REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master
Département de Génie Mécanique

Filière : Génie civil
Spécialité : Equipement de l'habitat

Etude d'une installation de chauffage centrale Pour un centre de formation professionnelle et d'apprentissage située dans la ville de Ouamri, (willaya de Médéa)

Présenté par

TRIFI Fouad

BAITAOUI Ishak

Proposé et Dirigé par

Dr Chiba Younes

CO Pr Dr KEZRANE Mohamed

Promotion: 2019

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail a:

*mon frère défunt "**Trifi Mouhamed**"*

Ma très cher mère qui s'est sacrifiée pour que je grandisse avec savoir faire et une patience irremplaçables.

Ma très cher père qui a tout fait pour mon bien et qui a orienté mon chemin

merci chères parents

bien sur Je dédie ce modeste travail a:

*Ma très chère épouse qui m'as soutenu et rester à mes côtés même dans les moments les plus difficile, à mes enfant **Lina Manel** et **Abderrahmane***

que dieu me les gardes.

Mes frères: Djamel, et Redha et mes Sœur: Sabrina et Habiba, Souhila

*Tout la famille **Trifi** et **Gueddoire.***

Sur tout mes amis: Massmi, Minassri, Ali, Mohamed ,Souddani,

djamel,.....etc.

Et tout l'équipe des spécialité Equipment de l'habitat

promotion 2018-2019

Fouad

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail a:

Ma très cher mère qui s'est sacrifiée pour que je grandisse avec savoir faire et une patience irremplaçables.

Ma très cher père qui a tout fait pour mon bien et qui a orienté mon chemin

Merci chères parents

que dieu me les gardes.

Bien sur Je dédie ce modeste travail a:

tout la famille BAITAOUI.

Et tout mes amis.

Et tout l'équipe des spécialité Equipment de l'habitat

promotion 2018-2019

ISHAK

Remerciement

بسم الله الرحمن الرحيم

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم "من لم يشكر الناس لم يشكر الله و من أسدى إليكم معروفا فكافئوه فإن لم تستطيعوا فأدعو له"

Nous rendons grâce a dieu de nous avoir donner pour accomplir ce travail.

*Nos vifs remerciements a notre promoteur "**Dr Chiba Younes**" pour leurs précieux conseils ainsi que leur aide, encouragement et orientation, et notre Co-promoteur **Messieurs KHAZRANE** sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Je remercie également **Monsieur ZIRARI** chef de et département et tout au corps professoral et administratif de la Faculté des Sciences et technologie, département génie mécanique, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Et n'oublier pas Me **Bouraai Yahia** que leur aide.*
On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Et enfin a touts celles qui nous a aidé de prés ou de loin a la réalisation de ce travail.

MERCI A TOUS ET A TOUTES.

Résumé

ملخـــص

لقد أخذت التطورات العلمية والأبحاث التكنولوجية مسارا متقدما في جميع الاختصاصات ، وذلك لراحة الإنسان وخدمته من أجل توفير الطاقة و المحافظة على البيئة و مراعاة الأعباء التي تثقل كاهل الإنسان،
خصص ضمن كل التطورات في جميع مجالات البحث العلمي دراسة وتصميم نظام التدفئة المركزية. و لقد ركزنا في عملنا على دراسة وتصميم نظام التدفئة المركزية في مركز التكوين المهني و التمهين .
كنا مهتمين بشكل خاص حساب ميزان الحرارة وأبعاد نظام التدفئة المطلوب لضمان معايير الراحة الحرارية لشاغلي المبنى خلال فترة الشتاء .كما تم تناول مشكلة فقدان الحرارة والهبوط في الدائرة الهيدروليكية في هذه الدراسة.
الكلمات المفتاحية : انتقال الحرارة ،التكثف , موازنة حرارية، التدفئة المركزية , تنظيم , شبكة التحجيم

Résumé

Les développements scientifiques et les recherches technologiques ont évolué dans toutes les spécialités pour la commodité et le service des êtres humains, afin d'économiser de l'énergie et de préserver l'environnement, tout en tenant compte de la charge qui pèse sur l'homme,
Tous les développements dans tous les domaines de la recherche scientifique sont consacrés à l'étude et à la conception du système de chauffage central. Nous avons concentré nos travaux sur l'étude et la conception du système de chauffage central du Centre de formation et de réadaptation professionnelles.
Nous nous sommes particulièrement intéressés à la mise en place ducalcule thermomètre et aux dimensions du système de chauffage nécessaires pour assurer les normes de confort thermique pour les occupants du bâtiment en hiver. Le problème des pertes de chaleur et de l'atterrissage dans le circuit hydraulique a également été abordé dans cette étude.
Mots-clés: transfert de chaleur, condensation, bilan thermique, chauffage central, régulation, dimensionnement des mailles

Summary

Scientific developments and technological research have evolved in all specialties for the convenience and service of human beings, in order to save energy and preserve the environment, while taking into account the burden on the environment. man,
All developments in all areas of scientific research are devoted to the study and design of the central heating system. We focused our work on the study and design of the central heating system of the Center for Vocational Training and Rehabilitation.
We were particularly interested in setting up the thermometer and the dimensions of the heating system needed to ensure thermal comfort standards for building occupants in winter. The problem of heat loss and landing in the hydraulic system was also addressed in this study.
Keywords: heat transfer, condensation, heat balance, central heating, regulation, mesh sizing

Sommaire

INTRODUCTION GENERAL……..……..1

Chapitre I: DESCRIPTION DU PRODJET

I-1- Introduction:.....03

I-2- Présentation du projet:.....03

I-3- Le but du projet:.....03

I-4- La Situation géographique:.....03

I-5- Zone climatique:.....04

I-6- Conditions de base:.....04

I-7-Paramètre Climatique:.....04

I-7-1-condition extérieur:.....05

I-7-2- condition intérieur:.....05

I-8- Description de centre de formation professionnelle et d'apprentissage:.....06

Chapitre II: CALCUL THERMIQUE ET ETUDE DE LA CONDENSATION

II-1- Les Modes de transmission de la chaleur:.....13

II-1-1- Transfert Par Conduction:.....13

II-1-2- Transfert Par Convection:.....14

II-1-3- Transfert Par Rayonnement:.....15

II-2- Valeurs Des Coefficients De Transfert De Chaleur Superficiels Intérieurs Et Extérieurs:.....16

II-3- Calcul des coefficients globaux de transfert de chaleur:.....16

II-4- Caractéristiques thermiques :.....16

II-4-1- Calcul thermique de paroi :.....16

II-4-2- Calcul de Coefficient de transmission thermique d'une paroi K:.....16

II-4-3- Application au projet:.....17

II-4-3-1- Mur extérieur:.....17

II-4-3-2- Mur intérieur (entre locaux):.....18

II-4-3-3- Mur intérieur (contact avec circulation):.....19

II-4-3-4- Plancher entre étage :.....20

II-4-3-5- Plancher sur sol:.....21

II-4-3-6- Toitures:.....22

II-5- Etude de la stabilité thermique.....23

II-4-3-7- Menuiserie (Portes et fenêtres):.....23

II-5-1- La résistance minimale Rmin.....24

II-5-2- Application au projet:.....24

II-6- Etude De La Condensation : 25
II-6-1- La condensation superficielle: 25
II-6-2- Application Au Projet: 26
II-6-3- La condensation dans la masse : 27
II-6-4- Détermination du risque de condensation dans une paroi «Diagramme de Glaser»: 27
II-6-5- Application au projet: 28
II-6-6- Détermination des pressions partielles: 30
II-6-6-1- Mur extérieur en double cloison M.D.C de33cm 30
II-6-6-2 -Pour la toiture: 33
II-6-7- Remarque Générale : 36
Chapitre III: CALCUL DES DEPERDITIONS
III-1- Introduction: 38
III-2- Méthode de calcul du bilan thermique en période hivernale: 38
III-3- Présentation du document technique règlement (DTR) 38
III-3-1-Objet de DTR; 38
III-3-2-Domaine d'application: 39
III-3-3-Déperditions par transmission: 39
III-4-Calcul du bilan hivernal: 42
III-4-1-Calcul des températures des locaux non chauffés: 42
III-4-2-Exemple de calcul d'un local: 42
III-4-3-Vérification: 47
Chapitre IV: CHOIX DE SYSTEME DE CHAUFFAGE
IV-1-De quelle base en choisie un système de chauffage: 49
IV-2- Un système de chauffage se décompose en quatre parties : 49
IV-3- Les différents systèmes de chauffage : 49
IV-4- Les avantages et les inconvénients de chaque système de chauffage: 50
IV-5- Choix des radiateurs a eau chaude : 51
IV-6- Les différents types de radiateurs: 52
IV-6-1- Radiateurs a basse température: 52
IV-6-2- Radiateurs haute température: 52
IV-7- Les Modèles des radiateurs a eau chaude : 52
IV-7-1- Les radiateurs en fonte: 52
IV-7-2- Les radiateurs en acier: 53
IV-7-3 -Les radiateurs en aluminium: 53
IV-8- Les choix des radiateurs pour notre centre: 53
IV-9- La Chaudière : 56
IV-9-1- Définition: 56

IV-9-2- Les différents types de Chaudière:.....57
IV-9-3- Comment choisir sa Chaudière ?.....57
IV-9-4- Comment calculer la puissance d'un Chaudière ?.....58
IV-9-5- CARACTERISTIQUES CHAUDIERE SELON RT 2005 (catalogue de CHAPEE).....59
IV-9-6- Installation d'une Chaudière:.....59
IV-9-7-Dimensionnement De La Chemine:.....59
IV-9-7-1- La chemine:.....59
IV-9-7-2- Calcule de dimensionnement de la chemine:.....60
IV-9-7-3- Application au projet.....60
IV-9-8- La chaufferie.....61
IV-9-8-1- Calcul de la ventilation de la chaufferie.....61
IV-9-8- 2- Vase d'expansion:.....61
IV-9-8-3- Calcul de la contenance en eau de l'installation:.....62
IV-9-8-4- Calcul de volume d'expansion:.....62
IV -10- Choix de la pompe de circulation :.....64
Chapitre V: CALCUL DU RESEAU DE TUYAUTERIES
V-1- Introduction:.....67
V-2- Réseau a eau chaude:.....67
V-2-1- L'objectif du calcul d'un réseau de chauffage:.....67
V-2-2- Calcul du réseau de tuyauteries:.....67
V-3- Les pertes de charges linéaires et les pertes de charge singulières:.....68
V-3-1- Les pertes de charges linéaires:.....68
V-4- Calcul et dimensionnement de notre réseau:.....68
V-4-1- Explication de la méthode de travail:.....68
V-4-2- Condition de l'équilibrage:.....68
Chapitre VI: SYSTEME DE RUGULATION
VI-1- Introduction.....77
VI-2-1- Domaine d'application.....77
VI-2-3- Comment fonctionne les systèmes de régulation et de programmation du chauffage?**Erreur ! Signet no**
A- Le système de régulation:.....77
B- La programmation:.....77
VI-3- Quels sont les différents équipements de régulation ?.....78
Pour le chauffage à eau chaude.....78
VI-5-1 Thermostat.....78
VI-5-2- La Sonde numérique.....79
VI-5-3- Vanne:.....79
VI-6- Choix du mode de régulation.....88

VI-6-1- La régulation individuelle.....80
VI-6-2- La régulation d'ensemble.....80
VI-7- Application au projet.....80
CONCLUSION GENERALE.....83
IMPLANTATION DES RADIATEURS
REFERONCE BIBLIOGRAPHIQUES
ANNEXE

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableaux	Désignation	Page
Tableau (I-1)	Conditions extérieures de base d'après	05
Tableau (I-2)	Conditions climatiques intérieurs d'après	05
Tableaux (I-3)	Répartition des locaux (rez-de-chaussée)	06
Tableaux (I-4)	Répartition des locaux (1ére étage)	07
Tableau (II-1)	Résistance des différentes couches de la paroi extérieur	18
Tableau (II-2)	Résistance des différentes couches du mur intérieur	19
Tableau (II-3)	Résistance des différentes couches du mur intérieur (contact avec circulation)	20
Tableau (II-4)	Résistance des différentes couches du plancher entre étage	21
Tableau (II-5)	Résistance des différentes couches du plancher sur sol	22
Tableau (II-6)	Résistance des différentes couches de la toiture	23
Tableau (II-7)	Valeur de coefficient K pour les fenêtres et les portes	23
Tableau (II-08)	Vérification de la condition (Rparoi >Rmin) pour chaque type de paroi extérieure	25
Tableau (II-09)	Donnant les pressions de saturations de différentes températures	28
Tableau (II-10)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	29
Tableau (II-11)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	29
Tableau (II-12)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	30
Tableau (II-13)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	30
Tableau (II-14)	Résistance de chaque couche de la paroi extérieur	31
Tableau (II-15)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	31
Tableau (II-16)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	33
Tableau (II-17)	Résistance de chaque couche de la paroi extérieur	34
Tableau (II-18)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	34
Tableau (II-19)	Les pressions partielles au niveau des interfaces	36
Tableau (III-1)	Coefficient a, b, c, d, e	42
Tableau (III-2)	Températures des locaux non chauffées du RDC	42
Tableau (III-3)	Températures des locaux non chauffées de ler Etage.	42
Tableau (III-4)	Résultats de calcule des déperditions thermiques pour les locaux (rez-de-chaussée)	45
Tableau(III-5)	Résultats de calcule des déperditions thermiques pour les locaux (1er étage)	46
Tableau(III-6)	Déperditions thermiques total	47
Tableau (IV-1)	Choix des radiateurs pour (rez-de-chaussée)	55
Tableau (IV-2)	Choix des radiateurs pour (1ére étage)	56
Tableau (IV-3)	Coefficient de dilatation de l'eau	63
Tableau (IV-4)	A partir de ces paramètres on choisi la vase sur le catalogue salmson	64

Tableau (IV-5)	Les caractéristiques de la pompe de circulation (Annexe Tableau C4)	65
Tableau (V-1)	Des pertes de charge pour le circuit de l'RDC	71
Tableau (V-2)	Des pertes de charge pour le circuit de 1er Etage	73
Tableau (V-3)	On a la tronçon le plus défavorable	75

Liste des figures

Liste des figures

Figure	**Désignation**	**Page**
Figure (I-1)	Vue par satellite du site de centre a située dans la ville de Ouamri, (willaya de Médéa)	04
Figure (I-2)	Plan du RDC	08
Figure (I-3)	Plan du ler étage	09
Figure (I-4)	Plan du façades principal	10
Figure (I-5)	Coupe des Plan A-A	11
Figure (II-1)	Conduction	13
Figure (II-2)	Principe de la convection	14
Figure (II-3)	Rayonnement	15
Figure (II-4)	Vue en coupe d'un mur extérieur double cloison	17
Figure (II.5)	Vue en coupe d'un mur intérieur entre locaux.	18
Figure (II-6)	Vue en coupe d'un mur intérieur en contact avec circulation.	19
Figure (II-7)	Vue en coupe d’un plancher entre étage.	20
Figure (II-8)	Vue en coupe d’un Plancher sur sol.	21
Figure (II-9)	Vue en coupe d’une toiture (terrasse)	22
Figure (II-10)	Diagramme de GLASER pour mure ext 33 cm pour ti=21(°C)	32
Figure (II-11)	Diagramme de GLASER pour mure ext 33 cm pour ti=18(°C)	33
Figure (II-12)	Diagramme de GLASER toiture pour ti=21(°C)	35
Figure (II-13)	Diagramme de GLASER toiture pour ti=18(°C)	36
Figure (III-1)	Exemple de calcul d’un local (Magasin RDC)	43
Figure (IV-1)	Radiateur savane en fonte	54
Figure (IV-2)	CHAUDIERE	59
Figure (IV-3)	Cheminé	60
Figure (IV-4)	Vase d’expansion	64
Figure (IV-5)	Pompe de circulation SALMSON	65
Figure (V-1)	Isométrie des corps de chauffe rez-de-chaussée [11].	78
Figure (V-2)	Isométrie des corps de chauffe 1er étage [11].	79
Figure (V-3)	Implantation du radiateur plan RDC	75
Figure (V-4)	Implantation du radiateur plan 1er étage	76
Figure (VI-1)	Thermostat numérique	82
Figure (VI-2)	Sonde de température numérique	83
Figure (VI-3)	Vanne à trois voit	83
Figure (VI-4)	Schéma de principe de l'installation de chauffage	85

Liste de Nomoclature

SIGNE	NOMINALE DE SIGNE	UNITE
λ	coefficient de conductivité thermique	$W/m^2.$ ºC
e	épaisseur de la paroi	m
S	surface d'échange	m^2
t_1	températures des corps chaud	ºC
t_2	températures des corps froid	ºC
h_c	coefficient de convection	$W/m^2.$ºC
Q	flux de chaleur de chaleur	W
h_r	coefficient d'échange superficiel par rayonnement	$W/m^{2.}$°C
q	caractérise le flux de chaleur par rayonnement	W/m^2
T_1-T_2	températures de surface de la paroi et du fluide respectivement	°C
R_{th}	résistance thermique de la paroi	$m^2.$ºC/W
h_i	coefficient de transfert de chaleur superficiel intérieur	$W/m^{2.}$°C
h_e	coefficient de transfert de chaleur superficiel extérieur	$W/m^{2.}$°C
ei	épaisseur de la $I^{ér}$ couche	m
λi	conductivité thermique de la $I^{èr}$ couche	W/ m.ºC
k	coefficient de transfert de chaleur	$W/m^{2.}$°C
R_n	résistance thermique de couche considérée	m2.°C/W
φ_i	l'humidité intérieure	%
φ_e	l'humidité extérieure	%
P_{si}	la pression de saturation intérieure	Kps
P_{se}	la pression de saturation extérieure	Kps
P_{pi}	la pression partielle intérieure	Kps
M	débit massique	kg/s
P	différance de pression entre deux couches exprimées	Kps
π	coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau	Kg/ms
Qtr	Déperditions par transmission	W
Z	coefficient de majoration	-
ZH	Majoration pour l'orientation	%
ZU	Majoration pour interruption	%
Za	Majoration.	-
SIGNE	NOMINALE DE SIGNE	UNITE
Qv	Déperdition par ventilation	W

H	La caractéristique d'immeuble	-
R	La caractéristique du local	-
(al) a	La perméabilité des fenêtres et portes au vent.	m
Ze	le facteur de majoration pour les fenêtres d'angles	-
N	nombre des occupants	-
Qs	chaleur sensible dégagé par personne	W
QL	chaleur latente	W
N	puissance de machine électrique	KW
Qéc	Apports dû à l'éclairage	W
H	est le coefficient de déperditions thermique de la pièce	(W/°C).
ΔTn	est la déférence de température normalisée du corps de chauffe, et ayant pour valeur générale 60	°C
n	n : représente le pourcentage de dilatation de l'eau, la valeur de n est donnée dans le	%
H	est le coefficient de déperditions thermique de la pièce	W/°C
Pf	la pression finale de l'installation, inferieure à la pression d'ouverture de la soupape de sécurité	(bar).
Pdo	la pression de début d'ouverture	Bar
ΔPdo	la différence de pression entre la pression de l'installation et la pression de début d'ouverture	Bar
λ	le coefficient de perte de charge linéaire	-
L	la longueur de la conduite parcourue	m
D	diamètre de la conduite parcourue	mm
P	la masse volumique de fluide considérée à la température T	Kg/m^3
V	la vitesse parcourue par le fluide	m/s

Introduction général

Introduction Générale:

Les installations de chauffage ont pour rôle de maintenir en hiver tout local où séjournent des êtres humains à une température donnée. on devrait dire plus exactement qu' elle consiste à compenser les pertes calorifiques du corps humain pendant la saison froid en réchauffant son environnement de façon à réaliser un équilibre entre production de chaleur et déperdition et assurer ainsi le bien-être physique de l'être humain.
Le chauffage central est devenu au fil des temps une nécessite pour les êtres humains, afin de se protéger contre le froid de l'environnement extérieur qui les entourent.
Le chauffage central est le système de chauffage le plus utilise actuellement, son efficacité à produire une chaleur capable de fournir une température intérieur de confort, avec un fluide caloporteur possédant des caractéristiques très intéressantes tel que l'eau le résultat est appréciable.
Et avec les nouvelles technologies de régulation électrique et les constructions neuves possédant une très bonne protection thermique, le confort apporté par ces installations est de plus en plus élevé.

Le corps humain est un organisme qui nécessite physiologiquement une température constante de 37C°, c'est le bien-être autrement dit le confort.

L'utilisation du chauffage a pour but de compenser les pertes calorifiques du corps humain pendant la saison froide en réchauffant son environnement de façon à réaliser un équilibre entre la production de chaleur et les déperditions, et assurer également le bien-être de l'être humain.

Le chauffage est l'action de transmettre de l'énergie thermique à un objet, un matériau ou à l'air ambiant, on distingue le chauffage à des fins de confort thermique et le chauffage à des fins industrielles.

Le confort thermique est assuré principalement par le chauffage des locaux et volumes de vie ainsi que par le chauffage de l'eau chaude sanitaire.

L'objectif du chauffage ou bien le but est d'améliorer le confort thermique d'un espace à vivre, un système de chauffage consomme de l'énergie et la restitue sous forme de chaleur.

Le terme de chauffage peut designer aussi tous les systèmes destinées à assurer l'augmentation de température d'une pièce à vivre ou d'un processus de fabrication.

Plan de ce modeste présentation contient introduction général et six (06) chapitre

chapitre 1- DESCRIPTION DU PROJET

chapitre 2- CALCUL THERMIQUE ET ETUDE DE LA CONDENSATION

chapitre 3- CALCULE DES DEPERDITIONS

chapitre 4-CHOIX DE SYSTEM DE CHAUFFAGE

chapitre 5- CALCUL DU RESEAU DE TUYAUTERIES

chapitre 6- SYSTEME DE REGULATION

Et en fin une conclusion.

Chapitre I

DESCRIPTION DU PROJET

I-1- Introduction

Pour faire un étude bien précis d'une installation du chauffage ou de 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 chauffer) ainsi que les conditions thermiques de base de l'air qui est en contact avec l'immeuble à conditionner et les données thermiques y afférent.

Le bilan énergétique annuel d'une installation de conditionnement d'air dépend des consignes adoptées consternants la température, l'humidité et la pureté de l'air à l'intérieur du local.

Pour effectuer le calcul des installations de chauffage il faut d'abord déterminer les charges thermiques maximales, pour ce faire il est nécessaire de préciser la condition extérieure et Intérieure d'après **[1].**

I-2- Présentation du projet

Le thème de notre mémoire est l'étude d'une installation de chauffage d'un centre de formation professionnelle et d'apprentissage a située dans la ville de Ouamri (willaya de Médéa) au nord de l'Algérie, le locale à chauffer est constitué d'un rez-de-chaussée (RDC) et un étages (E1), et contient: halle d'entré, des bureaux, salle de réunion, salle de prier, des classes, dégagement, magasin, et sanitaires.

I-3- Le but du projet

Le but de cette étude est de définir les besoins en énergie thermique à compenser en hiver, et de choisir les équipements convenables 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-4- La Situation géographique

Avent 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 : Médéa ;
- La commune : Ouamri ;
- 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 la ville de Ouamri, Willaya de Médéa, au nord sud d'Alger.



Figure (I-1): Vue par satellite du site de centre de formation professionnelle et d'apprentissage a située dans la ville de Ouamri, (willaya de Médéa) d'après **[11].**

I-5- Zone climatique

La détermination de la zone climatique à considérer pour le projet (bâtiment à chauffer) se fait selon la classification thermique (hivernale et estivale) des communes d'Algérie donnée dans l'annexe (tableau I.1).

Dans notre cas le projet se situe dans la zone climatique B (annexe tableau A1), 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-6- Conditions de base

Les conditions de base auront une influence directe sur le bilan thermique (voir chapitre calcul thermique et étude de la condensation) de l'installation de chauffage, 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 hiver).
- conditions intérieures de base (en hiver).

I-7-Paramètre Climatique

Le bilan énergétique annuel d'une installation de conditionnement d'air dépend des consignes adoptées consternants la température, l'humidité et la pureté de l'air à l'intérieur du local.

Pour effectuer le calcul des installations de chauffage il faut d'abord déterminer les charges thermiques maximales, et pour ce faire il est nécessaire de préciser la condition extérieure et intérieure d'après la référence**[1].**

I-7-1-condition extérieur

Les conditions sont déterminées d'après des données météorologiques géographique (zone B), ces dernières sont résumés dans le tableau (I-1).

I-7-2- condition intérieur

Les conditions intérieures de base sont des valeurs minimales ou maximales qui ne doivent pas être dépassés tant que les conditions extérieures ne dépassent pas elles même les valeurs de base.

Elles sont déterminées en fonction des conditions du confort.

Les conditions intérieures sont résumées dans le tableau (I-2).

Tableau (I-1) : Conditions extérieures de base d'après [1] (Annexe Tableau A-2)

					Période hivernale	
Zone	Altitude (m)	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Ecart diurne (°C)	t° de base (°C)	L'humidité Relative (%)
B	**740**	**36.23**	**2.56**	**15**	**01**	**80**

Tableau (I-2) : Conditions climatiques intérieurs d'après [1]

DESIGNATION	PERIODE HIVERNALE	
	ti (°c)	**φ (%)**
Dégagement, Sanitaire.	**16**	**50**
Halle d'entré, des bureaux, salle de réunion, salle de prier, des classes, Magasin.	**21**	**50**

I-8- Description de centre de formation professionnelle et d'apprentissage

Nous présentons les différents locaux et le plan de notre bâtiment (centre de formation professionnelle et d'apprentissage).Il comporte le rez-de-chaussée et un étages.

