République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université YAHIA Fares de MEDEA
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique
Filière de Génie civil

Mémoire de fin d'études

pour l'obtention du diplôme de master

en Génie civil

Option :
Equipement de l'habitat

Thème

Chauffage dans un immeuble résidentiel

Présenté par :

AMAR SETTI Kenza
SLIMANI Anissa

Proposé et dirigé par :

Dr. CHIBA Younes

Année universitaire : 2017-2018

Remerciements

Au Terme De Ce Travaille, Nous Tenons A Exprime Nos Remerciements :

A Notre Dieu Qui Nous A Donné La Force Et La Sonté Accomplir Ce Travail

A Notre Promoteur Dr. CHIBA Younes Pour Avoir Accepter La Nous Encadrés

A Tous Les Professeurs De L'université De Médéa Qui Nous Ont Enseigné Durant La Période De Formation.

Nos Remerciements Vont Éventuellement A Nos Famille Pour Leur Soutien, Confiance Et Patience

Et Dieu Merci



إهداء

أولا اشكر خالقي الذي أوصلني إلى ما كنت أتمناه واهدي ثمرة جهدي الى كل من ساعدني سواء كان من قريب أو من بعيد وخاصة أمي التي سهرت علي في تربيتي وكانت هي الأخت و الصديقة و الزهرة التي كنت اخذ من رحيقهاواتمتع بعطرهاالفياح الذي أوصلني إلى النجاح.

و إلى أبي الذي كد و جد ورباني فأحسن تربيتي و رعايتي و هو النور الذي أنار لي طريقي وأوصلني إلى النجاح وهو تاج راسي و قرة عيني و منبع حياتي

والى الأستاذ المعلم شيبة يونس الذي لم يبخل علي بالنصائح يوما.

و إلى أختي سعيدة التي اعتبرها توأمي والتي كانت سندا لي طيلة حياتي وأتمنى من الله ان يوفقها.

و إلى أخوتي الاعزاءو ابنائهم و ييسر طريقهم في جميع المجالات.

والى من تفرح لفرحي وتقاسمني أحزاني صديقاتي اعمر ستي كنزة

و سلمى خرباش اللذان رافقاني طيلة الموسم الجامعي.

والى كل عائلة سليماني وعائلة ومعاوية .

والى كل من وسعتهم ذاكرتي و لم تسعهم مذكرتي.



إهداء

أولا اشكر خالقي الذي أوصلني إلى ما كنت أتمناه واهدي ثمرة جهدي الى كل من ساعدني سواء كان

من قريب أو من بعيد وخاصة أمي التي سهرت علي في تربيتي وكانت هي الأخت و الصديقة

و الزهرة التي كنت اخذ من رحيقهاواتمتع بعطرهاالفياح الذي أوصلني إلى النجاح.

و إلى أبي الذي كد و جد ورباني فأحسن تربيتي و رعايتي و هو النور الذي أنار لي طريقي وأوصلني إلى

النجاح وهو تاج راسي و قرة عيني و منبع حياتي و في الأخير أتمنى لهما طوال العمر و الصحة

والعافيةو أدعو الله أن يقدرني أن أرد لهما القليل من فضلهما علي مهما طال المقام

فالمقال لا يسعهما و أدعو الله أن يحفظهما.

والى الأستاذ المعلم شيبة يونس الذي لم يبخل علي بالنصائح يوما.

و إلى أختي سمية التي اعتبرها توأمي والتي كانت سندا لي طيلة حياتي وأتمنى من الله أن يرزقها الذرية الصالحة و يحفظ زوجها إسماعيل ويديم سعادتهما.

و إلى أخي الحبيب سيدعلي الذي ادعوا الله أن يوفقه في شهادة الباكالوريا و ييسر طريقه في جميع المجالات.

والى التوأمين الصغيرين عبد القادر و شريفة أتمنى من الله أن يوفقهما في دراستهما.

والى خطيبي مفتاح جنيد الذي اسأل الله أن يحميه و يحفظه .

والى من تفرح لفرحي وتقاسمني أحزاني صديقتي الغالية صبرين الطاهري

إلى صديقاتي أنيسة سليماني و سلمى خرباش اللذان رافقاني طيلة الموسم الجامعي.

والى كل عائلة اعمرستي وعائلة محمد محمود وعائلة جنيد.

والى كل من وسعتهم ذاكرتي و لم تسعهم مذكرتي.



Liste des symboles

Symboles	Signification	Unité
Q_{ap}	Apports calorifiques	Kcal/h
Q_{opp}	Apports calorifiques effectifs	Kcal/h
Q_{inf}	Apports calorifiques infiltration	Kcal/h
Q_{ecl}	Apports calorifiques de l'éclairage	Kcal/h
$Q_{m.él}$	Apports calorifiques dus aux machines électrique	Kcal/h
F	Facteur solaire	
K	Coefficient de transmission surfacique	Kcal/h.m^2.°C
φ	Humidité relative	%
L	Latitude degré	Degré
N	Coefficient d'amortissement	
R	Resistance thermique d'un couche de matériau	h m. °C/Kcal
S	Surface d'une paroi opaque	m^2
t_i	Température intérieure	°C
T_e	Température extérieur	°C
S	Surface vitrée	m^2
V	Volume	m^3
δ	Epaisseur	m
Φ	Altitude	m
K	Coefficient de transmission surfacique	h.m^2.°C/kcal
α_e	Coefficient extérieur d'échange superficiel	h.m^2.°C/kcal
α_i	Coefficient intérieur d'échange superficiel	Kcal/h.m.C.
T_b	Température intérieur de base	°C
T_{inb}	Température extérieur de base	°C
R	Résistance thermique ; cas général	h.m^2.°C/kcal
Q_v	Déperdition thermique total	Kcal/h.m^2.°C.
D_{tr}	Déperdition thermique par transmission	Kcal/h.m^2.°C.
Q_v	Déperdition par ventilations	Kcal/h.m^2.°C.
Q_{int}	Déperdition intérieur	Kcal/h.m^2.°C.
Q_b	Déperdition de base	Kcal/h.m^2.°C.
Q_{tot}	Déperdition thermique totales	Kcal/h.m^2.°C.

Q_{tr}	Déperdition thermique par transmission	Kcal/h.m^2.°C.
P_{si}	Représente la pression de saturation intérieure	mmHg
P_{se}	Représente la pression de saturation extérieure	mmHg
P_{pi}	Représente la pression partielle intérieure	mmHg
m	Débit massique exprime en	(g/h)
P	Différence de pression entre deux couche	mmHg
Rd	Résistance de la diffusion de la vapeur	m^2.h. mmHg/ge
π	Coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau	(g/m.h.mmHg)
R_{min}	La résistance minimal	(h.m^2.°C/Kcal).
R_{th}	La résistance de la paroi considérée	(h.m.°C/Kcal).
Z_H	Majoration pour l'orientation	%
Z_U	Majoration pour interruption	%
Z_a	Majoration	%
H	La caractéristique d'immeuble	m
$(al)_a$	La perméabilité des fenêtres et porte au vent	Kcal/h.
Q_v	Déperdition par ventilation	
Z_e	Facteur de majoration pour la fenêtre d'angles	%
L_0	Langueur de l'ombre	m
H_0	Hauteur de l'ombre	m
R	Retrait de fenêtre azimut	m
a	azumit	Degré
h	Hauteur solaire	Degré
w	L'angle horaire	Degré
σ	La déclinaison solaire	Degré
I_d	Intensité du rayonnement solaire diffus	
F	coefficient de correction en fonction du type de la menuiserie	
I_{Gc}	Intensité global du rayonnement solaire corrigé à l'heure z-	Kcal/h.m^2

Listes des figures

Figure	Titre	page
1	Plan du RDC	
2	plan de 1er étage	
I.1	Vue en couple de mur extérieur double cloison	
I.2	Vue en couple de mur intérieur entre locaux	
I.3	Vue en coupe d'un plancher sur sol	
I.4	Vue en coupe d'un plancher entre etage	
I.5	Vue en couple d'une toiture tirasse	
III -2-1	Radiateurs en fonte à éléments	
III -2-2	Radiateurs acier à panneaux	
III -2-3	Radiateurs	

Résumé

L’objectif de ce travail de master est d’étudier une installation de chauffage. Pour ce faire, le bilan thermique de l’immeuble a été évalué en tenant compte les apports et les déperditions calorifiques en été et en hiver respectivement. La sélection des équipements de l’installation de chauffage (radiateur, chaudière, pompe, tuyauterie et vase d’expansion) a été effectuée à travers des catalogues techniques des constructeurs. Le confort thermique est assuré en respectant les normes de chauffage.

Mots clés : chauffage, tuyauterie, catalogues, confort thermique.

Abstract

The aim of this master's work is to study a heating system. To do this, the thermal balance of the building was evaluated taking into account the contributions and heat losses in summer and winter respectively. The selection of heating system equipment (radiator, boiler, pump, piping and expansion tank) was carried out through manufacturer's technical catalogs. Thermal comfort is ensured by respecting heating standards.

Key words: heating, piping, catalogs, thermal comfort.

ملخص:

الهدف من عمل هذا الماستر هو دراسة نظام التدفئة. للقيام بذلك ، تم تقييم التوازن الحراري للمبنى مع الأخذ في الاعتبار المساهمات وفقدان الحرارة في الصيف والشتاء على التوالي. تم اختيار معدات نظام التدفئة (الراديياتير والمراجل والمضخات والأنابيب وخزان التمدد) من خلال الكتالوجات الفنية للشركة الصانعة. يتم ضمان الراحة الحرارية من خلال احترام معايير التدفئة.

الكلمات المفتاحية: التدفئة ، الأنابيب ، الكتالوجات ، الراحة الحرارية.

Introduction générale

Introduction géniale

Les systèmes de chauffage sont classés centralement ou localement. Le chauffage central est souvent utilisé dans les zones froides pour chauffer les maisons privées et les bâtiments publics. Ce système de chauffage consiste en une chaudière, un four ou une pompe à chaleur pour chauffer l'eau, la vapeur ou l'air dans une station centrale telle qu'une chaufferie dans la maison ou une salle mécanique dans de grands bâtiments. Le système contient également des conduits pour les systèmes à air contrôlé, des tubes de distribution d'eau chaude et des radiateurs pour le transfert de chaleur à l'air. Les radiateurs sont montés sur les murs ou sont montés sous le plancher de la pièce. Tous les systèmes avec chauffage de la chaudière ou du radiateur, à l'exception des simples, sont équipés d'une pompe pour faire circuler l'eau et assurer une alimentation égale en chaleur à tous les radiateurs. L'eau chauffée peut être alimentée à travers un échangeur de chaleur secondaire à l'intérieur du ballon de stockage pour donner de l'eau courante chaude.

Les systèmes d'air dirigés envoient de l'air chauffé à travers les égouts. Dans l'atmosphère chaude, les mêmes eaux usées peuvent être utilisées pour la climatisation. L'air peut être purifié et filtré à travers des purificateurs d'air. Le chauffage peut être fait par chauffage électrique ou par un shia en utilisant un fil mince qui devient chaud quand l'électricité passe à travers. Ce type de chauffage est courant dans les radiateurs muraux, portable, ou comme chauffage supplémentaire dans le système de pompe à chaleur.

Les éléments chauffants, comme les pompes ou les buses d'égout, doivent être placés dans les endroits les plus froids de la pièce, généralement près des fenêtres, pour réduire la condensation et compenser le courant d'air dans la pièce. Il y a des équipements qui dirigent le courant d'air loin des fenêtres pour empêcher la perte de chaleur. Les courants d'air froid donnent une atmosphère plus froide que la température ambiante, il est donc nécessaire d'ajuster les fuites d'air de l'extérieur ainsi que de concevoir le système de chauffage.

1) Présentation du projet

Le thème de notre projet est l’étude de la climatisation de laboratoire situé au Médéa qui est constitué d’un rez-de-chaussée et un étage

1-1) But du projet

Le but de cette étude est de définir les besoins en énergie thermique à compenser en hiver, d'une façon générale pour réaliser le confort thermique de point de vue thermique.

1-2) La situation géographique

Laboratoire est situé dans la wilaya de Médéa à 36.27 N^0 et 2.75 E^0 et son altitude a 950 m le site est classifie dans la zone B

1-2-1) Les conditions climatiques extérieures

Tableau 1 : Conditions climatiques extérieures.

