,5	5,0	4,4	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
SE	≤100	5,5	7,2	7,2	10,6	14	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	0	7,2	11	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10	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	3,3	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10	10,6	10	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	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0
SO	≤100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10	14,4	18,9	22	22	23	16	13	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0,5	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17	19,4	20	19	18	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,7
	500	3,9	2,8	2,8	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9
	≥700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,6	3,3	3,9	4	5,0	5,5	8,3	10	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
NO	≤100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13	18,3	22,2	20	18	10	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	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	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	4,4	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10	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	4,4	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	1,7	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	0,5	1,7	2,2	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5	0,5
	≥700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	1,7	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5

**Annexe Tableau C.2 : Valeurs de  $C_{\Delta t}$  [2]**

$\Delta T_{S =}$ She - TShi	Valeurs de $C_{\Delta t}$ en (°C)												
	Ecart diurne de base Eb												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
-8	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18,0	-18,5	-19,0	-19,4	-19,9
4	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14,0	-14,5	-15,0	-15,4	-15,9
0	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8,0	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7
2	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7,0	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8
4	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5,0	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8
10	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2,0
12	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
14	7,7	7,2	6,7	6,3		5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9
16	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
18	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
20	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
22	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13,0	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10,0

**Annexe Tableau C.3 : Facteurs d'absorption [2]**

Nature du matériau	Facteur d'absorption	Nature du matériau	Facteur d'absorption
Asphalte feutre	0.90	pierre calcaire	0.60
bitumé	0.90	granit poli	0.45
Sable	0.70	acier poli	0.06
Ardoise	0.93	cuivre poli	0.04
Tuile	0.80	aluminium poli	0.04
carrelage clair	0.30	tôle galvanisée	0.70
marbre poli	0.60	amiante-ciment	0.96
tôle oxydée	0.80	peinture	0.60
tôle rugueuse	0.94	fonte brute	0.80
béton, brique	0,75	Gravier	0,80

**Annexe Tableau C.4 : Conditions extérieurs de base [2]**

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)
<b>A</b> alt ≤ 500m	34	14,5	9	25,5	31
500 ≤ alt ≤ 1000m	33,5	13	10	25	32,5
alt ≥ 1000m	30,5	13	9	22,5	31,5
<b>B</b> alt ≤ 500m	38	12,5	15	26,5	36
500 ≤ alt ≤ 1000m	37	9	15	26,5	36
alt ≥ 1000m	35	10	14	25	36
<b>B'</b> alt < 500m	41	11	18	29	41
alt ≥ 500m	Voir zone B	Voir zone B	Voir zone B	29	41
<b>C</b> alt < 1000m	39,5	8,5	20	27	41,5
alt ≥ 1000m	36	8,5	18	25	40
<b>D1</b>	44	6,5	15,5	33	38
<b>D2</b>	48	5,5	16,5	36,5	43
<b>D3</b>	39	5,0	12,0	29,6	35

**Annexe Tableau C.5 : Rayonnement de bas [2]**

Rayonnement total de base $I_{t,b}$ et diffus de base $I_{d,b}$ (en $W/m^2$ )										
Latitude Nord	Mois	ORIENTATION								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Hori
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

**Annexe Tableau C.6 : coefficient d'amortissement relatif pour 12heurs de fonctionnement [2]**

	M kg/m <sup>2</sup>	TEMPS SOLAIRE VRAI																																		
		Protection Intérieure												Sans protection ou avec protection extérieur																						
		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	39	67	62	69	33	27	25	24	22	21	20	17	34	42	47	45	42	39	35	33	30	29	25	34	42	47	45	42	39	35	33	30	29	25	25
	500	39	68	64	52	35	29	24	23	20	19	17	15	35	45	50	49	45	42	34	30	27	26	23	34	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	15	14	62	69	64	48	34	27	22	18	15	14	12	12
E	>750	51	66	71	67	67	60	29	26	25	23	21	19	36	44	50	53	53	50	44	39	36	34	30	44	50	53	53	50	44	39	36	34	30	28	28
	500	52	67	73	70	68	60	29	26	24	21	19	16	34	44	54	58	57	51	44	39	34	31	28	44	54	58	57	51	44	39	34	31	28	24	24
	150	53	74	82	81	65	43	25	19	16	14	11	9	36	39	71	79	70	54	39	28	23	18	15	39	71	79	70	54	39	28	23	18	15	12	12
SE	>750	20	42	39	70	74	71	61	48	33	30	26	24	34	37	43	50	54	58	57	55	53	45	41	37	43	48	54	58	61	61	45	41	37	33	33
	500	18	40	37	70	75	72	63	49	34	28	25	21	29	33	41	51	58	61	61	56	49	44	37	33	41	48	51	58	61	61	45	41	37	33	33
	150	5	35	61	78	86	82	69	50	30	20	17	13	14	27	47	64	75	79	78	61	45	32	23	47	64	75	79	78	61	45	32	23	18	18	18
S	>750	28	25	40	53	64	72	77	73	67	46	31	47	43	42	46	51	55	61	65	66	65	61	54	47	43	42	46	51	55	61	65	66	65	61	54
	500	26	22	38	51	64	73	79	79	65	51	31	44	37	39	43	50	57	64	68	79	68	63	53	44	37	39	43	50	57	64	68	79	68	63	53
	150	21	29	48	67	79	82	89	85	56	30	24	16	28	19	23	28	34	38	44	48	42	35	28	39	43	48	57	64	68	79	80	82	70	61	42
SO	>750	31	27	27	26	23	27	30	63	72	74	69	54	51	44	48	37	34	38	41	47	54	57	58	48	44	37	34	38	41	47	54	57	60	63	58
	500	23	28	25	23	23	33	50	64	74	77	73	55	53	44	37	35	31	33	39	46	55	62	64	44	37	35	31	33	39	46	55	62	64	63	58
	150	29	31	18	15	14	27	30	69	82	87	79	60	45	32	25	23	17	19	39	56	79	80	75	60	45	32	25	23	17	19	39	56	79	80	75
O	>750	63	31	28	27	25	24	22	29	46	61	71	72	56	49	44	38	36	37	31	31	31	42	43	49	44	38	36	37	31	31	31	42	43	54	54
	500	67	33	28	26	24	23	20	28	44	61	72	73	60	52	44	39	34	31	29	24	32	43	51	44	39	34	31	29	24	32	43	51	57	57	
	150	77	34	25	20	17	14	15	22	41	67	82	80	77	56	38	28	22	18	19	35	52	69	77	67	80	77	56	38	28	22	18	19	35	69	77
NO	>750	68	28	27	25	23	22	20	19	24	41	50	67	49	44	38	36	33	30	28	26	26	38	37	49	44	38	36	33	30	28	26	26	38	37	44
	500	71	31	27	24	22	21	19	18	23	40	58	70	54	49	41	35	31	28	23	23	24	38	39	49	41	35	31	28	23	23	24	38	39	43	43
	150	82	33	25	20	18	15	14	13	19	41	64	80	75	53	35	28	24	19	17	15	17	38	58	64	80	75	53	35	28	24	19	17	38	58	66
N	>750	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	75	75	79	81	84	84	88	88	91	92	91	75	75	79	81	84	84	88	88	91	92	93	91
	500	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	81	84	85	89	91	93	93	94	94	95	95	84	85	89	91	93	93	94	94	95	95	95	95
	150	109	108	108	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