Les différents locaux et leur caractéristique sont résumés dans les tableaux **I-3, I-4**:

Tableaux (I-3) : Répartition des locaux (Rez-de-chaussée)

N° DE LOCAUX	DESIGNATION	SURFACE (m2)	Hauteurs (m)
R1	Magasin	99,43 m^2	3,21
R2	Bureau intendante	16,88 m^2	3,21
R3	Secrétariat intendante	24,90 m^2	3,21
R4	Bureau responsable inte	24,21 m^2	3,21
R5	Bureau inte	13,54 m^2	3,21
R6	Bureau D'accueille	59,00 m^2	3,21
R7	Hall d'entrée	52,92 m^2	3,21
R8	Bureau surveillante géne	26,70 m^2	3,21
R9	Bureau 02 ATP	13,54 m^2	3,21
R10	Secrétariat ATP (A)	20,45 m^2	3,21
R11	Bureau Responsable ATP (A)	27,17 m^2	3,21
R12	Bureau 01 ATP (A)	19,36 m^2	3,21
R13	Bureau 01 ATP (R) (01)	20,69 m^2	3,21
R14	Bureau ATP (R)	26,31 m^2	3,21
R15	Secrétariat ATP (R)	24,37 m^2	3,21
R16	Bureau responsable ATP	26,64 m^2	3,21
R17	Salle de prier	32,37 m^2	3,21
Surface Totale		**528,48 m2**	**3,21**

Tableaux (I-4) : Répartition des locaux (1ére Etage)

N° DE LOCAUX	DESIGNATION	SURFACE (m^2)	Hauteurs(m)
E1-1	Classe N°04	56,50 m^2	3,21
E1-2	Classe N°05	69,62 m^2	3,21
E1-3	Bureau Secrétariat	15,17 m^2	3,21
E1-4	Bureau Directeur 01	16,00 m^2	3,21
E1-5	Bureau Directeur 02	15,58 m^2	3,21
E1-6	Bureau Responsable ATM	14,87 m^2	3,21
E1-7	Classe N°03	48,02 m^2	3,21
E1-8	Bureau	11,60 m^2	3,21
E1-9	Classe N°02	44,47 m^2	3,21
E1-10	Classe N°01	55,91 m^2	3,21
E1-11	Bureau ATM	29,32 m^2	3,21
E1-12	Bureau ATM	27,60 m^2	3,21
E1-13	Salle de réunion	48,62 m^2	3,21
E1-14	Bureau ATM	27,81 m^2	3,21
E1-15	Bureau ATM	30,46 m^2	3,21
Surface Totale		**511,55 m^2**	**3,21**

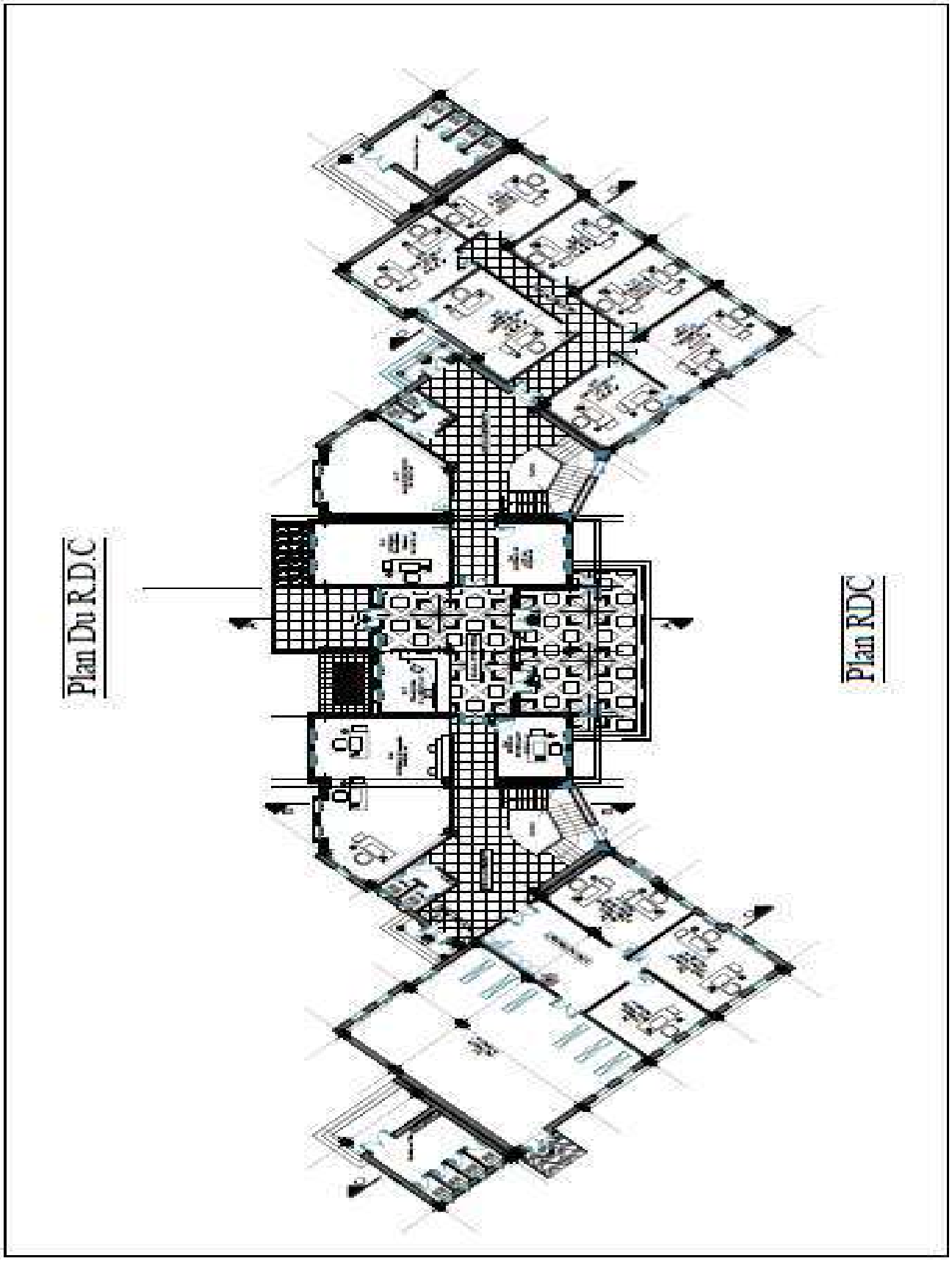


Figure (I-2) : Plan du RDC

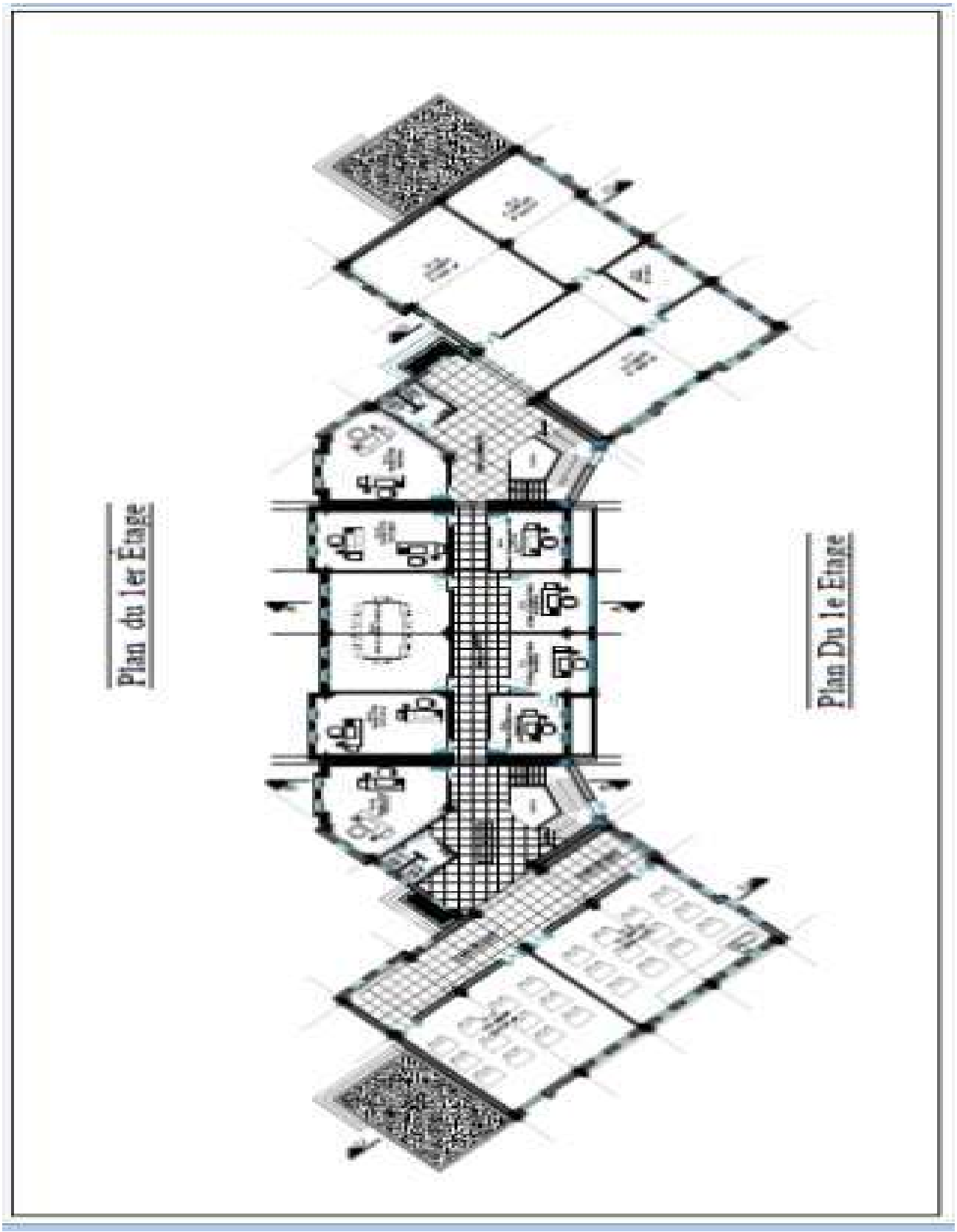


Figure (I-3) : Plan du 1er étage

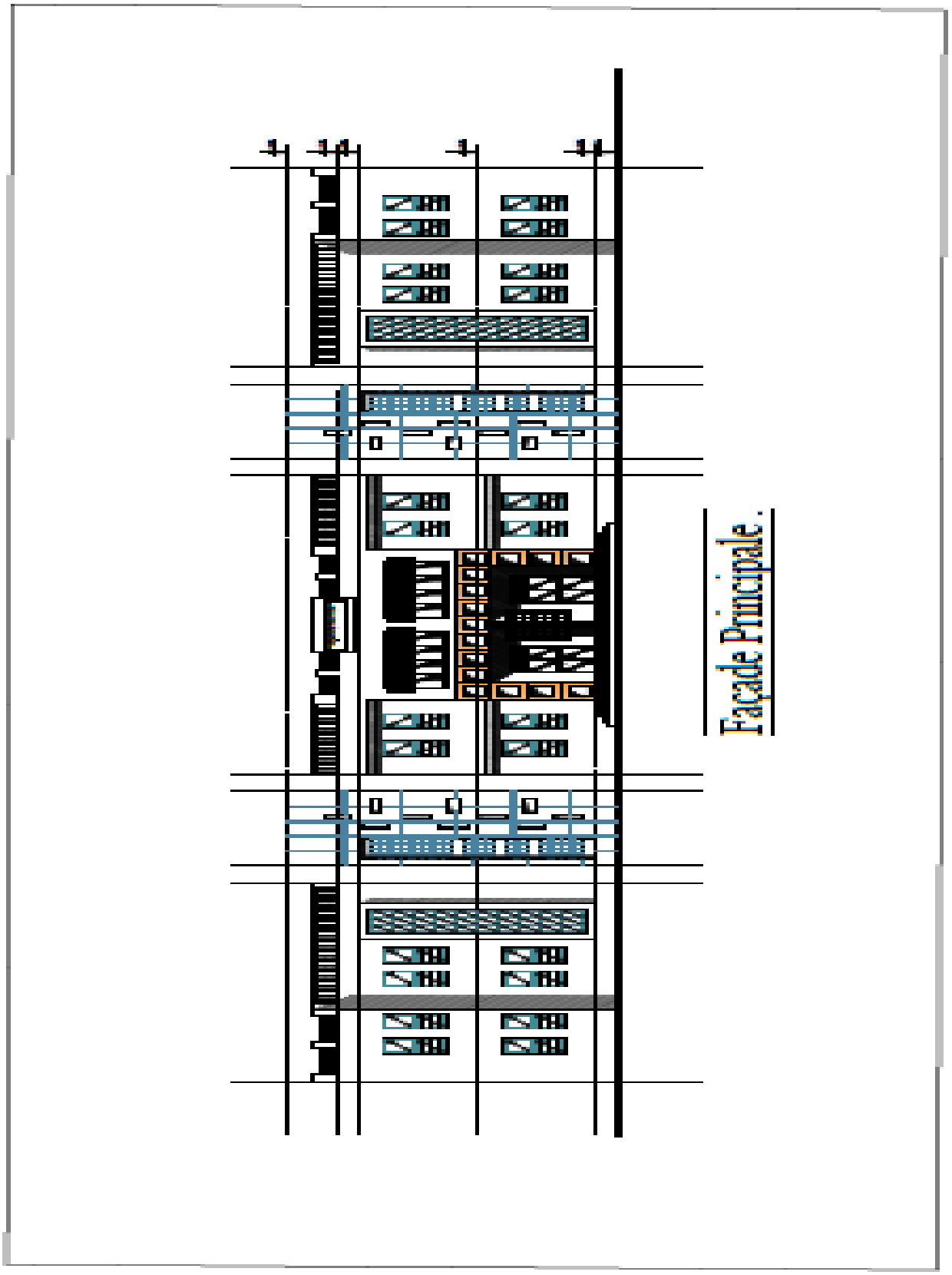


Figure (I-4) : Plan du façades principal

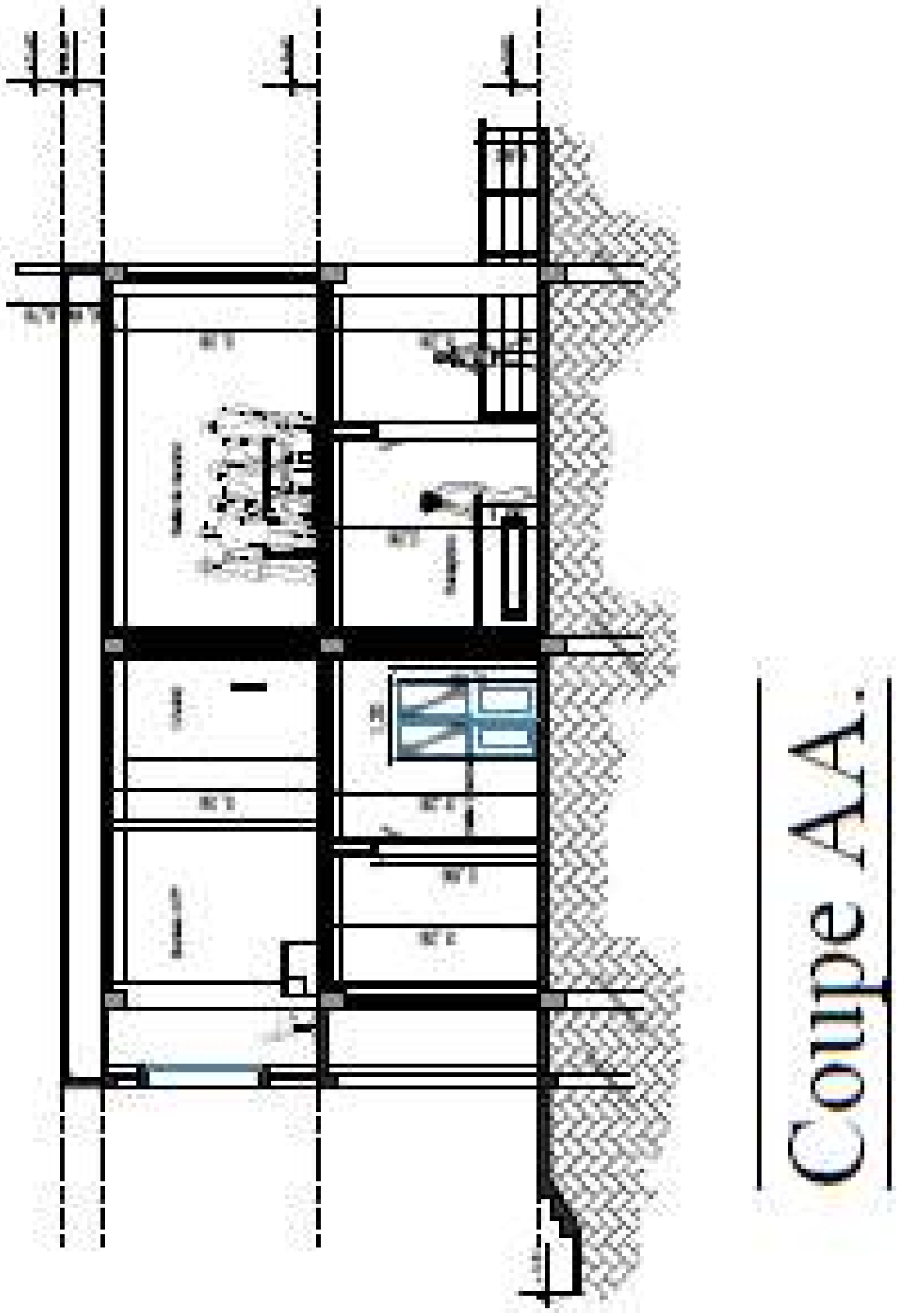


Figure (I-5) : coupe des Plan A-A

Chapitre II

CALCUL THERMIQUE ET ETUDE DE LA CONDENSATION

II-1- Les Modes de transmission de la chaleur

On distingue trois modes de transfert thermiques (transmission de la chaleur) : la conduction, la convection et le rayonnement.

II-1-1- Transfert Par Conduction

Ce mode de transmission par conduction assure un bon transfert de chaleur à travers les solides, ou bien les fluides au repos.

Par exemple:

Lorsqu'on chauffe un barreau métallique à l'une de ses extrémités, l'autre extrémité s'échauffe progressivement. Si l'on chauffe suffisamment longtemps, l'objet métallique aura la même température en tout point. La chaleur s'est propagée à partir de l'extrémité chauffée dans tout le reste du matériau. Le barreau métallique a "conduit" de la chaleur : cette propriété s'appelle la conduction thermique. Si l'on arrête subitement de chauffer l'extrémité du barreau métallique, la température diminuera progressivement puis le barreau retrouvera sa température initiale en l'occurrence celle de l'air ambiant. La chaleur transmise à travers les murs ou le plancher d'une maison se fait par conduction thermique. Les bons conducteurs de chaleur sont souvent de bons conducteurs électriques. Dans les métaux, la conduction fait intervenir les électrons libres qui les rendent bons conducteurs de la chaleur. En revanche dans les isolants, la conduction se fait mal. En résumé, il y a une forte correspondance entre les propriétés thermiques et électriques des solides. La conduction s'observe aussi dans des fluides au repos mais elle est beaucoup plus faible que dans un métal. De plus, elle est souvent dominée par la convection.

le passage chaleur se faisant par contact entre particules (atomes ou molécules) voisines. La matière se comporte véritablement comme un conducteur de la chaleur, La quantité de la chaleur est déterminée par la loi de FOURIER pour un régime permanent



Figure (II-1) : **Transfert de chaleur Par Conduction.**

Loi De Fourier:

$Q_{cond} = (\lambda / e) .S. (T_1-T_2)$.....(II-1).

• Q : flux de chaleur transmise par conduction et exprimé en (w).

• λ : coefficient de conductivité thermique et exprimé en (w/m^2. ºC).

• e : épaisseur de la paroi en (m).

• T_1-T_2: différance de températures des corps chaud et froid respectivement exprimée en (ºC).

• S : surface d'échange exprimée en (m^2).

II-1-2- Transfert Par Convection

Le transfert de chaleur par convection se produit entre deux phases dont l'une est généralement au repos et l'autre en mouvement en présence d'un gradient de température.

Par suite de l'existence du transfert de chaleur d'une phase à l'autre, il existe dans la phase mobile des fractions du fluide ayant des températures différentes. Le mouvement du fluide peut résulter de la différence de masse volumique due aux différences de températures (on parle alors de convection libre ou naturelle) ou à des moyens purement mécaniques (on parle alors de convection forcée). Lorsqu'un fluide est en écoulement, une partie du transfert de chaleur dans le fluide se fait également par conduction et dans le cas d'un fluide transparent, un transfert de chaleur par rayonnement peut accompagner les deux transferts précédents.

La quantité de la chaleur est donnée par la loi de NEWTON**[2]**.

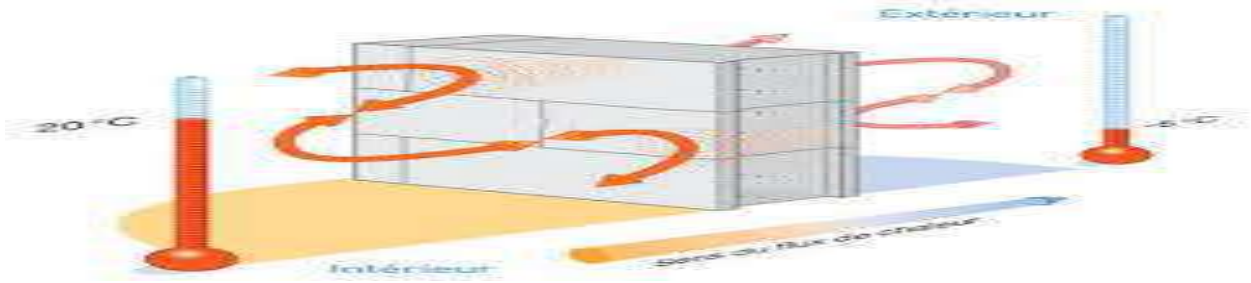


Figure (II-2) : **Principe Transfert de chaleur Par convection.**

La Loi De Newton:

$Q_{conv} = hc. S. (T_1-T_2)$.....(II-2).

• Q_{conv} : flux de chaleur transmise par convection exprime en (w).

• hc : coefficient de convection exprime en (w/m2.ºC).

• S : surface d'échange exprime en (m^2).

• T_1-T_2: températures du corps solide respectivement exprime en (ºC).

II-1-3- Transfert Par Rayonnement

Cet échange de chaleur attribué à l'émission, par la matière du fait de sa température, d'ondes électromagnétiques est appelé rayonnement thermique, il ne nécessite pas la présence d'un milieu intermédiaire matériel. Le rayonnement thermique est caractérisé par des longueurs d'ondes comprises entre, il inclut le domaine du visible (ondes lumineuses ou lumière de et n'occupe qu'une faible portion du spectre d'ondes électromagnétiques,

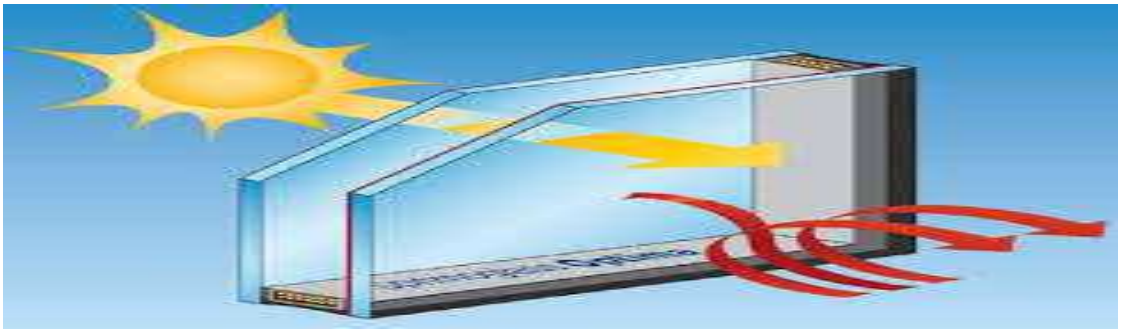


Figure (II-3) : Transfert de chaleur Par Rayonnement.

La quantité de chaleur rayonnée est déterminée par la relation suivante :

$Q_{ray}= h_r . S. (T_1-T_2)$ .....(II-3).

• Q_{ray} : la quantité de chaleur rayonnée exprime en (w).

• h_r : coefficient d'échange superficiel par rayonnement exprime en ($w/m^2.ºC$).

• T_1-T_2: températures de surface de la paroi et du fluide respectivement exprime en (k).

h_r : est donné par la relation suivante :

$h_r =q/(T_1-T_2)$.....(II-4).

Avec : $q=C ((T1/100)^4-(T2/100)^4)$.....(II-5).

• q : caractérise le flux de chaleur par rayonnement exprime en (w/m^2)

• C : coefficient de rayonnement entre la surface de la paroi et le fluide.

• T_1et T_2 : températures de surface de la paroi et du fluide respectivement exprime en(c).

On se placera dans la situation du régime permanent pour le flux de chaleur, c'est-à-dire qu'on se place dans le cas où la propagation de la chaleur se fait sans accumulation : tout le flux est transmis intégralement.

II-2- Valeurs Des Coefficients De Transfert De Chaleur Superficiels Intérieurs Et Extérieurs

Généralement les coefficients d'échange de thermique par rayonnement et par convection sont rassemblés dans un seul coefficient d'échange de chaleur superficiel intérieur ou extérieur.D'après **[2]**.

•Pour un flux horizontal		h_i=9,09 (w/m^2. ºC)	h_e=16,66 (w/m^2.ºC)
•Pour un flux vertical	* flux ascendant	h_i=11,11(w/m^2.ºC)	h_e=20 (w/m^2.ºC)
	*flux descendant	hi=05,88(w/m^2.ºC)	he=20 (w/m^2.ºC)

II-3- Calcule des coefficients globaux de transfert de chaleur

Le coefficient de transmission global (k) d'une paroi plane comportant une couche ou plusieurs couches se détermine par la formule suivant : d'après **[3]**.

$k = 1 / R_{th} = 1 / ((1/h_i) + \sum (e_i / \lambda_i) + (1/ h_e)$.....(II-6).

- R_{th} : résistance thermique de la paroi exprime en (m^2.ºC/w).
- h_i : coefficient de transfert de chaleur superficiel intérieur exprimé en (w/m^2.ºC)
- h_e : coefficient de transfert de chaleur superficiel extérieur exprimé en (w/m^2.ºC)
- e_i : épaisseur de la I^{ème} couche exprimée en (m).
- λ_i : conductivité thermique de la I^{ème} couche exprimer en (w/m.ºC).

II-4- Caractéristiques thermiques

II-4-1- 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.

II-4-2- Calcul de Coefficient de transmission thermique d'une paroi K

Il est représenté ci-contre une paroi composée d'une seule couche **[3]**:

Son coefficient de transmission thermique K est calculé comme suit :

$$K= \frac{1}{Ri+R+Re}$$.....(II-7).

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 :

$$K = \frac{1}{Rtot} \quad \text{.....(II-8).}$$

Tel que: Rtot = Ri + Σ R + Re

Donc : $$K = \frac{1}{Ri+\Sigma R+Re} \quad \text{.....(II-9).}$$

Avec : $$Ri = \frac{1}{hi} Re = \frac{1}{he} R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{.....(II-10).}$$

II-4-3- 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.

II-4-3-1- 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

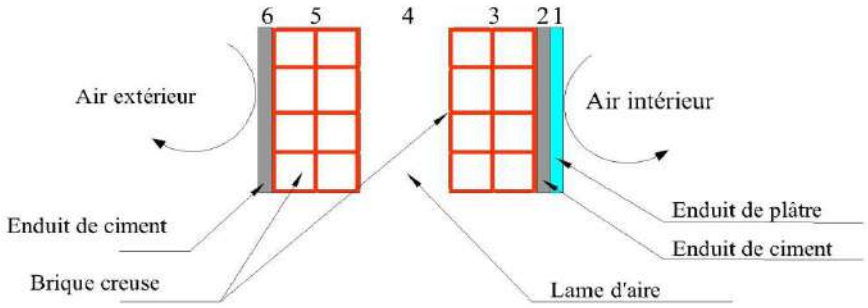


Figure (II-4): Vue en coupe d un mur extérieur double cloison

Tableau (II-1) : Résistance des différentes couches de la paroi extérieur.

N° de la Couche	Désignation	e	λ	R
		m	w/m.°c	m^2°c/w
01	Enduit de plâtre	0,005	0,35	0,014
02	Enduit de ciment	0,015	1,4	0,011
03	Brique creuse	0,1	0,48	0,208
04	Lame d'aire	0,1	0,625	0,160
05	Brique creuse	0,1	0,48	0,208
06	Enduit de ciment	0,015	01,4	0,011
			∑ Rtot=	**0,612**

Le coefficient de transmission thermique K :

Ri= 0,11 m^2 °C/ W Re = 0,06 m^2 °C/ W

A.N:

$$K = \frac{1}{Ri+Rtot+Re} = \frac{1}{0,11+0,612+0,06}$$

K_{hiver}= 1,27 (W/ m^2°C)

II-4-3-2- 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.

