الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département du Génie Mécanique



Mémoire de Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme
De Master en

***Option* : Energie Et Froid Industriel**

THEME

ETUDE DE L'INSTALLATION DE CLIMATISATION D'UN CENTRE CULTUREL

Proposé et dirigé par,

Pr : ABU DURA SALAM

Dr :BELHADJ ABD- ELMOUNEIM

Préparé et présenté par,

Mr:Kouider Chaouch Mohamed

Mr :Tadjrouni Zouhir

Remerciements

Notre premier remerciement va à ALLAH sobhanaho wa taala.

Nous tenions à remercier vivement nos encadreurs,

Pr. ABU DURA salam et Dr. BEHADJ, pour leur gentillesse, leur disponibilité et leur contribution générale à l'élaboration de ce travail.

Nous sincères remerciement s'adressent à tous enseignants

Nous tenons aussi à adresser nos remerciements aux membres de jury pour nous avoir fait l'honneur et le plaisir d'accepter et juger notre travail.

En fin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de prés ou de loin, au bon déroulement de notre travail et de nos études.

Dédicace

Je remercie ALLAH le toute puissant de m'avoir donné la force et le courage pour accomplir ce modeste travaille.

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travaille à :

Mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant toute la période de mes études et à qui je leur souhaite une longue et heureuse vie, que dieu les protège et ma donne la force pour je puisse leur rendre un petite peu de leur bienfait et leur bonté.

A mes très chers frères et mes très chères sœurs.

A toute la famille.

A toute mes amis

A toute ma promotion d'énergie et froid industrielle

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

Et enfin, à tous ceux qui m'aiment

Mohamed et zoheir

Résumé

Travail s'intéresse à l'étude d'un système de climatisation d'un centre culturel a Les ventilo –convecteur sont proposés comme solution.

Mots clé : climatisation. Groupe d'eau glacé. Chauffage centrale.

ملخص

يركز العمل على دراسة نظام تكييف الهواء لمركز ثقافي .
مروحة لفائف قدمت كحل .

الكلمات المفتاحية: التكييف ,مجموعة المياه المتجمدة ,التدفئة المركزية ,

abstract

The work focuses on studying the air conditioning system of a centre cultural located . Fan coil provided as solution.
The day-degree method was applied to calculate heating consumption and air conditioning for three reference temperature displays.

Keyword :air conditioning.Frosted water.Central heating.

SOMMAIRE

Introduction général 1

CHAPITRE I. DETERMINATION ET CONCEPTION DU PROJET

I.1Description du projet 4

I.2Données climatiques de base 4

I.3Paramètre intérieurs de confort 4

I.4Désignation des locaux 5

CHAPITRE II. CALCUL THERMIQUE

II.1Transfert Thermique 12

II.2Calcul Thermique 13

II.3Choix et composition des différentes parois 15

CHAPITRE III. Bilan Thermique

III.1Introduction 26

III.2Calcul du bilan thermique en période hivernale 26

III.3Calcul du bilan thermique en période estivale 33

III.4Exemple de calcul 43

CHAPITRE IV. Choix et calcul du système de climatisation

IV.1.Introduction 48

IV.2 .Système de climatisation 49

IV.3.Méthode de calcul des ventilo-covecteurs 51

IV.4Calcul hydraulique 63

IV.5Equilibrage hydraulique 71

IV.6. Choix d'appareillage 77

Conclusion général 87

Depuis l'éternité l'être humain a été toujours en quête d'une ambiance et d'un entourage de vie qui lui assure de pratiquer toutes ses activités sous aucune gêne. De la simple étincelle de feu aux techniques de construction, l'homme a toujours su répondre à ses propres exigences même d'une façon indirecte et selon les moyens qui lui ont été disponible.