PERIODE HIVERNAL						PERIODE ESTIVALE	
zone	Altitude (m)	Latitude (N°)	Longitude (E°)	T° de base(C°)	L'humidité relative (φ %)	T° de base(C°)	L'humidité relative (φ %)
B	950	36.27	2.75	1	80	37	28

2-2-2) les conditions climatiques intérieures

Tableau -2 : les conditions climatiques intérieures

désignation	PERIODE HIVERNAL		PERIODE ESTIVALE	
	Ti°(C°)	φi (%)	Ti°(C°)	φi (%)
Les bureaux	20	50	25	50
Les salles des machines	20	50	25	50
Les labos	20	50	25	50
couloir	20	50	25	50

Chapitre **I** :

Calcul thermique

Et étude de la condensation.

I -1) Introduction

L'énergie correspond à un transfert ou échange par interaction d'un système avec son environnement. Ce système subit alors une transformation. On distingue habituellement 2 types d'énergie : (i) le travail qui peut prendre diverses formes selon l'origine physique du transfert en jeu (électrique, magnétique, mécanique etc.) et (ii) la chaleur notée.
La thermodynamique classique ne s'intéresse généralement qu'aux états d'équilibre et aux variations entre ces états, grâce à l'utilisation de fonctions d'état, qui sur un plan mathématique sont des différentielles totales exactes. On pourrait d'ailleurs plus logiquement appeler cette discipline la thermostatique.

I -1) Mécanisme de transfert thermique

Un transfert de chaleur ou transfert thermique entre 2 corps est une interaction énergétique qui résulte d'une différence de température entre les 2 corps.
On distingue habituellement 3 modes de transfert de chaleur :

- La conduction thermique ou diffusion thermique
- Le rayonnement thermique
- La convection

Ces trois modes sont régis par des lois spécifiques et feront ainsi l'objet de chapitres différents, cependant strictement parlant, seuls la conduction et le rayonnement sont des modes fondamentaux de transmission de la chaleur ; la convection, tout en étant très importante, ne fait que combiner la conduction avec un déplacement de fluide.
En outre il est rare qu'une situation particulière ne concerne qu'un seul mode : le plus souvent 2 sinon 3 modes entrent en jeu. Il sera donc nécessaire de poser correctement les problèmes pour prendre en compte ces différents mécanismes.
N'oublions pas qu'un autre mode de transfert, qui ne fera pas l'objet ici d'étude, existe : il s'agit des changements d'état.

a. La conduction

La conduction est définie comme étant le mode de transmission de la chaleur (ou l'échange d'énergie interne) provoquée par la différence de température entre deux régions d'un milieu

solide, liquide ou gazeux ou encore entre deux milieux en contact physique. (Gradient de température dans un milieu).

Dans la plupart des cas on étudie la conduction dans les milieux solides, puisque dans les milieux fluides (c'est-à-dire liquide ou gazeux), il y a souvent couplage avec un déplacement de matière et donc mécanisme de convection.

La conduction est le seul mécanisme intervenant dans le transfert de chaleur dans un solide homogène, opaque et compact. La conduction s'effectue de proche en proche :

Si on chauffe l'extrémité d'un solide il y a transfert progressif.

Si on coupe le solide, on stoppe le transfert

b. Le rayonnement

Le rayonnement thermique peut être considéré comme un cas particulier du rayonnement électromagnétique. L'exemple le plus simple est celui du rayonnement solaire. Le rayonnement thermique est le mode de transmission par lequel la chaleur passe d'un corps à haute température à un autre plus froid sans nécessité de support matériel. C'est donc le seul mode de transfert de chaleur qui peut se propager dans le vide.

Le rayonnement thermique ne diffère des autres ondes électromagnétiques, comme les ondes hertziennes par exemple, que par son origine : la température. En effet tout corps rayonne tant que sa température est différente de 0K.

Le rayonnement thermique est un phénomène de surface.

c. La convection

La convection est le mode de transmission qui implique le déplacement d'un fluide gazeux ou liquide (écoulement) et échange avec une surface qui est à une température différente.

On distinguera la convection forcée (due à l'action d'une pompe, ventilateur etc.) de la convection naturelle dans laquelle le mouvement du fluide est créé par des différences de densité, elles-mêmes provoquées par des différences de température.

On peut schématiquement représenter les transferts de chaleur comme ci-dessous :

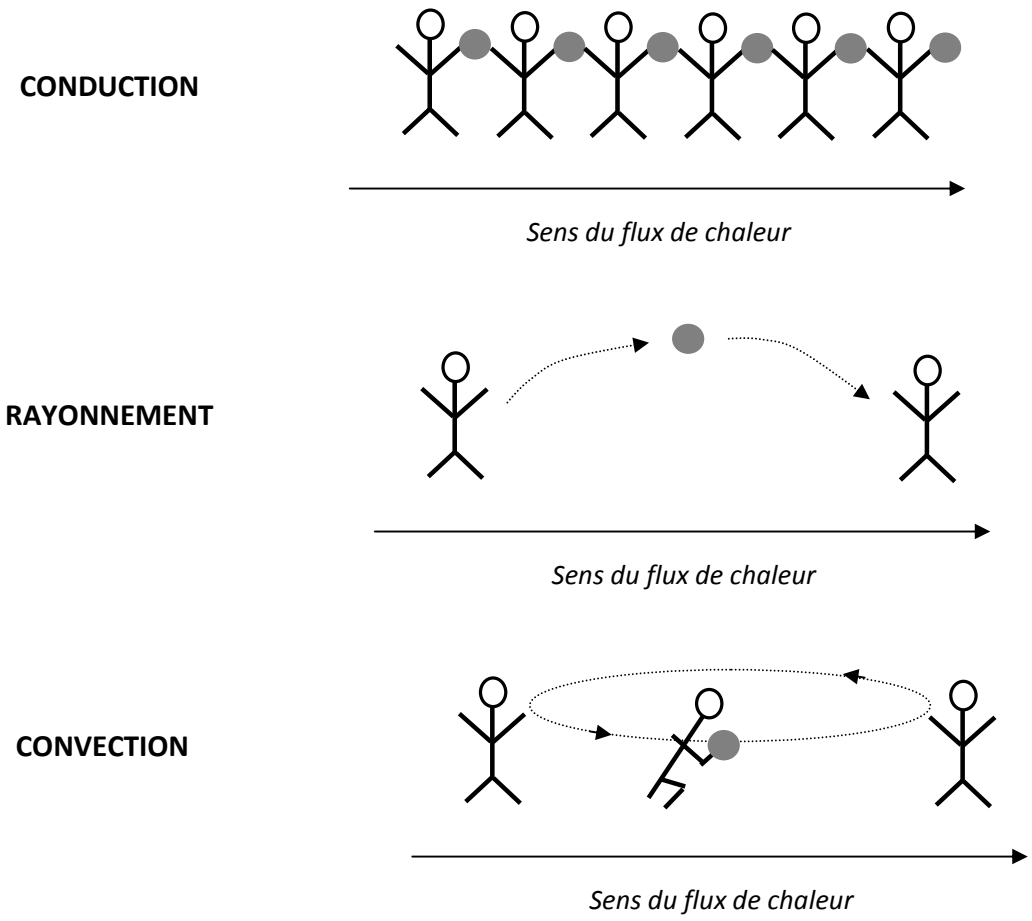


Figure 1. Schéma des mécanismes de transfert de chaleur

I -2) Le coefficient de transmission thermique (K)

La relation utilisée pour calculer le coefficient K est:

$$K=1/R_{th} \qquad (1)$$

R_t: résistances thermiques;

$$R_{th}=1/h_i+e_1/\lambda_1+e_2/\lambda_2+e_3/\lambda_3+.....e_n/\lambda_n+1/h_e \qquad (2)$$

1/hi et $1/h_e$: résistances thermiques superficielles interne et externe ;

Les différents schémas pour calculer le coefficients de transmission thermique de mur (double cloison et simple) et plancher et terrasse sont présenté ci-dessous :

I-2-1) Mur double cloison

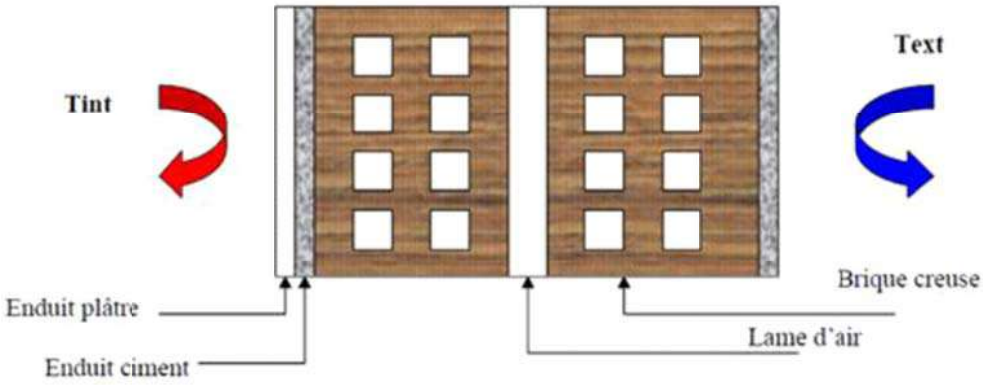


Figure I-1 : mur double cloison.

I-2-2) Mur simple cloison

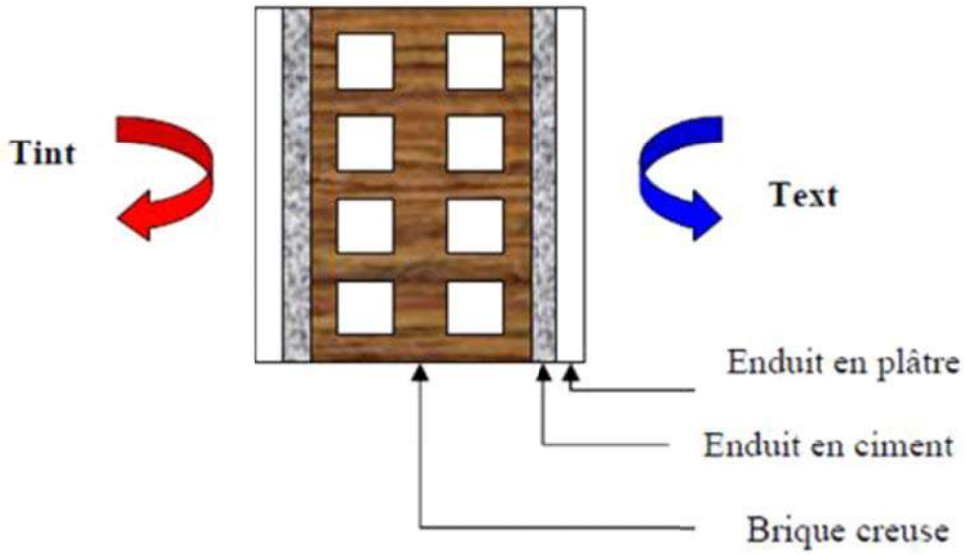


Figure I -2 : mur simple cloison.

I -2-3) Plancher étage (RDC et premier étage)



Figure I -3 : plancher entre étage.

1:carrelage 2: Mortier en ciment 3:Lit de sable (terre sèche)

4:Dalle (béton plein) 5: hourdis 6:Enduit ciment 7:Enduit plâtre

I-2-4) Plancher sur sol

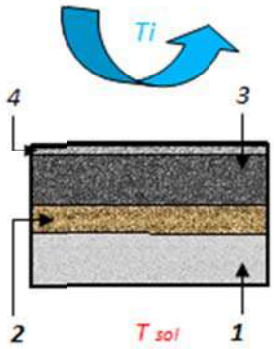


Figure I -4 : planche sur sol.

1: Béton armé 2: Lit de sable (terre sèche) 3: Mortier de ciment 4:carrelage

I -2-5) plafonds (terrasse)

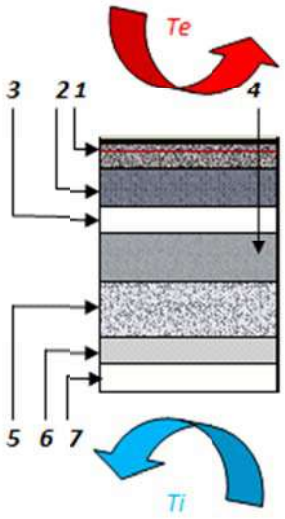


Figure IV -5 : plafond (terrasse).

1:gravillon 2: Carte bitumé 3:Laine de verre (isolant ou polystyrène)

4:dalle 5:hourdit 6:Enduit ciment 7:Enduit plâtre

I-4) Les condensations

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'intérieur 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 a 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 et extérieurs ne varient pas.