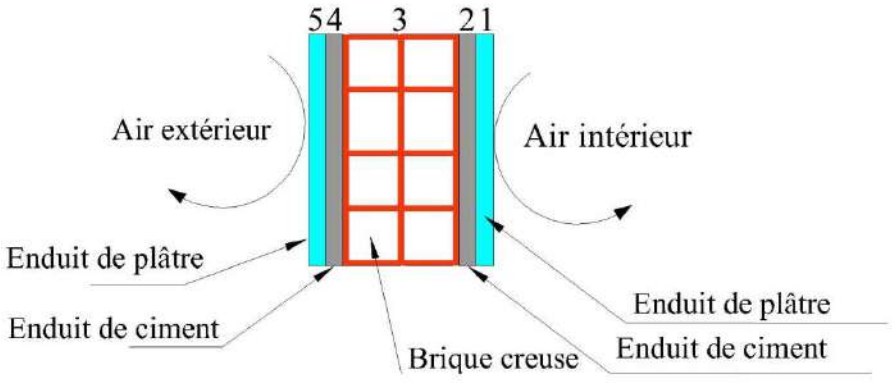


Figure II.5 : vue en coupe d'un mur intérieur entre locaux.

Tableau (II-2): Résistance des différentes couches du mur intérieur.

N° de la Couche	Désignation	e	λ	R
		m	w/m.°c	m^2°c/w
01	Enduit de plâtre	0,005	0,35	0,014
02	Enduit de ciment	0,015	1,4	0,010
03	Brique creuse	0,1	0,48	0,208
04	Enduit de ciment	0,015	1,4	0,010
05	Enduit de plâtre	0,005	0,35	0,014
			∑ Rtot=	**0,256**

Le coefficient de transmission thermique K :

R_i= 0,11 m^2 °C/ W R_e = 0,11 m^2 °C/ W

A.N:

$$K = \frac{1}{Ri+Rtot+Re} = \frac{1}{0,11+0,256+0,11}$$

K_{hiver}= 2,34(W/ m^2°C)

II-4-3-3- Mur intérieur (contact avec circulation)

Le mur intérieur est composé de 7 couches, allant de la surface intérieure du mur versla 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.

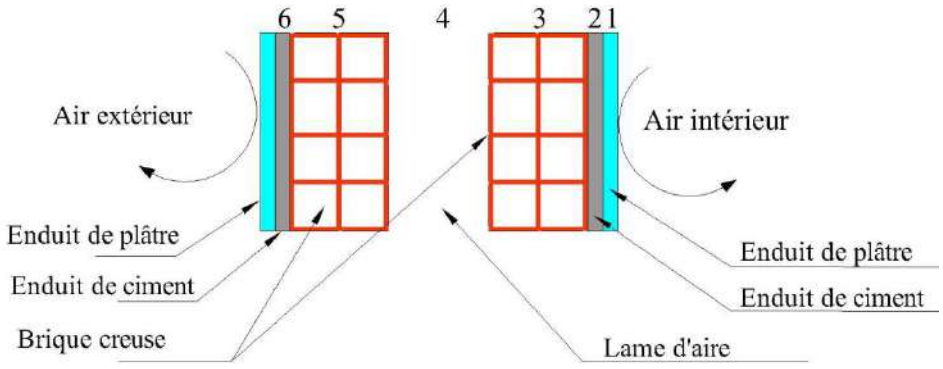


Figure (II-6) : vue en coupe d'un mur intérieur en contact avec circulation.

Tableau (II-3) : Résistance des différentes couches du mur intérieur (contact avec circulation).

N° de la Couche	Désignation	e	λ	R
		m	w/m.°c	m^2°c/w
01	Enduit de plâtre	0,005	0,35	0,014
02	Enduit de ciment	0,015	1,4	0,010
03	Brique creuse	0,1	0,48	0,208
04	Lame d'aire	0,1	0,625	0,160
05	Brique creuse	0,1	0,48	0,208
06	Enduit de ciment	0,015	01,4	0,010
07	Enduit de plâtre	0,005	0,35	0,014
			∑ Rtot=	**0,624**

Le coefficient de transmission thermique K :

R_i= 0,11 m^2 °C/ W R_e = 0,11 m^2 °C/ W

A.N:

$$K = \frac{1}{Ri+Rtot+Re} = \frac{1}{0,11+0,624+0,11}$$

K_{hiver}= 1,18(W/ m^2°C)

II-4-3-4- 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

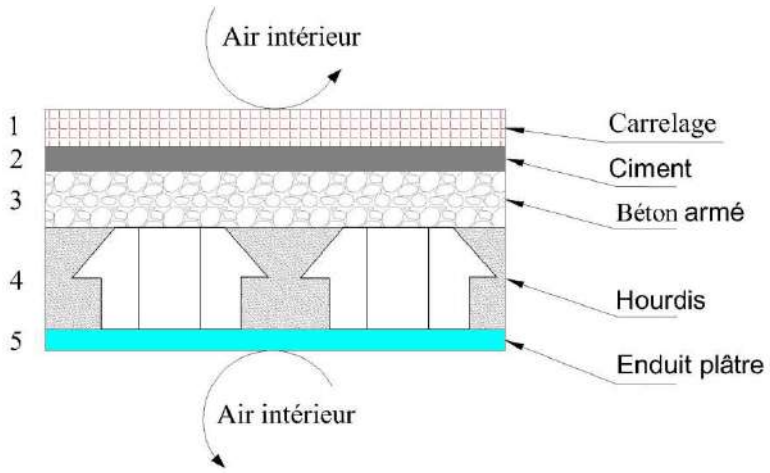


Figure (II-7) : vue en coupe d'un plancher entre étage.

Tableau (II-4): Résistance des différentes couches du plancher entre étage.

N° de la Couche	Désignation	e	λ	R
		m	w/m.°c	m^2°c/w
01	Carrelage	0,025	0,55	0,045
02	Ciment	0,025	1,4	0,017
03	Béton armé	0,1	1,75	0,057
04	Hourdis	0,1	0,98	0,102
05	Enduit de plâtre	0,005	0,35	0,014
			∑ Rtot=	**0,235**

Le coefficient de transmission thermique K :

R_i= 0,17 m^2 °C/ W R_e = 0,17 m^2 °C/ W

A.N:

$$K = \frac{1}{Ri+Rtot+Re} = \frac{1}{0,17+0,235+0,17}$$

K_{hiver}= 1,73(W/ m^2°C)

II-4-3-5- 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.

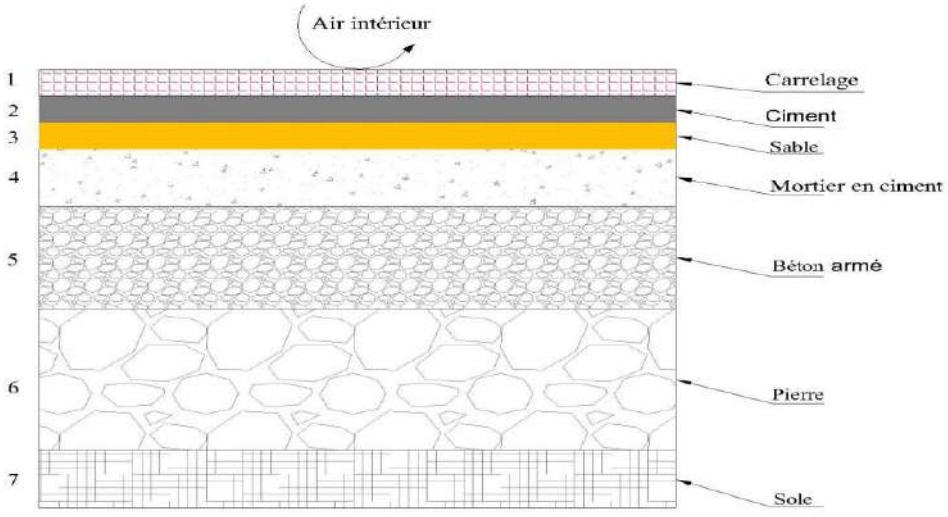


Figure (II-8): vue en coupe d'un Plancher sur sol.

Tableau (II-5): Résistance des différentes couches du plancher sur sol.

N° de la Couche	Désignation	e	λ	R
		m	w/m.°c	m^2°c/w
01	Carrelage	0,025	0,55	0,045
02	Ciment	0,025	1,4	0,017
03	Sable	0,025	0,67	0,037
04	Mortier en ciment	0,075	1,4	0,053
05	Béton armé	0,15	1,75	0,085
06	Pierres	0,33	2,67	0,123
07	Sol	0,17	2,43	0,069
			∑ Rtot=	**0,429**

Le coefficient de transmission thermique K :

R_i= 0,17 m^2 °C/ W R_e = 0,17 m^2 °C/ W

A.N:

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

K_{hiver}= 1,30(W/ m^2°C)

II-4-3-6- 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.

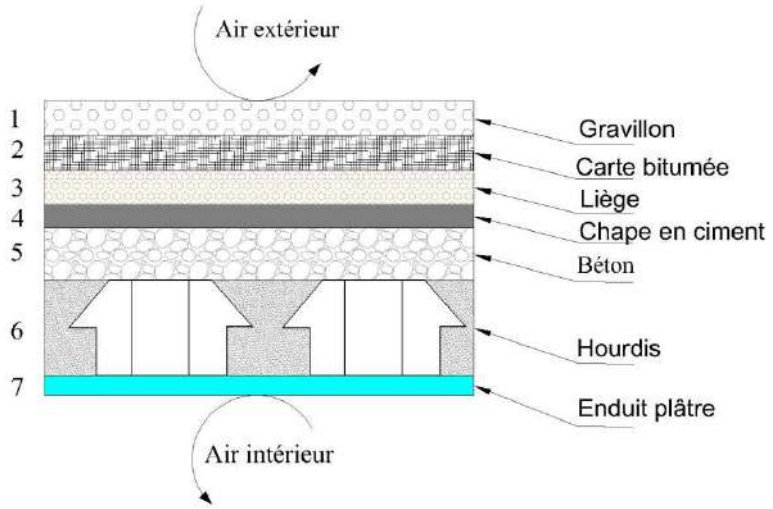


Figure (II-9): vue en coupe d'une toiture (terrasse.)

Tableau (II-6) : Résistance des différentes couches de la toiture.

N° de la Couche	Désignation	e	λ	R
		m	w/m.°c	m^2°c /w
01	Gravillon	0,02	0,95	0,021
02	Carte bitumée	0,03	0,2	0,150
03	Liège	0,02	0,06	0,333
04	Chape en ciment	0,01	1,63	0,006
05	Béton	0,2	1,75	0,114
06	Hourdis	0,1	0,98	0,102
07	Enduit plâtre	0,01	0,35	0,028
			∑ Rtot=	**0,754**

Le coefficient de transmission thermique K :

R_i= 0,09 m^2 °C/ W R_e = 0,05 m^2 °C/ W

A.N:

$$K = \frac{1}{Ri+Rtot+Re} = \frac{1}{0,09+0,754+0,05}$$

K_{hiver}= 1,11(W/ m^2°C)

II-4-3-7- Menuiserie (Portes et fenêtres)

Tableau (II-7): Valeur de coefficient K pour les fenêtres et les portes (Annexe Tableau A.2)

Désignation		K (W/ m^2°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

II-5- Etude de la stabilité thermique:

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

II-5-1- La résistance minimale R_{min}

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

$$R_{min} = \frac{n\,(Ti - Te)}{hi.\Delta\theta\ max} \quad \text{(II-11).}$$

Avec :

T_i: La température de l'air intérieur (℃).

T_e: La température extérieure (℃).

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

n: Coefficient donne en fonction du positon 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.

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

$\Delta\boldsymbol{\theta}_{max}$ = 5 ℃ pour les murs extérieurs.

$\Delta\boldsymbol{\theta}_{max}$ = 4,5 ℃ pour les terrasses.

On doit vérifie

$$R_{paroi} > R_{min} \quad \text{Avec} \quad R_{paroi} = \frac{1}{K}\ (m^2.°C / w) \quad \text{(II-12).}$$

II-5-2- Application au projet

Mur extérieur en double cloison M.D.C de 33cm:

T_i = 21 ℃ T_e = 1℃ h_i= 9,09 n = 1 $\Delta\boldsymbol{\theta}_{max}$ = 5 ℃ .

$R_{min} = \frac{1x\,(21-1)}{9.09\ x\ 5} \Rightarrow R_{min}$ =0.44 m².°C / w

K=1,27 w/m^2°c $R_{paroi} = \frac{1}{K} \Rightarrow R_{paroi}$ = 0,612 m².℃ /w

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

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

Tableau (II-08): vérification de la condition (Rparoi >Rmin) pour chaque type de paroi extérieure de la construction.

Paroi	Ti °c	Te °c	ΔT °c	K w/m^2°c	$\Delta\theta_{max}$ °c	n	h_i w/m^2. °C	R_{paroi} m^2.°C /w	R_{min} m^2.°C /w	$R_{paroi}>R_{min}$
Mur Extérieur	21	01	20	1.27	5	1	9,09	0.612	0.440	**vérifiée**
Toiture	21	01	20	1.11	4.9	0.9	9,09	0.754	0.404	**vérifiée**
Planche Sur sol	21	10	11	1.3	4.9	0.9	5.88	0.429	0.343	**vérifiée**

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

II-6- 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 apparait 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) intérieur set extérieurs ne varient pas.

L'étude de ces phénomènes est base sur deux points essentielle:

- ✓ Condensation superficielle.
- ✓ Condensation dans la masse.(a l'intérieur même des parois)

II-6-1- La condensation superficielle

Elle se manifeste sur les faces intérieur des parois externes durant la période hivernale à cause de la différence de température de l'air ambiant et de la paroi où la température de cette dernière est inférieur à celle de rosé de la vapeur contenue dans l'air.

θ_i est donné par la relation suivante :

$$\theta_i = Ti - \frac{1}{hi}(T_i - T_e)\, Ks\ (°C) \quad \text{.....(II-13).}$$

Ou :

T_i : La température intérieure du local (℃)

h_i : Le coefficient d'échange superficiel de la surface intérieure (m^2.℃ / w)

T_e: La température extérieure (°C).

Ks: Le coefficient de transmission surfacique de la paroi (w/m^2℃).

Des condensations superficielle se manifesteront sur la face intérieure des parois si la température superficielle est supérieur au point de rose et inferieure de l'ambiance intérieure (**Ti > θ i >Tr**).

II-6-2- Application Au Projet

1- Mur extérieur en double cloison M.D.C de 33 cm:

1er Cas : (ti = 21°c)

On a :

Ti = 21 ℃ et Te = 1℃ ⎫ ⇒ **Tr = 07,63 ℃** Annexe Tableau B.8. ou bien programme de

φ = 50% ⎭ calcule la température de rose KEFA system.com Français, d'après **[13]**.

θ_i= 21 - 0,11 (21 - 1) 1,27 = 18,20℃

θ_i = 18,20℃ > Tr = 07,63 ℃

2eme Cas (ti = 18:°c)

On a :

Ti = 18℃ et Te = 1℃ ⎫ ⇒ **Tr = 5,26 ℃**

φ = 50% ⎭

θ_i= 18 - 0,11 (18 - 1) 1,27 = 15,62℃

θ_i = 15,62℃ > Tr = 05,26℃

2- Toitures:

1er Cas : (ti = 21:°c)

On a :

Ti = 21 ℃ et Te = 1℃ ⎫ ⇒ **Tr = 08,37℃**

φ = 50% ⎭

θ_i= 21 - 0,09 (21 - 1) 1,11 = 19 ,00℃

θ_i = 19,00℃ > Tr = 08,37 ℃

2eme Cas (ti = 18:°c)

On a :

Ti = 18℃ et Te = 1℃ ⎫ ⇒ **Tr = 5,89 ℃**

φ = 50% ⎭

θ_i= 18 - 0,09 (18 - 1) 1,11 = 16 ,30℃

θ_i = 16,30℃ > Tr = 05,89℃

Remarque:

Dans les deux cas applique ou projet la température superficielle est supérieur a la température de rose alors on peut dure n' pas d'un condensation superficielle.

II-6-3- La condensation dans la masse

Les matériaux de construction ont une perméabilité à la vapeur d'eau contenue dans l'air, le passage de la vapeur est effectué a travers les parois de la partie haute pression vers la plus basse pression .

Soit une paroi extérieur d'un local qui sépare deux ambiances ont des température différent durant l'hiver , ce type de condensation sous l'effet de la différence de la température et de la pression partielle entre l'intérieur et l'extérieur ainsi s'établie un flux de vapeur d'eau .

La vérification de la condensation dans la masse .s'effectue graphiquement par le diagramme de « GLASER » ,qu'il est basé sur l'étude de la variation de la pression partielle de la vapeur à travers les couches de la paroi ainsi que la pression de saturation de cette vapeur.

Cette détermination est basée sur l'étude de variation de la pression de saturation « **Ps**» comparée à la pression partielle «**Pv**» de la vapeur d'eau a travers la paroi.

méthode de vérification la condensation dans la masse

- ✓ Calcul des température des interfaces du mur .
- ✓ Détermination des pressions de saturation de chaque couche.
- ✓ Détermination des pressions partielle de chaque couche.
- ✓ Tracer le Diagramme de GLAZER .

II-6-4- 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 a 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 utilisé pour évaluer les risques de condensation dans la masse des parois.

On a utilisé le tableau de pression de saturation suivant: (**ASHRAE-1997**) **Fundamentals Handbook(S1)**..... .....(Annexe A-5)

Tableau (II-09) : donnant les pressions de saturations de différentes températures

Ts (°c)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ps (pa)	**611**	**657**	**706**	**758**	**813**	**872**	**935**	**1002**	**1072**	**1148**	**1228**
Ts (°c)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ps (pa)	**1312**	**1402**	**1497**	**1598**	**1705**	**1818**	**1938**	**2064**	**2197**	**2338**	**2487**

II-6-5- Application au projet:

A- Calcul des températures de saturation aux interfaces des couches de la paroi:

A-1- Mur extérieur en double cloison M.D.C de 33cm

a) contact avec l'extérieur pour (t=21°c) , θ_i = 18,20℃

$$T_j = \theta_i - K\left(\frac{ej}{\lambda j}\right).(T_i - T_e) \quad (℃)$$

Donc :

$T_1 = 18{,}20 - 1{,}27\left(\frac{0{,}005}{0{,}35}\right).(21-01) \Rightarrow T_1 = 17{,}84$ (℃)

$T_2 = 17{,}48 - 1{,}27\left(\frac{0{,}015}{1{,}4}\right).(21-01) \Rightarrow T_2 = 17{,}57$ (℃)

$T_3 = 17{,}57 - 1{,}27\left(\frac{0{,}1}{0{,}48}\right).(21-01) \Rightarrow T_3 = 12{,}27$ (℃)

$T_4 = 12{,}27 - 1{,}27\left(\frac{0.1}{0.625}\right).(21-01) \Rightarrow T_4 = 8{,}21$ (℃)

$T_5 = 8{,}21 - 1{,}27\left(\frac{0.1}{0.48}\right).(21-01) \Rightarrow T_5 = 2{,}92$ (℃)

$T_6 = 2{,}92 - 1{,}27\left(\frac{0.015}{1.4}\right).(21-01) \Rightarrow T_6 = 2{,}65$ (℃)

$T_e = 01$ (℃)

Détermination des pressions de saturation

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

Tableau (II-10): Les pressions saturation au niveau des interfaces.

e (m)	/	0,005	0,015	0,1	0,1	0,1	0,015	/
T °c	21	17,84	17,57	12,27	8,21	2,92	2,65	1
Ps (Kpa)	2,487	2,486	2,290	1,820	1,746	1,274	1,076	0,657

b) Contact avec l'extérieur pour (t=18°c), θ_i = 15,62℃

$$T_j = \theta_i - K\left(\frac{ej}{\lambda j}\right).(T_i - T_e) \quad (℃)$$

Donc :

T_1= 15,62 - 1,27($\frac{0,005}{0,35}$).(18– 01) ⇒ T_1= 15,31 (℃)

T_2= 15 ,31 - 1,27($\frac{0,015}{1,4}$).(18– 01) ⇒ T_2= 15,08 (℃)

T_3= 15,08 - 1,27($\frac{0,1}{0,48}$).(18– 01) ⇒ T_3= 10,58 (℃)

T_4= 10,58 - 1,27($\frac{0.1}{0.625}$).(18– 01) ⇒ T_4= 7,13 (℃)

T_5=7 ,13 - 1,27($\frac{0.1}{0.48}$).(18– 01) ⇒ T_5= 2,63 (℃)

T_6= 2,63 - 1,27($\frac{0.015}{1.4}$).(18– 01) ⇒ T_6= 2,40 (℃)

T_e = 01 (℃)

Détermination des pressions de saturation :

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

Tableau (II-11): Les pressions saturation au niveau des interfaces.

e (m)	/	0,005	0,015	0,1	0,1	0,1	0,015	/
T °c	18	15 ,31	15,08	10,58	7,13	2,63	2,40	1
Ps (Kpa)	2,064	1,531	1,464	1,307	1,229	1,125	1,059	0,657

A-2- Pour toiture :

a- Contact avec l'extérieur pour (t=21°c) , θ_i = 19,00℃

T_j= θ_i - K ($\frac{ej}{\lambda j}$).(T_i – T_e) (℃)

Donc :

T_1= 19,00 - 1,11($\frac{0,02}{0,95}$).(21– 01) ⇒ T_1= 18,53 (℃)

T_2= 18 ,53 - 1,11($\frac{0,03}{0,2}$).(21– 01) ⇒ T_2= 15,20 (℃)

T_3= 15,20 - 1,11($\frac{0,02}{0,06}$).(21– 01) ⇒ T_3= 7,80 (℃)

T_4= 7,80 - 1,11($\frac{0.01}{1.63}$).(21– 01) ⇒ T_4= 7,66 (℃)

T_5= 7,66 - 1,11($\frac{0.2}{1.75}$).(21– 01) ⇒ T_5= 5,13 (℃)

T_6= 5,13 - 1,11($\frac{0.1}{0.98}$).(21– 01) ⇒ T_6= 2,86 (℃)

T_7= 2,86 - 1,11($\frac{0.01}{0.35}$).(21– 01) ⇒ T_7= 2,23 (℃)

T_e = 01 (℃)

Détermination des pressions de saturation

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

Tableau (II-12): Les pressions saturation au niveau des interfaces.

e (m)	/	0,02	0,03	0,02	0,01	0,2	0,1	0,01	/
T(°c)	21	18,53	15,20	7,80	7,67	5,13	2,86	2,23	1
Ps (Kpa)	2,485	2,137	1,763	1,055	1,045	0,879	0,752	0,719	0,657

b-Contact avec l'extérieur pour (t=18°c) , θ_i = 16,30℃

$$T_j = \theta_i - K\left(\frac{ej}{\lambda j}\right).(T_i - T_e) \quad (℃)$$

Donc :

$T_1 = 16,30 - 1,11\left(\frac{0,02}{0,95}\right).(18 - 01) \Rightarrow T_1 = 15,90$ (℃)

$T_2 = 15,90 - 1,11\left(\frac{0,03}{0,2}\right).(18 - 01) \Rightarrow T_2 = 13,07$ (℃)

$T_3 = 13,07 - 1,11\left(\frac{0,02}{0,06}\right).(18 - 01) \Rightarrow T_3 = 6,78$ (℃)

$T_4 = 6,78 - 1,11\left(\frac{0.01}{1.63}\right).(18 - 01) \Rightarrow T_4 = 6,67$ (℃)

$T_5 = 6,67 - 1,11\left(\frac{0.2}{1.75}\right).(18 - 01) \Rightarrow T_5 = 4,51$ (℃)

$T_6 = 4,51 - 1,11\left(\frac{0.1}{0.98}\right).(18 - 01) \Rightarrow T_6 = 2,58$ (℃)

$T_7 = 2,58 - 1,11\left(\frac{0.01}{0.35}\right).(18 - 01) \Rightarrow T_7 = 2,05$ (℃)

$T_e = 01$ (℃)

Détermination des pressions de saturation

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

Tableau (II-13): Les pressions saturation au niveau des interfaces.

e (m)	/	0,02	0,03	0,02	0,01	0,2	0,1	0,01	/
T °c	21	15,90	13,07	6,78	6,67	4,51	2,58	2,05	1
Ps (Kpa)	2,485	1,809	1,511	0,999	0,991	0,856	0,748	0,721	0,657

II-6-6- Détermination des pressions partielles

II-6-6-1- Mur extérieur en double cloison M.D.C de33cm

1er cas t=21°c

$\varphi = \frac{Pv}{Ps} \Rightarrow Pv = \varphi \times Ps$ (pa)

$P_{vi} = P_{si} \times \varphi_{int} = 2487 \times 0,5 = 1243,50$ pa $\qquad P_{vi} = 1243,5$ pa

$P_{ve} = P_{se} \times \varphi_{ext} = 657 \times 0,8 = 525,6$ pa $\qquad P_{ve} = 525,6$ pa

Tableau (II-14): résistance de chaque couche de la paroi extérieur.

Les couches	e (m)	λ (w / m.℃)	R (m^2.℃ /w)	π	e/π (m^2.s / Kg)
1	0,005	0,35	0,014	0,013	0,38
2	0,015	1,4	0,010	0,005	3,00
3	0,1	0,48	0,208	0,014	7,14
4	0,1	0,625	0,160	0,09	1,11
5	0,1	0,48	0,208	0,014	7,14
6	0,015	1,4	0,010	0,005	3,00
Total	**0,335**	**-**	**0,616**	**0,141**	**21 ,77**

On a :

$$\sum e/\pi = 21{,}77$$

Calcule la pression partielle de vapeur a la parois:

$P_{v\ ext} = P_{s\ ext} \times \varphi_{ext} = 657 \times 0{,}80 =$ **526,6 pa**

$P_v = P_{v\ ext} + (\sum ei/\pi i) \times [\ (P_{v\ int} - P_{v\ ext})/\sum e/\pi]$

$P_{v1} = 525{,}6 + (0{,}38) \times [(1243{,}5-525{,}6)/(21{,}77)] =$ **538,12 pa**

$P_{v2} = 525{,}6 + (0{,}38+3) \times [(1243{,}5-525{,}6)/(21{,}77)] =$ **637,03 pa**

$P_{v3} = 525{,}6 + (0{,}38+3+7{,}14) \times [(1243{,}5-525{,}6)/(21{,}77)] =$ **873,43 pa**

$P_{v4} = 525{,}6 + (0{,}38+3+7{,}14+1{,}11) \times [(1243{,}5-525{,}6)/(21{,}77)] =$ **910,03 pa**

$P_{v5} = 525{,}6 + (0{,}38+3+7{,}14+1{,}11+7{,}14) \times [(1243{,}5-525{,}6)/(21{,}77)] =$ **1145,43 pa**

$P_{v6} = 525{,}6 + (0{,}38+3+7{,}14+1{,}11+7{,}14+3) \times [(1243{,}5-525{,}6)/(21{,}77)] =$ **1243,35 pa**

$P_{v\ int} = P_{s\ int} \times \varphi_{int} = 2487 \times 0{,}50 =$ **1243,5 pa**

Tableau (II-15): Les pressions partielles au niveau des interfaces.

e(m)	0,005	0,015	0,1	0,1	0,1	0,015
Ps (Kpa)	2,033	1,996	1,403	1,062	0,726	0,711
Pv(Kpa)	0,538	0,637	0,873	0,910	1,145	1,243

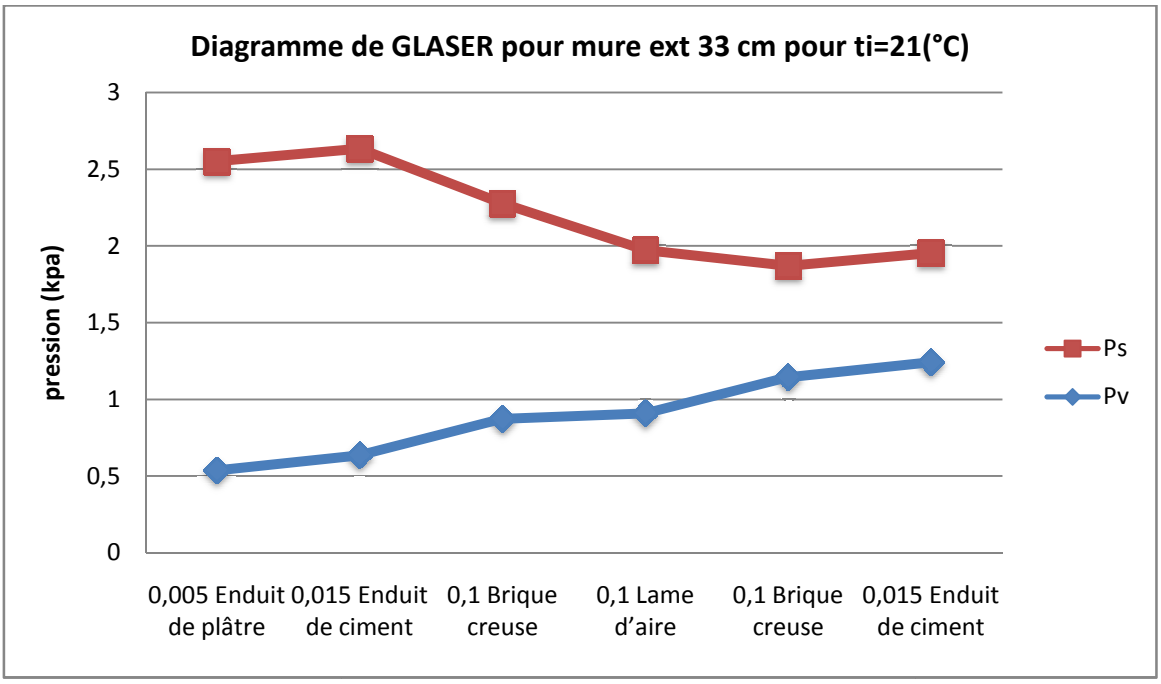


Figure (II-10) : Diagramme de GLASER pour mure ext 33 cm pour t_i=21(°C)

D'après le diagramme II.11 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 lamasse dans le mur extérieur.