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

Parler de ces ambiances artificielles nous conduit a donné des notions et des définitions qui peuvent nous aider dans notre travail.[1]

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

Sur le plan physique, le confort thermique correspond à un état d'équilibre thermique entre le corps humain et les conditions d'ambiance. Il dépend de la sensibilité (aspect psychosociologique), de l'habillement, du métabolisme et de l'activité physique de chaque individu, d'une part, mais aussi de la température de l'environnement (air, parois), des mouvements d'air, et de l'humidité, d'autre part. Au-delà d'un certain niveau de déséquilibre, l'individu va ressentir de l'inconfort, notamment parce qu'il va devoir réagir pour réduire ce déséquilibre.[1]

Tout être vivant dégage de la chaleur, cependant certains sont capables de réguler leur température corporelle par des moyens physiologiques, les homéothermes (cas de l'être humain) et d'autres non (le hétérothermes ou poïkilothermes). Les premiers disposent donc d'une meilleure capacité de survie (capacité d'adaptation) alors que les seconds peuvent difficilement s'adapter.

Le corps d'un individu va chercher à rétablir l'équilibre par différentes réactions demandant un certain effort : des réactions comportementales et des réactions physiologiques.

La thermorégulation comportementale comprend le changement de posture, d'activité, de vêtement, la régulation collective (exemple du rafraîchissement des ruches, ou de l'utilisation d'abris).

La thermorégulation physiologique, accessible uniquement aux êtres homéothermes, comprend notamment frissons, transpiration, vasodilatation, vasoconstriction, etc.

L'adaptation du comportement de l'individu aux conditions d'ambiance tend à donc réduire l'inconfort, ce qui est aujourd'hui décrit par l'approche du « confort adaptatif ». Le confort thermique (équilibre thermique) est souvent associé au confort hydrique (équilibre hydrique) sous le terme de confort hygrothermique.

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie. Dans la vie courante, elle est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert de chaleur entre le corps humain et son environnement. En physique, elle se définit de plusieurs manières : comme fonction croissante du degré d'agitation thermique des particules (en théorie cinétique des gaz), par l'équilibre des transferts thermiques entre plusieurs systèmes ou à partir de l'entropie (en thermodynamique et en physique statistique). La température est une variable importante dans d'autres disciplines : météorologie et climatologie, médecine, en chimie.

L'échelle de température la plus répandue est le degré Celsius, dans laquelle l'eau gèle à 0

°C et bout à environ 100 °C dans les conditions standard de pression. Dans les pays utilisant le système impérial (anglo-saxon) d'unités, on emploie le degré Fahrenheit (gel à 32 °F et ébullition à 212 °F). L'unité du système international d'unités, d'utilisation scientifique et définie à partir du zéro absolu, est le kelvin (nom commun dérivé du nom de William Thomson, Lord Kelvin).[11]

L'humidité relative de l'air (ou degré d'hygrométrie), couramment notée φ, correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur

la pression de vapeur saturante (ou tension de vapeur) à la même température et pression. Elle est donc une mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. Ce rapport changera si on change la température ou la pression bien que l'humidité absolue de l'air n'ait pas changée. L'humidité relative est souvent appelée degré hygrométrique. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre.[11]

L'humidité spécifique (HS ou q) ou teneur en eau (Y) est définie comme le rapport de la masse d'eau dans l'air sur la masse d'air humide. (Contrairement au rapport de mélange qui décrit la masse d'eau dans l'air sur la masse d'air sec).

L'humidité spécifique maximale en état de saturation, appelée humidité spécifique à saturation, est notée HS_s ou q_s.

Sur un diagramme d'air humide q = f(T), la courbe d'humidité spécifique constante est une droite horizontale.

Contrairement à l'humidité relative ou absolue, l'humidité spécifique se conserve lors d'un changement d'altitude ou de température de la masse d'air, tant qu'il n'y a ni condensation ni évaporation. La raison est qu'un kilogramme d'air ou de vapeur reste un kilogramme, indépendamment de la pression ou de la température de l'air. Ainsi lorsque l'on donne l'humidité spécifique, l'altitude de la parcelle d'air n'a pas d'importance. Ceci reste valable tant que la quantité de vapeur reste constante, il ne doit donc pas y avoir de changement d'état physique. Malgré cet avantage, la mesure de l'humidité spécifique est difficile et doit en général être effectuée par un laboratoire.