- Locaux a usage d'enseignement, de bureaux, d'accueil et de réunion : 12 heures de fonctionnements ;

**Annexe Tableau C.7 : valeurs de N (h-1) [2]**

Dépendances	
Maison individuelle, toutes dépendances (caves, garage, cellier, ...)	0,5
Immeuble collectif d'habitation	
- Circulation commune	
sans ouverture directe sur l'extérieur	0,5
avec ouverture directe sur l'extérieur	2
avec bouche ou gaine de désenfumage ouverte en permanence	4
- Hall d'entrée	4
- Hall d'entrée	1
- Garage collectif	0,5
- Autres dépendances	

Annexe Tableau C.8 : facteur solaire du vitrage [2]

Type de vitrage	Epaisseur (mm)	FS		
Verre à vitre : normal fort épais	2 à 3	1		
	4	0,91		
	5	0,94		
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	0,66	
		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	0,52
gris-vert		3 à 6	0,46	
opale vert		3 à 6	0,43	
opale foncé		3 à 6	0,57	
ambre		3 à 6	0,70	
Glaces réfléchissantes	claires	6	0,72	
		8	0,71	
		10	0,70	
	bronze	6	0,55	
		8	0,40	
		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 A11	0,25	
		film A33	0,42	
	sur glace absorbante	bronze	film A11	0,33
			film A33	0,41
		gris	film A11	0,12
	film A33	0,21		

Annexe Tableau C.9 : Apports calorifiques dus aux machines de bureaux [2]

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Sens.	Sens.
<b>Machine à écrire</b>	90	90	90
<b>Micro-ordinateur (écran compris)</b>	450	450	450
<b>Mini-ordinateur (les valeurs peuvent varier de 2200 à 6600 W)</b>	4400	4400	4400
<b>Imprimante Plus de</b>			
5000 lignes/minute	1800	1800	1800
300 à 600 lignes/minute	376	376	376
<b>Terminal écran</b>	160	160	160

Annexe Tableau C.10 : Apports calorifiques dus à divers appareils [2]

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Sens.	Sens.
Présentoir (par m <sup>3</sup> de volume intérieur)	640	640	640
Caisse enregistreuse	48	48	48
Réfrigérant à eau	1750	1750	1750
Sèche-cheveux central	4483	4483	4483
5 casques			
10 casques	6273	6273	6273
Casque sèche-cheveux	690	690	690
Stérilisateur 152x205x432mm	805	805	805
d'instruments. taille : 228x254x508	1518	1518	1518
254x305x560 mm	1420	1420	1420
254x305x914 mm	3048	3048	3048
305x406x620 mm	2728	2728	2728
Stérilisateur ustensiles. Taille :			
406 x 406 x 620 mm	3167	3167	3167
508 x 508 x 620 mm	3676	3676	3676
Moulin à café	500	500	500
Mixer	1000	1000	1000
Fer à repasser	500	500	500
Aspirateur	200	200	200

Annexe Tableau C.11 : Valeurs de  $\Delta T_{S_{\text{réf,ph}}}$  pour les parois horizontal [2]

Valeurs de $\Delta T_{S_{\text{réf, PH}}}$ (en °C)		
(alt = altitude) Zone climatique	Paroi en contact avec l'extérieur	Paroi en contact avec un local non conditionné
<b>A</b>	alt < 500 m	13,39
	500 ≤ alt < 1000 m	12,49
	alt ≥ 1000 m	9,99
<b>B</b>	alt < 500 m	14,54
	500 ≤ alt < 1000 m	13,59
	alt ≥ 1000 m	12,09
<b>B'</b>	alt < 500 m	16,09
	alt ≥ 500 m	voir zone B (en fonction de l'altitude)
<b>C</b>	alt < 1000 m	13,49
	alt ≥ 1000 m	11,24
<b>D1</b>		13,09
<b>D2</b>		12,09
<b>D3</b>		12,09

**Annexe Tableau C.12 : Valeurs de c [1]**

Valeurs de c (en W/m <sup>2</sup> . °C)		
Zone climatique	Logement Individuel	Logement en immeuble collectif. Bureaux. Locaux à usage d'hébergement
A	1,4	1,2
B	1,2	1,2
B'	1,2	1,2
C	1,2	1,2
D	1,4	1,4
D1, D2 et D3	1,4	1,4

**Annexe Tableau C.13 : Valeurs de  $\Delta T_{S_{réf,pv}}$  pour les parois verticales [2]**

Valeurs de $\Delta T_{S_{éf,pv}}$ (en °C) - Latitude 40°N									
Zone (alt en m)	Paroi en contact avec l'extérieur Orientation								Paroi en contact avec un I.n.c
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
A alt < 500 5005 alt < alt k 1000	4.66	5.44	5.89	8.22	9.81	10.02	8.75	5.66	4
	3.76	4.54	4.99	7.32	8.91	9.12	7.85	4.76	3.5
	1.26	2.04	2.49	4.82	6.41	6.62	5.35	2.26	0.5
B alt < 500 5005. alt 1000 alt k 1000		6.59	7.04	9.37	10.96	11.17	9.9	6.81	5
		5.64	6.09	8.42	10.01	10,22	8.95	5.86	4
		4.14	4.59	6.92	8.51	8.72	7.45	4.36	5
B' alt < 500  alt k 500	7.36 8.14 8.59 10.92 12.51 12.7211.45 8.36								6
	voir zone B (en fonction de l'altitude)								

**Annexe Tableau C.14 : Rayonnement de bas [2]**

Rayonnement total de base $I_{t, b}$ et diffus de base $I_{d, b}$ (en $W/m^2$ )										
Latitude Nord	Mois	ORIENTATION								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Hori
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

**Annexe Tableau C.15 : valeurs de NPVI ; réf [2]**

Valeurs de NPVI								
Types de locaux	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
logement, locaux à usage d'hébergement	0,95	0,26	0,31	0,44	0,68	0,62	0,43	0,30
Bureaux	0,98	0,19	0,21	0,28	0,65	0,77	0,61	0,40

Annexe Tableau D.1: La table pour sélectionner la pompe à chaleur [6]