2eme cas t=18°c

$\varphi = \frac{Pv}{Ps} \Rightarrow Pv = \varphi \times Ps$ (pa)

$P_{vi} = P_{si} \times \varphi_{int} = 2064 \times 0,5 = 1032$ pa $\qquad P_{vi} = 1032$ pa

$P_{ve} = P_{se} \times \varphi_{ext} = 657 \times 0,8 = 525,6$ pa $\qquad P_{ve} = 525,6$ pa

Calcule la pression partielle de vapeur a la parois:

$P_{v\,ext} = P_{s\,ext} \times \varphi_{ext} = 657 \times 0,80 = 526,6$ pa

$Pv = Pv_{ext} + (\sum ei/\pi i) \times [(Pv_{int} - Pv_{ext})/\sum e/\pi]$

$Pv_1 = 525,6 + (0,38) \times [(1032-525,6)/(21,77)] =$ **529,78** pa

$Pv_2 = 525,6 + (0,38+3) \times [(1032-525,6)/(21,77)] =$ **562,84** pa

$Pv_3 = 525,6 + (0,38+3+7,14) \times [(1032-525,6)/(21,77)] =$ **614,53** pa

$Pv_4 = 525,6 + (0,38+3+7,14+1,11) \times [(1032-525,6)/(21,77)] =$ **653,76** pa

$Pv_5 = 525,6 + (0,38+3+7,14+1,11+7,14) \times [(1032-525,6)/(21,77)] =$ **732,44** pa

$Pv_6 = 525,6 + (0,38+3+7,14+1,11+7,14+3) \times [(1032-525,6)/(21,77)] =$ **765,50** pa

$P_{v\,int} = P_{s\,int} \times \varphi_{int} = 2064 \times 0,50 =$ **1032,00** pa

Tableau (II-16): Les pressions partielles au niveau des interfaces.

e(m)	0,005	0,015	0,1	0,1	0,1	0,015
Ps (kpa)	1,730	1,704	1,259	0,991	0,718	0,705
Pv(kpa)	0,529	0,562	0,641	0,653	0,732	0,765

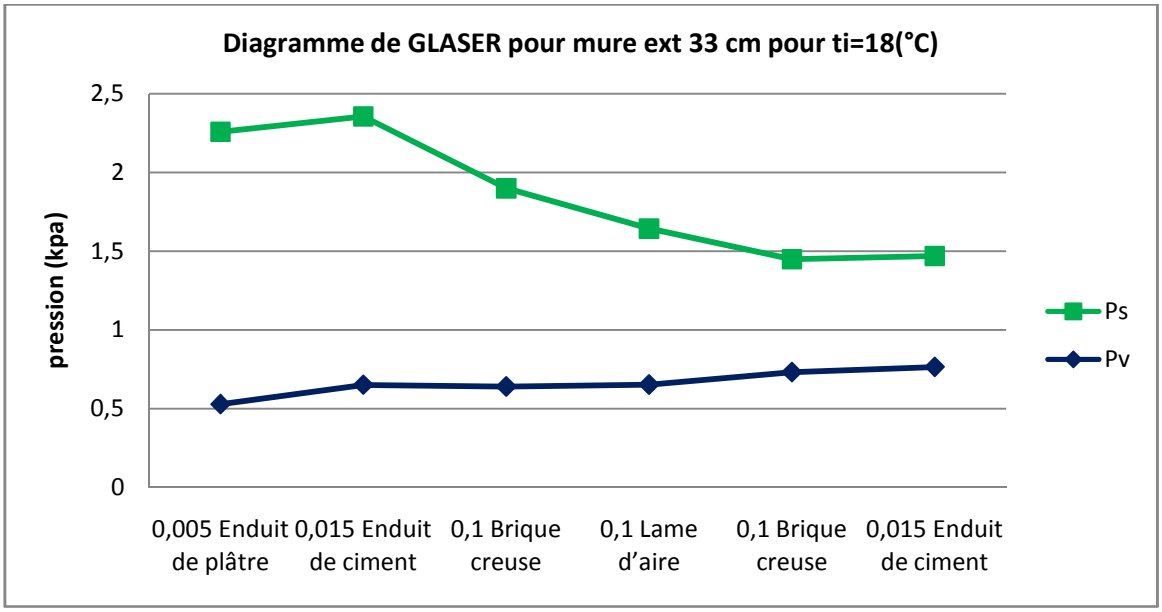


Figure (II-11) : Diagramme de GLASER pour mure ext 33 cm pour t_i=18(°C)

D'après le diagramme II.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 lamasse dans le mur extérieur.

II-6-6-2 -Pour la toiture

1er cas t=21°c

$\varphi = \frac{Pv}{Ps} \Rightarrow Pv = \varphi \times Ps$ (pa)

$P_{vi} = P_{si} \times \varphi_{int} = 2487 \times 0,5 = 1243,5$ pa $\qquad P_{vi} = 1243,5$ pa

$P_{ve} = P_{se} \times \varphi_{ext} = 657 \times 0,8 = 525,6$ pa $\qquad P_{ve} = 525,6$ pa

Tableau (II-17): résistance de chaque couche de la paroi extérieur.

Les couches	e (m)	λ (w / m.℃)	R (m^2.℃ /w)	π	e/π (m^2.s / Kg)
1	0,02	0,95	0,0211	0,022	0,91
2	0,03	0,2	0,1500	0,003	10,00
3	0,02	0,06	0,3333	0,0035	5,71
4	0,01	1,63	0,0061	0,015	0,67
5	0,2	1,75	0,1143	0,015	13,33
6	0,1	0,98	0,1020	0,02	5,00
7	0,01	0,35	0,0286	0,013	0,77
Total	**0,39**	-	**0,755**	**0,092**	**36,39**

On a : $\sum e/\pi = 36,39$

$P_{v\,ext} = P_{s\,ext} \times \varphi_{ext} = 657 \times 0,80 = 526,6$ pa

$P_v = P_{vext} + (\sum e_i/\pi_i)(P_{vint} - P_{vext})/\sum e/\pi$

$P_{v1} = 525,6 + (0,91)[(1243,5-525,6)/(36,39)] =$ **543,54** pa

$P_{v2} = 525,6 + (0,91+10)[(1243,5-525,6)/(36,39)] =$ **742,74** pa

$P_{v3} = 525,6 + (0,91+10+5,71)[(1243,5-525,6)/(36,39)] =$ **853,34** pa

$P_{v4} = 525,6 + (0,91+10+5,71+0,67)[(1243,5-525,6)/(36,39)] =$ **866,55** pa

$P_{v5} = 525,6 + (0,91+10+5,71+0,67+13,33)[(1243,5-525,6)/(36,39)] =$ **1129,42** pa

$P_{v6} = 525,6 + (0,91+10+5,71+0,67+13,33+5)[(1243,5-525,6)/(36,39)] =$ **1228,02** pa

$P_{v7} = 525,6 + (0,91+10+5,71+0,67+13,33+5+0,77)[(1243,5-525,6)/(36,39)] =$ **1243,21** pa

$pv_{int} = Ps_{int} \times \varphi_{int} = 2487 \times 0,50 =$ **1243,5** pa

$$P_{vn} = P_{ve} + \left(\frac{en}{\pi n}\right) \times \left(\frac{Pvi - Pve}{\Sigma \frac{en}{\pi n}}\right) \quad \text{(kpa)}$$

Tableau (II-18): Les pressions partielles au niveau des interfaces.

e(m)	18,57	15,53	7,76	7,62	5,12	2,89	2,26
Ps (kpa)	2,486	2,456	2,258	1,733	1,706	1,485	1,087
Pv(kpa)	0,543	0,740	0,853	0,866	1,129	1,228	1,243

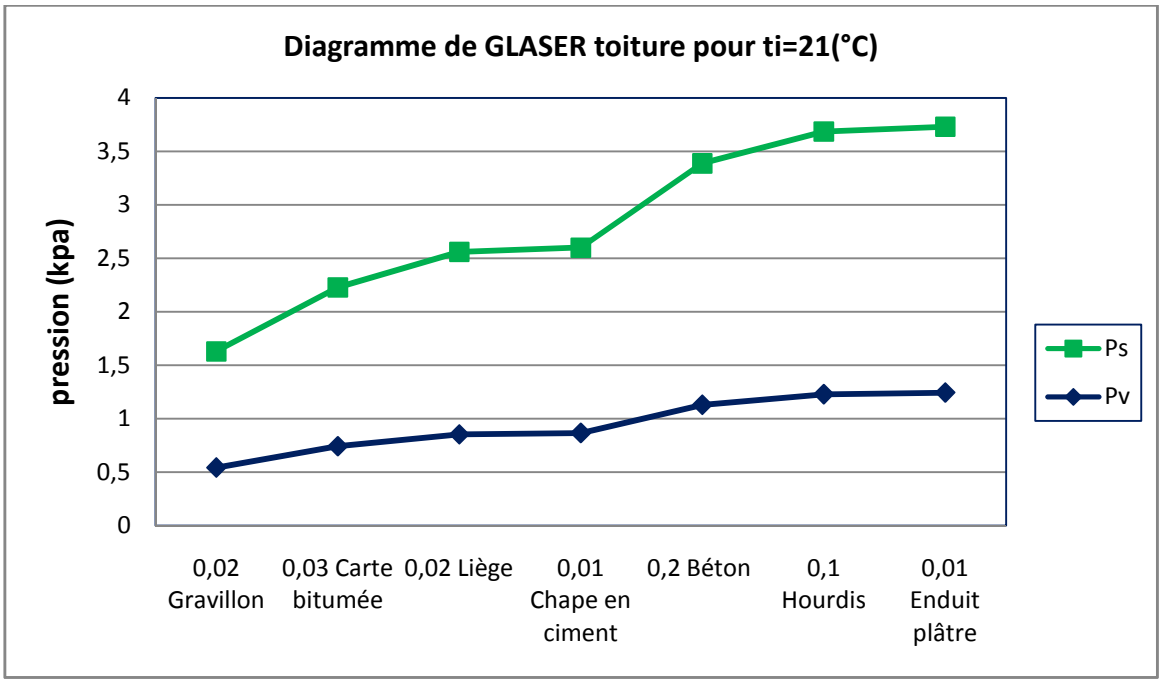


Figure (II-12) : Diagramme de GLASER toiture pour ti=21(°C)

D'après le diagramme II.13 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 lamasse dans la toiture.

2eme cas t=18°c

$\varphi = \frac{Pv}{Ps} \Rightarrow Pv = \varphi \times Ps$ (pa)

$P_{vi} = P_{si} \times \varphi_{int} = 2064 \times 0,5 = 1032$ pa $\qquad P_{vi} = 1032$ pa

$P_{ve} = P_{se} \times \varphi_{ext} = 657 \times 0,8 = 525,6$ pa $\qquad P_{ve} = 525,6$ pa

On a : $\sum e/\pi = 36,39$

Pv ext =Ps ext $\times$ Pext = 657*0,80= 526,6 pa

$Pv = Pv_{ext} + (\sum ei/\pi i)(Pv_{int} - Pv_{ext})/\sum e/\pi$

Pv1=525,6 + (0,91)[(1032-525,6)/(36,39)] = **538,25 pa**

Pv2=525,6 + (0,91+10)[(1032-525,6)/(36,39)] = **677,35 pa**

Pv3=525,6 + (0,91+10+5,71)[(1032-525,6)/(36,39)] = **756,78 pa**

Pv4=525,6 + (0,91+10+5,71+0,67)[(1032-525,6)/(36,39)] = **766,10 pa**

Pv5=525,6 + (0,91+10+5,71+0,67+13,33)[(1032-525,6)/(36,39)] = **951,52 pa**

Pv6=525,6 + (0,91+10+5,71+0,67+13,33+5)[(1032-525,6)/(36,39)] = **1021,07 pa**

Pv6=525,6 + (0,91+10+5,71+0,67+13,33+5+0,77)[(1032-525,6)/(36,39)] = **1031,78 pa**

Pv int =Ps int * Pint = 2064*0,50 = **1032,00 pa**

Tableau (II-19): Les pressions partielles au niveau des interfaces

e(m)	18,57	15,53	7,76	7,62	5,12	2,89	2,26
Ps (kpa)	2,064	2,042	1,903	1,532	1,513	1,354	1,076
Pv(kpa)	0,538	0,677	0,756	0,766	0,951	1,021	1,031

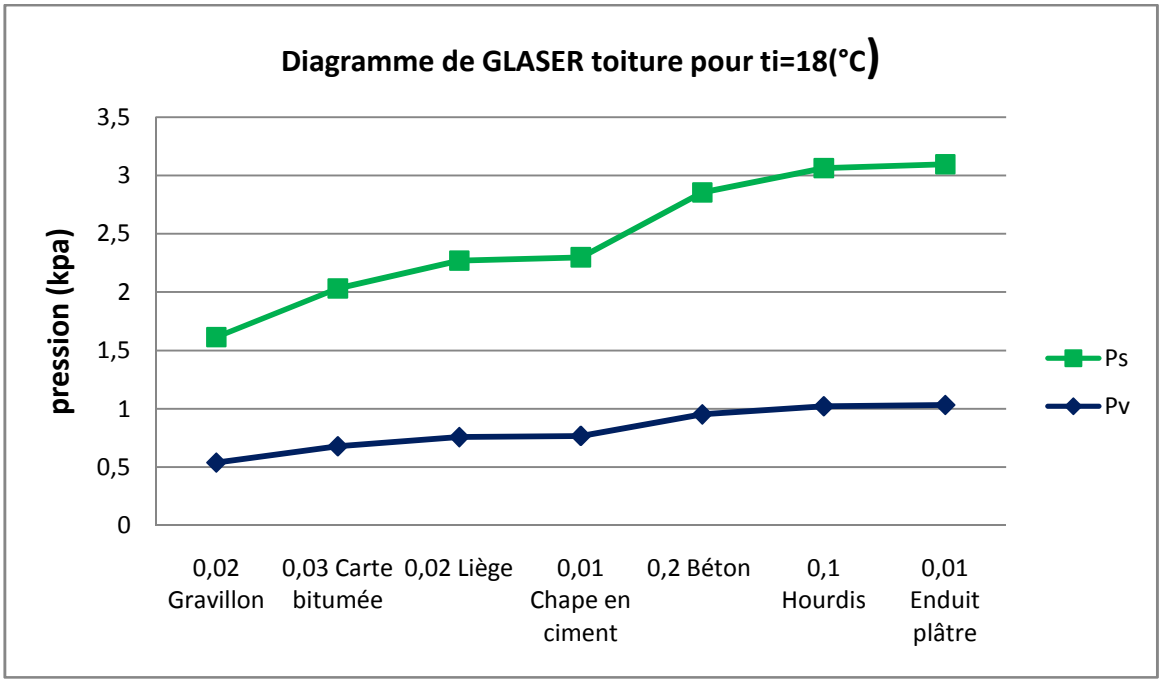


Figure (II-13) :Diagramme de GLASER toiture pour ti=18(°C)

D'après le diagramme II.14 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 lamasse dans la toiture.

Analyse des diagrammes :

Dans tous les diagrammes de GLASER la courbe des pressions saturation se trouve

Au-dessus de la courbe des pressions partielles de vapeur donc nous n'avons pas une condensation dans la masse.

II-6-7- Remarque général

Dans la construction n'est pas un condensation superficielle et n' est pas un condensation dans la masse. **alors: la construction est bon**.

Chapitre III

CALCULE DES DEPERDITIONS

III-1- Introduction

Afin de maintenir les conditions climatiques internes, l'installation de chauffage doit compenser un flux de chaleur perdu vers l'extérieur à travers les murs, les fenêtres, plafond, sol et par aération. Ce flux de chaleur est appelé déperdition.

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 aune 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

III-2- 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 à choisi le document technique réglementaire (D.T.R) qui nous permettra d'effectuer les calculs suivants les normes et avec une grande précision.

III-3- Présentation du document technique règlement (DTR)

III-3-1-Objet de DTR

Le document technique règlementaire (DTR) à pour objet de fixer des méthodes d'évaluation thermique des logements essentiellement pour la période hivernale, il permet en outre**[1]** :

- détermination des déperditions thermiques des bâtiments
- vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.
- Dimensionnement des installations de chauffage des bâtiments.
- La conception thermique des bâtiments.

III-3-2-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,…).

III-3-3-Déperditions par transmission

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 **[1]**:

$$\mathbf{D_T = D_s + D_{li} + D_{sol} + D_{lnc}} \quad \text{(III.1)}$$

Sachant 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_{lnc} : 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 :

$$\mathbf{D_s = K \times A \times (T_i - T_e)} \quad \text{(III.2)}$$

A: surface de l'élément de construction (m²).

K: coefficient global de transmission de la chaleur (W/m²°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 a travers les ponts thermique, sont données par la formule suivante :

$D_{li} = K_i \times A \times (T_i - T_e)$ .....(III.3)

Pour simplifier les calculs on prend :

$D_{li} = 0,2 \times D_s$.....(III.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 plancher bas enterrés, les murs enterrent et les planchers hauts enterrent. 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 suivant :

$D_{sol} = K_S \times A \times (T_i - T_e)$.....(III.5)

A-4- Les déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffé 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 :

$D_{Inc} = T_{au} \times [\Sigma (K \times A \times \Delta T) + 0,2 \Sigma (K_i \times L \times \Delta T)]$.....(III.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:

$$T_{au} = \frac{ti - tn}{ti - te} = \frac{de}{de - ac}$$.....(III.7)

Avec :

T_i : Température intérieure. (°C).

T_n : Température de l'espace non chauffe. (°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 chauffe vers l'extérieur. (W/°C).

- Calcul des températures non chauffées :

$$t_n = t_i - [(t_i - t_e)(\frac{de}{de - ac})]$$..... (III.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 :

$D_r = 0{,}34 \times (Q_v + Q_s) \times \Delta T$ .....(III.9)

0,34 : la chaleur volumique d'air.

Q_v : Le débit volumique de ventilateur.

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

V_h : Volume habitable.

Q_{vref} : Le débit extrait de référence.

$Q_{vref} = \frac{(5Qvmin+Qvmax)}{6}$

Q_s : Le débit supplémentaire par infiltration dans un ventilateur.

$Q_s = \Sigma P_P \times ev$

$\Sigma P_P = P_0 \times A$

ev : coefficient d'exposition au vent effectue a la parois. Annexe Tableau B.2

P_P : Infiltration dues a l'air de la paroi.

P_0 : Infiltration surfacique a l'air de l'ouvrant. Annexe Tableau B.3

QvminAnnexe Tableau B.4

Qvmax : Annexe Tableau B.5.

C. Vérification :

$D_t \leq 1,05\ D_{réf}$(III.10)

$D_{réf}$: Déperdition de référence.

D_t : Déperdition par transmission.

$D_{réf} = aS_1 + bS_2 + cS_3 + dS_4 + eS_5$ .....(III.10)

Les Si 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

Tableau (III-1) : Coefficient a, b, c, d, e .Annexe Tableau B.6

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

III-4-Calcul du bilan hivernal

III-4-1-Calcul des températures des locaux non chauffés

$t_n = t_i - [(t_i - t_e)(\frac{de}{de-ac})]$ ……Annexe Tableau B.6

Tableau (III-2) : températures des locaux non chauffées du RDC.

RDC	
Local	(°C)
Dégagement	16
Sanitaire	16

Tableau (III-3) : températures des locaux non chauffées de l^{er} Etage.

RDC	
Local	(°C)
Dégagement	16
Sanitaire	16

III-4-2-Exemple de calcul d'un local

On prend par exemple le local (Magasin RDC) de (11,39 m × 8,73 m) et de surface (99,43 m^2).

Il se trouve dans le rez-de-chaussée.

❖ **Les caractéristiques du local sont les suivantes** :

1) Une paroi extérieure (mur double cloison) est de 11,39 m × 3,21 m (avec K= 1,27 W/m^2°C)

2) Une paroi extérieure (mur double cloison) est de 8,73 m × 3,21 m (avec K= 1,27 W/m^2°C) comporte 03 fenêtres de 1,62 m^2 de chaque, (avec K= 4,5 W/m^{2}C).

3) Une paroi intérieure (mur entre locaux) est de 8,73 m × 3,21 m (avec K= 2,34 W/m^2°C) comporte une porte en bois de 1,40 m × 2,50m (avec K= 4 W/m^2°C).

4) Une paroi extérieure (mur double cloison) est de 11,39 m × 3,21 m (avec K= 1,27 W/m^2°C) comporte une porte en bois de 1,60 m × 2,50m (avec K= 4 W/m^2°C).

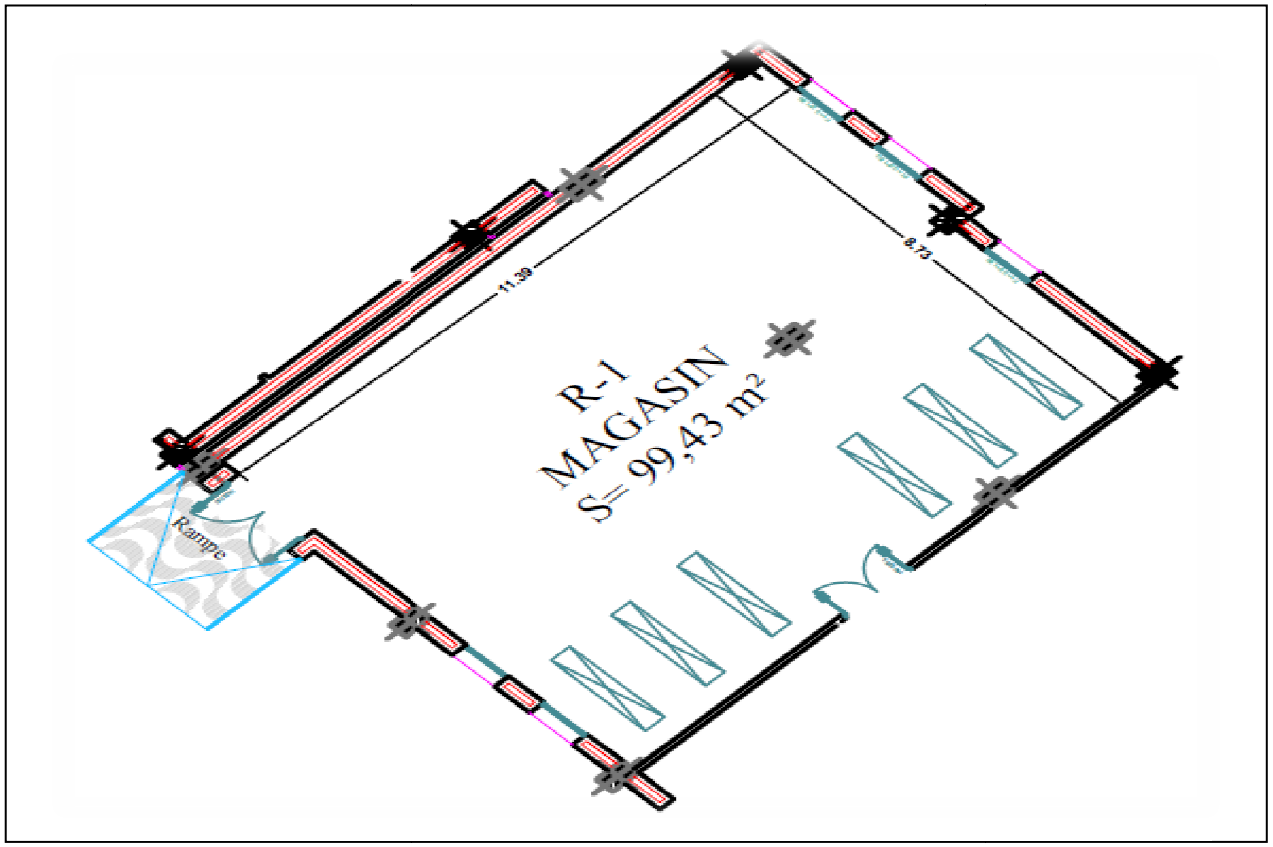


Figure (III-1) : Exemple de calcul d'un local (Magasin RDC)

Les températures :

- T_e= 1° C et T_s= 10 C (d'après les conditions de base de la région).
- T_i= 21° C (la température désirée).
- Tn= 16° C (d'après les calcules).