L'humidité absolue est définie pour l'air humide (ou d'autres gaz) comme sa teneur en vapeur d'eau. Elle varie entre 0 et $+\infty$ mais est limitée par la quantité maximale que le gaz peut absorber avant qu'il y ait saturation à la température de celui-ci.[11]

Notre projet consiste à évaluer les charges qui entraînent une sensation de gêne, et les éliminé à l'aide d'un choix optimale d'un système de climatisation adéquat.

I.1: Description du projet :

Notre projet consiste à faire l'étude et le choix d'un système de climatisation d'un centre cultural, qui se situe dans la ville **Constantine 'nouvelle ville'.**

D'une perspective architectural de 6 niveaux :

- Un réz de chaussez (R.D.C)
- 5 étages

I.2: Données climatiques de base [3] :

D'après le tableau des données géographiques, la ville **Constantine** est située dans la zone climatique **-II-**

- Latitude **36^0 18`** Nord
- Longitude **7^0 32`** EST
- Altitude **810** m.

- Les conditions climatiques de base pour les deux périodes, hivernal et estival sont données comme suit [16]:

Condition climatique	Période hivernale	Période estivale
Température de base **T_b (°C)**	**+1**	**37**
Humidité relative de base **φ_b (%)**	**80**	**28**

I.3: Paramètre intérieurs de confort :

Pour assurer un niveau de confort optimal aux occupants, les conditions intérieures doivent être choisies d'une façon à tenir en compte tous les facteurs qui influent sur elles. Et ceci quel que soit leurs activités.

- Température de l'air intérieur [9]:

a-Période hivernale :

La température intérieure est choisie en fonction de la destination du local. Pour l'humidité relative le confort est compris entre **40-60%.**

b- Période estivale :

D'après les cours d'**I.V.C.A**, la température intérieure est en fonction de la température extérieure de base donnée par :

32 °C ≤ T_b ≤ 35 °C ⟹ **T_i = 25-27 °C**

35°C ≤ T_b ≤ 38 °C ⟹ **T_i= 26-28 °C**

T_b > 38 °C ⟹ **T_i = 27-29 °C**

Dans notre cas **T_b = 39.5 °C** ⟹ **T_i = 27 °C**

- L'humidité relative :[9]

Le confort est aussi influencé par l'humidité de l'air qui doit être comprise entre **35%** et **70%** (**cours d'I.V.C.A**) pour les deux périodes mais le meilleur confort exige une humidité relative entre **[40 – 60]%** dans notre cas on prend **φ_i= 50%.**

Pour la vitesse de l'air ambiant, elle est compromise entre **0.25- 0.3 m/s.**

I.4. Désignation des locaux :

La désignation des locaux se fera comme suit :

- **R** : désigner le niveau de réez de chaussez **R.D.C.**
- **E1** : désigner le niveau de 1er étage.
- **E2** : désigner le niveau du 2ème étage
- **E3**: désigner le niveau du 3ème étage
- **E4** : désigner le niveau du 4ème étage
- **E5** : désigner le niveau du 5ème étage

- La désignation détaillée de chaque niveau est représenté dans les tableaux suivants :

-le niveau RDC

local	Désignation	Surface (m2)
R01	B de directeur	43
R02	B de secrétariat	43
R03	LOCAL climatisé	43
R04	Chaufferie	43
R05	Dépôte	50
R06	B.de gestionnaire	34
R07	B.de comptabilité	34
R08	Cafeteria	377
R09	Dépôt	50
R10	Office	72
R11	Visière	6
R12	Gestionnaire	12
R13	Boutique	43
R14	Boutique	43
R15	Boutique	43
R16	Heure de conte	124
R17	Inventrien	239
R18	b.de travaux manuel	125
R19	Espace didactique	75
R20	Laboratoire longes	318
R21	Espace didactique	75
R22	Salle de travaux en groupe	93
R23	Prêt consultation	80