I-4-1) La condensation superficielle

La condensation superficielle se manifeste sur les surfaces des parois des locaux chauffés sous forme d'un film liquide continu ou gouttelettes d'eau, la condensation superficielle est vérifiée à l'aide de la relation suivant :

$$t_r < t_{si} \quad (°c)$$

t_r : température de rosé.

t_{si} : température superficielles des parois intérieures du local, la condensation superficielles est vérifiée à l'aide de la relation suivant :

$$t_{si} = t_i - k\,(t_i - t_e)/\alpha_i \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

α_i :le coefficient d'échange superficiel de la surface intérieure (kcal/h.m².°c).

t_e :la température extérieure **(°c)** .

t_i : la température intérieure **(°c).**

k : le coefficient de transmission surfacique de la paroi (kcal/h.m².°c).

I-4-2) Etude de la résistance thermique minimale des parois

Un bâtiment isolé thermiquement comporte plusieurs avantages « économie d'énergie, un bon confort thermique » .on peut réaliser ces conditions d'après la vérification de résistance thermique d'une paroi par rapport à la résistance minimale de celle-ci te que :

$$R_{min} < R_{th} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

La résistance minimale est donnée par la relation suivant :

$$R_{min} = (t_i - t_e)/\alpha_i.(t_i - t_r)) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5).$$

R_{min} :la résistance minimale est exprimée en (h.m².c°/kcal).

R_{th} : la résistance de la paroi considérée exprimée en (h.m².c°/kcal).

α_i :le coefficient de transmission de chaleur superficiel de la paroi intérieur exprimé (kcal/h.m².c°)

t_i , t_e :température du milieu intérieur et extérieur respectivement en (c°).

t_r : température de l'air intérieur au point de rosé (c°).

I-4-3) La condensation dans la masse

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

Les pressions de saturation correspondent aux températures de chaque couche qui sont calculées à l'aide de formule récurrente :

$$t_n = t_e + \sum k.R_n.(t_i - t_e) \text{ ……..(6)}$$

t_n : température de saturation de couche considéré exprimée en (c°).

t_e : température extérieur exprimée en (c°).

t_i: température intérieur exprimée en (c°).

R_n : résistance thermique de couche considéré exprimée en(h.m².c°/kcal).

K :coefficient de transfert de chaleur exprimée en (kcal/h.m².c°).

La pression partielle sont calculées à l'aide des formules :

$$P_{pi} = p_{si}.\phi_i \qquad (7)$$

Et

$$P_{pe} = p_{se}.\phi_i$$
$$m = p/R_d = p/(\delta/\pi) \qquad (8)$$

P_{pi},P_{pe} :représente les pression partielles intérieur, extérieur respectivement en **(mmHg).**

p_{si} ; p_{se}:représente les pression de saturation intérieur, extérieur respectivement en **(mmHg).**

φ_e , φ_i : représente l'humidité relative intérieur, extérieur respectivement **(%).**

En plus détermine les résistances à la diffusion de vapeur d'eau pour les couches constituent la paroi à l'aide de la loi de « FICK » :

$$m = p/R_d = p/(\delta/\pi) \qquad (9)$$

m : débit massique exprimé en **(g/h).**

p : différance de pression entre deux couches exprimée en **(mmHg).**

R_d : résistance à la diffusion de vapeur exprimée en **(m^2.h.mmHg/g).**

δ : épaisseur de la couche constituent la paroi exprimée en **(m).**

π : coefficient de perméabilité à vapeur d'eau exprimée en **(g/m.h.mmHg).**

Donc à l'aide de ces données on trace le diagramme qui représente la variation de pression de saturation et partielle en fonction de l'épaisseur de la paroi.

Pour éviter la condensation dans la masse il faut prévoir toujours que la courbe des pressions partielles reste au-dessous de celle de la pression saturation.

Chapitre **II** :
Calcul des Bilan thermique

II-Introduction

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

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

On en distingue trois facteurs :

Facteur géométrique : tel que les dimensions du local (surface, volume …)

Facteur géographique : tel que la latitude, l'orientation du local et l'altitude.

Facteur thermique :

-du aux occupants : leur nombre, leur activité et durée de l'occupation.

-éclairage : puissance et type d'éclairage.

-machine : moteur, ménagères etc.

-matériaux de construction.

II-1) calcul du bilan thermique en période hivernale

II-1-1) calcul les besoins calorifique les déperditions

On distingue doux types de déperditions :

- les déperditions par transmission.
- déperditions par ventilation.

II-1-2) Déperditions par transmission

Les déperditions par transmission dépendent des éléments de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment ou d'un local.

A partir des déperditions par transmission on obtient les besoins calorifiques correspondant en *multipliant* par transmission par coefficient de correction.

$$Q_{tr} = Q_0 Z \text{ …..…..…..….(II-1).}$$

Q_{tr} : Déperditions par transmission exprimé en (kcal/h).

$$Q_0 = k.s(t_i - t_e) \text{.....(II-2)}$$

Q_0 : la perde calorifique par transmission en (kcal/h).

K : coefficient de transmission global de chaleur de la paroi considérée en (kcal/h.m².c°).

S : surface de la paroi considérée en (m^2).

Z : coefficient de majoration.

t_e : température extérieur $(c°)$.

t_i : température intérieur $(c°)$.

$$Z = 1 + Z_H + Z_u + Z_a = 1 + Z_d + Z_H \ldots\ldots\ldots (II-3)$$

Z_H : majoration pour l'orientation **(%).**

Z_U : majoration pour interruption en **(%).**

Z_a : majoration.

Z_d : groupement de **Z_a** et **Z_U** en fonction de coefficient **D** représentent la perméabilité thermique de l'enveloppe du local considéré.

$$D = Q_0/S_t(t_i - t_e) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-4).$$

S_t : surface de l'enveloppe du local.

II-1-3) Déperditions par ventilation

La quantité de l'air qui pénètre sous l'effet du vent dans un local par les jointures des portes et des fenêtres fermées dépend des zones non étanches des parties de bâtiment situées au vent et des différences de pression entre extérieur et intérieur.

Les besoins calorifique pour compenser les pertes par ventilation peuvent être calculés par la relation :

$$Q_v = \sum.(al)_a.R.H(t_i - t_a).z_e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (II-5).$$

Q_v : Déperditions par ventilation exprime en $(kcal/h)$.

$\sum.(al)_a$: la perméabilité des portes et des fenêtres et portes au vent.

R : la caractéristique du local.

H : la caractéristique d'immeuble.

t_i : température intérieur**(c°).**

t_a : température extérieur **(c°).**

z_e : le facteur de majoration pour les fenêtres d'angles.

II-2) calcul du bilan thermique en période estival

II-2-1) calcul des apports thermique

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

II-2-2) principe et méthode de calcul des apports thermique

Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

- **les apports externes**
  - * apports calorifique du aux parois vitrées.
  - * apports calorifique du aux parois opaques.
  - * apports par parois intérieur.
- **les apports internes**
  - * apports dus aux occupants.
  - * apports dus aux machines électriques.
  - * apports dus à éclairages.

II-2-2-1) les apports externes

Les apports externes sont principalement les apports solaires (qui sont comptés seulement sur les parties vitrées, menuiserie comprise).ces apports sont difficiles à quantifier, c'est pour cette raison que l'on utilise des valeurs par défaut, cette études permet en particulier de fixe la condition de base qui seront l'un point de départs pour déterminer la puissance de l'installation climatique.

a) apports calorifique du aux parois vitrées

Les vitrages représentent les points faibles de l'isolation thermique du bâtiment et les apports à travers les parois vitrées $\mathbf{Q_{vit}}$ est données par la formule suivant :

$$Q_{vit} = Q_{tr} + Q_{ens} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-6).$$

$\mathbf{Q_{tr}}$: les apports calorifiques par transmission en (kcal/h).

$\mathbf{Q_{ens}}$: les apports calorifiques par ensoleillement en (kcal/h).

$$Qtr = k_{vit}.s_{vit}.(t_e - t_i) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-7).$$

$\mathbf{k_{vit}}$ **:** coefficient $_{de}$ transmission global de vitre en (kcal/h.m².c°).

$\mathbf{s_{vit}}$ **:** surface des vitres en **(m²).**

$$t_e = t_b - E.\Delta H \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-8).$$

$\mathbf{t_b}$ **:** température de base de lieu considéré en **(c°).**

E : écarte diurne **(c°).**

ΔH : coefficient qui dépend de l'heure de solaire de calcul.

$$Q_{ens} = (I_{GC}.s_s + I_{dc}).F.C \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-9).$$

s_s : surface ensoleillés du vitrage en **(m²).**

$$s_s = (L - L_0).(H - H_0) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-10).$$

L : langueur de fenêtre en **(m²).**

L_0 : langueur de l'ombre en **(m²).**

H : hauteur de fenêtre en **(m²).**

H_0 : hauteur de fenêtre en **(m²).**

$$S_0 = s_{vit} - s_s \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-11).$$

$$L0 = R.tg\beta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-12).$$

$$H0 = R.(tgh/\cos\beta) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-13).$$

R : retrait de fenêtre en **(m²).**

β : azimute **(°).**

h : hauteur de solaire **(°).**

$$\text{Sin } h = \sin\delta.\sin\phi + \cos\delta.\cos\phi.\cos\gamma) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-14).$$

Φ : la latitude de lieu considéré en**(°).**

γ : l'angle horaire en**(°).**

δ : la déclinaison solaire en**(°).**

$$\delta = 23.45\sin(N + 284).360/365 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-15).$$

N : nombre des jours dans l'année à partir 1[er]janvier .

$$\beta = a - a_m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-16).$$

a: azimut du soleil en **(°).**

$$\text{Sin } a = \cos\delta.\sin\gamma/\cosh \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-17).$$

a_m : azimut de la paroi vertical considérée en **(°).**

I_{GC} : rayonnement global considéré corrigé en (kcal/h.m².c°).

$$I_{GC} = I_G.k_1.k_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-18).$$

I_G : rayonnement global en (kcal/h.m².c°).

k_1 : le coefficient de correction pour tenir compte de climat et de l'altitude.

k_2 : le coefficient de correction pour tenir compte de l'épaisseur de la vitre.

$$I_G = I_D . I_d \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-19).\, c$$

I_D : rayonnement solaire direct.

$$I_D = I_0.\tau^m.\cos h.\cos\beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-20).$$

$\mathbf{I_0}$: émission énergétique du soleil en dehors de l'atmosphère.

$\boldsymbol{\tau}$: coefficient de transparence dépendant du climat.

m : la masse relative de l'air.

$m = 1/\sin h$ ……(II-21).

$\mathbf{I_{dc}}$: rayonnement solaire diffus en (kcal/h.m²).

$I_{dc} = I_d.k_1.k_2$ ……(II-22).

$\mathbf{I_d}$: intensité rayonnement solaire diffus en (kcal/h.m²).

F : coefficient de correction en fonction du type de la menuiserie.

C : coefficient de correction en fonction du dispositif de protection.

b) les apports calorifiques par les parois opaques

En été les apports calorifiques résultent non seulement de la différence entre les températures de l'air extérieur et intérieur des locaux climatiser mais aussi des faits que les parois extérieur sont soumise au rayonnement solaire donc ces apports sont important en raison dans l'absorption et de l'emmagasinement de la chaleur solaire par les parois extérieur.

$Q_{op} = k.s.(t_{eqm} - t_i) + m(t_{eq} - t_i)$ ……(II-23).

$\mathbf{Q_{op}}$: apport par paroi opaque en (kcal/h.m²).

K : coefficient global de transmission de chaleur en (kcal/h.m².c°).

S : surface de la paroi extérieur en **(m²).**

$\mathbf{t_{eqm}}$: température extérieur équivalant moyenne en **(c°).**

$\mathbf{t_i}$: température intérieur en **(c°).**

$\mathbf{t_{eq}}$: température extérieur équivalant en **(c°).**

$t_{eq} = t_e + (A.I_{GC})/\alpha_e$ ……(II-24).

$\mathbf{t_e}$: température extérieur à l'heure **(z ;ε).**

z: l'heure de calcul.

A : coefficient d'absorption de la paroi dépend de la nature du matériau constituent la surface extérieur de la paroi.

$\mathbf{I_{GC}}$: intensité global du rayonnement solaire corrigé à l'heure **(z ;ε).**

$\boldsymbol{\alpha_e}$: coefficient de transmission superficiel extérieur en (kcal/h.m².c°).

$t_{eqm} = t_{em} + A(I_m/\alpha_e)$ ……(II-25).

$\mathbf{t_{em}}$: température extérieur moyenne en **(c°).**

$t_{eq} = t_B - 0.52.E$ ……(II-26).

$\mathbf{t_B}$: température extérieur de base **(c°).**

E : écarte diurne **(c°).**

$\mathbf{I_m}$: intensité du rayonnement solaire moyenne en (kcal/h.m²).