Les déperditions de base sont données par la formule suivante :

$$\mathbf{D_T = D_s + D_{li} + D_{sol} + D_{lnc}}$$

Les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois $\mathbf{D_s}$:

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

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

a)-Les Murs extérieures (mur double cloison)

D_s= 1,27 ×83,74× (21-1) = 2127,00 W

b)- Le Mur intérieures

D_s= 2,34 ×19,42× (21-16) = 227,21 W

D_s = 2354,21 w

- Les Portes :

- Portes En Bois contacte a l'extérieur : D_s = 4×(1,6×2,5) × (21-1) = 320 W
- Portes En Bois contacte a l'intérieur : D_s = 4×(1,4×2,5) × (21-16) = 70 W

-Les Fenêtres : $D_S = 4,5 \times 4,86 \times (21-1) = 437,40$ W

-Déperdition à travers les parois en contacte avec le sol D_{sol}:

-$D_{sol} = 1,3 \times 99,43 \times (21-10) = 1421,84$ W

- **$D_{s.total} = \Sigma D_m + \Sigma D_p + D_f + D_s$**

$D_{s.total} = 4603,45$ W

-Déperdition à travers les liaisons D_{li} :

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

$D_{li} = 4603,45 \times 0,2 = 920,69$W

$D_{li} = 920,69$W

-Déperdition par renouvellement d'air D_r :

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

$Q_v = 0,6 \times V_h$ (pour V_h si le volume de magasin)

$Q_v = 0,6 \times 319,17 = 191,50\ m^3/h$

$Q_s = \Sigma P_p \times ev$

$Q_s = (7,50 \times 1,2 + 4,86 \times 4) \times 1,47 = 41,81\ m^3/h$

$D_r = 0,34 \times (191,50 + 41,81) \times 20 = 1586,51$ W

$D_r = 1586,51$ W

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

Donc:

$D_T = 4603,45 + 920,69 + 1586,51 =$ **7110,65 w**

$D_T = 7110,65$W

Tableau (III-4) :Résultats de calcule des déperditions thermiques pour les locaux (rez-de-chaussée)

Locaux	Surface de planché (m²)	La Hauteur (M)	Surface des murs Ex (m²)	Surface des murs In (m²)	Surface des Portes m²		Surface total des Fenêtres (m²)	volume	ΔT1 (°C)	ΔT2 (°C)	ΔT3 (°C)	DT (W)	Dl (W)	Qv	Qs	Qv+Qs	Dr (W)	Dtot (W)
					ext	int												
R1	99,43	3,21	89,56	33,06	4,00	3,50	4,86	319,17	20	11	5	**4603,45**	**920,69**	191,5	41,81	233,31	**1586,51**	**7110,65**
R2	16,88	3,21	12,84	10,9		2,06		54,18	20	11	5	736,25	147,25	32,51	3,63	36,14	245,75	1129,25
R3	24,9	3,21	31,73			3,5	4,32	79,93	20	11	5	1830,77	366,15	47,96	31,58	79,54	540,87	2737,80
R4	24,21	3,21	30,95	15,85		2,06	1,44	77,71	20	11	5	1493,72	298,74	46,63	12,10	58,73	399,36	2191,83
R5	13,54	3,21	24,05	12,58		2,06	1,8	43,46	20	11	5	1284,32	256,86	26,08	22,69	48,77	331,64	1872,82
R6	59	3,21	29,17	8,50			8,1	189,39	20	11	5	2505,08	501,02	113,63	47,63	161,26	1096,57	4102,66
R7	52,92	3,21	34,22		13		6,48	169,87	20	11	5	3249,23	649,85	101,92	61,03	162,95	1108,06	5007,14
R8	26,70	3,21	34,4	11,23		2,06	3,24	85,71	20	11	5	1948,39	389,68	51,42	22,69	74,11	503,95	2842,02
R9	13,54	3,21	31,75	12,67		2,06	3,24	43,46	20	11	5	1481,13	296,23	26,08	22,69	48,77	331,64	2108,99
R10	20,45	3,21	29,99	14,17		1,98	1,44	65,64	20	11	5	1389,07	277,81	39,39	13,29	52,68	358,22	2025,11
R11	27,17	3,21	33,59	2,51		1,98	4,32	87,22	20	11	5	1699,62	339,92	52,33	28,89	81,22	552,30	2591,84
R12	19,36	3,21	14,06	12,06		2,06		62,15	20	11	5	816,38	163,28	37,29	3,63	40,92	278,26	1257,91
R13	20,69	3,21	14,12	12,16		2,06		66,41	20	11	5	838,11	167,62	39,85	3,63	43,48	295,66	1301,40
R14	26,31	3,21	35,02	4,87		2,06		84,46	20	11	5	1364,12	272,82	50,67	3,63	54,3	369,24	2006,18
R15	24,37	3,21	30,95	4,87		2,06		78,23	20	11	5	1524,39	304,88	46,94	22,69	69,63	473,48	2302,75
R16	26,64	3,21	18,76	31,74		2,06	1,62	85,51	20	11	5	1415,92	283,18	51,31	13,16	64,47	438,40	2137,50
R17	32,37	3,21	42,49	26,00		2,06	4,86	103,91	20	11	5	2324,82	464,96	62,34	32,21	94,55	642,94	3432,72
												30504,77	**6100,95**				**9552,84**	**46158,57**

Tableau(III-5) : Résultats de calcule des déperditions thermiques pour les locaux (1er étage)

Locaux	Surface de toiture (m²)	La Hauteur (M)	Surface des murs Ex (m²)	Surface des murs In (m²)	Surface des Portes m²		Surface total des Fenêtres (m²)	volume	ΔT1 (°C)	ΔT2 (°C)	ΔT3 (°C)	DT (W)	Dl (W)	Qv	Qs	Qv+Qs	Dr (W)	Dtot (W)
					ext	int												
E1-1	56,5	3,21	55,5	21,89		2,50		181,37	20	11	5	3239,99	648,00	126,15	10,58	136,73	929,76	4817,75
E1-2	69,62	3,21	51,8	21,64		6,00	5,76	223,48	20	11	5	3234,36	646,87	134,09	44,45	178,54	1214,07	5095,30
E1-3	15,17	3,21	23,85	16,40		2,06	3,21	48,70	20	11	5	1467,33	293,47	47,96	92,85	140,81	957,51	2718,30
E1-4	16,00	3,21	14,51	11,47		2,06		51,36	20	11	5	902,33	180,47	46,63	3,63	50,26	341,77	1424,56
E1-5	15,58	3,21	14,09	11,71		2,06		50,01	20	11	5	1042,47	208,49	26,08	3,63	29,71	202,03	1452,99
E1-6	14,87	3,21	24,05	16,14		2,06	3,24	47,73	20	11	5	1462,5	292,50	113,63	22,69	136,32	926,98	2681,98
E1-7	48,02	3,21	64,28	24,03		3,00	5,76	154,14	20	11	5	3558,34	711,67	92,47	39,16	131,63	895,08	5165,09
E1-8	11,60	3,21	19,9	10,91		2,06		37,24	20	11	5	2749,82	549,96	92,47	39,16	131,63	895,08	4194,87
E1-9	44,47	3,21	47,15	3,39		3,00		142,75	20	11	5	2284,65	456,93	85,65	5,29	90,94	618,39	3359,97
E1-10	55,91	3,21	46,37	17,70		3,00	4,86	179,47	20	11	5	3123,77	624,75	107,68	15,88	123,56	840,21	4588,73
E1-11	29,32	3,21	41,24	26,67		2,06	4,86	94,12	20	11	5	2488,92	497,78	56,47	32,21	88,68	603,02	3589,73
E1-12	27,6	3,21	35,99	12,64		2,06	3,24	88,60	20	11	5	1780,81	356,16	53,16	22,69	75,85	515,78	2652,75
E1-13	48,62	3,21	20,58	23,87		4,12	6,48	156,07	20	11	5	2547,21	509,44	93,64	45,37	139,01	945,27	4001,92
E1-14	27,81	3,21	34,09	13,12		2,06	3,24	89,27	20	11	5	1969,88	393,98	53,56	22,69	76,25	518,50	2882,36
E1-15	30,46	3,21	41,2	26,00		2,06	4,86	97,78	20	11	5	2505,53	501,11	58,67	32,21	90,88	617,98	3624,62
												34357,91	**6370,48**				**11021,44**	**52250,93**

Tableau(III-6) : Déperditions thermiques total
pour le centre de formation professionnelle et d'apprentissage

Niveaux	D tot (W)
RDC	**46158,57**
1er Étage	**52250,93**
Total	**98409,50**

III-4-3-Vérification

Exemple de local (Magasin R-01) de 99,43 m^3 : de Dt = **4603,45** w

$D_{réf}$ = (0,9×S1 + 2,4×S2 + 1,2×S3 +3,5×S4 + 4,5×S5) × ΔT

Dans notre cas, on n'a pas de toiture ; donc S1 = 0

S2×ΔT = 99,43× 11 = **1093,73** m²°C

S3×ΔT = (36,56×20) + (23,16×20) + (24,02×20) + (19,41×5) = **1771,85** m²°C

S4×ΔT = (4,00×20) + (3,50×5) = **97,50** m²°C

S5×ΔT = 4,86×20 = **97,20** m²°C

$D_{réf}$ = 2,4 ×**1093,73** + 1,2 ×**1771,85** + 3,5×**97,50** + 4,5×**97,20** = **5529,82** W

D'où 1,05× $D_{réf}$ = **5806,31 W**

Après calcul on a:

D_{total}= 4603,45 w

Donc : **4603,45** w < **5806,31** w

Alors on peut dire que la condition vérifie

Chapitre IV

CHOIX DE SYSTEM DE CHAUFFAGE

IV-1-De quelle base en choisie un système de chauffage?

Une rénovation thermique vise à :

- ✓ Réduire le coût du chauffage en :

diminuant les quantités d'énergie nécessaires

- utilisant une énergie moins coûteuse
- diminuant les coûts d'entretien et de maintenance
- améliorant la régulation des températures en fonction des besoins.

- ✓ Réduire les émissions de polluants et notamment de gaz à effet de serre
- ✓ Améliorer le confort par l'optimisation de :

- l'émission de chaleur (plancher chauffant, radiateurs basse température, poêle de masse, disposition des émetteurs, etc.)
- la régulation, par le maintien de températures précises dans la zone de confort.

La réduction des consommations peut se faire par l'amélioration de l'isolation et par l'amélioration du système de chauffage.

IV-2- Un système de chauffage se décompose en quatre parties

- ✓ la production de chaleur par un générateur (par ex.: chaudière)
- ✓ la distribution de cette chaleur vers les lieux à chauffer (les tuyaux de chauffage, les vannes, les pompes, etc.)
- ✓ l'émission de chaleur (radiateurs, planchers chauffants, etc.)
- ✓ la régulation

Ces quatre parties jouent toutes un rôle dans l'efficacité du système : le générateur, bien sûr, les chaudières anciennes ayant de faibles rendements ; la distribution, plus ou moins longue, calorifugée ou non ; les émetteurs, dont la puissance varie en fonction principalement de la température d'eau du circuit ; la régulation, plus ou moins précise, programmable ou non.
Un chauffage central comprend tous ces éléments.

IV-3- Les différents systèmes de chauffage

- ➢ Le chauffage électrique dispose d'une large gamme d'appareils (convecteurs, panneaux rayonnants, etc.). Les deux principaux avantages de ces machines : l'installation est peu onéreuse et leur utilisation est simple, notamment grâce aux dispositifs de régulation et de programmation présents.
- ➢ Le chauffage au gaz est sans aucun doute plus économique et écologique que l'électricité.

Le rendement de ce type d'appareil est intéressant.

Il s'agit d'un mode de chauffage efficace très rapidement et longtemps.

- Le chauffage au fioul diffuse rapidement une chaleur homogène qui durera toute la journée. Il s'agit d'une bonne alternative en cas de non raccordement au gaz de ville. Malheureusement, ce n'est pas la solution la plus économique, le coût d'installation est important et le prix du fioul ne cesse d'augmenter.
- Le chauffage au bois peut se faire avec un poêle ou une cheminée. C'est un mode de chauffage très écologique au pouvoir calorifique important. Sans prix varie peu et, avec un récupérateur de chaleur, il offre un bon rendement.
- Le chauffage solaire a comme principal atout d'utiliser une énergie gratuite et très écologique. Cependant son installation est très coûteuse et vous aurez sûrement besoin d'un chauffage d'appoint pour rattraper les fréquents décalages entre les besoins en chaleur et la production réalisée.

❖ La pompe à chaleur restitue plus d'énergie que celle consommée. Sauf lorsqu'il fait grand froid où le rendement est moins efficace. Il vous sera donc peut-être utile d'ajouter un chauffage d'appoint. Elle est moins polluante que le chauffage électrique et surtout plus économique à l'utilisation

IV-4- Les avantages et les inconvénients de chaque système de chauffage

1- Chauffage électrique	
Avantages	- Appareils peu coûteux à l'achat - Installation simple et rapide - Prend peu de place
Inconvénients	- Energie la plus chère - Répartition de la chaleur non homogène
2- Chaudière a gaz	
Avantages	- Pas de stockage - Simple d'utilisation - Couvre les besoins en chauffage et en eau chaude - Appareil peu encombrant - Investissement de la chaudière et coût d'entretien faible
Inconvénients	- Nécessite un raccordement en limite de propriété - Le prix du gaz peut être amené à augmenter

3- Chaudière fioul	
Avantages	- Apporte un confort de chauffe - Chauffe bien les grandes surfaces - Assure le chauffage et l'eau chaude
Inconvénients	- Prix du fioul incertain - Nécessite une citerne pour le stockage - Plus d'aides sur le fioul
4- Appareil au bois	
Avantages	- Energie propre - Prix du combustible bas - Permet de profiter du plaisir de la flamme
Inconvénients	- Faible autonomie - Nécessite un stockage et un approvisionnement quotidien - Rendement moyen encore faible
5- chauffage solaire	
Avantages	- Une énergie renouvelable et bon marché - Couverture des besoins en chauffage et en électricité - Couverture des besoins en chauffage et en électricité - Couverture des besoins en chauffage et en eau-chaude
Inconvénients	- Un appoint est toujours nécessaire - Un investissement important
6- Pompe à chaleur	
Avantages	- Pas de stockage ni de raccordement à une source d'énergie - Permet de diviser par 3 sa facture - Peut fournir le chauffage, l'eau chaude et rafraichir en été
Inconvénients	- Investissement de départ important - Appoint nécessaire en cas de température très négatives

Le système de chauffage le plus économique aujourd'hui reste donc le chauffage au gaz suivi de la pompe à chaleur.

IV-5- Choix des radiateurs a eau chaude

Un radiateur de chauffage est un échangeur thermique qui diffuse dans l'air ambiant par rayonnement et convection la chaleur qui lui a été apportée par un flux de chaud qui circule à l'intérieur ou par effet Joule.

Les radiateurs sont conçus de façon à diffuser le plus possible de chaleur, ce qui explique leurs formes souvent complexes dessinées à exposer le maximum de surface chaude au contact de l'air ambiant.

IV-6- Les différents types de radiateurs

Si vous disposez d'un circuit de chauffage central, bien choisir les émetteurs est essentiel pour profiter au maximum des performances de votre système de chauffage.

Le matériau du corps du radiateur est l'un des éléments qu'il faut prendre en compte pour faire le bon choix.

La différence provient de la température de l'eau circulant dans les radiateurs pour optimiser les transferts de chaleur.

Il existe deux grandes catégories de radiateurs à eau : les radiateurs basse température et les radiateurs haute température.

IV-6-1- Radiateurs a basse température

L'eau circule à 50 °C environ dans le premier cas

IV-6-2- Radiateurs haute température

L'eau circule à entre 70 °C et 90 °C; pour les modèles à haute température.

Le second moyen de différenciation des radiateurs à eau est leur matériau. Ils peuvent être en fonte, en acier ou encore en aluminium, chaque matériau ayant des propriétés spécifiques.

Faire appel à un chauffagiste qualifié pour réaliser ses travaux.

IV-7- Les Modèles des radiateurs a eau chaude

Le second moyen des différents modèles des radiateurs à eau est leur matériau.

Ils peuvent être en fonte, en acier ou encore en aluminium, chaque matériau ayant des propriétés spécifiques.

Faire appel à un chauffagiste qualifié pour réaliser ses travaux.

Il existe plusieurs modèle de radiateur a eau chaude; par mais plus utilisable en parle

IV-7-1- Les radiateurs en fonte

Le principal avantage des radiateurs en fonte est leur inertie thermique. La fonte étant un matériau très dense, elle est capable d'accumuler de la chaleur pour la restituer plus tard. Ceci permet de diminuer le temps pendant lequel le chauffage consomme du combustible. En effet, même éteint ou en mode ralenti, le radiateur continue d'émettre de la chaleur dans les pièces. En contrepartie, la montée en température d'un radiateur en fonte est longue.

Parmi les inconvénients, on peut également citer la masse importante du radiateur et son coût plutôt élevé. Le radiateur en fonte était le radiateur de référence il y a plusieurs années mais aujourd'hui,

son fonctionnement nécessitant une eau à haute température oriente les utilisateurs vers d'autres matériaux comme l'acier ou l'aluminium, bien plus compatibles avec les chaudières de nouvelle génération dites chaudières à condensation.

IV-7-2- Les radiateurs en acier

Contrairement aux radiateurs en fonte, les modèles en acier sont plus réactifs. La montée en température est plus courte, procurant ainsi un meilleur confort plus rapidement. Autre avantage, le radiateur en acier est moins lourd et moins coûteux qu'un radiateur en fonte. Il est donc plus facile à installer.

Les radiateurs de ce type sont plus récents que les radiateurs en fonte, ils bénéficient donc en général d'un design plus attractif. L'inconvénient d'un tel radiateur est son manque d'inertie dû au matériau lui-même mais aussi à la structure du radiateur, qui est doté de parois fines peu efficaces pour stocker la chaleur. Cette faible inertie entraine une baisse de température rapide au niveau du radiateur lorsque le chauffage s'arrête.

IV-7-3 -Les radiateurs en aluminium

Le troisième type de radiateur à eau, en aluminium, est un bon compromis entre l'acier et la fonte. Avec ce radiateur plutôt réactif, la montée en température est rapide, ce qui accélère la mise en place d'une température de confort dans les pièces. L'inertie est moyenne mais permet tout de même à la température du radiateur de redescendre progressivement une fois le chauffage coupé. Le radiateur en aluminium a l'avantage d'être plus léger que celui en fonte et moins cher, il est donc plus facile à installer.

IV-8- Les choix des radiateurs pour notre centre

le radiateur choisit pour notre centre d'après le catalogue de la marque CHAPPEE, pour les caractéristiques suivent: Efficacité; Rénovation; Performances; Fiabilité; Modularité; simplicité.

contenu les puissance fabriquer notre choix s'est porté sur le radiateur ci-après **[6].**

- Type: Fonte A Façade Plane Gamme Horizontale A Eléments
- Modèle: **Savane S4**..... (Annexe Tableau S4-780)

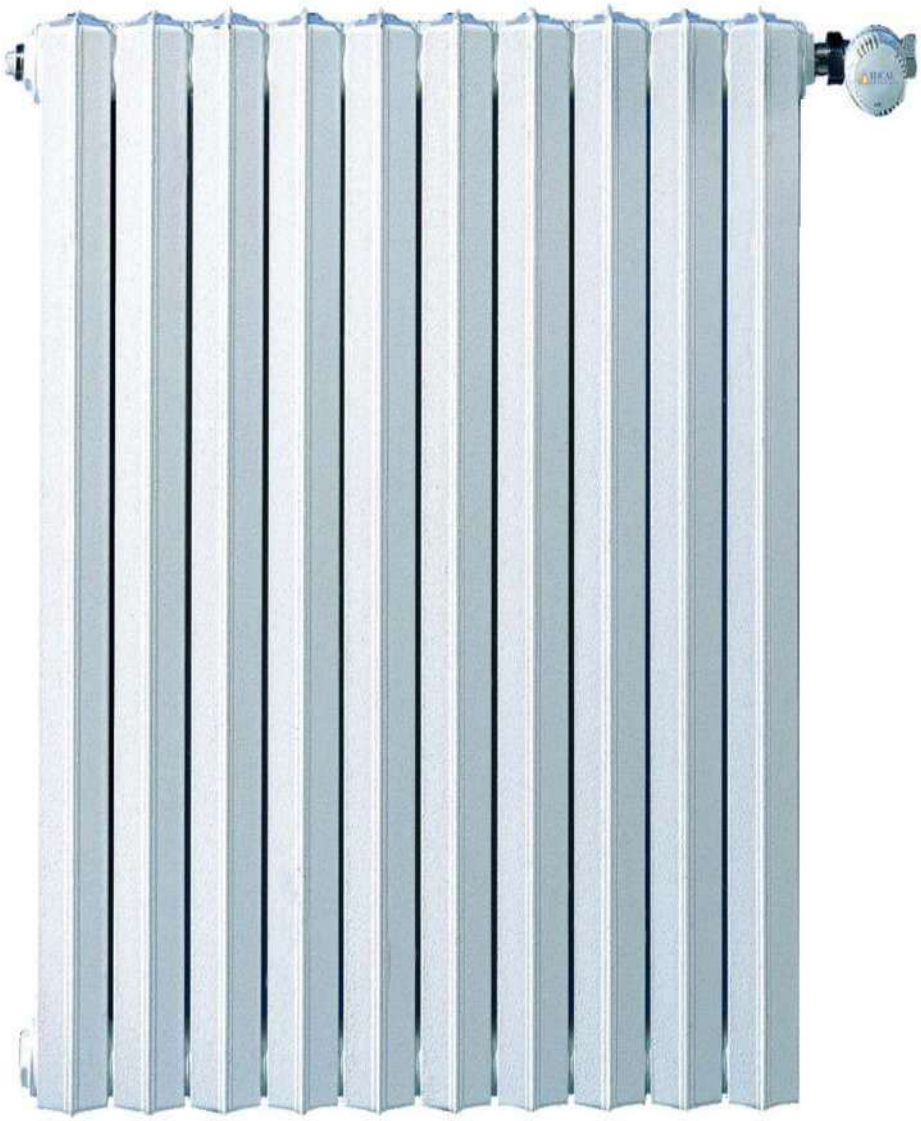


Figure (IV-1) : Radiateur savane en fonte. Après **[6].**

Tableau (IV-1) : Choix des radiateurs pour (rez-de-chaussée)

Local	Surface de local (m^2)	Déperdition (W)	Nombre des Eléments De radiateur	Nombre de radiateur	Capacité de L'eau (L)	Capacité Total L'eau (L)	Modale	Puissance Nomina (W)	Puissance Installer W
R1	99,43	7110,65	50	05	13,6	68	C13347010	1440	7200
R2	16,88	1129,25	8	01	10,9	10,9	C13347008	1152	1152
R3	24,9	2737,80	19	01	25,8	25,8	C13347019	2736	2736
R4	24,21	2191,83	16	02	10,9	21,8	C13347008	1152	2304
R5	13,54	1872,82	13	01	17,7	17,7	C13347013	1872	1872
R6	59	4102,66	30	02	20,4	40,8	13347015	2160	4320
R7	52,92	5007,14	36	03	16,3	48,90	C13347012	1728	5184
R8	26,70	2842,02	20	02	13,6	13,6	C13347010	1440	2880
R9	13,54	2108,99	15	01	20,4	20,4	C13347015	2160	2160
R10	20,45	2025,11	15	01	20,4	20,4	C13347015	2160	2160
R11	27,17	2591,84	18	01	24,5	24,5	C13347018	2592	2592
R12	19,36	1257,91	9	01	12,2	12,2	C13347009	1296	1296
R13	20,69	1301,40	10	01	13,6	13,6	C13347010	1440	1440
R14	26,31	2006,18	14	01	19,0	19,0	C13347014	2016	2016
R15	24,37	2302,75	16	01	21,8	21,8	C13347016	2304	2304
R16	26,64	2137,50	15	01	20,4	20,4	C13347015	2160	2160
R17	32,37	3432,72	24	02	16,3	32,6	C13347012	1728	3456
Sou total		**46158,57 W**	**328**	**27**	**297,8 L**	**446,00 L**	-	**31536,00**	**47232,00 W**

Tableau (IV-2): Choix des radiateurs pour (1ére étage)

Local	Surface de local (m^2)	Déperdition (W)	Nombre des Eléments De radiateur	Nombre de radiateur	Capacité de L'eau (L)	Total L'eau (L)	Modale	Puissance Nomina W	Puissance Installer W
E1-1	56,5	4817,75	34	2	23,1	46,2	C13347017	2448	4896
E1-2	69,62	5095,30	36	03	16,3	48,90	C13347012	1728	5184
E1-3	15,17	2718,30	20	02	13,6	13,6	C13347010	1440	2880
E1-4	16,00	1424,56	10	01	13,6	13,6	C13347010	1440	1440
E1-5	15,58	1452,99	10	01	13,6	13,6	C13347010	1440	1440
E1-6	14,87	2681,98	20	02	13,6	13,6	C13347010	1440	2880
E1-7	48,02	5165,09	36	03	16,3	48,90	C13347012	1728	5184
E1-8	11,60	4194,87	30	02	20,4	40,8	C13347015	2160	4320
E1-9	44,47	3359,97	24	02	16,3	32,6	C13347012	1728	3456
E1-10	55,91	4588,73	32	02	21,8	43,6	C13347016	2304	4608
E1-11	29,32	3589,73	26	02	17,7	35,4	C13347013	1872	3744
E1-12	27,6	2652,75	20	02	13,6	13,6	C13347010	1440	2880
E1-13	48,62	4001,92	28	02	19,0	38	C13347014	2016	4032
E1-14	27,81	2882,36	20	02	13,6	13,6	C13347010	1440	2880
E1-15	30,46	3624,62	26	02	17,7	35,4	C13347013	1872	3744
Sou total		**52250,93 W**	**372**	**24**	**250,2 L**	**505,8 L**	-	**26496**	**53568,00 W**

Nombre de Radiateur RDC + 1°étage	Total EAU	Puissance totale Installer
51	**951,8 L**	**100800 W = 100,80 kW**

IV-9- La Chaudière

IV-9-1- Définition

Une chaudière est un « générateurs de chaleur ». Il s'agit en effet d'un appareil ou d'une installation qui permet de transférer – en continu – de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (porteur de chaleur). Ainsi, tout dispositif produisant de l'eau chaude, de la vapeur d'eau, ou de l'eau surchauffée est considéré comme une chaudière. Les appareils qui modifient la température d'un fluide thermique (grâce à la combustion) sont également considérés comme étant des chaudières, elle composer a trois éléments

(1-Le brûleur, 2-Le foyer (chambre où se déroule la combustion), 3-Bloc de régulation) d'après **[7].**

IV-9-2- Les différents types de Chaudière

- **La Chaudière standard:** Il s'agit de la plus courante sur le marché avec un rendement de l'ordre de 90%. La chaudière standard nécessite d'avoir une température d'irrigation de 60° C afin d'éviter la condensation.
- **La Chaudière mixte:** Ce type de Chaudière s'avère très performant en brûlant deux combustibles en même temps : gaz et bois, fioul et bois ou bois et fioul. Toutefois, vous pouvez n'utiliser qu'un seul combustible selon votre budget.
- **La Chaudière à basse température:** Comme son nom l'indique, cet appareil a besoin d'une basse température d'eau pour fonctionner. Son rendement peut atteindre plus de 90% lorsqu'il est accouplé avec un radiateur à basse température.
- **La Chaudière à condensation:** La Chaudière à condensation récupère la chaleur des fumées issues de la combustion pour chauffer la maison et produire de l'eau chaude sanitaire. Ce type se démarque particulièrement par son économie d'énergie. Il consomme environ 25% de moins que les appareils standard.
- **La Chaudière à ventouse:** Il s'agit en quelque sorte d'un système d'évacuation à part son rôle de générateur de chaleur. La Chaudière à ventouse possède une caractéristique d'étanchéité qui permet de le placer dans un endroit non ventilé.

IV-9-3- Comment choisir sa Chaudière ?

Avant de se lancer dans l'achat d'une Chaudière, ci-dessus quelques points importants à considérer :

- **Le rendement de l'appareil** : Pour éviter les pertes d'énergie, optez pour une Chaudière qui offre un rendement allant jusqu'à 100%.
- **Ses activités** : Posez-vous des questions concernant l'utilité de l'appareil dans votre foyer. Achetez une Chaudière double service si vous avez à la fois besoin de chauffage et d'eau chaude. Par contre, orientez votre choix vers un modèle simple pour uniquement procurer de la chaleur pour votre maison.
- **Le type de combustible** : Étudiez le type de combustible que vous pouvez vous procurer tout au long de l'année. Si vous habitez en pleine nature, choisissez une Chaudière à bois.
- **La pose de l'appareil** : Vous pouvez choisir entre un modèle mural et au sol. Pour optimiser l'espace de votre maison, préférez une Chaudière murale. Par contre, une Chaudière au sol convient si vous avez une pièce libre destinée pour l'appareil.