R24	**Salle répétition**	**43**
R25	**Box écoute individuelle**	**81**
R26	**Espace livre**	**43**
R27	**Espace de consultation**	**151**
R28	**Espace de prêt**	**52**
R29	**Salle de musique**	**43**
R30	**Libérée**	**73**
R31	**b. d'entretiens**	**35**
R32	**Vente(objet d'état et souvenir**	**73**
R33	**b.de sécurité**	**27**
R34	**Scène**	**860**
R35	**Vistiare**	**6**
R36	**Salon**	**12**
R37	**Règle**	**8**
R38	**b.de commission**	**20**
R39	**Salle de commission**	**43**
R40	**Rec et contrôle**	**10**
R41	**Salle de commission**	**20**
R42	**Dépôt**	**10**

1-le niveau du 1^{er} etage

local	Désignation	Surface (m2)
E101	Cyber espace	370
E102	Espace de l'internet	286
E103	Espace de cd rom	100
E104	Espace de cd et dvd	176
E105	Salle de recherche	233
E106	Salle de réseaux	60
E107	Office	88
E108	Logithèque	162
1E09	Espace de cd video	184
E110	Dépôt	20
E111	Espace didactique	74
E112	Espace didactique	74
E113	Dépôt	10
E114	Sallede projection	47
E115	Espace libre vedéo	47
E116	Air de prêt vedéo	45
E117	Salle de visio_conference	47
E118	Salle de polyvalente	47
E119	Vidéothèque	125
E120	Box	26
E121	Box	26
E122	Box	17
E123	Box	17
E124	Box	17
E125	Box	17

2-le niveau du 2^{eme} etage

LOCAL	Désignation	Surface (m2)
E201	Salle de dé consultation	534
E202	Espase actualite presse	285
E203	Salle littérature et histoire	196
E204	Espase de pré libre	60
E205	Office	88
E206	Salle piriodique	162
E207	Salle de travaille groupe	60
E208	Cartothèque	145
E209	Dépôt	21
E210	Salle(livre speciaux)	228
E211	Espase de lecture	140
E212	Salle de travail en groupe	52
E213	Salle travail en groupe	52
E214	Box individuel	29
E215	Box individuel	29
E216	Box individuel	29
E217	Box individuel	29
E218	Box individuel	29
E219	Box individuel	29
E220	Box individuel	29
E222	Box individuel	29
E223	Salle polyvalente	128

3-le niveau du 3^{eme} etage

local	Désignation	Surface (m2)
E301	Salledarchuves	59
E302	Salle de recherches	56
E303	Office	47
E304	Bureaux responsable	54
E305	Bureaux initiateurs	59
E306	Atelier de design et décoration	59
E307	Atelier de dessin et peinture	47
E308	Atelier de sculpture	100
E309	Atelier de couture	80

4-le niveau du4^{eme} etage

local	Désignation	Surface (m2)
E401	Magasin	59
E402	Dépôt	56
E403	Office	47
E404	Responsable	54
E405	Atelier de calligraphie	52
E406	Atelier de tapisserie	100
E407	Atelier de tissage	137
E408	Atelier de potence	80

5-le niveau 5^{eme} etage

local	Désignation	Surface (m2)
E501	**Salle informatique**	**59**
E502	**Depot**	**56**
E503	**Office**	**47**
E504	**Salle archéologie**	
E505	**Salle d'astronomie**	**59**
E506	**Salle de longue anglaise**	**23**
E507	**Salle de longue France**	**23**
E508	**Salle de longue d'allemand**	**23**

II.1: Transfert Thermique:[8]

Le phénomène du transfert de la chaleur se rencontre dans les problèmes de chauffage et de climatisation sous de nombreuses formes. Ainsi de bâtiments chauffés cèdent de façon continue de la chaleur à l'atmosphère extérieur ; si les conditions sont défavorables, la valeur de cette perte est déterminante pour l'importance de l'installation de chauffage. Mais les dimensions des éléments chauffants nécessaires ainsi que les surfaces de chauffe des chaudières et des échangeurs de chaleur ne peuvent être calculées que si les lois du transfert de la chaleur connues. L'application de ces lois permet souvent l'ingénieur de favoriser l'échange de chaleur par des formes de construction convenables et aussi d'augmenter le rendement des surfaces chauffantes sans changer les consommations de matière ou autre Frais d'exploitation.