$\varepsilon = 2.7\,D - 0.4$ ……(II-27).

ε: le retard.

D : indice d'entrer thermique de la paroi.

$D_i = \sqrt{0.51.R_i.(\lambda_i.\rho_i.c_{pi})}$ ……(II-28).

$\boldsymbol{\rho_i}$: la masse volumique de la I^{er} couche de la paroi (kg/m3).

$\boldsymbol{\lambda_i}$: conductivité thermique de la I^{er} couche de la paroi (kcal/h.m².c°).

$\mathbf{c_{pi}}$: chaleur massique de la I^{er} couche de la paroi .(kcal/kg.c°).

$Ri = \delta_i/\lambda_i$ ……(II-29).

$\mathbf{R_i}$: résistance thermique de la I^{er} couche de la paroi en (h.m².c°/ kcal).

$\boldsymbol{\delta_i}$: épaisseur de la I^{er} couche de la paroi en **(m).**

$m = (\alpha_i/k).(1/\upsilon)$ ……(II-30).

m: coefficient d'amortissement.

k : coefficient global de transmission de chaleur en (kcal/h.m².c°).

$\boldsymbol{\alpha_i}$: coefficient de transmission superficiel intérieur en (kcal/h.m².c°).

υ : le rapport entre les amplitudes de variation de température superficiel cotés extérieur et intérieur.

- Si la paroi ne comporte pas une lame d'air :

$$\upsilon = 2^{D}(0.83 + 3\sum R_i/D_i \quad \text{……(II-31).}$$

- La paroi comporte lame d'air :

On doit corriger la valeur de υ par multiplication par coefficient de correction β_1.

$\beta_1 = 1 + 0.5\,R_a/(D/R_i)$ ……(II-32).

$\mathbf{R_a}$: résistance de lame d'air (h.m².c°/ kcal).

- La paroi comporte un isolant :

On doit corriger la valeur de υ par multiplication par coefficient de correction β_2.

$\beta_2 = 0.85 + 0.15\sqrt{(\lambda_{mac} c_{pmc} \rho_{mac})}$ ……(II-33).

$\boldsymbol{\lambda_{pmç}, c_{pmç}, \rho_{pmç}}$: caractéristique de la couche maçonnerie.

$\boldsymbol{\lambda_{iso}, c_{iso}, \rho_{iso}}$: caractéristique de la couche isolant.

II-2-2-2) les apports par paroi intérieurs

Ces apports sont calculés d'après la loi de NEWTON.

$$Q = k.s\,(t_{la} - t_i) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-34).$$

$\mathbf{t_{la}}$: température du local adjacent en **(°C).**

a) Apports par infiltration

L'air extérieur provoque par infiltration à l'intérieur des locaux climatisé des variations des températures.

Les apports par infiltration sont abonnés par la relation suivant :

$$Q_{inf} = 0.3\ v.r.(t_e - t_i) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-35).$$

v: volume de local en **(m^3).**

r**:** coefficient d'infiltration, carié en fonction de volume du local.

b) Les apports internes :

Les charge dues à l'environnement constituer par les dégagement au gaine de chaleur et d'humidité à l'intérieur même du locaux climatiser pour obtenir un estimation valable des ces apports et limité la puissance maximale de l'installation à une valeur économique nous serons amenés à appliquer des coefficients de simultanéité à l'ensemble des gain intérieur ou à certain d'entrer eux.

c) Apports dues aux occupants :

L'homme peut être assimilé comme un générateur thermique dont une partie de l'énergie produite est utilisé pour maintenir constante la température intérieure du corps, l'autre partie devant être dissipés dans les milieux ambiants sous forme de chaleur sensible ou latente par rayonnement, conviction et évaporation.

Les apports dues aux occupants se calculent par les due formules suivant :

$$Q_{oc} = Q_s + Q_l \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-36).$$

$\mathbf{Q_{occ}}$: flux de chaleur dus aux occupants en **(kcal/h).**

$\mathbf{Q_S}$: la chaleur sensible dégage par les occupants en **(kcal/h).**

$\mathbf{Q_l}$: la chaleur latente dégage par les occupants en **(kcal/h).**

Donc : $$Q_{oc} = N(Q_s + Q_l) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (II-37).$$

N : nombre d'occupants.

d) Apports dus aux machines électriques

Les machines électriques que l'on peut rencontrer dans les locaux climatiser sont très diverses, en raison de leur fonctionnement à l'intérieur même du local climatiser, elles émettent tous une certaine quantité de chaleur dans l'ambiance.

$$Q_M = 0.86.N\psi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(II-38)$$

N : puissance de machine électrique en **(kw).**

ψ: coefficient d'utilisation **[0.30 - 0.95]**

e) Apports dus à l'éclairage

En raison du fonctionnement d'éclairage à l'intérieur même des locaux climatisé, on considère que toute l'énergie électrique consommée se transforme intégralement en chaleur, cette chaleur dégagée par convection rayonnement, la proportion de chaleur émise dépend de type de luminaire utilisé incandescence ou fluorescence.

Si l'éclairage fluorescent on fait une majoration de 20%.

$$Q_{ec} = 0.86\ N.\zeta.S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(II-39).$$

$Q_{éc}$: apports du au l'éclairage en (kcal/h.m².c°).

N :puissance installée par 1 m² de surface en (kw/m²).

ζ:coefficient de simultanéité **(0 -1).**

S **:** surface du plafond en **(m²).**

Chapitre **III** :

Calcul hydraulique et l’équilibrage

III -1) Introduction

Pour fonctionnement de l'installation de climatisation il est nécessaire de trouver les procédés qui permettent d'obtenir un réseau équilibrée de point de vue économique (investissement réduit), et bonne distribution de l'eau chaude et froide.

III -2) Calcul hydraulique

III -2-1) principe de Calcul

1. on doit tracer l'axonométrie de réseau suivant les données imposées.
2. on détermine le chemine de réseau e plus défavorable.
3. on doit préciser les conduites principales et dérivation par « le numéro, longueur, diamètre, perte de charge linéaire ».
4. on doit calculer le débit massique de chaque tronçon comme suit :

$$G_m = Q/(c_p.\Delta t) \text{ …….. IV-1)}$$

C_p : capacité calorifique de l'eau en (c°)

Δt : écart de température de l'eau enter l'aller et le retour en (c°)

Q : bilan thermique du local considéré en (kcal/h)

5. on doit considère que la valeur de « chaut de pression «R» est constante dans le circuit le plus défavorisé »
6. on doit tirer les valeurs des diamètres (Φ) en fonction du débit «G_m» et la chaut de pression « R »ensuit en tire la vitesse V (m/s)et les pertes de charges linéaires.
7. on détermine le coefficient de perte de charge local et puis on calcule les pertes de charge locale comme suit :

$$z = \sum \zeta.\rho.v^2/(2g) \quad \text{(mmce) …….. IV-2)}$$

$$\Delta p = \sum RL + \sum z \quad \text{(mmce) …….. IV-3)}$$

III -3) Calcul équilibrage

L'équilibrage du réseau hydraulique se fait par vérification de la relation suivant

$$((\Delta p_{def} - \Delta p_{cir})/\Delta p_{def}).100 \prec 10-20\% \quad \text{…….. IV-4)}$$

Si la condition n'est pas vérifie on adopte des dispositifs de réglage comme des diaphragmes, les robinets de réglage.

III-1) les chaudières

III-1-1) Introduction

Chaudière désigne un appareil (voire une installation industrielle, selon sa puissance) permettant de transférer en continu de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (le plus généralement de l'eau). L'énergie thermique transférée (source de chaleur) peut être soit la chaleur dégagée par la combustion (de charbon, de fioul, de gaz, de bois, de déchets, etc.), soit la chaleur contenue dans un autre fluide (chaudière de récupération sur gaz de combustion ou gaz de procédés chimiques, chaudière « nucléaire » recevant la chaleur du circuit primaire, etc.), soit encore d'autres sources de chaleur (chaudières électriques, par exemple). Les chaudières sont aussi bien des systèmes industriels que domestiques.

À l'intérieur de la chaudière ce fluide caloporteur peut être soit uniquement chauffé (c'est-à-dire qu'il reste en phase liquide), soit chauffé et vaporisé, soit chauffé, vaporisé puis surchauffé (donc avec passage de phase liquide à phase gazeuse).

III-1-2) classification des chaudières

On peut les classés comme suit :

1. Selon la production de l'agent thermique « eau chaude, vapeur,…… ».
2. Selon le type du combustible utilisé « liquide, gaz, solide ».
3. Selon leurs construction « fonte, acier ».
4. Selon le type d'échangeur : chaudière a eau et tube a fumée.

III-1-3) principe de sélection

Le principe de sélection d'une chaudière, est basé sur la puissance qui doit être fournir par la chaudière qui est donnée comme suit :

$$Q_{ch} = Q_{dep}(1 + Z_r) \ldots\ldots\ldots\ldots \; kcal/h$$

Q_{ch} : Puissance de la chaudière en $kcal/h$

Q_{dep} : Perte de chaleur d'un bâtiment exprimée en $kcal/h$

Z_r : Majoration des déperditions dus au réseau de tuyauterie.



Figure 1. Photo d'une chaudière

III-2) les radiateurs

III-2-1) Introduction

Un radiateur est un dispositif qui permet l'échange de chaleur entre deux milieux. Il a pour fonction, soit d'évacuer la chaleur d'un objet pour éviter sa surchauffe, soit de chauffer un espace ou un objet. Le radiateur opère généralement par convection, mais aussi par rayonnement, c'est à ce dernier mode de transfert thermique qu'il doit son nom.

III-2-2) principe de sélection

Le principe de sélection d'une chaudière, sera basé sur la puissance qui doit être fournir sur Puissance calorifique pour un seul élément de radiateur qui donnée comme suit :

$$N_e = Q_{dep} / Q_p$$

N_e : Nombre de l'élément de radiateur.

p_r : Puissance calorifique pour un seul élément de radiateur exprimée en $kcal/h$

Q_{dep} : La Perte de chaleur d'un bâtiment exprimée en $kcal/h$

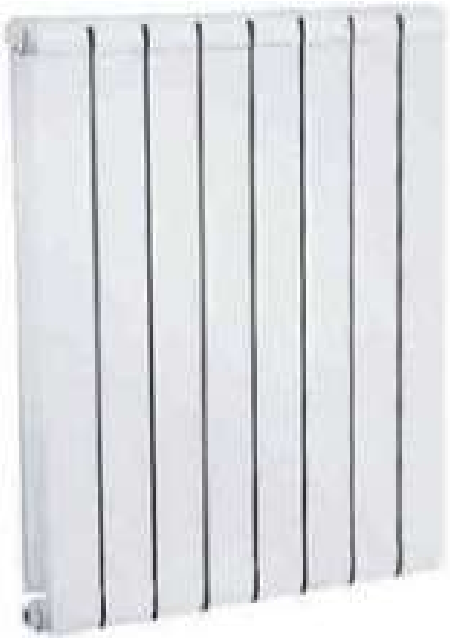


Figure 2. Photo d'un radiateur

III-3) vase d'expansion

III-3-1) Introduction

L'augmentation du volume d'eau doit être absorbée de manière à éviter la surpression dangereuses : c'est le rôle du vase d'expansion .cette augmentation de volume doit s'effectuer sans surpression locales, donc s'acheminer aussi rapidement que possible vers le vase d'expansion, c'est le rôle de la colonne d'expansion, dont le diamètre sera proportionné à la puissance.

III-3-2) principe de sélection

Le principe de sélection d'un vase d'expansion sera basé sur les volumes d'expansion et totale du réservoir.

1) **Volume d'expansion**

$$V_{\exp} = (C_m - C_r).V_t \text{ ……..L}$$

V_t : Volume total de l'installation

$V_t = V_{ch} + V_{ty} + V_r$

C_m : Coefficient de dilatation à la température moyenne de fonctionnement.

C_r : Coefficient de dilatation à la température de remplissage (10 à 20c°).

V_{ch} : Volume total de chaudière.

V_{ty} : Volume total de tuyauter.

V_r : Volume total de radiateur

2) **Volume total réservoir :**

$$V = V_t(C_m - C_r)/(1 - p_1 / p_2) \text{ ……..L}$$

p_1 : Pression effective de gonflage correspondant à la hauteur statique +1bar.

p_2 : Pression d'ouverture de la soupape +1bar.



Figure 3. Photo d'un vase d'expansion

III-4) la pompe

III-4-1) Introduction

Une pompe est une appareille capable de créer une surpression enter l'entrée et la sortie de l'appareille c'est-à- dire pour un débit donnée d'élever ce fluide à une hauteur déterminée, cette hauteur H est dite hauteur manométrique de la pompe, exprimée en mmce, elle représente une pression.