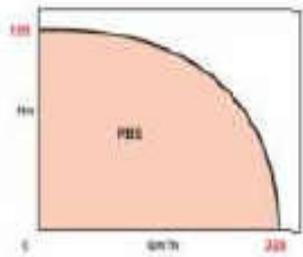
HYDROCIAT séries LW-LWP R134a 										
Modèles	Performances (1)					Dimensions (mm)				Poids (kg)
	Pf kW	Pa kW	EER / ESEER	Lw dB(A)		Longueur	Largeur	Hauteur standard	Hauteur réduite (2)	
				STD	LN					
1800BX	418	93	4.5 / 5.32	93	85	3800	1320	2450	1860	3130
1800BX HPS	433	96	4.51 / 5.45	93	85	3800	1320	2450	1860	3130
2150BX	492	110	4.47 / 5.24	93	87	4700	1320	2450	1970	3520
2150BX HPS	533	115	4.53 / 5.52	93	87	4700	1320	2450	1970	3520
2500BX	588	126	4.57 / 5.36	93	85	4700	1320	2450	1970	3830
2500BX HPS	625	134	4.66 / 5.56	93	85	4700	1320	2450	1970	3830
2800BX	661	140	4.72 / 5.58	94	86	4700	1320	2450	1970	3840
2800BX HPS	692	145	4.77 / 5.73	94	86	4700	1320	2450	1970	3840
3050BX HPS	814	166	4.9 / 5.98	92	89	4538	1500	1895	EQUIPEMENT STANDARD	4691
3500BX HPS	921	193	4.77 / 5.82	94	90	4567	1500	1895		4719
3600BX HPS	957	195	4.91 / 5.99	93	89	4538	1500	1895		5106
3900BX HPS	1044	215	4.86 / 5.93	94	90	4567	1500	1895		5234
4200BX HPS	1078	224	4.81 / 5.88	94	90	4567	1500	1895		5293
4500BX HPS	1133	242	4.58 / 5.71	95	90	4567	1500	1895		5302
4800BX HPS	1168	251	4.35 / 5.67	95	91	4567	1500	1895		5362

Pf : Puissance frigorifique - Pa : Puissance électrique totale dépensée  
Lw : Niveau de puissance acoustique ( STD = Standard - LN = Low Noise )  
(1) conditions normalisées Eurovent - Eau glacée = 12°C / 7°C - Eau chaude condenseur = 30°C / 35°C  
(2) version Low Noise non disponible sur modèles 1800BX à 2800BX HPS.

Annexe Tableau D.2 : La table pour sélectionner les ventilo convecteur [7]

		PV	MV	GV	PV	MV	GV
<b>DESCRIPTION</b>	<b>unité</b>	<b>15</b>			<b>25</b>		
Puissance calorifique (1)	kW	2,26	2,41	3,05	3,04	3,85	4,33
Puissance calorifique (2)	kW	1,38	1,47	1,86	1,86	2,35	2,65
Puissance frigorifique totale (3)	kW	1,87	1,1	1,85	1,46	1,8	2,0
Débit d'air	m <sup>3</sup> /h	175	200	241	205	290	360
Niveau sonore NR	dB NR	23	29	34	23	28	34
Dimensions L x H x P	mm	670 x 520 x 220			670 x 520 x 220		
<b>DESCRIPTION</b>	<b>unité</b>	<b>35</b>			<b>45</b>		
Puissance calorifique (1)	kW	4,93	5,66	6,34	5,91	7,36	7,98
Puissance calorifique (2)	kW	2,84	3,33	3,75	3,61	4,44	4,88
Puissance frigorifique totale (3)	kW	2,21	2,71	3,02	2,89	3,45	3,75
Débit d'air	m <sup>3</sup> /h	255	371	447	388	550	647
Niveau sonore NR	dB NR	25	30	35	26	32	37
Dimensions L x H x P	mm	870 x 520 x 220			1 070 x 520 x 220		
<b>DESCRIPTION</b>	<b>unité</b>	<b>50</b>			<b>60</b>		
Puissance calorifique (1)	kW	6,82	8,38	9,21	8,94	11,04	12,36
Puissance calorifique (2)	kW	4,16	5,12	5,65	5,48	6,74	7,45
Puissance frigorifique totale (3)	kW	3,27	3,91	4,25	4,25	5,08	5,51
Débit d'air	m <sup>3</sup> /h	399	565	665	585	825	970
Niveau sonore NR	dB NR	26	32	37	27	34	38
Dimensions L x H x P	mm	1 070 x 520 x 220			1 270 x 520 x 220		
<b>DESCRIPTION</b>	<b>unité</b>	<b>75</b>			<b>90</b>		
Puissance calorifique (1)	kW	10,08	12,39	13,62	13,11	15,47	17,02
Puissance calorifique (2)	kW	6,16	7,57	8,32	8,01	9,45	10,4
Puissance frigorifique totale (3)	kW	4,94	5,91	6,42	6,1	6,92	7,53
Débit d'air	m <sup>3</sup> /h	602	853	1 005	890	1 245	1 431
Niveau sonore NR	dB NR	27	34	38	33	39	44
Dimensions L x H x P	mm	1 270 x 520 x 220			1 470 x 520 x 220		
<b>DESCRIPTION</b>	<b>unité</b>	<b>120</b>			<b>130</b>		
Puissance calorifique (1)	kW	16,25	19,88	21,11	18,65	22,54	24,2
Puissance calorifique (2)	kW	9,93	12,02	12,9	11,39	13,77	14,79
Puissance frigorifique totale (3)	kW	7,78	9,04	9,6	8,68	10,09	10,71
Débit d'air	m <sup>3</sup> /h	1 200	1 660	1 908	1 375	1 707	1 962
Niveau sonore NR	dB NR	34	40	45	34	40	
Dimensions L x H x P	mm	1 670 x 520 x 220			1 670 x 520 x 220		
(1) Régime d'eau 70/60°C, température ambiante 20°C (2) Régime d'eau 50/45°C, température ambiante 20°C (3) Régime d'eau 7/12°C, température ambiante 27°C et 19°C bulbe humide							