Souvent se pose aussi le problème inverse : limiter le transfert de la chaleur (protection contre la chaleur, calorifugeage), lorsque la chaleur qui passe à l'extérieur est perdue. Les phénomènes, ainsi que les méthodes de calcul, suivent les mêmes principes dans les deux cas.

Il existe trois modes de transmission de chaleur

a. La conduction:

La conduction est le seul mode de transfert thermique intervenant au sein des solides opaques. La chaleur se propage à l'intérieur d'un corps de particule à particule. La quantité de chaleur traversant la surface de la paroi plane en écoulement stationnaire (permanent) et unidimensionnalité est régie par la loi :

$$\Phi = (\lambda/e).\ s\ (t_1 - t_2)$$

e: épaisseur d'un élément de construction de la paroi [m]

s: surface de la paroi [m^2.

λ: conductivité thermique d'un élément de construction [W/m.^{o}C]. **Φ:** flux de chaleur échangé [W].

$\mathbf{t_1}$: température de la surface chaude [^{0}C].

$\mathbf{t_2}$: température de la surface froide [^{0}C].

b. La convection:

La convection est un mode de transfert de chaleur qui se produit uniquement au sein

des milieux fluides. Elle intervient par exemple dans les échanges thermiques entre une paroi et l'air. Elle est régi

α_c: coefficient de convection exprimé en [$W/m^2.^oc$], il dépend de la nature du fluide et parfois de sa température, vitesse d'écoulement et la viscosité.

s: surface d`échange thermique.

(t_1-t_2): différence de température entre les deux ambiances.

On distingue deux formes de convection:

- Convection libre: est due à la différence de densité entre les parties chaudes et froides du fluide (le fluide chaud montre et le fluide froid descend).
- Convection forcée: est due par le mouvement du fluide qui produit par un agent extérieur (pompe, ventilateur, …etc.).

c. Le rayonnement:

On appel rayonnent, l'ensemble des échanges d'énergie à distance entre les corps sans support matériel. La quantité de chaleur rayonnée par la surface d'un corps est donnée par la formule suivante:

$$\varphi = \sigma_r . s . (T_1^4 - T_2^4)$$

$_r$: coeff ˉ d`échange superficiel par rayonnement.

T_1, T_2: température absolue du corps de rayonnement en [K].

II.2: Calcul Thermique:

a- Coefficient global d'échange de chaleur :

Le coefficient globale de transmission de la chaleur est donné par :

$$K = 1/R_T = 1/ (1/h_i + \Sigma_i^n (e_i/\lambda_i) + 1/h_e) \ [W/m^{2\,0}C]$$

Avec:

$$\varphi = \alpha_c . s . (t_1 - t_2)$$

- **h_i:** coefficient d'échange superficiel de chaleur à l'intérieure du local [$W/m^2.^0C$].
- **h_e:** coefficient d'échange superficiel de chaleur à l'extérieure du local [$W/m^2.^0C$].
- **e_i:** épaisseur de la couche de matériaux de la paroi [m].
- **λ_i:** conductivité thermique du matériau [$W/m.^oC$].
- **R_T** : résistance thermique totale **[**$m^2.^0C/W$].
- **$\Sigma_i^n (e_i/\lambda_i) = \Sigma_i^n R_i$**

Le tableau suivant donne les valeurs de coefficient d'échange superficiel **h_i** :

- Caractéristique des coefficients superficiels «h_i» et «h_e»: [$W/ m^{20}C$].

Les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieur, $r_i = 1/h_i$ et extérieur $r_e = 1/h_e$ sont données dans le tableau suivant :