III-4-2) principe de sélection

La sélection de la pompe se fait en fonction de:

- Débit d'eau (G).
- Hauteur manométrique (Hm).



Figure 4. Photo d'une pompe

III-5) Aménagement de la chaufferie

III-5-1) Introduction

La chaufferie est lieu ou s'installent les chaudières et tous les appareils auxiliaires, si la chaufferie est imposée par l'architecte, on choisira les types de chaudières qui répondront le mieux aux sujétions d'aménagement, si l'on a la liberté d'installation il faudra respecter les normes de côté « implantation, ventilation etc. » On peut avoir ces aménagements comme indique dans la « figure 05 » :

$L = (A + l).2$

$l = 3B + (N - 1)0.6 + 2$

$H = HCH + 15$ (Cas de la chaudière en acier).

$H = 3m$ (Cas de la chaudière en fente).

L : Largeur en (m).

l : Langueur en (m).

H : Hauteur sous plafond (m).

HCH : Hauteur de la chaudière (m).

N : Nombre de chaudière.

$A - B$: Les dimensions de la chaudière en (m).

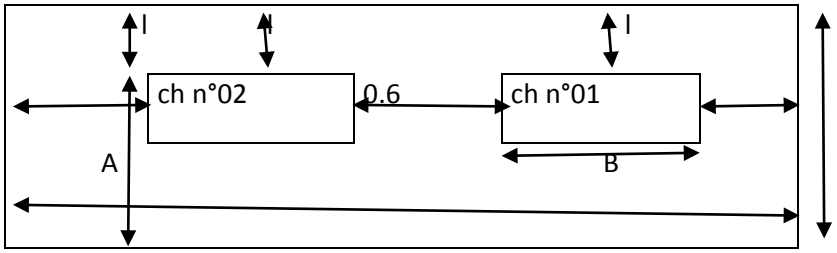


Figure 5. Schéma d'une chaufferie

Chapitre **V :**

Résultat de calcul

IV-1) Calcul du coefficient de transmission thermique(K):

$K=1/R_{th}$

$R_{th}=1/1/h_i +e_1/\lambda_1*s_1+e_2/\lambda_2*s_2 +.....+1/h_e$

Tableau V-1-1 : mur externe double cloison

	Mur double cloison	e (m)	λ (kcal/h.m^2.c°)	R_{th} (h.m²c°/kcal)	K (kcal/h.m².c°)
/	Air intérieur	/	/	0.13	1.2
1	Enduit plâtre	0.005	0.30	0.016	
2	Enduit ciment	0.015	1.2	0.012	
3	Brique creuse	0.1	0.49	0.15	
4	Lame d'air	0.1	0.50	0.19	
5	Brique creuse	0.1	0.49	0.15	
6	Enduit ciment	0.015	1.2	0.011	
/	Air extérieur	/	/	0.069	

Tableau V-1-2: mur simple

	Mur simple	e (m)	λ (kcal/h.m^2.c°)	R_{th} (h.m²c°/kcal)	K (kcal/h.m².c°)
/	Air intérieur	/	/	0.13	1.95
1	Enduit plâtre	0.005	0.30	0.016	
2	Enduit ciment	0.015	1.2	0.012	
3	Brique creuse	0.1	0.49	0.15	
4	Enduit ciment	0.015	1.2	0.011	
5	Enduit plâtre	0.005	0.30	0.016	
/	Air extérieur	/	/	0.069	

Tableau V-1-3: plancher (sol)

	Plancher sol	e (m)	λ (kcal/h.m^2.c°)	R_{th} (h.m²c°/kcal)	K (kcal/h.m².c°
1	Biton armé +5cm de liège	0.125	0.11	1.11	0.71
2	Lit de sable (terre sèche)	0.02	0.49	0.86	
3	Mortier de ciment	0.02	0.74	0.026	
4	carrelage	0.02	0.91	0.022	
	Air de local		0.14		

Tableau V-1-4: Plancher entre étage

	Plancher sol	e (m)	λ (kcal/h.m^2.c°)	R_{th} (h.m²c°/kcal)	K (kcal/h.m².c°)
	Local au-dessus	/	/	0.11	1.65
1	carrelage	0.02	0.91	0.024	
2	Mortier en ciment	0.02	0.74	0.029	
3	Lit de sable (terre sèche)	0.02	0.49	0.039	
4	Dalle (béton plein)	0.08	1.5	0.053	
5	hourdis	0.15	0.85	0.17	
6	Enduit ciment	0.015	1.2	0.012	
7	Enduit plâtre	0.02	0.30	0.06	
-	Local au-dessous	/	/	0.1	

Tableau V-1-5: plafond (terrasse)

	Plafond terrasse	e (m)	λ (kcal/h.m^2.c°)	R_{th} (h.m²c°/kcal)	K (kcal/h.m².c°)
	Air extérieur	/	/	0.058	0.58
1	Gravillon	0.03	0.8	0.037	
2	Carte bitumé	0.01	0.14	0.067	
3	Laine de verre	0.04	0.03	1.12	
4	Dalle	0.08	1.5	0.053	
5	Hourdit	0.15	0.85	0.17	
6	Enduit ciment	0.015	1.2	0.012	
7	Enduit plâtre	0.02	0.30	0.066	
-	Local de dessous	/	/	0.10	

Tableau V-1-6:les fenêtres et les portes

Désignation	K(kcal/h.m².c°)
Porte en bois (donnant sur extérieur)	3
Porte en bois (donnant sur intérieur)	2.57
Porte en métal ou verre (donnant sur extérieur)	4.98
Porte en métal ou verre (donnant sur intérieur)	3.86
Fenêtre battantes (cadre en bois)	4.25
Fenêtre battantes (cadre en métal)	5.28

V-2) vérification de la condensation

V-2-1) vérification de la résistance minimale

a) Mur extérieur

$R_{\min}$: La résistance minimale est donnée par la relation suivant :

$$R_{\min} = (t_i - t_e) / \alpha_i (t_i - t_r)$$
$$t_i = 20c°$$
$$\varphi_i = 50\% \xrightarrow{\text{H-X}} t_r = 10c°$$
$$\alpha_i = 7kcal / h.m².c°$$
$$R_{\min} = (21+2) / 7(21-10)$$
$$R_{\min} = 0.30h.m².c° / kcal$$
$$R_{th} = 0.83h.m².c° / kcal$$

Donc $R_{\min} \prec R_{th}$

b) Plafond terrasse :

$$R_{\min} = (t_i - t_e) / \alpha_i (t_i - t_r)$$
$$t_i = 20c°$$
$$\varphi_i = 50\% \xrightarrow{\text{H-X}} t_r = 10c°$$
$$\alpha_i = 7kcal / h.m².c°$$
$$R_{\min} = (21+2) / 7(21-10)$$
$$R_{\min} = 0.30h.m².c° / kcal$$
$$R_{th} = 1.71h.m².c° / kcal$$

Donc : $R_{\min} \prec R_{th}$

V-2-2) vérification de la condensation superficielle

T_{si}: température superficielle de la paroi intérieure du local qui est donnée comme suite:

$$t_{si} = 21 - 0.58(21+2) / 7$$
$$t_{si} = 19.04c°$$

t_i ,t_e :température intérieur et extérieur respectivement exprimée en(c°).

k: coefficient de transmission de chaleur exprimé en ($kcal / h.m^2.c°$)

α_i: coefficient de transfert de chaleur exprimé en ($kcal / h.m^2.c°$)

a) Mur extérieur

$t_i = 20c°$ $t_e = -2c°$ $t_r = 10c°$ $k = 1.2kcal / h.m^2.c°$ $\alpha_i = 7kcal / h.m^2.c°$

$t_{si} = 21 - 1.2(21+2)/7$

$t_{si} = 17.04c°$

Donc : $t_{si} \succ t_r$ présence de la condensation superficielle sur la surface de mur extérieur.

b) Plafond terrasse :

$t_i = 20c°\ t_e = -2c°\ t_r = 10c°\ k = 0.58kcal/h.m^2.c°\ \alpha_i = 7kcal/h.m^2.c°$

$t_{si} = 21 - 0.58(21+2)/7$

$t_{si} = 19.04c°$

Donc : $t_{si} \succ t_r$ la condensation est représentée dans les murs extérieur, donc il faut faire une isolation ou bien une lame d'air dans les murs extérieur.

V 2-3) vérifications de la condensation dans la masse :

$t_n = t_e + \sum k.R_n(t_i - t_e)$

a) Mur extérieur :

$t_1 = t_i - k.\Delta t.R_i \quad t_1 = 21 - 1.2(21+2)0.13 = 17.41c°$

$t_2 = t_1 - k.\Delta t.R_1 \quad t_2 = 17.41 - 1.2(23)0.016 = 16.96c°$

$t_3 = t_2 - k.\Delta t.R_2 \quad t_3 = 16.96 - 1.2(23)0.012 = 16.62c°$

$t_4 = t_3 - k.\Delta t.R_3 \quad t_4 = 16.62 - 1.2(23)0.15 = 12.48c°$

$t_5 = t_4 - k.\Delta t.R_4 \quad t_5 = 12.48 - 1.2(23)0.19 = 7.23c°$

$t_6 = t_5 - k.\Delta t.R_5 \quad t_6 = 7.23 - 1.2(23)0.15 = 3.01c°$

$t_7 = t_6 - k.\Delta t.R_6 \quad t_7 = 3.01 - 1.2(23)0.011 = 2.79c°$

Tableau (V 2-3a) vérifications de la condensation dans la masse mur extérieur

	Température	Pression de saturation (p_s)	pression de saturation (p_p)	Résistance a la diffusion de la vapeur	N° de la couche
	(c°)	mmHg	mmHg	m².h.mmHg/g	
t_i	21	18.60	7.3	/	-
t_1	17.41	14.86	/	0.38	1
t_2	16.96	14.45	/	2.5	2
t_3	16.62	14.15	/	3.33	3
t_4	12.48	10.83	/	1.11	4
t_5	7.23	7.61	/	3.33	5
t_6	3.09	5.71	/	2.5	6
t_7	2.79	5.59	/	/	7
t_e	-2	3.86	2.89	/	-

b) Plafond terrasse :

$t_1 = t_i - k.\Delta t.R_i \quad t_1 = 21 - 0.58(21+2)0.08 = 19.93c°$

$t_2 = t_1 - k.\Delta t.R_1 \quad t_2 = 19.93 - 0.58(23)0.05 = 19.26c°$

$t_3 = t_2 - k.\Delta t.R_2 \quad t_3 = 19.26 - 0.58(23)0.01 = 19.12c°$

$t_4 = t_3 - k.\Delta t.R_3 \quad t_4 = 19.12 - 0.58(23)0.13 = 17.38c°$

$t_5 = t_4 - k.\Delta t.R_4 \quad t_5 = 17.38 - 0.58(23)0.04 = 16.84c°$

$t_6 = t_5 - k.\Delta t.R_5 \quad t_6 = 16.84 - 0.58(23)0.83 = 5.76c°$

$t_7 = t_6 - k.\Delta t.R_6 \quad t_7 = 5.76 - 0.58(23)0.05 = 5.09c°$

$t_8 = t_7 - k.\Delta t.R_7 \quad t_8 = 5.09 - 0.58(23)0.03 = 4.68c°$

Tableau (V 2-3b) vérifications de la condensation dans la masse plafond terrasse.