## Annexe Tableau D.3 : La table pour sélectionner la pompe [8]



### PBS 80/100/125

Pompes monobloc et sur socle  
Moteurs standards IE2

Reference	Désignation <span style="color: red;">D</span>	P.L. H Euro	DN ISO	DN ref.	P2 kW
2091945	PBS80-170/1.5/4/15	1115	100	80	1,5
2091942	PBS80-170/1.2/4/5	2652	100	80	11
2091941	PBS80-170/1.5/3/15	2915	100	80	15
2091940	PBS80-170/1.5/2/16	2912	100	80	15
2091939	PBS00-170/10.5/2/10	3311	100	80	10,5
2091944	PBS80-170/2.2/4/18	1725	100	80	2,2
2091938	PBS00-170/12.2/2/15.5	3609	100	80	22
2091943	PBS80-170/3/4/17	1794	100	80	3
2091937	PBS80-170/3/2/17	3569	100	80	3
2091936	PBS80-220/3/4/20	1675	100	80	3
2091933	PBS80-220/3/2/20	4075	100	80	3
2091922	PBS80-220/3/2/21	4675	100	80	3
2091931	PBS00-220/3/2/21	5059	100	80	37
2091935	PBS80-220/4/4/20	2052	100	80	4
2091934	PBS80-220/5.5/4/22	2295	100	80	5,5
2091928	PBS80-270/1.4/27	3385	100	80	11
2091930	PBS80-270/5.5/4/25	2487	100	80	5,5
2091929	PBS80-270/7.5/4/25	2815	100	80	7,5
2091955	PBS160-220/4/4/18	2134	125	100	4
2091954	PBS160-220/5.5/4/20	2585	125	100	5,5
2091953	PBS160-220/5.5/4/22	2389	125	100	5,5
2091963	PBS160-220/7.5/4/22	2715	125	100	7,5
2091951	PBS160-270/11/4/25	3724	125	100	11
2091950	PBS160-270/15/4/27	4113	125	100	15
2091723	PBS160-340/15.5/4/30	4387	125	100	10,5
2091948	PBS160-340/18.5/4/30	4507	125	100	18,5
2091958	PBS160-340/22/4/32	4545	125	100	22
2091946	PBS160-340/30/4/34	5220	125	100	30
2091959	PBS125-220/11/4/22	3934	150	125	11
2091961	PBS125-220/5.5/4/16	2598	150	125	5,5
2091960	PBS125-220/7.5/4/20	2931	150	125	7,5
2091956	PBS125-270/15/4/25	3695	150	125	15
2091957	PBS125-270/18.5/4/26	4089	150	125	10,5
2091954	PBS125-270/22/4/27	4547	150	125	22

Tension: 400 V - 50 Hz  
ex. : 32-170/0.37/4/15  
32 : DN refoulement  
170 : Q max de la roue en m³/h  
0.37 : puissance en kW  
26 : 2<sup>ème</sup> génération  
4 : 4 pôles  
15 : DN de la roue en mm

Annexe Tableau D.4: La table pour sélectionner le vase d'expansion [8]

CAPACITE litres	REFERENCE COMMANDE	FIG.	A VESSE	Ø mm	H mm	h mm	ØA	MASSE kg	PRESSION (en bars) service    épreuve	
12 INOX	066300	1	●	220	390	-	G 1"	3,2	4	12
20 INOX	066301	1	●	270	420	-	G 1"	3,5	4	12
8	066304	1	●	220	310	-	G 3/4"	2,5	4	12
18	066305	1	●	260	370	-	G 3/4"	3,5	4	12
24	066306	1	●	260	485	-	G 3/4"	5,5	4	12
24	066309	2	●	260	285	134	G 1"	5,5	4	12
50	066310	2	●	380	410	189	G 1"	11,5	4	12
60	4019423	2	●	380	410	189	G 1"	14	4	12
100	066311	2	●	460	490	229	G 1"	19,5	4	12
50	066307	3	●	380	715	170	G 1"	10,5	4	12
100	066308	3	●	460	880	200	G 1"	20	4	12
200	020845	3	●	630	1020	200	G 1 1/2"	37	4	7
300	020846	3	●	630	1375	200	G 1 1/2"	46	4	7
500	020847	3	●	630	2025	200	G 1 1/2"	63	4	7
50	019103	3	●	400	400	170	G 1"	22	10	15
100	020848	3	●	630	760	200	G 1 1/2"	40	10	15
200	020849	3	●	630	1095	200	G 1 1/2"	60	10	15
300	018736	3	●	630	1435	200	G 1 1/2"	85	10	15
500	018737	3	●	630	2065	200	G 1 1/2"	130	10	15
750	020850	3	●	850	1900	200	G 1 1/2"	210	10	15
1000	020851	3	●	850	2310	200	G 1 1/2"	245	10	15
1500	020852	3	●	1000	2470	200	G 1 1/2"	350	10	15
2000	020853	3	●	1000	3130	200	G 1 1/2"	460	10	15
RESERVOIRS ANTI-BELIER*										
0,16	066302	1	●	85	110	-	G 3/4"	0,3	15	25
RESERVOIRS SPECIFIQUES AUX SURPRESSEURS										
8	020938	1	●	200	308	-	G 3/4"	2,5	8	12
24	064615	1	●	250	560	-	G 1"	7	12	18

### Annexe Tableau D 5 caractéristiques de l'eau

T °C	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ J/kg.K	$10^6 \mu$ Pa.s	$10^6 \nu$ m <sup>2</sup> /s	$\lambda$ W/m.K	$10^{-8} a$ m <sup>2</sup> /s	Pr
0	1000	4220	1,789	1,79	0,555	0,132	13,60
5	999	4208	1,548	1,55	0,570	0,136	11,42
10	999	4185	1,306	1,31	0,585	0,140	9,37
15	998	4189	1,156	1,16	0,592	0,141	8,18
20	998	4183	1,005	1,01	0,598	0,143	7,03
25	997	4180	0,904	0,91	0,609	0,146	6,21
30	996	4176	0,802	0,81	0,619	0,149	5,41
35	994	4175	0,728	0,73	0,626	0,151	4,86
40	992	4174	0,663	0,66	0,632	0,153	4,31
45	990	4175	0,602	0,61	0,639	0,154	3,93
50	988	4175	0,550	0,56	0,645	0,156	3,58
55	985	4177	0,510	0,52	0,650	0,158	3,28
60	983	4179	0,470	0,48	0,654	0,159	3,00
65	980	4182	0,438	0,45	0,659	0,161	2,78
70	978	4185	0,406	0,42	0,664	0,162	2,58
75	975	4192	0,381	0,39	0,668	0,163	2,39
80	972	4199	0,355	0,37	0,672	0,165	2,22
85	968	4200	0,335	0,35	0,674	0,166	2,09
90	965	4201	0,315	0,33	0,678	0,167	1,96
95	962	4209	0,299	0,31	0,678	0,167	1,85
100	958	4216	0,282	0,29	0,680	0,168	1,75

$\rho$  : masse volumique  
 $c_p$  : chaleur spécifique  
 $\mu$  : viscosité dynamique  
 $\lambda$  : conductivité thermique  
 $a$  : diffusivité :  $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p}$   
 Pr : nombre de Prandtl :  $Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda}$