- **Son impact écologique** : Pour préserver l'environnement, il est mieux de s'assurer que la Chaudière de votre choix dégage la moindre quantité de gaz carbonique et oxyde d'azote.
- la chaudière est choisie aussi a partie de la puissance calorifique nominale qui est garantie par la constructeur et on fonction des besoins du bâtiment en chaleur, d'après**[7].**

IV-9-4- Comment calculer la puissance d'un Chaudière ?

il y a plusieurs méthode de calcule la puissance d'un chaudière en prendre le plus facile et le plus efficace qui est garantie Par le constructeur et on fonction des besoins du bâtiment en chaleur.

Qch = Qtot * (1+Zr)

Qch : Puissance de la chaudière en kw.

Qtot : Besoins calorifiques totaux KW

Zr : Coefficient de majoration pour compenser les pertes calorifiques dans le réseau.

- Quelques valeurs usuelles de Zr

➢ Pour tuyauterie protégée, colonne montante le long des murs intérieur ou Tuyauterie avec calorifuge dans les pièce froides **Zr =0,05**.

➢ Pour tuyauterie moins protégée, colonne montante le long des murs extérieurs **Zr =0,1**

➢ Tuyauterie avec le réseau très étendu, sans calorifuge **Zr=0,15**.

❖ **Application**

En prendre Zr =0,1

Donc :

Qch=100,80 * 1.1=110,88 KW

A partir du catalogue de **CHAPEE** notre choix s'est porté sur la chaudière **ARIZONA EVOLUTION 1 et 2C - Modèles: 115** de Puissance :**120 kW** d'après**[7].**

IV-9-5- CARACTERISTIQUES CHAUDIERE SELON RT 2005 (catalogue de CHAPEE)



Arizona Evolution 1 et 2		**Modèle 115**	
Puissance nominale		119 kw	
Débit calorifique		129 kw	
Rendement charge 100% et 70°C		92,61 %	
Rendement charge 30% et 50°C		92,12 %	
Volume du circuit de fumées		227 L	
Resistance du circuit de fumées		0,74 Mbar	
Température du fumées		140-180 °C	
Débit nominal d'eau P_n ΔT=20K		5,0 m^3/h	
Débit nominal d'eau P_n ΔT=15K		6,7 m^3/h	
ΔP chaudière a débit nominal		23 Mbar	
Pression maxi d'utilisation		4 Bar	
Contenance eu eau		120 L	
Le poids		380 Kg	
dimensionnement du chaudière			
La longueur	1242 mm	hauteur	845 mm
La larguer	782 mm		

Figure (IV-2) : CHAUDIERE d'après**[7].**

IV-9-6- Installation d'une Chaudière

L'installation d'une Chaudière demande des travaux complexes bien précis. A part la fixation de l'appareil proprement dit, il faut relier diverses conduites du système de chauffage à votre radiateur ou plancher chauffant. N'oubliez pas qu'un tuyau d'évacuation de fumée est obligatoire.

Les conduites d'eau vers le ballon d'eau et ensuite vers le canal d'évacuation d'eaux usées devront également mis en place si la Chaudière génère de l'eau chaude sanitaire.

Si vous avez un modèle au gaz ou au fioul, un raccordement au réseau de gaz s'avère nécessaire. Avec ces nombreux travaux, il est mieux de faire appel à des installateurs certifiés.

IV-9-7-Dimensionnement De La Chemine

IV-9-7-1- La chemine

La cheminée est un conduit vertical aménagé dans un bâtiment, (un véhicule),pour évacuer les gaz et fumées toxiques d'un feu brûlant dans son intérieur. Ce terme ne désigne couramment que la souche, la partie du conduit à fumée dépassant du toit du bâtiment. Ce terme désigne aussi quelquefois un édifice séparé du reste des constructions, un corps de construction complètement autonome. On appelle aussi cheminée, l'âtre, la cheminée ornementale d'appartement, c'est-à-dire l'espace aménagé autour du foyer ouvert comportant sur son des sus une hotte et dont le fond porte une plaque de cheminée, appelée aussi taque ou contrecœur.

Les navires, les locomobiles et les locomotives à vapeur ont des cheminées : la combustion est faite à l'extérieur du moteur avec du combustible. Pour les véhicules à moteur à combustion interne, c'est plutôt un pot d'échappement ou des tuyères.

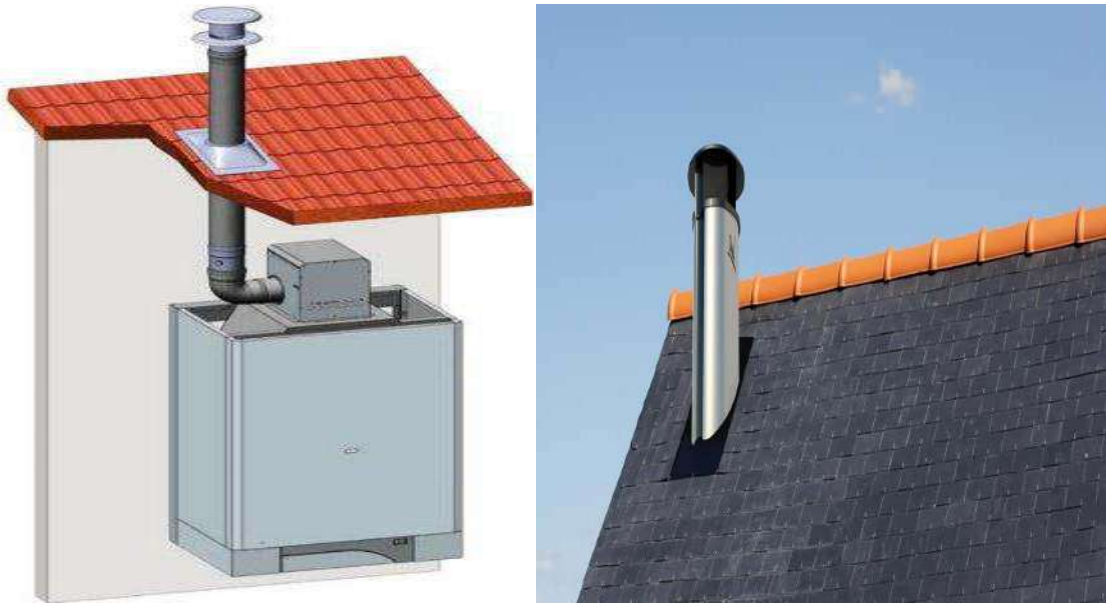


Figure (IV-3) : cheminé

IV-9-7-2- Calcule de dimensionnement de la chemine

Le tirage de la cheminée sera calculé par la relation suivante :

$T_{chemine}=h.(\rho e - \rho i)$…….....…….(IV-1)

- h : représente la hauteur de la cheminée (m)

Il est donne par la formule suivent :

$h=h_B+1=6,8+1=7,8$ m …….....……(IV-2)

- h_B : représente la hauteur du bâtiment (6,8m)
- ρe : représente la masse volumique de l'air extérieur (kg/m3)
- ρi : représente la masse volumique des gaz combustion (kg/m3)

$S_{chemine} = P_{chaudiére} / [(10^6 . (T_{chemine}/10)^{0,5}]$…….....…. (IV-3)

- $P_{chaudiére}$: représente la puissance de la chaudière (W)

IV-9-7-3- Application au projet

On a la hauteur de notre centre est à 6,80 m ce qui nous donne h =7,80 m.

On prend : ρe=1.293 kg/m3 ; et ρi= 0.927 kg/m3.

Le tirage de la cheminée A.N : $T_{chemine}$=7,80 (1,293- 0,927) =2,85 mec.

Pour le calcul de la section de la cheminé, on emploi l'équation de HERODY :

On a $T_{chemine}$ = 2,85 mec et on a $P_{chaudiére}$ = 120 KW=120x10^3W

$S_{chemine}= 120x10^3/[(10^6 . (2,85/10)^{0,5}]$

Donc: $S_{chemine}= 0,22\ m^2$.

IV-9-8- La chaufferie

La chaufferie est le local thermique pour toute l'installation du chauffage central il doit donc contenir tous les éléments nécessaires pour qu'une installation puisse fonctionner à la perfection tels que : chaudière, vase d'expansion, pompe, etc. ……

La chaufferie est en fait un local particulier qui exige certaines conditions ;

- ✓ Le volume du local doit être supérieur à $8m^3$**.**
- ✓ Avoir un accès de secours extérieur facile.
- ✓ Le mur de la chaufferie doit être en brique plein et le degré de résistance au feu égale à 02 (c'est-à-dire que le mur doit résister au feu au moins deux heures).
- ✓ Les portes doivent s'ouvrir vers l'extérieur.

IV-9-8-1- Calcul de la ventilation de la chaufferie

Elle a pour but :

- Amener l'air neuf nécessaire a la combustion.
- Évacuer les gaz qui se repensent dans la chaufferie.
- Maintenir une température acceptable à l'intérieur de la chaufferie.

On prévoira une ventilation naturelle pour la chaufferie par deux ouvertures :

- Une ouverture basse pour la pénétration de l'air.
- Une ouverture haute pour l'évacuation de l'air vicié.

Les sections des deux ouvertures basse et haute sont données par les relations suivantes :

$S_{ouverture\ haute} = S_{chemine}/2$ .....(IV-4)

$S_{ouverture\ basse} = S_{chemine} + S_{ouverture\ haute}$ .....(IV-5)

A.N: $S_{ouverture\ haute} = 0,22/2 = 0,11\ m^2$

$S_{ouverture\ basse} = 0,11+ 0,229 = 0,33\ m^2$

IV-9-8- 2- Vase d'expansion

Sous l'action de la chaleur l'eau se dilate et son volume augmente dans l'installation Comprimant ainsi la membrane.

Le vase d'expansion est une réception de forme cylindrique ou carré destinée à absorber les augmentations de volume dus aux dilatations d'eau, il comporte une membrane en matière synthétique qui sépare les chambres d'eau et de gaz (air ou azote). d'après**[8].**

Le vase d'expansion est destiné à :

- ➢ Recevoir la quantité de surplus d'eau du à l'échauffement.

- Alimenter le système en eau si la température de l'eau diminue dans le cas ou il y aurait une fuite.

On choisit un vase d'expansion fermé :

- Supprimant tous risques de gels ou d'évaporation.
- Pas d'entretien.
- Diminue les déperditions calorifiques.

IV-9-8-3- Calcul de la contenance en eau de l'installation

La contenance représente le volume d'eau nécessaire pour le remplissage de l'installation:

$V_{tot} = V_{tuy} + V_{rad} + V_{ch}$.....(IV-6)

V_{tuy} : Volume de la tuyauterie.

V_{rad} : Volume d'eau dans les radiateurs.

V_{ch} : Volume d'eau dans la chaudière.

IV-9-8-4- Calcul de volume d'expansion

Pour le volume d'expansion on utilise la formule suivante :

$V_{exp} = V_{tot}\,(Cm - Cr)$.....(IV-7)

Cm: coefficient de dilatation à la température moyenne de fonctionnement, soit ;

T_{moy}= (t départ chaudière + t retours)/2..... (IV-8)

Cr : coefficient dilatation à la température de remplissage.

Calcul de volume total du réservoir (vase) :

$V_{vase} = V_{exp}/ (1 – (P1/P2))$.....(IV-9)

Avec ;

P1 ; Pression effective de soufflage correspondant à la hauteur statique + 1 bar.

P2 ; Pression d'ouverture de la soupape de sécurité + 1 bar. Cette pression dépend de la hauteur statique.

- ❖ Application :
  - Calcul du volume total :

Donnés de base :

T départ : 90°c.

T retour : 70°c.

T de remplissage : 10°c → Cr = 0.0004.

Coefficients de dilatation de l'eau

Température °C	coefficient	Température °C	coefficient
10°	0,0004	075°	0,0256
20°	0,0018	080°	0,0288
30°	0,0044	085°	0,0322
40°	0,0079	090°	0,0357
50°	0,0119	095°	0,0394
55°	0,0143	100°	0,0431
60°	0,0169	105°	0,0472
65°	0,0196	110°	0,0513
70°	0,0225		

Tableau (IV-3): coefficient de dilatation de l'eau [8].

Pour le volume du circuit de conduite on utilise le catalogue Multicouches qui donne la contenance en eau de chaque diamètre nominale de conduite en litre par mettre de longueur de conduit, d'après**[9].**

Contenance en eau dans la conduit = **185,00 L.**

Contenance en eau dans la chaudière = **120 L.**

Contenance en eau dans les radiateurs **= 951,8 L.**

- Contenance en eau total :

$V_{tot} = V_{tuy} + V_{ch} + V_{rad}$

V_{tot} = 1256,80 L

T_{moy} = (t départ chaudière + t retour)/2

= (90+70)/2= 80°c → Cm=0 ,0288.

$V_{exp} = V_{tot}$ (Cm – Cr)

V_{exp} = 1256,80 x (0,0288-0,0004)

V_{exp} =35,70 L

$V_{vase} = V_{exp}/(1 – (P1/P2)$

Avec :

P1 = 0,7+1 =1,7 bar.

P2 = 5+1 = 6 bar.

V_{vase}=47,15 L.

Tableau (IV-4): A partir de ces paramètres on choisi la vase sur le catalogue salmson (Annexe Tableau C3), d'après **[8]**

Le modèle	**RESERV-50L-10B-VT-V**
Réf Article	**66307**
Capacité en (litre)	**50**
Hauteur en (mm)	**720**
Diamètre en (mm)	**380**
Diamètre de raccordement Ø en (mm)	**25,4**
La pression de service en (bar)	**10**

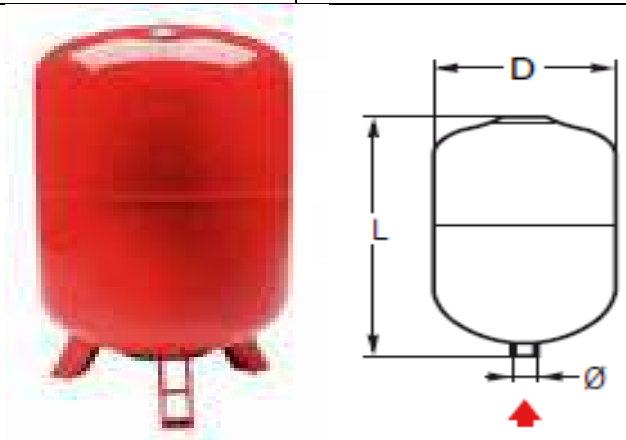


Figure (IV-4) : Vase d'expansion

VI-10- Choix de la pompe de circulation

La circulation de l'eau dans un réseau de chaleur assurée par des pompes placées soit sur l'aller et le retour soit sur l'aller ou le retour.

Leur entrainement s'effectue par moteur électrique, le choix de la hauteur manométrique de la pompe se fait sur la base de critère de rentabilité, cette dernière se détermine à partir du réseau reliant la chaudière au point fourniture critique.

La pression de service de la pompe de circulation pour un réseau est donnée par la formule suivante :

$P_{Pompe\ de\ circulation} = P_{statique} + \Delta P_{réseau}$ ..... (IV-10)

- $P_{statique}$: représente la pression à la colonne d'eau dans notre installation, elle se calcule à partir la hauteur statique Δh de l'installation (m), elle est égale à **1,40** bar pour notre installation.
- $\Delta P_{réseau}$: représente la perte de charge totale associée au tronçon le plus défavorable, dans notre cas $\Delta P_{tronçon\ défavorable}$ = **11474,83** Pa = **0,11 bar**.

D'où la pression de service de notre pompe de circulation est égale à **1,51 bar.**

On prévoit une pompe de circulation dans le circuit d'aller, débit de **11,39 m3/h** avec un **hm** égale **1,1 mce**.

D'après **[9]** catalogue **SALMSON PRIUX MASTER/D** les caractéristiques de la pompe de circulation sélectionnées sont dans le tableau suivant.

Tableau (IV-5) **:** les caractéristiques de la pompe de circulation (Annexe Tableau C4) **[9]**

Référence	2120678
Désignation	Preux master 25-55
Entraxe (mm)	180
DN CIRC (mm)	38.1

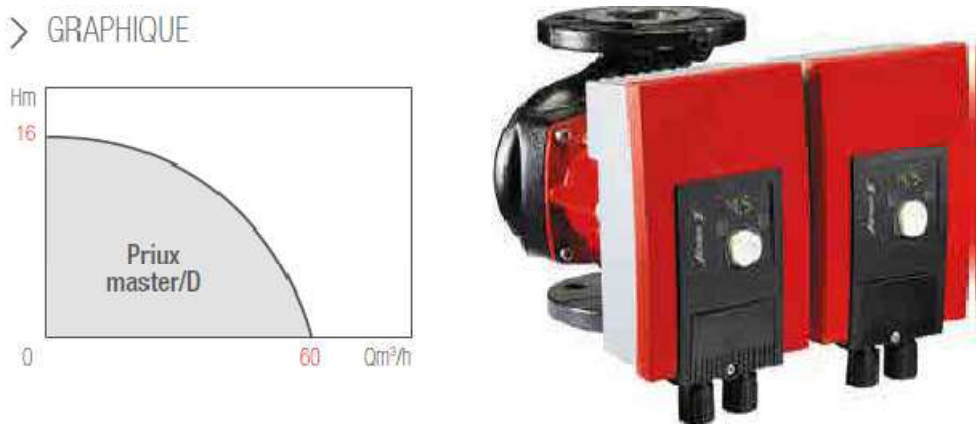


Figure (IV-5) : Pompe de circulation SALMSON

Chapitre V

CALCUL DU RESEAU DE TUYAUTERIES

V-1- Introduction

Parmi les problèmes que l'on rencontre en hydraulique, le problème de calcul des réseaux de distribution, ce calcul qui fait appel soit à des abaques et tables pour le choix des diamètres soit à l'utilisation de programmes et logiciels, ces derniers sont basés sur des relations et formules où l'estimation.

L'objectif de cette étude est d'examiner la possibilité d'appliquer la méthode du modèle rugueux de référence pour le dimensionnement des réseaux de tout en essayant de réduire le nombre des itérations exigées par l'emploi.

Un réseau de chaleur ou système de distribution d'un fluide chaud à distance est caractérisé par le fait que c'est à partir d'une seule chaufferie qu'on assure l'alimentation en fluide caloporteur,

de tout un complexe tel que notre centre de formation. La chaleur produite dans la chaufferie centrale est alors distribuée au moyen d'un réseau de tuyauteries.

V-2- Réseau a eau chaude

Ce type de chauffage correspond dans son ensemble à une importante installation de chauffage à eau chaude accélérée. Elle peut être du type fermie (c'est notre cas) ou ouvert. Le transport de la chaleur se fait avec de l'eau dont la température est la même que dans un chauffage central.

La température aller est habituellement régulée centralement en fonction de la température extérieure.

V-2-1- L'objectif du calcul d'un réseau de chauffage

L'objectif du calcul d'un réseau de chauffage de distribution est la détermination des paramètres géométriques et hydrauliques des canalisations formant le réseau. Un très bon calcul avec une bonne réalisation facilitent largement la taches aux gérants des réseaux et font satisfaction de tout corps (radiateurs).

V-2-2- Calcul du réseau de tuyauteries

Une fois le type de chauffage choisi, il est nécessaire de tracer le schéma de principe de toute l'installation avec l'emplacement de la chaudière, des corps de chauffe, des tuyauteries et des accessoires divers.

On numérotera systématiquement les différents circuits de la chaudière aux corps de chauffe et l'on indiquera pour chacun l'eux la puissance et la longueur.

Il est nécessaire aussi de calculer les pertes de charges liées à cette installation comportes les pertes de charge linéaires et singulières

V-3- Les pertes de charges linéaires et les pertes de charge singulières

V-3-1- Les pertes de charges linéaires

La perte de charge linéaire est due aux frottements entre les parois de la conduite.

La valeur de la perte de charge linéaire est donnée par la formule suivante en :

$\Delta PL = RxL$.....(V-1)

R : représente le coefficient de perte de charge linéaire. ..... (Annexe tableau E 02)

L : représente la longueur de la conduite parcourue (m).

V-3-2- les pertes de charges singulières

Les pertes de charges singulières sont dues aux accidents de parcours tel que les vannes,

les coudes, étranglements, rétrécissements, élargissement ect…

La valeur des pertes de charges singulières est donnée par la formule suivant :

$\Delta Ps = \Sigma\ \xi.\ V^2/2g$.....(V-2)

- ξ : représente le coefficient de perte de charge singulière.
- v : représente la vitesse parcourue par le fluide (m/s).
- g : représente la gravité (m^2/s)..... (Annexe tableau E1)

Donc les pertes de charges totales étant la somme des pertes de charge linéaire et singulières :

$\Delta PT = \Delta PL + \Delta Ps$ .....(V-3)

- Les pertes de charges exprimées en (Pa)

V-4- Calcul et dimensionnement de notre réseau

V-4-1- Explication de la méthode de travail

- Premièrement en choisir la matière de tuyauteries de réseaux du chauffage.
- Pour notre étude en choisie multicouche.
- En premier lieu on doit tracer l'axonométrie de l'installation suivant le plan architectural et l'emplacement de chaudière et l'emplacements des radiateurs 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 :

$Qv = P / (1{,}163.\ \Delta T)$.....(V-4)

Avec :

- Qv en [l/h] ;
- P en [W] ;
- 1,163 : Chaleur volumique de l'eau en [w / l °C] ;
- ΔT : Ecart de température reçu ou perdu par l'eau chaude =20°C en [°C].

- On porte sur chaque tronçon la longueur relevée sur plan.
- On prendre un diamètre sellent le catalogue de manuel technique HENCO (multicouche), para port le débit calculer (par la relation précédent).
- calcule la section de chaque tronçon à partir de la relation suivante ($S=\pi d^2/4$)
- D'après le calcule la section en peut déterminer la vitesse de chaque Traçons en utilise la relation suivante ($V = Qv/S$)

Remarque:

- En prendre en considération en peut dépasser pas la vitesse 1 m/s

d'apprêt catalogue de manuel technique HENCO (multicouche).

- On passe alors au Calcul et déterminez les pertes de charge linaire et singulière .

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

- a la fin En fait La vérification d équilibrés des Circuits.

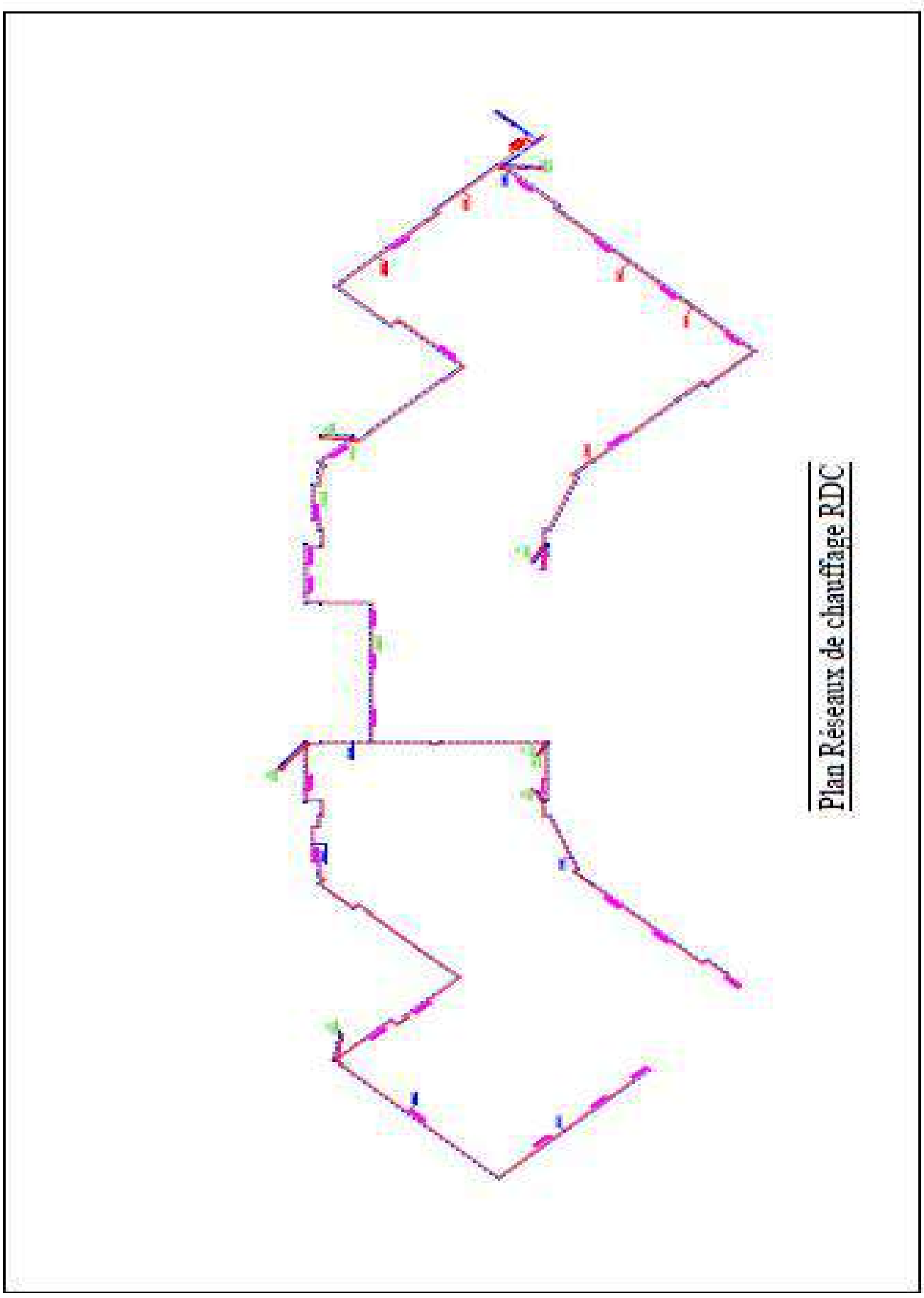


Figure (V-1) : Isométrie des corps de chauffe rez-de-chaussée **[11].**

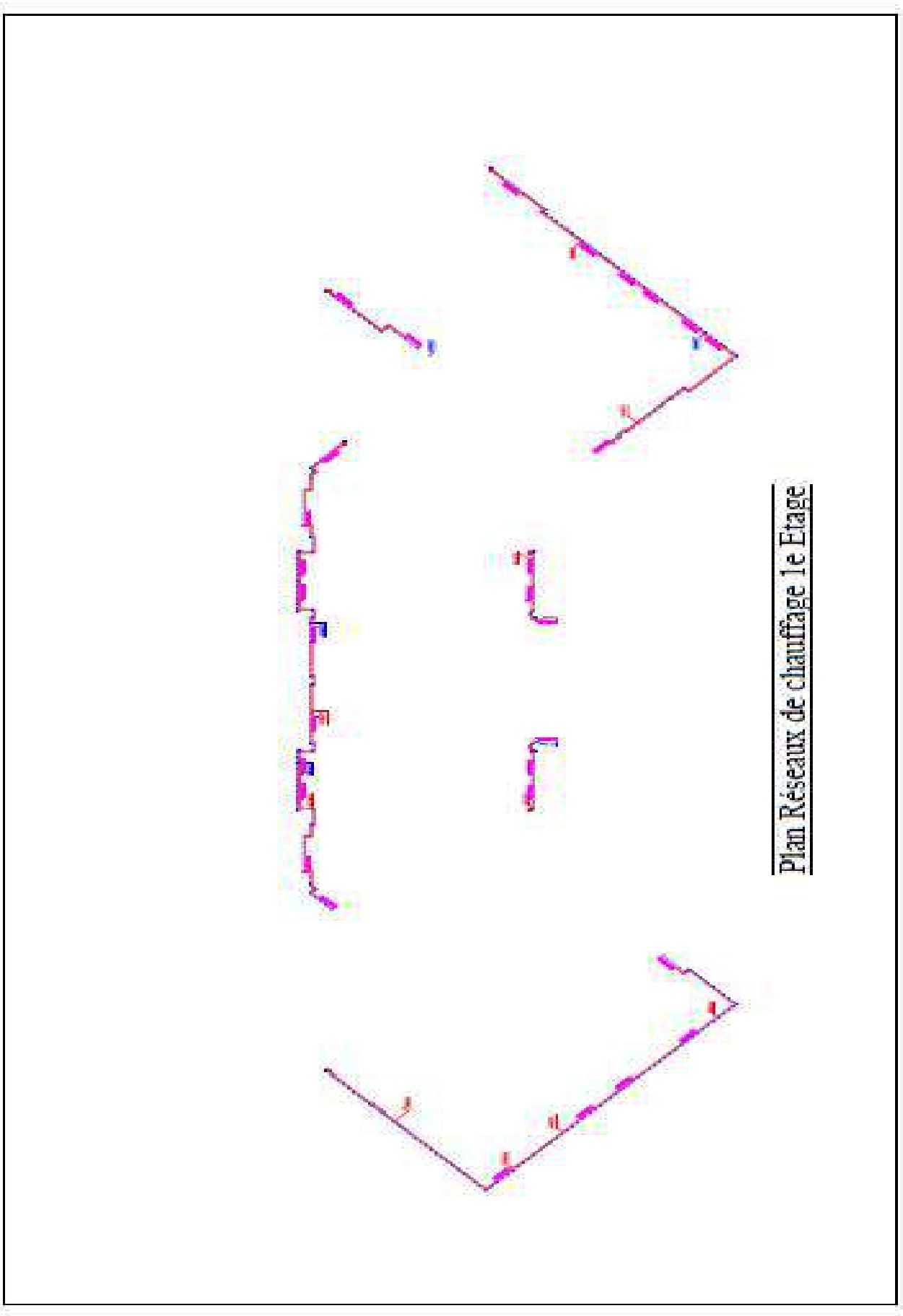


Figure (V-2) : Isométrie des corps de chauffe 1er étage **[11].**

Calcul des pertes de charge pour le réseau de l'RDC :