	Température	Pression de saturation (p_s)	pression de saturation (p_p)	Résistance a la diffusion de la vapeur	N° :de la couche
	(c°)	mmHg	mmHg	m².h.mmHg/g	
t_i	21	18.60	7.3	/	-
t_1	19.93	17.41	/	1.53	1
t_2	19.26	16.70	/	2.5	2
t_3	19.12	16.56	/	7.5	3
t_4	17.38	14.85	/	8	4
t_5	16.84	14.34	/	11.42	5
t_6	5.76	6.87	/	0.06	6
t_7	5.09	6.56	/	6	7
T_8	4.68	6.38	/	/	/
te	-2	3.86	2.89	/	/

V-3-1) calcul le retard

Mur extérieur

$\varepsilon = 2.7D - 0.7$

$D = \sum D_i ; D_i = 0.51.R_i / \sqrt{(\lambda_i.\rho_i.c_{pi})}$

$D_1 = (0.51)(0.016)\sqrt{(0.3)(1000)(0.18)} = 0.006$

$D_2 = (0.51)(0.012)\sqrt{(1.2)(3100)(0.18)} = 0.16$

$D_3 = (0.51)(0.2)\sqrt{(0.5)(1000)(0.2)} = 1.02$

$D_4 = (0.51)(0.19)\sqrt{(0.51)(1.293)(0.24)} = 0.04$

$D_5 = (0.51)(0.2)\sqrt{(0.5)(1000)(0.2)} = 1.02$

$D_6 = (0.51)(0.012)\sqrt{(1.2)(3100)(0.18)} = 0.16$

$D = 2.46$

$\varepsilon = (2.7)(2.46) - 0.7 = 5.94 \approx 6h$

Toiture

$D_1 = (0.51)(0.03)\sqrt{(0.8)(1500)(0.2)} = 0.24$

$D_2 = (0.51)(0.05)\sqrt{(0.15)(1100)(0.4)} = 0.21$

$D_3 = (0.51)(0.83)\sqrt{(0.04)(150)(0.42)} = 0.67$

$D_4 = (0.51)(0.04)\sqrt{(1.5)(2200)(0.21)} = 0.54$

$D_5 = (0.51)(0.13)\sqrt{(0.86)(1400)(0.1)} = 0.73$

$D_6 = (0.51)(0.01)\sqrt{(1.2)(3100)(0.18)} = 0.13$

$D_7 = (0.51)(0.05)\sqrt{(0.3)(1000)(0.18)} = 0.19$

$D = 2.7$

$\varepsilon = (2.7)(2.7) - 0.7 = 6.60 \approx 7h$

V-3-2) calcul L'amortissement

$m = (\alpha_i / k)(1/\upsilon)$

$\upsilon = 2^D(0.83) + 3\sum R_i / D_i$

Mur extérieur

$\alpha_i = 7kcal/h.m^2.c^\circ \quad , \quad k = 1.2kcal/h.m^2.c^\circ \quad , \quad R_{th} = 0.83h.m^2c^\circ/kcal$

$D = 2.46$

$\upsilon = 2^{2.46}(0.83 + 3(0.83/2.46)) = 10.13$

Présence d'une lame d'air on doit corriger υ comme suit :

$\upsilon_c = \beta_1.\upsilon$

$\beta_1 = 1 + 0.5R_a(D/R_i) = 1 + 0.5(0.19)(2.46/0.83)$

$\beta_1 = 1.28$

$\upsilon_c = 12.98 \approx 13$

$m = (7/1.2)(1/13) = 0.44$

Toiture

$\upsilon = 2^{2.7}(0.83 + 3(1.71/2.7) = 17.73$

$m = (7/0.58)(1/1.73) = 0.68$

Les autres résultats sont résumés dans le tableau :

Tableau (V-3) : coefficient d'amortissement et le retard.

Désignation	ε(h)	m
Mur extérieur	6	0.44
Toiture	7	0.68

V-4) Calcul l'intensité du rayonnement solaire

L'heure de calcul est 14h, l'orientation est.

a) **la déclinaison solaire**

$\delta = 23.45\,\mathrm{Sin}[(N+284)360/365]$

Le jour considéré est le 21 juillet ; N= 202jour donc δ=20.44°.

b) **la hauteur solaire**

On a : φ=36.11° et γ= (14-12)15=30°

$\mathrm{Sin\ h} = \mathrm{Sin}20.44.\mathrm{Sin}36 + \mathrm{Cos}20.44.\mathrm{Cos}36.\mathrm{Cos}30$

$\mathrm{Sin\ h} = 0.86$

$h = 59.48°$

c) **l'azimut du soleil**

$\mathrm{Sin\ a} = \mathrm{Cos}\delta.\mathrm{Sin}\gamma/\mathrm{Cosh}$

$\mathrm{Sin\ a} = \mathrm{Cos}20.44.\mathrm{Sin}30/\mathrm{Cos}59.48$

$\mathrm{Sin\ a} = 0.98$

$a = 67.30°$

Vérification

$\mathrm{Sin}\delta/\mathrm{Sin}\phi = \mathrm{Sin}20.44/\mathrm{Sin}36 = 0.59 \prec \mathrm{Sin\ h}$

donc a = 67.30°

L'azimut

$\beta = a - a_m$

$a_m(est)$

$\beta = 67.30 - 90 = -22.7°$

d) intensité de rayonnement solaire global

$I_G = I_D + I_d$

$I_D = I_0.\tau^m Cos\beta.Cosh$

$\tau = 0.75; Cosh = 0.51; Cos\beta = 0.92$

$m = 1/Sinh = 1/0.86 = 1.16$

$I_D = (1367)(0.75)^{1.16}.(0.92)(0.51)$

$I_D = 395.76 kcal/h.m^2$

$I_d = 99.65 kcal/h.m^2$

$I_G = 495.41 kcal/h.m^2$

$I_{GC} = 520.18 kcal/h.m^2$

$I_{dc} = 104.63 kcal/h.m^2$

Tableau (V-1) résume tous les résultats

Orientation	k	I_d(kcal/h.m²)	I_G(kcal/h.²)	I_{dc}(kcal/h.m²)	I_{GC}(kcal/h.m²)
Est	1.05	100	495.28	105	520.05
Nord	1.05	55.84	0	58.63	0
Ouest	1.05	104.81	110.36	109	525.46
Sud	1.05	80.75	338.48	84.79	258.56

V-5-1) calcul du bilan thermique local (été) :

a) apports extérieur

1) Apport calorifique dus aux parois vitrées

*****fenêtre orientation vert :

$Q_{vit} = Q_{vit}(6h\,18h) = K_{vit}.S_{vit}(t_e - t_i) + (I_{GC}.S_S + I_{dc}.S_e)F.C$

$K_{vit} = 5 Kcal/hm^2C°$

$S_{vit} = L.H = (2).(1.1)$

$Donc: S\ vit = 2.2m^2$

t_i=25c°

$t_e = t_B\ E\ \Delta h$ t_B= 35°C ; Δ h=0.86d'après annexes A.4 ; E=14°.d'après annexes A.3

t_e=23c° F_1=1

C=0.56 rideaux intérieur couleur clair : **d'après annexe A.14**

Epaisseur de la vitre égale 3mm donc **d'après annexe A.7**

2) les apports calorifiques par infiltration

$Q_{inf} = Q_{inf}(6h\,18h) = 0.3Vr(t_e - t_i)$

$r * 0.75$

$H = 2.66m$

$V = S.H$

Labo 01

$Q_{inf} = (0.3)(353.78)(0.75)(35-25)$

$Q_{inf} = 796kcal/h$

3) les apports calorifiques dus aux parois opaques

3-1) mur extérieur

$Q_{op} = (1.2)(25.27)\left[27.78 - 25 + 0.275(58.40 - 27.72)\right]$

$Q_{op} = 338.32kcal/h$

On doit corriger l'heure de calcul comme suit :

L'heure corriger=l'heure considéré (6h 18h)-ε

K_{mur}=1.2Kcal/h.m^2.°CA=0.9 ;α_e =20kcal/h.m².c° ; I_m=151 kcal/h.m^2T_e=t_B-E.Δh

T_e=[35-14(0)]

T_e= 35c°**d'après l'annexes A.3**

$T_{eq} = t_{eq}(6h\,18h) = t_e + (A.I_{GC}/\alpha_e)$

$T_{eq} = 35 + (0.9)(7520.05)/20$

$Donc : t_{eqm} = C°$

$Q_{op} =$

Donc Q_{op} = K cal/h

$Q_{op} = (1.2)(25.27)\left[27.78 - 25 + 0.275(58.40 - 27.72)\right]$

$Q_{op} = 338.32kcal/h$

3-2) mur intérieur

$Q_1(mur\,\text{int}) = k.s.\Delta t = (1.95)(25.27)(10) = 492.6kcal/h$
$Q_2(porte\,\text{int}) = k.s.\Delta t = (2.57)(2.69)(10) = 69.13kcal/h$
$Q_3(plafond) = k.s.\Delta t = 0kcal/h$
$Q_4(planche) = k.s.\Delta t = 0kcal/h$
$\Rightarrow Q_t = \sum Q_i = 492.6 + 69.13 + 0 + 0 = 561.73kcal/h$

b) Apports intérieurs

1) Apports par les occupants

Nombre des personne est égale (10 personne) :

$n = 10\text{personne}$
$Q_s = Qs.n = 550\text{kcal/h}$
$Q_l = Q_l.n = 1800\text{kcal/h}$
$Q_{occ} = (Q_s + Q_l) = 550 + 1800 = 1350kcal/h$
$W = W.n = 3000\text{g/h}$

2) Apports par l'éclairage

$Q_{écl} = 0.86\xi.s.N$
$Q_{écl} = 0.86(0.5)(114)(8) = 337.28\text{kcal/h}$
$Q_{max} = Q_{vit} + Q_{op} + Q_s + Q_L + Q_{inf} + Q_{écl}$
$Q_{max} = 5341.98\text{kcal/h}$

Pour les autres locaux les résultats sont résumé dans les tableaux (V -5-1)

V-5-2) calcul du bilan thermique local (hiver)

1) les déperditions par transmission

$Q_{tr} = Q_0.Z$

Mur ext orientation vert est : $Q_1 = K.S.\Delta t = (1.2)(30.59)(2) = 73.41kcal/h$

Mur int : $Q_2 = k.s.\Delta t = (1.95)(25.27)(2) = 98.55kcal/h$

Fenêtre orientation vert est : $Q_3 = k.s.\Delta t = (5)(2.2)(2) = 22kcal/h$

Porte intérieur : $Q_4 = k.s.\Delta t = (2.57)(2.69)(2) = 13.83kcal/h$

Planche : $Q_5 = k.s.\Delta t = (0.58)(114)(0) = 0kcal/h$

$Q_0 = \sum Q_i = 248.7kcal/h$

$z = 1 + z_D + z_H$

Mur extérieur orienté vers sud $\Rightarrow z^*_H = 5\%$

$D = Q_0 /(s_t.\Delta t) = (248.7)/(114)(23) = 0.09$

$Q_v = al.R.H(t_i - t_e).Z_e \qquad t_e = -2c° \quad t_i = 21c°$

L =

2) les déperditions par ventilation :

$Q_v = al.R.H(t_i - t_e).Z_e \qquad t_e = -2c° \quad t_i = 21c°$

A) les apports intérieur :

a) les apports par éclairage

$Q_{écl} = 0.86\xi.s.N$

$Q_{écl} = 0.86(0.5)(114)(8) = 337.28kcal/h$

b) les apports par les occupants :

$Q_s = Qs.n = 1050kcal/h$

$Q_l = Q_l.n = 1350kcal/h$

$Q_{occ} = (Q_s + Q_l) = 1050 + 1350 = 2400kcal/h$

$W = W.n = 2100g/h$

$Q_{tot} = Q_{ec} + Q_{occ} - Q_{tr} - Q_v = 337.28 + 2400 + 2483.7 + 422.65$

$Q_{tot} = 5343.63kcal/h$

*****pour les autres locaux résultats sont résumés dans le tableau (V-5-2)

Tableau (V-5-1) : bilan thermique et massique (période estivale) à 14 h

	Apport internes						$Q_{tot\ max}$ Kcal/h			
	Apports des occupants					Q_{ec} Kcal/h	Q_{op} Kcal/h	Q_{vit} Kcal/h	Q_{inf} Kcal/h	
désignation	N° de personne	S m²	Q_s Kcal/h	Q_l Kcal/h	W kg/h					
Labo 01	10	114	550	1800	3000	337.28	1213.49	538.33	902.88	5341.9
Labo 02	10	70	550	1800	3000	206.87	818.26	161.05	604.8	4140.9
SR	15	85	675	1425	2400	251.2	869.23	530.17	734.4	4485
BR 01	01	16	45	95	160	47.28	258.36	0	140.94	586.6
BR 02	01	16	45	95	160	47.28	258.36	0	140.94	586.6
BR 03	01	16	45	95	160	47.28	258.36	0	140.94	586.6
SA	02	20	110	360	600	59.1	366.81	184.56	172.8	1253.3

Tableau V-5-1-2 : Résultats des calculs du bilan thermique estival du1^{er}étage

	Apport internes						Apport externes				$Q_{tot\ max}$ Kcal/h
	Apports des occupants					Q_{ecl} Kcal/h	Q_{op} Kcal/h	Q_{vit} Kcal/h	Q_{inf} Kcal/h	Heur	
	Nbr	S	Q_s Kcal/h	Q_l Kcal/h	W kg/h						
Labo 01	20	114	825	2700	4500	337.28	1276.81	538.33	902.88	14h	6580.3
Labo 02	20	150	825	2700	4500	206.87	1213.49	161.05	1077.3	14h	6183.7
BR 01	03	32	135	285	480	47.28	660.68	0	299.82	14h	827.8