### Annexe Tableau A.6 : Perte de charge répartie J des tubes en acier pour chauffage à eau chaude

Tubes NFA 49-115 et -145										
DN <sup>1</sup> DN mm	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	
$\phi$ Int. mm	12,5	16,0	21,6	27,2	35,9	41,8	53,0	68,8	80,8	105,3
R Pa/m	1 <sup>ère</sup> ligne : vitesse $w$ en m/s 2 <sup>e</sup> ligne : débit-masse $q_m$ en kg/h									
1				0,034 70	0,043 151	0,048 229	0,057 438	0,069 892	0,077 1380	0,093 2822
5		0,058 41	0,073 94	0,087 177	0,11 378	0,12 571	0,14 1085	0,17 2191	0,19 3373	0,22 6853
10	0,072 31	0,087 61	0,11 140	0,13 262	0,16 556	0,17 839	0,21 1590	0,25 3202	0,27 4922	0,33 9974
15	0,091 39	0,11 77	0,14 176	0,16 329	0,20 696	0,22 1049	0,26 1985	0,31 3990	0,34 6128	0,41 12398
20	0,11 46	0,13 91	0,16 206	0,19 386	0,23 815	0,26 1228	0,30 2321	0,36 4660	0,40 7152	0,47 14456
25	0,12 52	0,15 103	0,18 234	0,21 436	0,26 921	0,29 1387	0,34 2619	0,40 5253	0,45 8059	0,53 16276
30	0,14 58	0,16 114	0,20 258	0,24 482	0,29 1018	0,32 1531	0,37 2889	0,45 5792	0,50 8881	0,59 17926
35	0,15 63	0,18 125	0,22 281	0,26 525	0,31 1107	0,35 1664	0,41 3138	0,48 6288	0,54 9639	0,64 19447
40	0,16 68	0,19 134	0,24 303	0,28 564	0,34 1190	0,37 1788	0,44 3371	0,52 6752	0,58 10347	0,68 20866
45	0,17 73	0,20 143	0,25 323	0,30 602	0,36 1268	0,40 1905	0,47 3590	0,55 7188	0,61 11012	0,73 22200
50	0,18 78	0,22 152	0,27 342	0,31 637	0,38 1342	0,42 2016	0,49 3798	0,58 7601	0,65 11642	0,77 23463
60	0,20 86	0,24 168	0,29 378	0,35 703	0,42 1480	0,46 2223	0,54 4185	0,64 8370	0,71 12817	0,85 25816
70	0,22 93	0,26 183	0,32 411	0,38 764	0,45 1608	0,50 2414	0,59 4542	0,70 9079	0,77 13899	0,92 27983
80	0,23 101	0,28 197	0,34 442	0,40 822	0,49 1727	0,54 2591	0,63 4875	0,75 9741	0,83 14907	0,98 30003
90	0,25 107	0,30 210	0,37 471	0,43 875	0,52 1839	0,57 2759	0,67 5188	0,80 10362	0,88 15856	1,05 31901
100	0,27 114	0,32 222	0,39 499	0,46 926	0,55 1945	0,61 2917	0,71 5484	0,84 10951	0,93 16753	1,11 33698
150	0,33 142	0,39 277	0,48 620	0,57 1150	0,68 2411	0,75 3614	0,88 6786	1,04 13535	1,15 20693	1,36 41581
200	0,39 166	0,46 323	0,56 723	0,66 1340	0,79 2806	0,88 4204	1,02 7887	1,21 15719	1,34 24021	1,58 48238
250	0,44 187	0,52 364	0,64 815	0,74 1507	0,89 3155	0,98 4724	1,15 8858	1,36 17645	1,50 26957	1,78 54109
300	0,48 207	0,57 402	0,70 897	0,82 1659	0,98 3470	1,08 5195	1,26 9737	1,49 19389	1,65 29614	1,95 59421
400	0,56 241	0,67 468	0,81 1044	0,95 1929	1,14 4032	1,26 6033	1,46 11301	1,73 22488	1,91 34335	2,26 68858
500	0,63 272	0,75 527	0,92 1174	1,07 2168	1,28 4527	1,41 6772	1,64 12680	1,94 25220	2,15 38498	2,53 77177
600	0,70 299	0,82 580	1,01 1291	1,17 2384	1,41 4975	1,55 7441	1,80 13927	2,13 27692	2,36 42263	2,78 84702
800	0,81 348	0,96 674	1,17 1500	1,36 2768	1,63 5772	1,80 8630	2,09 16144	2,47 32084	2,73 48951	3,22 98067
1000	0,91 392	1,08 758	1,31 1684	1,53 3106	1,83 6475	2,02 9678	2,34 18098	2,76 35955	3,06 54847	3,61 109846

Annexe Tableau D.7 : Coefficient de perte de charge singulière.

Coudes arrondis 	$d/D$	1	2	3	4	5	6					
	$\xi$	0,5	0,36	0,3	0,3	0	0					
Coudes droits 	DN	10 et 15	20	25	32	40	50					
	$\xi$	2,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0					
Divergence 	Dérivation				Passage droit							
	$w_1/w_2$	0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	2,0	3,0				
Divergence 	$w_1/w_2$	0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	2,0	3,0				
	$\xi$	2,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	0				
Confluence 	Dérivation $\xi_1$				Passage droit $\xi$							
	$d_1/d$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$d_1/d$	0,6	0,8	1,0		
	$M/V$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	$M/V$	0,6	0,8	1,0		
	$M/V$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	< 1	0,3	0,3			
	$M/V$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	0,5	0,3	0		
	$M/V$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,0	1,3	1,5		
Confluence 	Dérivation $\xi_1$				Passage droit $\xi$							
	$w_1/w_2$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$w_1/w_2$	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Divergence 	$w_1/w_2$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$\xi_1$	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5
	$\xi_1$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	0,8	0,6			
Confluence $\xi_2$ 	$d_1/d$	$M/V$			0,3		0,5		0,7			
	$d_1/d$	$M/V$			0,5		1,0		1,5			
	$d_1/d$	$M/V$			0,7		1,5		2,0			
	$d_1/d$	$M/V$			1,0		2,0		2,5			
	$d_1/d$	$M/V$			1,5		3,0		3,5			
Vanne avec réduction de section Vanne sans réduction de section Robinet à tête droite Robinet à tête conique Robinet d'angle Robinet de corps de chauffe droit Robinet de corps de chauffe d'équerre Clapet de van-neuse	$\xi$	20,3	0,2	2,5	2,0	1,5	4,0	2,0	4,0			
	Changement de niveau 									0,5	1,3	2,5
										0,6	1,0	1,9
										0,15		

Annexe Tableau D.8 : Longueur de tuyauterie équivalente  $L_{eq} = \xi \cdot d/\lambda$  en m en chauffage à eau chaude.