Tableau (V-1) : des pertes de charge pour le circuit de l'RDC

N°	Traçons	L(al+re) (m)	P (W)	P (kW)	Qv Qv= P / (1,163. ΔT)	D Nominal (mm)	D Nominal (m)	S (m2)	V réelle calculer (m/s)	Contenu (l/m)	Contenu de Léau (Traçons)	R (mbar/m)	Pl (mbar)	Pl (Pa)	Σ ξ	ΔPs (Pa)	ΔPtot (Pa)
1	**A0CH0A0'CH0'**	6,5	100800	100,8	4333,620	40,00	0,040	0,0013	5,44	0,50	3,25	5,25	34,11	3411,95	11,64	1757,21	5169,15
2	CM 01	6,42	65808	65,81	2829,235	32,00	0,03	0,00	2,27	0,520	3,34	3,94	25,30	2530,12	0,45	11,784	2541,91
3	A_0B_0--$A_0'B_0'$	4,04	2016	2,02	86,67	32,00	0,032	0,0008	0,07	0,314	1,27	0,01	0,04	4,04	0,55	0,01	4,05
4	B_0C_0--$B_0'C_0'$	11,38	1440	1,44	61,91	32,00	0,032	0,0008	0,05	0,314	3,57	0,01	0,11	11,38	3,96	0,05	11,43
5	C_0D_0--$C_0'D_0'$	8,82	1296	1,30	55,72	32,00	0,032	0,0008	0,04	0,314	2,77	0,01	0,09	8,82	0,55	0,006	8,83
6	D_0E_0--$D_0'E_0'$	8,8	2592	2,59	111,44	32,00	0,032	0,0008	0,09	0,314	2,76	0,03	0,26	26,40	0,55	0,022	26,42
7	E_0F_0--$E_0'F_0'$	20,9	2160	2,16	92,86	32,00	0,032	0,0008	0,07	0,314	6,56	0,03	0,63	62,70	14,42	0,409	63,11
8	F_0G_0--$F_0'G_0'$	19,84	2160	2,16	92,86	32,00	0,032	0,0008	0,07	0,314	6,23	0,03	0,60	59,52	12,44	0,353	59,87
9	CM 06	6,42	2160	2,16	92,86	26,00	0,026	0,0005	0,05	0,314	2,02	0,03	0,19	19,26	0,55	0,007	19,27
10	A_0H_0--$A_0'H_0'$	14,34	2340	2,34	100,60	32,00	0,032	0,0008	0,08	0,314	4,50	0,03	0,43	43,02	12,44	0,414	43,43
11	CM 02	6,42	63648	63,65	2736,37	26,00	0,03	0,00053	1,45	0,314	2,02	0,14	0,90	89,88	0,55	5,900	95,78
12	H_0I_0--$H_0'I_0'$	23,44	2160	2,16	92,86	32,00	0,032	0,0008	0,07	0,314	7,36	0,03	0,70	70,32	9,02	0,256	70,58
13	I_0J_0--$I_0'J_0'$	19,9	1728	1,73	74,29	32,00	0,032	0,0008	0,06	0,314	6,25	0,03	0,60	59,70	14,42	0,262	59,96

14	CM 03	6,42	22320	22,32	959,59	32,00	0,03	0,0008	0,77	0,314	2,02	1,18	7,58	757,56	0,55	1,66	759,22
15	J_0K_0--$J_0'K_0'$	18,24	1728	1,73	74,29	32,00	0,032	0,0008	0,06	0,314	5,73	0,01	0,18	18,24	8,47	0,154	18,39
16	K_0L_0--$K_0'L_0'$	8,46	1728	1,73	74,29	32,00	0,032	0,0008	0,06	0,314	2,66	0,01	0,08	8,46	12,44	0,226	8,69
17	L_0M_0--$L_0'M_0'$	3,9	1440	1,44	61,91	32,00	0,032	0,0008	0,05	0,314	1,22	0,01	0,04	3,90	0,55	0,007	3,91
18	M_0N_0--$M_0'N_0'$	10,16	1440	1,44	61,91	32,00	0,032	0,0008	0,05	0,314	3,19	0,01	0,10	10,16	4,51	0,057	10,22
19	N_0O_0--$N_0'O_0'$	5,82	1728	1,73	74,29	32,00	0,032	0,0008	0,06	0,314	1,83	0,01	0,06	5,82	0,55	0,010	5,83
20	O_0P_0--$O_0'P_0'$	7,4	1728	1,73	74,29	32,00	0,032	0,0008	0,06	0,314	2,32	0,01	0,07	7,40	0,55	0,010	7,41
21	P_0R_0--$P_0'R_0'$	4,46	1728	1,73	74,29	32,00	0,032	0,0008	0,06	0,314	1,40	0,01	0,04	4,46	0,55	0,010	4,47
22	R_0S_0--$R_0'S_0'$	10,78	2160	2,16	92,86	26,00	0,026	0,0005	0,05	0,314	3,385	0,03	0,32	32,34	6,51	0,081	32,42
23	S_0T_0--$S_0'T_0'$	11,42	2160	2,16	92,86	26,00	0,026	0,0005	0,05	0,314	3,586	0,03	0,34	34,26	12,44	0,154	34,41
24	T_0V_0--$T_0'V_0'$	30,1	1440	1,44	61,91	26,00	0,026	0,0005	0,03	0,20	6,050	0,01	0,30	30,10	20,33	0,112	30,21
25	V_0Q_0--$U_0'Q_0'$	6,68	1440	1,44	61,91	26,00	0,026	0,0005	0,03	0,20	1,343	0,01	0,07	6,68	8,49	0,047	6,73
26	CM-04	6,42	5472	5,47	235,25	26,00	0,03	0,00053	0,12	0,314	2,016	0,50	3,21	321,00	0,59	0,05	321,05
27	Q_0W_0--$Q_0'W_0'$	14,98	1440	1,44	61,91	20,00	0,020	0,0003	0,02	0,201	3,011	0,01	0,15	14,98	5,23	0,010	14,99
28	W_0X_0--$X_0'X_0'$	17,48	1440	1,44	61,91	20,00	0,020	0,0003	0,02	0,201	3,513	0,01	0,17	17,48	2,46	0,005	17,48
29	X_0Y_0--$X_0'Y_0'$	7,7	1440	1,44	61,91	20,00	0,020	0,0003	0,02	0,201	1,548	0,01	0,08	7,70	0,59	0,001	7,70
30	Y_0Z_0--$Y_0'Z_0'$	5,42	1152	1,15	49,53	20,00	0,020	0,0003	0,02	0,201	1,089	0,01	0,05	5,42	0,59	0,001	5,43
31	R_0a_0--$R_0'a_0'$	23,16	2736	2,74	117,63	26,00	0,026	0,0005	0,06	0,314	7,27	0,03	0,69	69,48	2,57	0,051	69,53
32	CM 05	6,42	1152	1,15	49,53	20,00	0,02	0,00031	0,02	0,314	2,02	0,01	0,064	6,420	0,59	0,001	6,42

33	CM 06	5,42	1152	1,15	49,53	20,00	0,02	0,00031	0,02	0,314	1,70	0,01	0,054	5,420	0,59	0,001	5,42
34	a_0b_0--$a_0'b_0'$	18,56	1152	1,15	49,53	26,00	0,026	0,0005	0,03	0,314	5,83	0,01	0,19	18,56	12,44	0,044	18,60
35	b_0c_0--$b_0'c_0'$	6,48	1872	1,87	80,48	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	2,03	0,03	0,19	19,440	0,592	0,006	19,45
36	c_0d_0--$c_0'd_0'$	9,8	1872	1,87	80,48	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	3,08	0,03	0,29	29,400	4,540	0,042	29,44
Sous total											**119,74**	11,61	78,32	7831,80	188,23	1779,42	**9611,23**
Perte de charge totale de tronçon RDC (Pa)																	**9611,23**

Calcul des pertes de charge pour le réseau de1 er Etage:

Tableau (V-1) : des pertes de charge pour le circuit de1er Etage

N°	Traçons	L(al+re) (m)	P (W)	P (kW)	Qv $Qv= P / (1,163. \Delta T)$	D Nominal (m)	D Nominal (m)	S (m2)	V réelle calculer (m/s)	Contenu (l/m)	Contenu de Léau (Traçons)	R (mbar/m)	Pl (mbar)	Pl (Pa)	Σ ξ	ΔPs (Pa)	ΔPtot (Pa)
1	Z_1R1_1--$Z_1'R_1'$	15,22	1728	1,73	74,29	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,20	3,06	0,06	0,91	91,32	15,51	0,00123	91,32
2	Y_1Z_1--$Y_1'Z_1'$	14,2	1728	1,73	74,29	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,20	2,85	0,06	0,85	85,20	0,59	0,00005	85,20
3	X_1Y_1--$X_1'Y_1'$	11,7	2448	2,45	105,25	26,00	0,026	0,0005	0,06	0,30	0,11	0,11	1,29	128,70	0,59	0,00009	128,70
4	W_1X_1--$W_1'X_1'$	23,74	2448	2,45	105,25	26,00	0,026	0,0005	0,06	0,30	7,12	0,11	2,61	261,14	6,20	0,00099	261,14
5	V_1W_1--$V_1'W_1'$	6,88	1872	1,87	80,48	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	2,16	0,06	0,41	41,28	9,70	0,001	41,28
6	T_1V_1--$T_1'V_1'$	11,92	1872	1,87	80,48	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	3,74	0,06	0,72	71,52	9,70	0,001	71,52
7	S_1T_1--$S_1'T_1'$	3,32	1440	1,44	61,91	26,00	0,026	0,0005	0,03	0,314	1,04	0,06	0,20	19,92	1,39	0,0001	19,92

8	R_1S_1--$R_1'S_1'$	7,44	1440	1,44	61,91	26,00	0,026	0,0005	0,03	0,314	2,34	0,06	0,45	44,64	4,19	0,0002	44,64
9	P_1R_1--$P_1'R_1'$	12,4	2016	2,02	86,67	26,00	0,026	0,0005	0,05	0,314	3,89	0,11	1,36	136,4	4,19	0,0005	136,40
10	U_1P_1--$U_1'P_1'$	7,36	2016	2,02	86,67	26,00	0,026	0,0005	0,05	0,314	2,31	0,11	0,81	80,96	4,19	0,0005	80,96
11	O_1U_1--$O_1'U_1'$	3,22	1440	1,44	61,91	26,00	0,026	0,0005	0,03	0,314	1,01	0,11	0,35	35,42	1,39	0,0001	35,42
12	N_1O_1--$N_1'O_1'$	8,78	1440	1,44	61,91	20,00	0,020	0,0003	0,02	0,314	2,76	0,11	0,97	96,58	5,59	0,0001	96,58
13	M_1N_1--$M_1'N_1'$	10,3	1872	1,87	80,48	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	3,23	0,11	1,13	113,3	5,59	0,001	113,30
14	L_1M_1--$L_1'M_1'$	1,16	1872	1,87	80,48	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	0,36	0,11	0,13	12,76	5,59	0,001	12,76
15	a_1b_1--$a_1'b_1'$	4,54	1728	1,728	74,29	20,00	0,020	0,0003	0,02	0,20	0,91	0,06	0,16	16	3,49	0,0001	16,00
16	c_1d_1--$c_1'd_1'$	1,7	1440	1,44	61,91	20,00	0,02	0,0003	0,02	0,20	0,34	0,06	0,10	10,2	3,49	0,000067	10,20
17	d_1e_1--$d_1'e_1'$	3,36	1440	1,44	61,91	20,00	0,02	0,0003	0,02	0,20	0,68	0,06	0,20	20,16	1,39	0,000027	20,16
18	e_1f_1--$e_1'f_1'$	5,16	1440	1,44	61,91	20,00	0,02	0,0003	0,02	0,20	1,04	0,06	0,31	30,96	2,49	0,000048	30,96
19	i1j1--i1'j1'	5,1	1440	1,44	61,91	20,00	0,02	0,0003	0,02	0,20	1,03	0,06	0,31	30,6	6,19	0,00012	30,60
20	h_1i_1--$h_1'i_1'$	3,68	1440	1,44	61,91	20,00	0,02	0,0003	0,02	0,20	0,74	0,06	0,22	22,08	1,39	0,00003	22,08
21	g_1h_1--$g_1'h_1'$	2,76	1440	1,44	61,91	20,00	0,02	0,0003	0,02	0,20	0,55	0,06	0,17	16,56	2,02	0,00004	16,56
22	G_1h_1--G_1h_1	21,44	1728	1,73	74,29	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	6,73	0,06	1,29	128,64	9,09	0,0007	128,64
23	F_1G_1--$F_1'G_1'$	3,2	1728	1,73	74,29	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	1,00	0,06	0,19	19,2	1,39	0,0001	19,20
24	E_1F_1--$E_1'F_1'$	5,52	1728	1,73	74,29	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	1,73	0,06	0,33	33,12	1,39	0,0001	33,12
25	D_1E_1--$D_1'E_1'$	3,28	2160	2,16	92,86	26,00	0,026	0,0005	0,05	0,314	1,03	0,11	0,36	36,08	1,39	0,0002	36,08
26	C_1D_1--$C_1'D_1'$	5,5	2160	2,16	92,86	26,00	0,026	0,0005	0,05	0,314	1,73	0,11	0,61	60,5	1,39	0,0002	60,50

27	B_1C_1--$B_1'C_1'$	11,14	1728	1,73	74,29	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	3,50	0,06	0,67	66,84	1,39	0,0001	66,84
28	A_1B_1--$A_1'B_1'$	6	1728	1,73	74,29	26,00	0,026	0,0005	0,04	0,314	1,88	0,06	0,36	36,00	2,79	0,0002	36,00
29	J_1K_1--$J_1'K_1'$	9,72	2334	2,33	100,34	20,00	0,02	0,016	1,58	0,31	3,05	0,11	1,07	106,92	2,79	0,352	107,27
30	I_1J_1--$I_1'J_1'$	0,92	2334	2,33	100,34	20,00	0,02	0,016	1,58	0,31	0,29	0,11	0,10	10,12	0,97	0,123	10,24
Sous total											**62,23**	2,4	1,17	1863,12	117,36	0,484	**1863,60**
Perte de charge totale de tronçon 1er Etage (Pa)																	**1863,60**
Perte de charge totale de centre de formation (Pa)																	**11474,83**

PERTE DE CHARGE TOTALE DE CENTRE DE FORMATION =11474,83 (PA)

CONTENU TOTAL DE LÉAU 185 L

V-4-2- Condition de l'équilibrage

Les tronçons doit vérifient la condition suivante :

$[(\Delta P_{défavorable}) - (\Delta P_{tronçon}) / (\Delta P_{défavorable})].100 < 15\%$.....(V-5)

Les tronçons qui vérifient cette condition sont dits équilibrés, pour les autre tronçons on les ajoute des vannes d'équilibrage appelés aussi des vannes d'étranglements ayant une perte de charge égal à la différence entre la perte de charge du tronçon le plus défavorable et la perte de charge associée à ces tronçons.

Tableau (V-3) : On a la tronçon le plus défavorable est le circuit **ChOG0CHO'G0'**du **RDC**

Circuits	Pert de charge associée Δ P (Pa)	Δ P pour le circuit le plus défavorable (Pa)	La valeur pour la condition d'équilibrage (%)	Résultat
CHOZ0-CHO'Z0	**9812,35**	**11474,83**	**14,48**	Le tronçon est équilibre
CHOd0-CHO'd0'	**10699,76**	**11474,83**	**6,75**	Le tronçon est équilibre
ChOG0CHO'G0'	**7884,74**	**11474,83**	**35,90**	On ajoute une vanne d'équilibrage
CH0R1-CHO'R1'	**10349,11**	**11474,83**	**9,80**	Le tronçon est équilibre
CHOW1-CHO'W1'	**9653,97**	**11474,83**	**16,39**	On ajoute une vanne d'équilibrage

Figure (V-1): Isométrie des corps de chauffe rez-de-chaussée

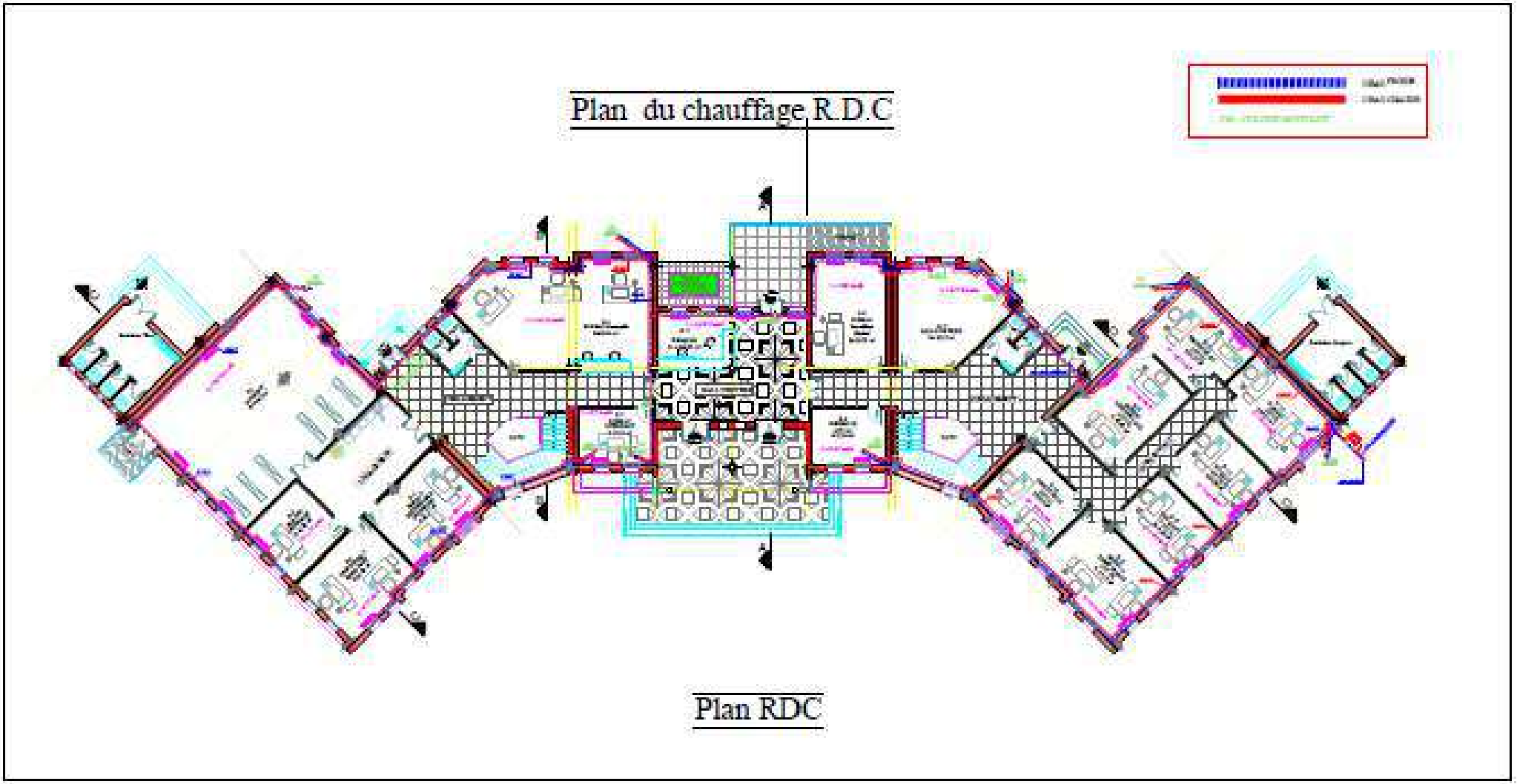
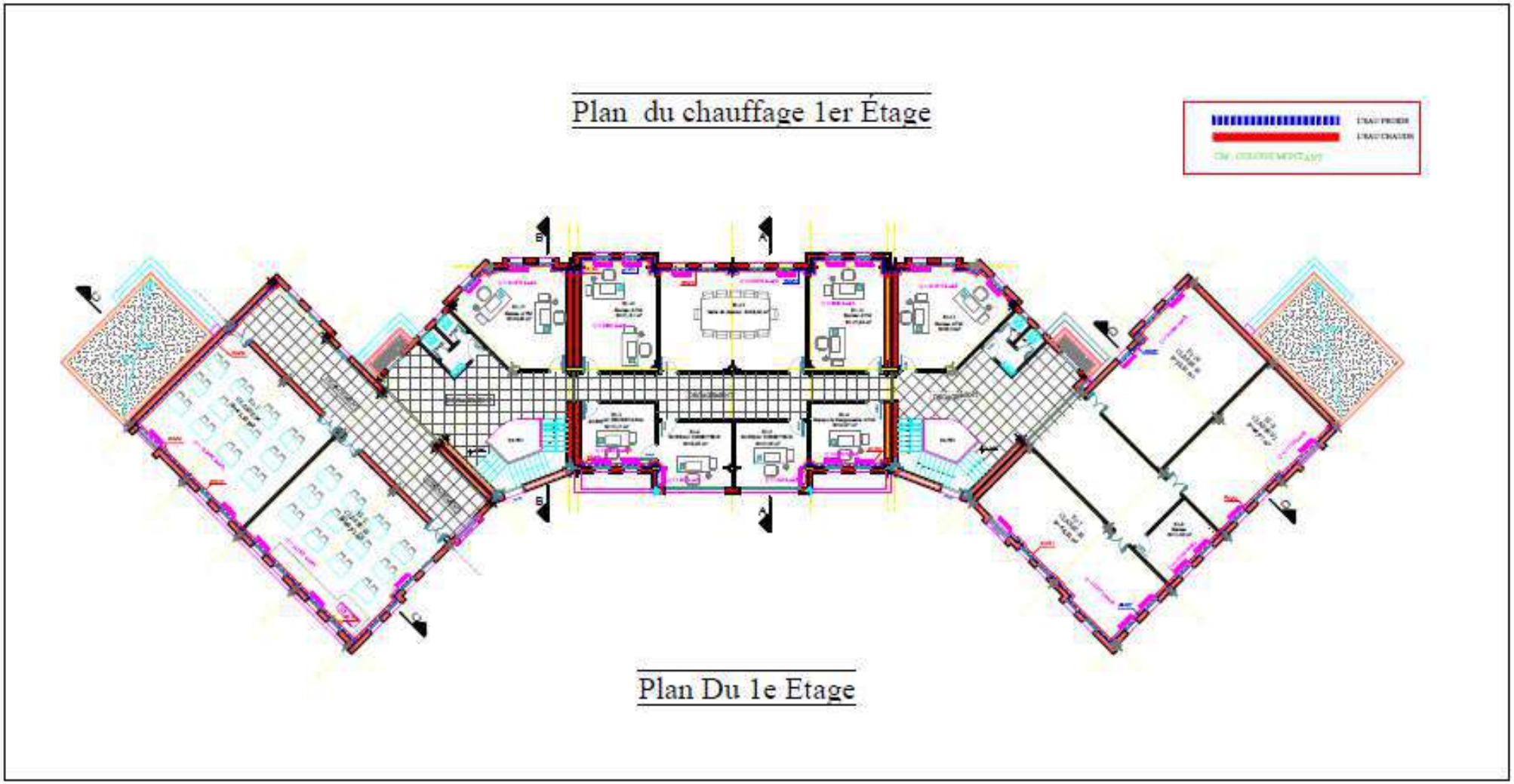


Figure (V-1): Isométrie des corps de chauffe 1er ETAGE



Chapitre VI

SYSTEME DE REGULATION

VI-1- Introduction

Un régulateur est un dispositif qui est capable, de maintenir une grandeur physique à une valeur la plus proche possible de la valeur désirée.

VI-2-Définition

La grandeur réglée : C'est la grandeur physique que l'on désire contrôler. Elle donne son nom à la régulation. Par exemple : régulation de température.

La consigne : C'est la valeur désirée que doit avoir la grandeur réglée.

Les grandeurs perturbatrices sont les grandeurs physiques susceptibles d'évoluer au cours du processus et d'influencer la grandeur réglée. Par exemple : la température extérieure dans un système de chauffage.

La grandeur réglant est la grandeur de commande qui a été choisie pour contrôler la grandeur réglée. Par exemple le débit d'eau dans le système de chauffage.

Qu'appelle t-on régulation ?

La régulation regroupe l'ensemble des techniques utilisées pour maintenir la grandeur réglée à sa valeur de consigne, en tenant compte des perturbations et en agissant sur une autre grandeur physique, appelée grandeur réglant.

VI-2-1- Domaine d'application

Dans les procédés industriels la régulation entraine une baisse des couts et un gain de temps.

VI-2-2- Que faut-il savoir sur les systèmes de régulation et de programmation du chauffage ?

L'utilisation d'un régulateur et d'une programmation est une source considérable d'économie d'énergie tout en préservant votre confort. Ces systèmes ajustent en permanence le chauffage pour maintenir une température constante à l'intérieur d'un logement, température programmée selon la saison et l'occupation (jour/nuit, semaine/weekend, vacances). Voici les explications de nos experts pour bien comprendre comment utiliser ces équipements.