Tableau V-5-2-1 : Résultats des calculs du bilan thermique hivernal du RDC

	Apport internes					Déperdition			Q_{tot} Kcal/h
	Apports des occupants				Q_{ecl} Kcal/h	Q_{tr} Kcal/h	Q_v Kcal/h	heur	
	Nbr	Q_s Kcal/h	Q_l Kcal/h	W Kcal/h					
Labo 01	10	1050	1350	2100	337.28	2483.7	422.65	14h	7743.63
Labo 02	10	1050	1350	2100	206.87	1554.1	422.65	14h	6683.62
SR	15	1050	1050	1725	251.2	1680.8	422.65	14h	6176.65
BR 01	01	70	70	115	47.28	651.7	132.3	14h	1086.28
BR 02	01	70	70	115	47.28	651.7	132.3	14h	1086.28
BR 03	01	70	70	115	47.28	651.7	132.3	14h	1086.28
SA	02	210	270	420	59.1	504.2	132.39	14h	1595.49

Tableau V-5-2-2 : Résultats des calculs du bilan thermique estival du1^{er}étage

	Apport internes					Déperdition			Q_{tot} Kcal/h
	Apports des occupants				Q_{ecl} Kcal/h	Q_{tr} Kcal/h	Q_v Kcal/h	heur	
	Nbr	Q_s Kcal/h	Q_l Kcal/h	W Kcal/h					
Labo 01	20	2100	2700	4200	337.28	2483.7	422.65	14h	12243.63
Labo 02	20	2100	2700	4200	451.5	5759.16	845.3	14h	12275.46
BR 01	03	210	210	345	96.32	1303.4	264.6	14h	2429.32

V-6-1) calcul hydraulique

Tableau V-6-1 : Résultats des calculs hydraulique du RDC et 1erétage

N° TR	Q_{cal}	G	L	Φ_p	Φ_r	V	2.R.L	$\sum\zeta$	Z	2.R.L+Z
	Kcal/h	Kg/h	m	mm	mm	m/s	mmce	-	mmce	mmce
R1	6176.65	308.83	2	24.97	26	0.55	12	2.5	38.54	50.57
R2	6176.65	308.83	6	26.2	26	0.5	36	3	38.22	74.22
R3	6176.65	308.83	2.5	27.9	26	0.44	15	3	29.60	44.6
R4	6176.65	308.83	4	29.32	32	0.4	6.4	0.5	4.07	10.47
R5	6176.65	308.83	4	29.28	32	0.4	6.4	0.5	4.07	10.47
R6	6683.62	334.18	2	29	32	0.4	3.2	0.5	4.07	7.27
R7	6683.62	334.18	3	29	32	0.4	4.8	0.5	4.07	8.87
R8	6683.62	334.18	2	33.04	32	0.34	3.2	2	11.78	14.98
R9	6683.62	334.18	5	33.04	32	0.34	8	0.5	2.94	10.94
R10	6683.62	334.18	5	33.04	32	0.34	8	1.5	8.83	16.83
R11	1086.28	54.31	2	13.32	14	0.34	16	1.5	8.83	24.83
R12	1086.28	54.31	4	13.32	14	0.34	32	2.5	14.72	46.72
R13	1086.28	54.31	4	13.32	14	0.34	32	2.5	14.72	46.72
R14	1595.49	79.77	4.5	12.69	14	0.55	90	1.5	23.12	113.12
R15	1595.49	79.77	2	12.69	14	0.55	40	2.5	38.54	78.54
R16	7743.63	387.18	4.7	27.96	26	0.55	31.02	1	15.41	46.43
R17	7743.63	387.18	4.7	27.96	26	0.55	31.02	1	15.41	46.43
R18	7743.63	387.18	2	31.26	32	0.44	4	1.5	14.80	18.8
R19	7743.63	387.18	6	31.26	32	0.44	12	0.5	4.93	16.93
R20	7743.63	387.18	6	31.26	32	0.44	12	1.5	14.80	26.80
E01	12275.46	613.77	2.5	30.77	32	0.18	20	0.5	0.83	20.83
E02	12275.46	613.77	2.5	31.66	32	0.17	20	0.5	0.73	20.73
E03	12275.46	613.77	3	30.77	32	0.18	24	0.5	0.83	24.83
E04	12275.46	613.77	3	31.66	32	0.17	24	0.5	0.73	24.73
E05	12275.46	613.77	3	33.71	32	0.15	24	0.5	0.57	24.57
E06	12275.46	613.77	2.5	31.66	32	0.17	20	0.5	0.73	20.73
E07	12275.46	613.77	2.5	33.71	32	0.15	20	0.5	0.57	20.57
E08	12243.63	612.18	2	33.66	32	0.15	16	0.5	0.57	16.57
E09	12243.63	612.18	2	33.66	32	0.15	16	0.5	0.57	16.57
E10	12243.63	612.18	2	31.65	32	0.17	16	1	1.47	17.47
E11	12243.63	612.18	2	33.66	32	0.15	16	0.5	0.57	16.57
E12	12243.63	612.18	2	33.66	32	0.15	16	0.5	0.57	16.57
E13	12243.63	612.18	2	33.66	32	0.15	16	0.5	0.57	16.57
E14	12243.63	612.18	2	33.66	32	0.15	16	0.5	0.57	16.57
Ea01	6176.65	308.83	2.66	24.97	26	0.55	15.96	1.5	23.12	39.08
Ea02	6176.65	308.83	2.66	24.97	26	0.55	15.96	1.5	23.12	39.08
Ea03	6176.65	308.83	2.66	24.97	26	0.55	15.96	1.5	23.12	39.08
Ea04	1086.28	54.31	2.66	52.73	50	0.55	0.042	1.5	23.12	23.16
Ea05	1086.28	54.31	2.66	52.73	50	0.55	0.042	1.5	23.12	23.16
Ea06	7743.63	387.18	2.66	27.66	26	0.55	15.96	1.5	23.12	39.08
Ea07	7743.63	387.18	2.66	27.66	26	0.55	15.96	1.5	23.12	39.08
Ea08	7743.63	387.18	2.66	27.66	26	0.55	15.96	1.5	23.12	39.08
										1276.35

V-5-2) Calcul équilibrage

le circuit le plus défavorable est (R13 - R20 - E02 - E05 - E07 - Ea02 – Ea04 – Ea05 –E10 – E12 – E14)=396.27 mmce

Circuit	[(Δp_{def}- Δp_{cir})/ Δp_{def}]	Dispositif de réglage
	%	
R03 ⟶ Ea1	57	robinet
R08 ⟶ Ea2	44	robinet
R10 ⟶ Ea3	37	robinet
R12 ⟶ Ea4	19	-
R13 ⟶ Ea5	7	-
R15 ⟶ Ea6	51	robinet
R18 ⟶ Ea7	23	robinet
R20 ⟶ Ea8	18	robinet

Tableau V-6-2 : Résultats des calculs équilibrage du RDC et 1erétage

V-7-1) sélection les chaudières

$Q_{ch} = Q_{dep}(1 + Z_r)$ $Q_{ch} = Q_{dep}(1 + Z_r)$

Q_{ch}=12275 kcal/h

Z_r=0.15

On doit utiliser deux chaudières, fonctionnant à la puissance unitaire comme suit :

Q_{un}=2/3Q_{ch}=2/3(37.75)=24.75

Tableau V-7-1 : sélection de la chaudière.

MODELE	PUISSANCE	PRESSION DU GAZ	TENTION	COMBITIBLE	CATALOGUE
BLU170	89 – 180 KW	20 – 300 mbar	230 – 400 V	GAZ NATURE	ECOFLAM

V-7-2) les radiateurs

$$N_e = Q_{dep} / Q_p$$

Tableau V-7-2a : sélection de radiateur(RDC)

désignation	N° d'éléments	Puissance de radiateur (w)	Le poids de radiateur (kg)	Références	N°des radiateurs
Labo 01	15	1461	98	C13329015	06
Labo 02	15	1461	98	C13329015	05
SR	15	1461	98	C13329015	05
BR 01	13	1266	85	C13329013	01
BR 02	13	1266	85	C13329013	01
BR 03	13	1266	85	C13329013	01
SA	19	1851	124	C13329019	01

Tableau V-7-2b : sélection de radiateur (1erétage)

désignation	N° d'éléments	Puissance de radiateur (w)	Le poids de radiateur (kg)	Références	N°des radiateurs
Labo 01	14	1364	91	C13329014	10
Labo 02	15	1461	98	C13329015	10
BR 01	14	1364	91	C13329014	02

V-7-3) vase d'expansion

$$V_{\exp} = (C_m - C_r).V_t \; V_t = V_{ch} + V_{ty} + V_r \; V = V_t(C_m - C_r)/(1 - p_1 / p_2)$$

Caractéristiques de vase d'expansion

Hauteur 880 mm

Diamètre 460 mm

Matière Acier

Type détaillé du produit Réservoir suppresseurs à vessie

Nom de la gamme RESERV

$V_{\exp} = 100$ liter

Conclusion

Conclusion

Finalement on peut dire que nous avons réalisé le but de notre étude de master la compensation des pertes thermiques en hiver et le dimensionnement des différents équipements constituants notre installation de chauffage.

À travers l'étude de ce projet nous avons constaté à quel point les installations de conditionnement d'air sont importantes dans les divers domaines d'activités modernes.

Et aussi grâce à cette étude nous avons pu apprendre beaucoup de choses sur ce domaine que nous souhaitons utiliser pratiquement.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

[1] Younes CHIBA, Climatisation d'une direction de la jeunesse et de sport, mémoire de fin d'étude université de Constantine.

[2] Mohamed AZIZOU, étude de la climatisation d'un laboratoire, mémoire de fin d'étude université de khemis Meliana

[3] Radiateurs (Catalogue)

[4] catalogue_BLU (Catalogue)

[5] Multicouches (Catalogue)

[6] RESERVOIRS(Catalogue)

[7] SALMSON(Catalogue)

[8] Younes CHIBA, Note de cours énergies renouvelables. Université de Médéa

[9] : Fayssal Abed, Bouafia Tarik, mémoires de climatisation d'une poly clinique, université de Médéa

[10] : Habiba Hachmaoui, mémoires de génie climatisation d'un mosquée

Sites internet :

[11] http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0203/travaux/optemf/bei_mot/pages/piston/partieb/refroid/newradiateur.htm

[12] https://fr.wikipedia.org/wiki/Radiateur

:

ANNEXES

Description de laboratoire

Laboratoire composée de RDC et deux étages (R_1 ET R_2) contient de labo 1,2 salle réunion, salle d'agent et les bureaux.

Les différents locaux sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau (1) : différents locaux de laboratoire. RDC

N° de locaux	Désignation	Hauteurs (m)	Surface (m^2)
R01	Labo 01	2.66	114
R02	Salle des agents	2.66	20
R03	Salle de réunion	2.66	85
R04	Labo 02	2.66	16
R05	Bureaux 01	2.66	16
R06	Bureaux 02	2.66	16
R07	Bureaux 03	2.66	16

Tableau (2) différent locaux de laboratoire (1^{er} étage)

N° de locaux	Désignation	Hauteurs (m)	Surface (m^2)
E01	Labo 01	2.66	114
E02	Labo 02	2.66	
E03	Bureaux	2.66	32

A.2.tableau de pression de saturation en fonction de température

T(c°)	P_{s}.(Pa)	$R^{s}_{s}(g_{vap}/K_{gaz})$
-10	260	1.60
-9	284	1.75
-8	309	1.90
-7	337	2.07
-6	368	2.26
-5	401	2.47
-4	437	2.67
-3	476	2.93
-2	517	3.18
-1	563	3.47
0	611	3.77
1	657	4.06
2	705	4.36
3	758	4.68
4	813	5.03
5	872	5.40
6	934	5.79
7	1001	6.21
8	1073	6.65
9	1148	7.12
10	1227	7.62
11	1312	8.16
12	1402	8.72
13	1497	9.32
14	1558	9.96
15	1704	10.6
16	1817	11.4
17	1937	12.1
18	2063	12.9
19	2197	13.8
20	2337	14.7
21	2486	15.6
22	2643	16.6
23	2809	17.7
24	2983	18.9
25	3166	20.1
26	3366	21.3
27	3564	22.7
29	4004	25.5
30	4242	27.2
35	5622	36.5

A.3.tableau conditions climatiques extérieur de base

Condition de base		été			Hiver	
Zones climatiques	Altitude	Température	humidité	Ecart diurne	température	humidité
	m	T_B(°c)		E(°c)	T_B(°C)	
Zones A	500	34	44	9	6	80
	500-1000	33.5	40	10	1	80
	1000	30.5	47	9	1	80
Zones B	500	38	30	15	2	80
	500-1000	37	28	15	1	80
	1000	35	28	14	-1	80
Sous zones B	500	41	22	18	0	85
Zones C	500-1000	39.5	18	20	-2	75
	1000	36	22	18	-4	75
Zones D	500	46	11	20	0	45
	500-1000	42	13	18	-2	45
	1000	37.5	17	16	-40	45

A .4. Tableau valeurs du coefficient h

H . s	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
h	0.94	0.86	0.73	0.63	0.48	0.32	0.18	0.07	0.02	0	0.01	0.07	0.15	0.25	0.37	0.51

A .5 . Tableau flux diffus I_d en (w /m²)

Orientation HS	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nord	70	67	61	65	69	73	74	73	69	65	61	67	70
Nord -ouest	38	49	59	64	68	74	79	87	94	92	92	87	66
Ouest	32	46	56	68	77	87	87	97	114	122	127	116	87
Sud-ouest	30	47	61	79	87	91	91	97	99	99	79	84	61
Sud	32	51	67	80	94	98	98	94	90	79	67	51	32
Plant horizontal	57	87	104	118	123	124	124	123	118	113	104	87	57

A.6 .tableau coefficient de correction k_1

	Climat moyen brumeux (=0.7)					Climat clair(=0.75)				
H.S	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
Altitude	16	15	14	13	12	16	15	14	13	12
10 m	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
500 m	1.04	1 .03	1.03	1.03	1 .03	1.04	1.03	1.02	1.02	1.02
100 m	109	106	106	105	105	108	105	105	105	104
1500 m	112	110	110	109	109	110	109	108	108	106
2000 m	1.18	1 .15	1.12	1.12	1.12	1.13	1.11	1.10	1.10	1.09

7 .tableau coefficient de correction K_2A.