Vitesse $w$ m/s	Tubes NF A 49-115 et -145							Tubes NF A 49-112, -141, -142 et ISO 4200								Facteur de correction pour de l'eau à						
															50 °C			10 °C				
	DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150	200	250	300	400	500	10	100	500	10	100
0,25	12,5	16,0	21,6	27,2	35,9	41,8	51,2	70,3	82,5	100,8	150,0	206,5	260,4	309,7	388,8	486,0	0,92	0,93	0,94	0,75	0,79	0,81
0,5	0,34	0,47	0,68	0,92	1,31	1,58	2,04	3,03	3,70	4,74	7,72	11,4	15,1	18,6	24,5	32,0	0,94	0,95	0,95	0,80	0,82	0,84
1,0	0,38	0,52	0,76	1,02	1,45	1,75	2,26	3,35	4,08	5,22	8,48	12,5	16,5	20,4	26,8	35,0	0,96	0,96	0,96	0,85	0,86	0,87
1,5	0,41	0,56	0,82	1,10	1,56	1,88	2,43	3,59	4,37	5,59	9,08	13,4	17,7	21,8	28,6	37,3	0,96	0,96	0,96	0,88	0,89	0,90
2,0	0,42	0,58	0,85	1,13	1,61	1,94	2,50	3,70	4,50	5,75	9,34	13,7	18,2	22,4	29,4	38,3	0,97	0,97	0,97	0,90	0,90	0,91
3,0	0,43	0,59	0,86	1,15	1,63	1,97	2,54	3,76	4,58	5,85	9,49	14,0	18,5	22,7	29,8	38,9	0,97	0,98	0,98	0,90	0,90	0,91
	0,44	0,60	0,88	1,17	1,66	2,01	2,59	3,83	4,66	5,95	9,65	14,2	18,8	23,1	30,3	39,6	0,98	0,98	0,98	0,92	0,93	0,93

**Annexe Tableaux D.8 : Résultats des calculs du bilan thermique estival**

<b>parois</b>	<b>Types</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Orientation</b>	<b>k<sub>été</sub> (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>ΔT<sub>e</sub> (t) (°C)</b>	<b>Δt<sub>Inc</sub>(t) (°C)</b>	<b>A (W)</b>
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	32,354	O	1,32	11,75	-	602,17
	<b>MDC</b>	11,024	N	1,32	15,3	-	267,16
	<b>MSC</b>	17,948	E	1,2	-	20	430,752
	<b>MSC</b>	36,572	S	1,2	-	20	877,728
<b>Sol</b>	-	128,72	-	1,82	-	5	1171,352
<b>Portes</b>	<b>Métal</b>	9,54	N	5,8	15,3	-	1015,89
	<b>Bois</b>	11,44	-	3,5	-	20	800,8
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>5165,852</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>1745,7</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>4967,08</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air ARES(t) (W)</b>							<b>1630,15</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>217,58</b>
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>13726,362</b>

**Apports à travers les différentes parois du R01.**

<b>Parois</b>	<b>Types</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Orientation</b>	<b>k<sub>été</sub> (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>ΔT<sub>e</sub> (t) (°C)</b>	<b>Δt<sub>Inc</sub>(t) (°C)</b>	<b>A (W)</b>
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	28,444	N	1,32	15,3	-	593,18
	<b>MDC</b>	17,1676	E	1,32	7,71	-	231,88
	<b>MSC</b>	0,876	S	1,2	-	20	21,034
<b>Sol</b>	-	117,98	-	1,82	-	5	1073,618
<b>Portes</b>	<b>Métal</b>	10,1124	E	5,8	7,71	-	542,65
	<b>Bois</b>	5,72	S	3,5	-	20	400,4
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>2862,762</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>3489,02</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>4751,68</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air ARES(t) (W)</b>							<b>2490,227</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>812,14</b>
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>14405,829</b>

**Apports à travers les différentes parois du R02.**

Parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}$ (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	10,864	N	1,32	15,3	-	263,29
	MDC	17,1676	E	1,32	7,71	-	231,888
	MSC	55,972	O	1,2	-	20	738,04
Sol	-	119,33	-	1,82	-	5	1085,903
planché	-	23,5904	-	2,8	-	20	1321,06
Terrasse	-	25,2	-	1,02	-	17	436,968
Portes	Métal	10,1124	E	5,8	7,71	-	542,65
	Bois	5,72	O	3,5	-	20	400,4
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							5020,199
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							2647,74
Apports internes AI(t) (W)							5576,04
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							2518,72
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							275,448
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>16038,147</b>

**Apports à travers les différentes parois du R03.**

Parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}$ (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	29,68	N	1,32	-	20	1335,6
	MDC	4,9664	S	1,32	11,2	-	88,1079
	MDC	28,862	O	1,32	11,75	-	537,179
	MDC	20,56	E	1,32	-	20	255,072
planché	-	4,9	-	2,8	-	20	274,4
Sol	-	123,76	-	1,82	-	5	1124,76
Portes	Métal	9,55	-	5,8	11,2	-	744,416
	Bois	11,44	-	3,5	-	20	274,56
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							5179,673
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							934,04
Apports internes AI(t) (W)							7101,44
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							2908,84
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							234,378
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>16358,371</b>

**Apports à travers les différentes parois du R04.**

Parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}(t)$ (°C)	A (W)
Murs	MDC	11,64	O	1,32	11,75	-	216,64
Sol	-	21,79	-	1,82	-	5	198,289
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>414,929</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>934,56</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>555,09</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>s</sub>(t) (W)</b>							<b>459,92</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>275,44</b>
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>2364,499</b>

**Apports à travers les différentes parois du R05.**

Parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}(t)$ (°C)	A (W)
Murs	MDC	11,64	O	1,32	11,75	-	216,64
	MDC	11,64	N	1,32	15,3	-	282,097
Sol	-	21,06	-	1,82	-	5	191,646
Terrasse	-	21,06	-	1,02	-	17	365,18
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>1055,563</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>1019,822</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>549,88</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>s</sub>(t) (W)</b>							<b>1041,54</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>444,51</b>
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>4111,315</b>

**Apports à travers les différentes parois du R06.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,50	E	1,32	7,71	-	152,77
Sol	-	17,53	-	1,82	-	5	159,525
Terrasse	-	11,76	-	1,02	-	17	203,918
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							516,213
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							613,406
Apports internes AI(t) (W)							877,96
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							370
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							301,32
Σ AP(t) (W)							<b>2678,899</b>

Apports à travers les différentes parois du R07.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	13,64	E	1,32	7,71	-	166,58
	MDC	26,892	S	1,32	11,2	-	477,085
	MSC	21,2848	N	1,2	-	20	510,835
Sol	-	114,68	-	1,82	-	5	1043,588
Portes	Bois	5,72	N	3,5	-	20	400,4
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							2598,488
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							1860,97
Apports internes AI(t) (W)							5483,04
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							2420,57
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							1579,199
Σ AP(t) (W)							<b>13942,267</b>