VI-2-3- Comment fonctionne les systèmes de régulation et de programmation du chauffage?

A- Le système de régulation:

Il permet de définir une température de référence pour votre logement appelée température de consigne. Il est constitué :

- D'un capteur (thermostat, sonde) qui mesure la température où il est installé,
- D'un comparateur de consigne qui envoie au système de chauffage l'information sur l'écart entre la température mesurée et la température « référence » dite température de consigne,
- D'une commande de fonctionnement qui agit, en fonction de l'information du comparateur de consigne, sur le chauffage (action sur le fonctionnement de la chaudière et sur le débit dans les tuyaux).

B- La programmation:

Avec ce système, vous pouvez définir la température en fonction des périodes d'occupation : jour/nuit, semaine ou week-end, période d'absence pour des vacances par exemple. La programmation complète le système de régulation.

VI-3- Quels sont les différents équipements de régulation ?

Faites appel à un plombier-chauffagiste pour installer votre système. Voici des indications pour savoir quel système fonctionne selon votre chauffage.

Pour le chauffage à eau chaude

- ✓ Les robinets thermostatiques permettent de régler l'émission de chaleur au niveau des radiateurs par commande manuelle de l'utilisateur.
- ✓ Les thermostats d'ambiance et les sondes extérieures agissent sur la production de chaleur.
- ✓ Les sondes extérieures mesurent la température de l'air extérieur et permettent d'anticiper l'influence des conditions climatiques sur la température intérieure.

VI-4- Boucle régulation

Une boucle de régulation comprend :

- ➢ Un organe de diction de la grandeur à règle.
- ➢ Un régulateur compare la valeur instantanée de la grandeur à règle avec la valeur de consigne de cette grandeur. Un cas d'écran de réglage constant élabore certaines bases de calcul une certaine grandeur de réglage.
- ➢ Un organe de réglage : qui peut être une vanne ou un registrer ses dernières sont pilotés par un actionneur tel que servomoteur que reçoit la grandeur de régulateur

VI-5- Appareils de régulation utilisée dans le système de chauffage

VI-5-1 Thermostat

C'est un organe de détection de température monté avec régulateur dans la même unité



Figure (VI-1) : Thermostat numérique

VI-5-2- La Sonde numérique

C’est un organe de détection de température dans la régulation électronique .



Figure (VI-2) : Sonde de température numérique

VI-5-3- Vanne

C’est un organe de réglage qui permet de régler un débit volume de fluide liquide, la vanne à trois voies est la plus utilisé dans l’installation de chauffage et on à deux types de vanne à trois vois :

- ✓ vanne à trois vois mélangeuse : elle a deux entrées et une sortie.
- ✓ vanne à trois vois diviseuse ou réparation : elle a une entrée et deux sorties.



Figure (VI-3) : Vanne à trois voit

VI-6- Choix du mode de régulation

Parmi les modes de régulation, il existe :

VI-6-1- La régulation individuelle

Par action direct sur le corps de chauffe. Elle peut être

- **Manuelle :** en faisant varier les débits d'eau entrants dans l'appareil manuellement à l'aide d'un robinet d'arrêt .ici, l'homme joue le rôle de détecteur et de régulateur.
- **Automatique :** où l'appareil est muni d'un robinet thermostatique lacé à son entrée qui fait varier l'alimentation en eau chaude en fonction de la température de consigne voulue.

L'avantage de ce système est de contrôle chaque appareil séparément.

VI-6-2- La régulation d'ensemble

Ce type de régulation existe généralement dans la chaufferie .C'est un mode de régulation agissent sur l'ensemble de la chaleur totale fournie et cela en fonction des paramètres climatiques extérieures qui agissent sur l'ensemble à chauffer.

VI-7- Application au projet

On prévoie deux sondes, l'une à l'extérieur et l'autre placée sur le circuit de l'eau chaude (l'aller).

Ce mode de régulation consiste à maintenir la température de départ de l'eau et la température ambiante constante.

Les deux sondes transmettent leurs indications au régulateur R qui les compare à celle de consigne, et donne au brûleur ou à la pompe pour ajuster selon les bosons de débit d'eau chaude, et ou servomoteur qui agit sur la vanne à trois voies pour faire le mélange.

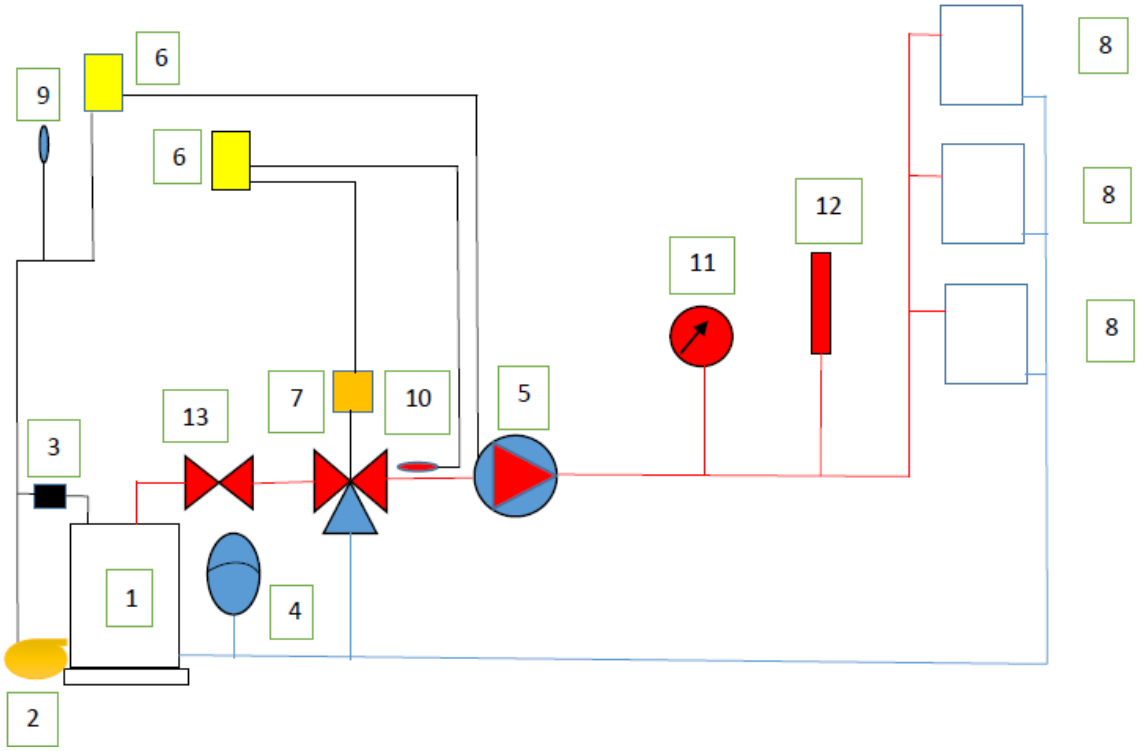


Figure (**VI-4**) : schéma de principe de l'installation de chauffage

Chaudière

Brûleur

Thermostat

Vase d'expansion

Pompe de circulation

Régulateur

Vane à trois voies

Les corps de chauffe

Sonde de température extérieure

Sonde de température intérieure

Manomètre

Thermostat

Vane d'arrêt

Conclusion

CONCLUSION GENERAL

- l'étude des installations de chauffage nous a permis d'améliorer nos connaissances dans ce domaine qui reste un domaine très vaste, et de mieux recevoir l'importance et la nécessité de chauffage central dans la vie de l'être humain.
- Durant toutes les étapes de notre étude on a toujours essayé de conserver les conditions de confort ainsi que les conditions économiques, comme nous avons traité le problème de la condensation superficielle et dans la masse des parois.
- Nous espérons à travers ce projet de fin d'étude d'avoir été à la hauteur de la tâche qui nous a été confiée et d'avoir été méthodique dans ce projet.
- Nous espérons aussi que notre étude représente une aide et une documentation riche aux étudiants qui s'intéressent au domaine du chauffage.

Bibliographie

Références Bibliographiques

[1] Document technique réglementaire (D .T.R C) 3.2 réglementaire thermique des bâtiments D'habitations règle de calcule des déperditions calorifiques.

[2] Document technique réglementaire (D .T.R C) 3.4 réglementaire climatisation, règle de calcule 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 ,3éme édition pyc édition livres 1996.

[5] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique ». Ventilation, climatisation, conditionnement d'air. Tome 03, 3éme édition JJMG éditions / pyc livres 2001.

---

[6] catalogue radiateur chappée 2018 Pdf.

[7] catalogue chaudière chappée 2018 Pdf.

[8] catalogue Salmson réservoirs expansion 2018 Pdf.

[9] catalogue Multicouches (manuel technique henco)

[10] catalogue générale Salmson Pdf.

---

[11] Logiciel Google earth.

[12] Logiciel AutoCAD 2016 - Français.

[13] WWW.KEFA system.com Français (calcule la température de rose).

Annexe

Annexe Tableau A-1 : Zonage climatique [1]

Wilaya	Communes	Zone
26 MEDEA	**Groupe de Communes 1 :** Aissaouia - Baata - Benchicao - Beni Slimane - Bir Ben Laabed - Bouchrahil - Bouskene - Deux Bassins - Djouab - Draa Essamar - El Azizia - El Guelb El Kebir - El Hamdania - El Omaria - Khams Djouamaa - Medea - Meghraoua - Mezrana - Mihoub - Ouamri - Oued Harbil - Ouled Brahim - Ouzera - Sidi Errabia - Sidi Naamane - Sidi Zahar - Sedraia - Souaghi - Tablat - Tamesguida - Tizi Mehdi **Groupe de Communes 2 :** Hannacha. **Groupe de Communes 3 :** Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.	B B' C

Annexe Tableau A-2 : Zonage climatique **[1]**

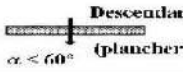
ZONE	Altitude (m)	t_{be} (en °C)	ZONE	Altitude (m)	t_{be} (en °C)
A	< 300 300 à 500 500 à 1000 ≥ 1000	6 3 1 -1	C	500 à 1000 ≥ 1000	- 2 - 4
B	< 500 500 à 1000 ≥ 1000	2 1 -1	D	< 1000 ≥ 1000	5 4
B'	<500 ≥ 500	0 voir Zone B	D'	< 1000	5

Annexe Tableau A-3 : Fixe les valeurs de la température extérieur de base **[1].**

ZONE	Altitude (m)	t_{be} (en °C)	ZONE	Altitude (m)	t_{be} (en °C)
A	< 300 300 à 500 500 à 1000 ≥ 1000	6 3 1 -1	C	500 à 1000 ≥ 1000	- 2 - 4
B	< 500 500 à 1000 ≥ 1000	2 1 -1	D	< 1000 ≥ 1000	5 4
B'	<500 ≥ 500	0 voir Zone B	D'	< 1000	5

Annexe Tableau B-1 :Les résistances thermiques d'échange superficiels intérieur

$r_i=1/h_i$ et extérieur $r_e = 1/h_e$

1/h en m².°C/W	Paroi en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Paroi en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Annexe Tableau B-2 : λ_i conductivité thermique de la I^{ème} couche exprimer en (w/m.ºC) [1]

Matériau	Masse volumique sèche ρ (kg/m³) (W/m.°C)	Conductivité thermique λ (J/kg.°C)	Capacité thermique c
Pierres naturelles (murs, revêtement de sol, revêtement muraux, ...) Roches éruptives			
- Granites, porphyres	2300 à 2900	3,0	936
- Basaltes	2700 à 3000	1,6	936
- Andésites, tufs volcaniques	2000 à 2700	1,1	936
Roches sédimentaires			
- Grès quartzeux	2000 à 2800	2,6	792
- Grès calcarifères	2000 à 2700	1,9	792
- Pierres calcaires			
o Pierres dures	2350 à 2580	2,4	936
o Pierres fermes	1840 à 2340	1,4	936
o Pierres tendres	1480 à 1830	1,0	936
o Pierres très tendres	≤ 1470	0,85	936
Roches métamorphiques			
- Marbre	≥ 2590	2,9	936
- Gneiss	2300 à 2900	3,0	936
- Schistes, ardoises	2000 à 2800	2,2	936
- Sable sec	1300	0,6	823
- Sable + gravillons	1800	1,2	792
Bétons de granulats courants			
Béton plein	2200 à 2500	1,75	1080
Béton caverneux	1700 à 2100	1,4	1080

Annexe Tableau C-1 : Coefficient K des portes

	Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
Portes en bois		
- Portes opaques	3,5	2
- Portes avec une proportion de vitrage < 30%	4,0	2,4
- Portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4,5	2,7
Portes en métal		
- Portes opaques	5,8	4,5
- Portes équipées de vitrage simple	5,8	4,5

Annexe Tableau C-2 : Le coefficient d'exposition au vent e_v est tiré du tableau suivent.

Hauteur H [1] (m)	Classes de rugosité [2]				
	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

Tableau 7.4

[1] La hauteur H correspond à la moyenne de la distance entre le sol et la mi-hauteur des ouvrants de la paroi considérée.

[2] Les classes de rugosité du site d'implantation du bâtiment sont définies ci-dessous :

- Rugosité de classe I : bord de mer ;
- Rugosité de classe II : rase campagne, aéroport ;
- Rugosité de classe III : zones rurales avec arbres, haies, zones faiblement urbanisées ;
- Rugosité de classe IV : zones urbaines ; zones industrielles ; forêts ;
- Rugosité de classe V : centre des grandes villes.

Annexe Tableau C-3 : Le débit supplémentaire Q_s du à l'effet du vent pour un logement est donné par le tableau suivent :

Type de parois	Valeurs de P_0 ($m^3/h.m^2$ sous $\Delta P = 1$ 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 C-4 :Les coefficient a,b,c,d et e (en w/m^2 °c),ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique.

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 C-5 : Valeurs forfaitaires de Tau

Circulation ouverte sur l'extérieur		
Définition : Toute circulation commune ou dépendance dont le rapport de la section totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur à son volume est supérieur ou égal à 0,005 m^2/m^3.		
Tau = 1		
Circulation ouvrant directement sur l'extérieur		
Définition : Toute circulation dont le taux horaire de renouvellement d'air est égal à 2.		
Parois extérieures de la circulation commune	**Parois séparant la circulation commune des logements**	**Valeur de Tau**
Isolées	Non isolées	0,30
	Isolées	0,55
Non Isolées	Non isolées	0,35
	Isolées	0,60
Inexistantes (circulation commune en position centrale)	Non isolées	0,25
	Isolées	0,45
Circulation commune n'ouvrant pas directement sur l'extérieur		
Définition : Toute circulation dont le taux horaire de renouvellement d'air est égal à 0,5.		
Parois extérieures de la circulation commune	**Parois séparant la circulation commune des logements**	**Valeur de Tau**
Isolées	Non isolées	0,20
	Isolées	0,40
Non Isolées	Non isolées	0,30
	Isolées	0,50
Inexistantes (circulation commune en position centrale)	Non isolées	0,10
	Isolées	0,25
Circulation commune avec trappes ouvertes en permanence		
Définition : Toute circulation dont le taux horaire de renouvellement d'air est égal à 4. Les circulations communes avec trappes ou gaines de désenfumage ouvertes en permanence et les parkings publics rentrent dans ce cas.		
Tau = 0,9		

Annexe Tableau C2 : catalogue chaudière chappée 2018 **[7].**

12 MODÈLES DE 101 A 940 kW

Tableaux de commande pré-câblés

ARIZONA Evolution 1 et 2 C		Raccordement			Encombrements	
TYPE	Puissance kW	Départ/ Retour	Fumée Ø D mm	Poids kg	L mm	P mm	H mm
99	101	R1 1/2"	200 (203 int.)	298	762	1190	845
115	120	65	250 (248 ext.)	380	782	1242	845
145	150	65	250 (248 ext.)	380	782	1242	845
175	181	65	250 (248 ext.)	433	802	1383	920
232	239	80	250 (248 ext.)	520	862	1589	960
290	299	80	250 (248 ext.)	520	862	1589	960
349	355	80	300 (298 ext.)	665	912	1827	980
465	475	80	300 (298 ext.)	945	1082	1895	1135
580	591	100	350 (348 ext.)	1087	1187	1895	1230
700	707	100	350 (348 ext.)	1087	1187	1895	1230
815	820	100	350 (348 ext.)	1339	1187	2157	1230
930	940	100	350 (348 ext.)	1339	1187	2157	1230

Caractéristiques chaudière selon RT 2005

Arizona Evolution 1 et 2 C		Modèles											
		99	115	145	175	232	290	348	465	580	700	815	930
Type de générateur		Chauffage						Chauffage					
Evacuation		Cheminée						Cheminée					
	Type	B23						B23					
Nbre d'étoiles CE - Directive rendement 92/42/CEE		* *						**	Non concerné				
Type de chaudière		Basse Température						Basse Température					
Référence CE		1312BR4873						1312BR4873					
Puissance nominale	kW	101	119	149	180	238	297	354	475	591	707	822	940
Débit calorifique	kW	109	129	161	194	256	320	380	509	633	757	880	1006
Rendement charge 100% et 70°C	%	92,55	92,61	92,66	92,72	92,83	92,94	93,06	93,4	93,4	93,4	93,4	93,4
Rendement charge 30% et 50°C	%	91,92	92,12	92,34	92,56	93	93,44	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7
Volume du circuit des fumées (foyer inclus)	l	188	227	227	282	361	381	494	695	788	788	872	872
Résistance du circuit des fumées	mbar	0,57	0,74	0,92	1,1	1,45	1,8	2,16	2,7	2,9	3	3,21	3,4
Température des fumées	°C	140 - 180						140 - 180					
Pertes à l'arrêt t = 30 K	W	823	898	898	677	1198	1198	963	1190	1317	1317	1456	1456
Débit nominal d'eau à Pn, t = 20 K	m^3/h	4,2	5,0	6,3	7,6	10,0	12,5	14,9	20,0	24,9	29,7	34,6	39,5

Débit nominal d'eau à Pn, t = 15 K	m^3/h	5,7	6,7	8,4	10,1	13,3	16,7	19,9	26,6	33,1	39,6	46,1	52,7
P chaudière à débit nominal	mbar	20	23	23	25	29	29	33	32	35	35	47	47
Contenance en eau	l	105	120	120	186	250	250	320	565	635	635	690	690
Pression maxi d'utilisation	bar	4						5					
Référence PV essai		RE 07-181						RE 07-181					
Organisme		Baxi						Baxi					

Annexe Tableau C3 : catalogue Salmson réservoirs expansion 2018 **[8]**

CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES - EXPANSION

· Réservoirs d'expansion à membrane

Désignation d'article	Réf. article	vol.	Pression de service	Figure	Temp.	Ø	L	D
		litre	bar		°C		mm	mm
RESERV-6L-4B-VT-M	66284	6	4	1	-10 à +100	3/4"	245	245
RESERV-8L-4B-VT-M	66285	8	4	1	-10 à +100	3/4"	275	245
RESERV-12L-4B-VT-M	66286	12	4	1	-10 à +100	3/4"	320	285
RESERV-18L-3,5B-VT-M	66287	18	3,5	1	-10 à +100	3/4"	385	285
RESERV-24L-3,5B-VT-M	66288	24	3,5	1	-10 à +100	3/4"	420	325
RESERV-35L-5B-VT-M	66289	35	5	2	-10 à +100	3/4"	475	380
RESERV-50L-6B-VT-M	66290	50	6	2	-10 à +100	3/4"	640	380
RESERV-80L-6B-VT-M	66291	80	6	2	-10 à +100	3/4"	690	460
RESERV-100L-6B-VT-M	66292	100	6	2	-10 à +100	3/4"	810	460
RESERV-150L-6B-VT-M	4000155	150	6	2	-10 à +100	1"	970	510
RESERV-200L-6B-VT-M	4000156	250	6	2	-10 à +100	1"	1230	590

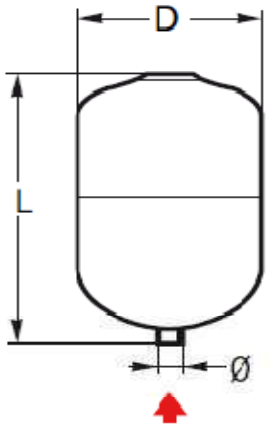


Figure 1*
* à raccorder sur tuyauterie

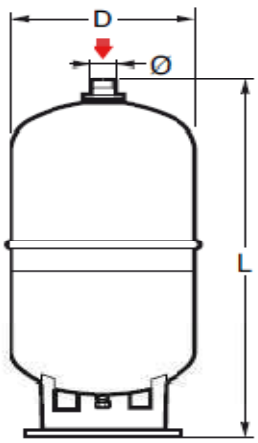


Figure 2

Annexe Tableau C4 :

catalogue Salmson 2018(les caractéristiques de la pompe de circulation) **[8]**

> RÉFÉRENCES & ACCESSOIRES SPÉCIFIQUES

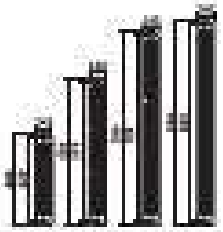
RÉFÉRENCE	DÉSIGNATION S02	P. U. HT	ENTRAXE mm	DN CIRC.	CONTRE-BRIDES (vendues à l'unité)	POCHETTE DE RACCORDS-UNION	PLAQUE D'OBTURATION	COQUILLE D'ISOLATION THERMIQUE
2120678	Priux master 25-55	678 €	180	1"½	-	4104727 14 €	-	2123369 16,80 €
2120679	**Priux master 25-65**	**694 €**	**180**	**1"½**	-		-	
2120680	Priux master 25-90	979 €	180	1"½	-		-	2123370 - 16,80 €
2120681	**Priux master 32-55**	**731 €**	**180**	**2"**	-	4104728 14 €	-	2123369 16,80 €
2120682	Priux master 32-65	742 €	180	2"	-		-	
2120683	**Priux master 32-90**	**1 140 €**	**180**	**2"**	-		-	2123370 - 16,80 €
2120684	Priux master 40-30	899 €	220	DN40	82244 13,40 €	-	-	2123371 - 25,20 €
2120685	**Priux master 40-60**	**1 184 €**	**220**	**DN40**		-	-	2123372 - 25,20 €
2120686	Priux master 40-80	1 451 €	250	DN40		-	-	2123373 - 25,20 €
2120687	**Priux master 40-110**	**1 775 €**	**250**	**DN40**		-	-	2123374 - 25,20 €
2120688	Priux master 50-60	1 686 €	240	DN50		-	-	2123375 - 30,80 €

Coefficients de dilatation de l'eau

Température °C	coefficient	Température °C	coefficient
10°	0,0004	075°	0,0256
20°	0,0018	080°	0,0288
30°	0,0044	085°	0,0322
40°	0,0079	090°	0,0357
50°	0,0119	095°	0,0394
55°	0,0143	100°	0,0431
60°	0,0169	105°	0,0472
65°	0,0196	110°	0,0513
70°	0,0225		

Annexe tableau C-6 catalogue radiateur chappée 2016 [6].

SAVANE



FONTE À FAÇADE PLANE
GAMME HORIZONTALE
À ÉLÉMENTS



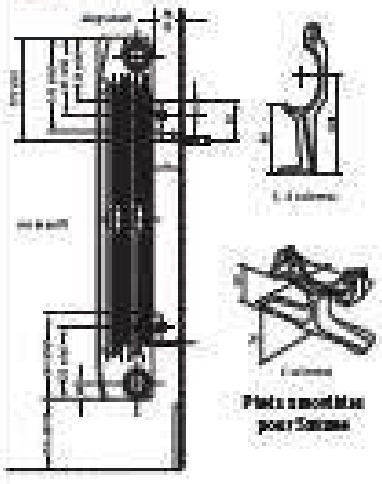
HAUTEUR HORS PIED MM	NOMBRE D'ÉLÉMENTS	LONGUEUR MM	POIDS KG	CAPACITÉ EN EAU L	WATT A T 50	RÉFÉRENCES	PRIX € HT
480	4	280	22	2,7	376	C1334006	218
	6	336	27	4,0	608	C1334006	298
	1	280	33	5,5	662	C1334006	478
	7	406	38	6,6	866	C1334006	658
	8	630	44	7,6	748	C1334006	692
	9	686	48	8,3	862	C1334006	717
	10	850	66	8,2	838	C1334001	797
	11	716	68	10,1	1050	C1334001	807
	12	760	85	11,0	1313	C1334001	968
	13	846	71	12,0	1217	C1334001	1 826
	14	930	78	13,8	1310	C1334001	1 317
	15	976	82	13,8	1434	C1334001	1 395
	16	1060	87	14,7	1458	C1334001	1 274
	17	1206	93	15,4	1593	C1334001	1 364
	18	1170	98	16,4	1486	C1334001	1 424
	19	1216	103	17,6	1778	C1334001	1 614
	20	1300	108	18,4	1871	C1334001	1 695
610	4	280	28	4,5	670	C1336006	263
	6	336	36	5,7	906	C1336006	427
	1	280	43	6,8	716	C1336006	513
	7	406	50	7,8	833	C1336007	598
	8	630	57	8,8	952	C1336008	683
	9	686	66	10,1	1071	C1336008	768
	10	850	71	11,3	1390	C1336001	853
	11	716	78	12,4	1308	C1336001	938
	12	760	85	13,6	1426	C1336001	1 024
	13	846	92	14,7	1547	C1336001	1 108
	14	930	98	15,8	1414	C1336001	1 395
	15	976	107	17,0	1786	C1336001	1 279
	16	1060	114	18,1	1956	C1336001	1 366
	17	1206	123	19,1	2053	C1336001	1 450
	18	1170	128	20,3	2163	C1336001	1 536
	19	1216	136	21,5	2283	C1336001	1 622
	20	1300	142	22,4	2380	C1336001	1 707
780	4	280	32	5,4	870	C1337006	278
	6	336	39	6,8	928	C1337006	421
	1	280	47	8,2	864	C1337006	667
	7	406	55	9,5	1038	C1337007	693
	8	630	63	10,8	1263	C1337008	766
	9	686	71	12,1	1394	C1337008	860
	10	850	78	13,4	1660	C1337001	946
	11	716	87	15,0	1584	C1337001	1 030
	12	760	95	16,3	1718	C1337001	1 325
	13	846	103	17,7	1871	C1337001	1 220
	14	930	110	18,8	2014	C1337001	1 321
	15	976	118	20,4	2140	C1337001	1 417
	16	1060	126	21,8	2304	C1337001	1 512
	17	1206	136	23,1	2468	C1337001	1 605
	18	1170	142	24,6	2593	C1337001	1 701
	19	1216	150	25,8	2734	C1337001	1 796
	20	1300	158	27,1	2850	C1337001	1 888
900	4	280	45	6,1	888	C1339006	298
	6	336	57	7,7	825	C1339006	496
	1	280	68	9,2	898	C1339006	693
	7	406	80	10,7	1265	C1339007	693
	8	630	91	12,3	1310	C1339008	792
	9	686	103	13,8	1486	C1339008	891
	10	850	114	15,3	1650	C1339001	990
	11	716	126	16,8	1815	C1339001	1 089
	12	760	137	18,4	1980	C1339001	1 189
	13	846	148	19,9	2145	C1339001	1 288

FOURNITURES STANDARD

- Lyre d'origine incassable
- Peinture primaire blanche
- Pression de service 8 bar
- Pression d'épreuve 10 bar

RADPACK équipement complet robinetterie tous radiateurs voir page 128

FIXATIONS



Pieds à monter par l'acheteur