Epaisseur de la vitre en (mm)	3	4	6	8	10	12	14
Coefficient k_2	1.00	0 .96	0 .93	0 .88	0 .75	0 .67	0.57

A.8.tableau caractéristique de local (R)

Rapport de surface	Fenêtre en bois en matière synthétique		Fenêtre en acier en fenêtre méthaniques		Caractéristique de la maison
	Portes intérieurs		Portes intérieurs		
	étanches	Non étanches	Etanches	Non étanche	
S_f/S_p	1.5	3	2.5	6	R=0.5
S_f/S_p	1.5 à 3	3 à 9	2.5 à 6	6 à 20	R=0.7

A.9 .caractéristique de maison (D)

Région	Site	Maison d'alignement	Maison individuelle
Région normal	Site protégé	0.24	0.34
	Site découvert	0.41	0.58
	Site particulièrement découvert	0.60	0.84
Région à vent forts	Site protégé	0.41	0.58
	Site découvert	0.60	0.84
	Site particuèlement découvert	0.82	1.13

A.10.majoration z_h

Orientation	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Majoration z_h	-5	-5	0	+5	+5	+5	0	-5

A.11 .majoration z_d

Mode d'exploitation	Coefficient D	0.1 à 0.29	0.30 à 069	0.7 à 1.49	1.5
	Exploitation réduite	7	7	7	7
	Interruption de 9 à 12h durée	20	15	15	15
	Interruption de 12 à 16h de durée	30	25	20	15

A.12. perméabilité des joints a :

Fenêtre en bois et matière synthétique	Fenêtre simple	3.0
	Fenêtre composée	2.5
	Fenêtre double et fenêtre simple avec étanchéité gara	2
Fenêtre en acier et fenêtre métallique	Fenêtre simple	1.5
	Fenêtre composée	1.5
	Fenêtre double et fenêtre simple avec étanchéité gara	1.2
Portes intérieurs	non étanche (sans seuil)	40
	étanche (avec seuil)	15
Portes extérieurs	Comme les fenêtres	

A.13 .dégagement de chaleur et de vapeur d'eau du corps humain :

Température (°c)		18	20	22	24	26	28
Personne physiquement inactive		80	75	65	60	55	45
		20	25	35	40	45	55
		35	40	60	65	75	90
Activité modérée employé de bureau ……etc.		95	85	70	60	55	45
		45	55	70	80	85	95
		75	90	115	135	140	160
Travail moyen mécanicien		125	115	105	90	75	55
		115	125	135	150	165	180
		190	210	210	250	275	300

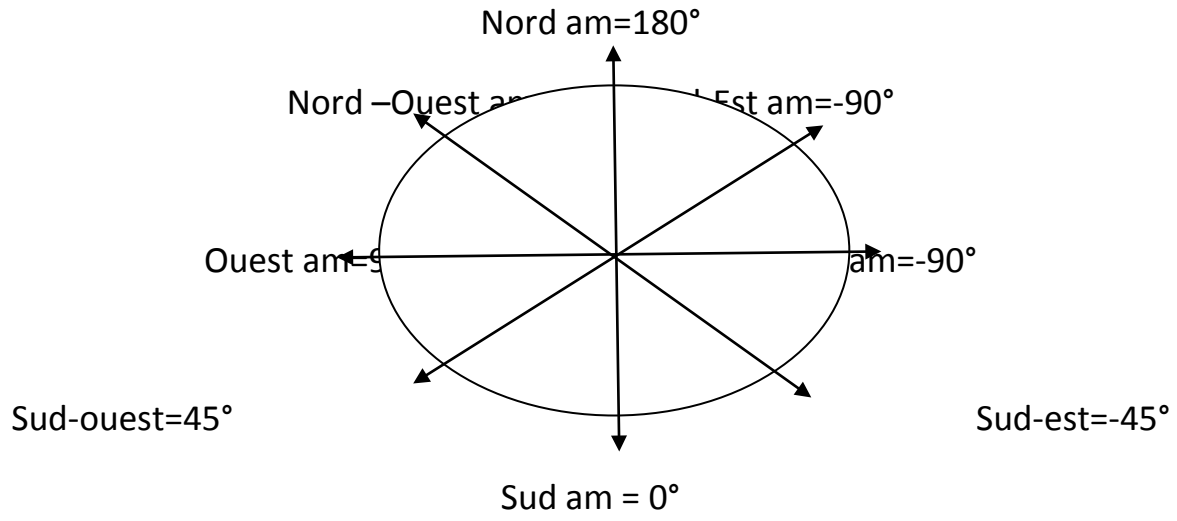
A .14.disposition de protection solaire C

Disposition de protection solaire	Couleur	Coefficient C
Jalousies intérieurs	Couleurs sombre	0.76
	Couleurs clair	0.56
Jalousies extérieur	-	0.14
rideau intérieurs	Couleurs sombre	0.66
	Couleurs clair	0.56
Stores intérieur	Couleurs sombre	0.41
	Couleurs clair	0.81
Vitrage sans disposition de protection solaire	-	1.00

A .15 .facteur d’absorbation

Nature du matériau	Facteur d’absorbation
Carton	0.9
Sable	0.7
Carrelage	0.3
Brique rouge	0.85
Pierre carrelage blanche	0.60
Granit poli	0.45
Acier poli	0.60
Tôle oxydée	0.80
Tôle rugueuse	0.94
Cuivre poli	0.04
Aluminium poli	0.04
Maçonnerie de teinte moyenne	0.5
Maçonnerie de teinte sombre	0.7
Peinture blanche	0.9
Peinture	0.5
Peinture	0.6
Peinture	0.9
Peinture	0.6
Noir mat	1.00

A .16 .angle



1-3) plans architecturaux

Par la suite nous présentons le plan de notre bâtiment (laboratoire) qui comporte le rez-de-chaussée et un étage (voir la figure (1) et (2)).

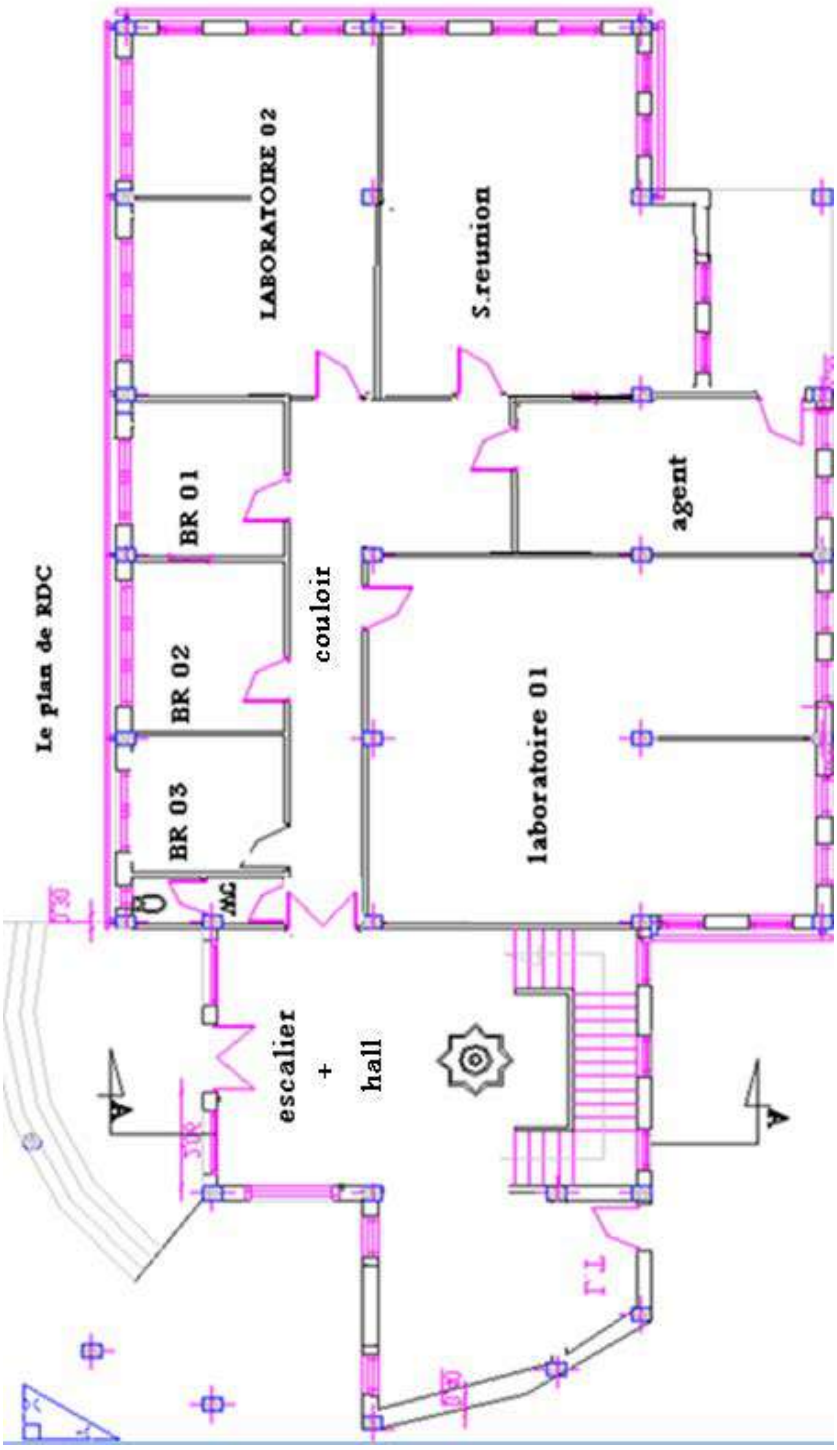


Figure 1 : plan de RDC



Figure 2 : plan de premier étage

A .16 . Désignation des locaux de RDC

DESIGNATION DE LOCAL	Repère	Nombre d'occupants	Hauteur (m)	Surface (m^2)	Température (hiver/été)	Φi (%)
S .réunion	S.R	08	3.2	45.8	20/25	50
Couloir	CL	00	3.2	27.90	20/25	50
BR 01	BR1	02	3.2	12.00	20/25	50
BR02	BR2	02	3.2	12.00	20/25	50
BR 03	BR3	02	3.2	9.00	20/25	50
Agent	AG	01	3.2	21.00	20/25	50
Laboratoire 01	LB01	16	3.2	67.08	20/25	50
Laboratoire 02	LB02	12	3.2	40.00	20/25	50

A .17 . Désignation des locaux de premier étage

DESIGNATION DE LOCAL	Repère	Nombre D'occupants	Hauteur (m)	Surface (m^2)	Températures (hiver/été)	Φi (%)
Labo 01	LB 03	20	3.2	68.25	20/25	50
Labo 02	LB04	20	3.2	75.19	20/25	50
bureau	BR	04	3.2	25.41	20/25	50
Salle des machines	SLM1	12	3.2	33.50	20/25	50
couloir	CL	00	3.2	11.25	20/25	50