Apports à travers les différentes parois du R08.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	27,28	O	1,32	11,75	-	507,735
	MDC	13,64	S	1,32	11,2	-	241,984
Sol	-	43,68	-	1,82	-	5	397,488
Terrasse	-	20,57	-	1,02	-	17	356,68
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							1503,887
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							1684,18
Apports internes AI(t) (W)							2417,76
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							2881,13
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							92,89
Σ AP(t) (W)							<b>8579,847</b>

Apports à travers les différentes parois du R09.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	15,192	E	1,32	7,71	-	185,53
	MSC	4,1972	N	1,2	-	20	100,732
Sol	-	13,5	-	1,82	-	5	122,85
Portes	-	3,718	N	3,5	-	20	260,76
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							669,872
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							538,65
Apports internes AI(t) (W)							961,92
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							284,947
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							740,22
Σ AP(t) (W)							<b>3195,609</b>

Apports à travers les différentes parois du R10.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,818	E	1,32	7,71	-	166,78
Sol	-	15,3	-	1,82	-	5	139,23
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							306,01
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							538,65
Apports internes AI(t) (W)							797,36
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							322,94
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							370,08
Σ AP(t) (W)							<b>2335,04</b>

**Apports à travers les différentes parois du R11**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	18,762	N	1,32	15,3	-	454,7
	MDC	30,098	O	1,32	11,75	-	560,183
	MSC	17,29	E	1,2	-	20	414,96
	MSC	26,14	S	1,2	-	20	627,36
planché	-	19,7	-	2,8	-	20	1103,2
Portes	Bois	11,44	-	3,5	-	20	800,8
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							3961,203
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							1212,9
Apports internes AI(t) (W)							10085
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							6574,29
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							2016,46
Σ AP(t) (W)							<b>23849,853</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E1 01.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	23,158	E	1,32	7,71	-	282,82
	MSC	25,8	O	1,2	-	20	619,358
	MSC	25,078	S	1,2	-	20	601,872
Portes	-	5,72	-	3,5	-	20	400,4
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							1904,45
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							280,02
Apports internes AI(t) (W)							5452,52
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							2016,463
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							1277,87
Σ AP(t) (W)							<b>10931,323</b>

Apports à travers les différentes parois de l'E1 02.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,11	O	1,32	11,75	-	225,391
	MDC	12,11	S	1,32	11,2	-	214,841
	MSC	10,21	N	1,2	-	20	245,04
planché	-	10,8	-	2,8	-	20	604,8
Portes	Bois	5,72	-	3,5	-	20	400,4
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							1690,472
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							981,37
Apports internes AI(t) (W)							2958,72
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							854,27
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							1277,87
Σ AP(t) (W)							<b>7762,702</b>

Apports à travers les différentes parois de l'E1 03.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}(t)$ (°C)	A (W)
Murs	MDC	25,282	N	1,32	15,3	-	612,714
	MDC	34,34	E	1,32	7,71	-	420,481
	MSC	3,838	S	1,2	-	20	92,112
Portes	Bois	5,72	E	3,5	7,71	-	185,22
	Bois	5,72	S	3,5	-	20	400,4
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							1710,927
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							1880,93
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							12475,52
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							2799,47
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							2555,75
<b><math>\Sigma AP(t)</math> (W)</b>							<b>21422,597</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E1 04.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}(t)$ (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,11	E	1,32	7,71	-	147,895
	MDC	12,11	O	1,32	11,75	-	225,391
	MDC	25,282	S	1,32	11,2	-	448,522
	MSC	18,918	N	1,2	-	20	454,041
Portes	-	5,72	-	3,5	-	20	400,4
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							1676,249
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							1880,93
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							6260,12
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							2213,275
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							1880,52
<b><math>\Sigma AP(t)</math> (W)</b>							<b>13911,094</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E1 05.**

<b>Apports internes AI(t) (W)</b>	1345,4
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>	415,96
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>	40,45
<b>Σ AP(t) (W)</b>	<b>1801,81</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E1 06.**

<b>parois</b>	<b>Types</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Orientation</b>	<b>k<sub>été</sub> (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>ΔT<sub>e</sub> (t) (°C)</b>	<b>Δt<sub>Inc</sub>(t) (°C)</b>	<b>A (W)</b>
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	12,11	N	1,32	15,3	-	293,488
	<b>MDC</b>	12,11	O	1,32	11,75	-	225,391
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							518,879
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							280,02
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							975,36
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							431,37
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							602,64
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>2808,269</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E1 07.**

<b>parois</b>	<b>Types</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Orientation</b>	<b>k<sub>été</sub> (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>ΔT<sub>e</sub> (t) (°C)</b>	<b>Δt<sub>Inc</sub>(t) (°C)</b>	<b>A (W)</b>
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	15,192	E	1,32	7,71	-	185,53
	<b>MSC</b>	4,1972	N	1,2	-	20	100,732
<b>Portes</b>	<b>Bois</b>	3,718	N	3,5	-	20	260,76
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							547,022
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							538,65
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							961,92
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							284,947
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							740,22
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>3072,759</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E1 08.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,818	E	1,32	7,71	-	166,78
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							166,78
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							538,65
Apports internes AI(t) (W)							322,94
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							370,08
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							797,36
Σ AP(t) (W)							<b>2195,81</b>

Apports à travers les différentes parois de l'E1 09.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	25,496	O	1,32	11,75	-	474,31
	MDC	18,762	S	1,32	11,2	-	332,852
	MSC	10,21	N	1,2	-	20	245,04
	MSC	12,688	E	1,2	-	20	304,512
Portes	Bois	11,44	-	3,5	-	20	800,8
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							2157,514
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							1212,9
Apports internes AI(t) (W)							5594,64
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>S</sub> (t) (W)							1237,3
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>S</sub> (t) (W)							753,304
Σ AP(t) (W)							<b>10955,658</b>

Apports à travers les différentes parois de l'E1 10.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	25,282	N	1,32	15,3	-	612,714
	<b>MDC</b>	36,33	E	1,32	7,71	-	443,685
	<b>MSC</b>	3,838	S	1,0	-	20	92,112
<b>Terrasse</b>	-	145,37	-	1,02	-	17	2520,715
<b>Portes</b>	<b>Bois</b>	5,72	-	3,5	-	20	400,4
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							4069,626
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							3720,715
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							10083,64
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							2799,47
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							2483,164
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>23156,615</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 01.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	12,158	E	1,32	7,71	-	147,895
	<b>MDC</b>	12,11	O	1,32	11,75	-	225,391
	<b>MDC</b>	25,282	S	1,32	11,2	-	448,522
	<b>MDC</b>	18,819	N	1,2	-	20	454,041
<b>Terrasse</b>	-	114,93	-	1,02	-	17	1992,886
<b>Portes</b>	<b>Bois</b>	5,72	-	3,5	-	20	400,4
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							3669,135
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							1880,93
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							6260,12
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							2213,275
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							1880,52
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>15903,98</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 02.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{inc}}$ (t) (°C)	A (W)
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	23,158	E	1,32	7,71	-	282,32
	<b>MSC</b>	25,078	S	1,2	-	20	601,872
	<b>MSC</b>	25,8	O	1,2	-	20	619,358
<b>Terrasse</b>	-	62,79	-	1,02	-	17	1088,778
<b>Portes</b>	<b>Bois</b>	5,72	-	3,5	-	20	400,4
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							2992,728
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							280,02
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							5452,52
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							2010,463
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							1277,87
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>12013,601</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 03.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{inc}}$ (t) (°C)	A (W)
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	4,816	O	1,32	11,75	-	89,635
	<b>MSC</b>	7,256	N	1,2	-	20	174,144
	<b>MSC</b>	16,284	E	1,2	-	20	390,816
	<b>MSC</b>	15,93	S	1,2	-	20	283,32
<b>Terrasse</b>	-	21,84	-	1,02	-	17	378,70
<b>Portes</b>	<b>Bois</b>	3,718	-	3,5	-	20	260,26
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							1576,875
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							533,83
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							1491,52
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							420,58
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							150,66
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>4173,465</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 04.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{inc}}$ (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	18,762	N	1,32	15,3	-	454,7
	MDC	12,464	O	1,32	11,75	-	231,97
	MSC	7,256	S	1,2	-	20	174,144
Terrasse	-	29,25	-	1,03	-	17	507,65
Portes	Bois	3,718	-	3,5	-	20	260,26
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>1628,724</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>538,65</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>2167,08</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air ARES(t) (W)</b>							<b>563,284</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>301,32</b>
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>4660,408</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 05.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{inc}}$ (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,464	O	1,32	11,75	-	231,97
	MSC	4,424	E	1,2	-	20	103,176
Terrasse	-	13,5	-	1,02	-	17	234,09
Portes	Bois	3,718	-	3,5	-	20	260,26
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>829,496</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>538,65</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>1324,72</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air ARES(t) (W)</b>							<b>259,97</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>301,32</b>
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>3254,156</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 06.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	12,678	O	1,32	11,75	-	235,962
	<b>MSC</b>	12,688	E	1,2	-	20	304,512
	<b>MSC</b>	15,93	N	1,2	-	20	382,32
<b>Terrasse</b>	-	36,44	-	1,02	-	17	631,86
<b>Portes</b>	<b>Bois</b>	3,718	-	3,5	-	20	260,26
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>1814,914</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>1326,9</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>1114,84</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							<b>701,74</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							<b>451,98</b>
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>5410,374</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 07.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
<b>Murs</b>	<b>MDC</b>	9,204	S	1,32	11,2	-	163,286
	<b>MDC</b>	12,818	O	1,32	11,75	-	238,568
<b>Terrasse</b>	-	13,32	-	1,02	-	17	230,968
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>632,822</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>538,65</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>652,44</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							<b>256,51</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							<b>301,32</b>
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>2381,742</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 08.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Terrasse	-	21,6	-	1,02	-	17	374,544
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>374,544</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>1345,4</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							<b>415,96</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							<b>40,45</b>
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>2176,354</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 09.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	15,192	E	1,32	7,71	-	185,53
	MDC	4,1972	N	1,32	15,3	-	100,732
Terrasse	-	15,08	-	1,02	-	17	262,701
Portes	Bois	3,718	-	3,5	-	20	260,26
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>809,223</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>538,65</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>961,92</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>S</sub>(t) (W)</b>							<b>284,947</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>S</sub> (t) (W)</b>							<b>740,22</b>
<b>Σ AP(t) (W)</b>							<b>3334,96</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 10.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,11	O	1,32	11,75	-	225,391
	MDC	12,11	N	1,32	15,3	-	293,488
Terrasse	-	22,4	-	1,02	-	17	388,416
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							907,295
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							280,02
Apports internes AI(t) (W)							975,36
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>s</sub> (t) (W)							431,37
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>s</sub> (t) (W)							602,64
Σ AP(t) (W)							<b>3196,685</b>

Apports à travers les différentes parois de l'E2 11.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	k <sub>été</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT <sub>e</sub> (t) (°C)	Δt <sub>Inc</sub> (t) (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,818	E	1,32	7,71	-	166,78
Terrasse	-	14,13	-	1,02	-	17	245,014
Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)							411,794
Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)							538,65
Apports internes AI(t) (W)							322,94
Apports dus au renouvellement de l'air AREN <sub>s</sub> (t) (W)							370,08
Apports dus aux infiltrations d'air AINF <sub>s</sub> (t) (W)							797,36
Σ AP(t) (W)							<b>2440,824</b>

Apports à travers les différentes parois de l'E2 12.

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}(t)$ (°C)	A (W)
Murs	MDC	12,11	O	1,32	11,75	-	225,391
	MDC	13,526	S	1,32	11,2	-	239,262
	MSC	13,628	N	1,2	-	20	327,072
Terrasse	-	32,65	-	1,02	-	17	566,151
Portes	Bois	3,718	-	3,5	-	20	260,26
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>1618,136</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>981,37</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>1811,12</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>s</sub>(t) (W)</b>							<b>628,760</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>1277,87</b>
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>6317,256</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 13.**

parois	Types	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation	$k_{\text{été}}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$\Delta T_e$ (t) (°C)	$\Delta t_{\text{Inc}}(t)$ (°C)	A (W)
Murs	MDC	7,154	S	1,32	11,2	-	126,917
	MSC	4,778	E	1,2	-	20	114,672
Terrasse	-	15,07	-	1,02	-	17	261,311
Portes	Bois	3,718	-	3,5	-	20	260,26
<b>Apports à travers les parois opaques APO(t) (W)</b>							<b>763,16</b>
<b>Apports à travers les parois vitrées AV (t) (W)</b>							<b>538,65</b>
<b>Apports internes AI(t) (W)</b>							<b>386,04</b>
<b>Apports dus au renouvellement de l'air AREN<sub>s</sub>(t) (W)</b>							<b>289,63</b>
<b>Apports dus aux infiltrations d'air AINF<sub>s</sub> (t) (W)</b>							<b>370,08</b>
<b><math>\Sigma</math> AP(t) (W)</b>							<b>2347,56</b>

**Apports à travers les différentes parois de l'E2 14.**