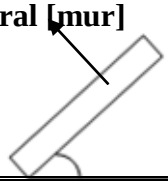
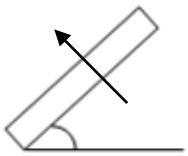
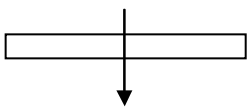
1/h [$m^2.^0C/W$]	Paroi en contact avec ▫ L'extérieur. ▫ Un passage ouvert. ▫ Un local ouvert.			Paroi en contact avec ▫ Un autre local. Chauffé ou non chauffé. ▫ Un comble. ▫ Un vide sanitaire		
	$1/h_i$	**$1/h_e$**	**$1/h_i + 1/h_e$**	**$1/h_i$**	**$1/h_e$**	**$1/h_i + 1/h_e$**
Latéral [mur]  **$\alpha > 60^0$**	**0.11**	**0.06**	**0.17**	**0.11**	**0.11**	**0.22**
Ascendant [toiture]  **$\alpha < 60^0$**	**0.09**	**0.05**	**0.14**	**0.09**	**0.09**	**0.18**
Descendant  **[plancher]**	**0.17**	**0.05**	**0.22**	**0.17**	**0.17**	**0.34**

Tableau II.1 : les valeurs de h_i et h_e (Du DTR)[1]

- Résistance thermique d'une lame d'air :

La résistance thermique d'une lame d'air est obtenue à partir du tableau suivant :

N^0	Position de la couche d'air et la direction de flux thermique	Epaisseur de la couche d'air non ventilée en [mm]	Resistance thermique de la lame d'air **«R_a»** en **[m^2 /w]**
1	Couche d'air verticale	**10**	**0.14**
		20	**0.16**
		50	**0.18**
		10	**0.17**
		150	**0.17**
2	Couche d'air horizontale avec flux thermique de bas vers le haut	**10**	**0.14**
		20	**0.15**
		50	**0.16**
3	Couche d'air horizontale avec flux thermique de haut vers le bas	**10**	**0.15**
		20	**0.17**
		50	**0.18**

Tableau II.2 : les valeurs de R_a [1]

II.3: Composition des différentes parois :

On doit vérifier certains nombre de critère pour effectuer notre choix :

1- Limiter au maximum l'échange de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur.

2- Assurer un certain coefficient a l'intérieur des locaux pour les occupants en limitant l'échange par rayonnement entre les occupants et les parois extérieurs.

3- Eviter la condensation superficielle et dans la masse pour les parois extérieurs afin d'éviter leurs endommagement.

- Mur extérieur de 0.35m d'épaisseur :

N°	Couche	e (m)	λ (w/m°C)	R (m2°C/w)
1	Enduit en ciment	**0.01**	**1.39**	**0.007**
2	Brique creuse	**0.15**	**0.46**	**0.326**
3	Lame d'air	**0.05**	/	**0.18**
4	Brique creuse	**0.1**	**0.46**	**0.217**
5	Enduit en ciment	**0.01**	**1.39**	**0.007**
6	Enduit en plâtre	**0.015**	**0.7**	**0.021**

$\sum R_i = 0.769[m^2.^0C/W]$

$1/h_i + 1/h_e = 0.17\ [m^2.^0C/W]$

$K = 1/R_T = 1.077$ [w/m2°C]

- Mur intérieur de 0.15 m :

N°	Couche	e (m)	λ (w/m°C)	R (m2°C/w)
1	Enduit en plâtre	**0.015**	**0.7**	**0.021**
2	Brique creuse	**0.15**	**0.46**	**0.326**
3	Enduit en plâtre	**0.015**	**0.7**	**0.021**

$\sum R_i = 0.287\ [m^2.^0C/W]$

$1/h_i + 1/h_e = 0.22\ [m^2.^0C/W]$

$K = 1/R_T = 1.89$ w/m2°C

- Plancher entre étage:

N°	Couche	e (m)	λ (w/m°C)	R (m2°C/w)
1	Carrelage	**0.03**	**1**	**0.03**
2	Enduit en ciment	**0.02**	**1.39**	**0.014**
3	Sable	**0.03**	**0.58**	**0.05**
4	Béton armé	**0.1**	**1.5**	**0.066**
5	Hourdis	**0.15**	**1**	**0.15**
6	Enduit en plâtre	**0.015**	**0.7**	**0.021**

$\sum R_i = 0.275$ [$m^2.^0C/W$]

$1/h_i + 1/h_e = 0.18$ [$m^2.^0C/W$] ↑

$1/h_i + 1/h_e = 0.34$ [$m^2.^0C/W$] ↓

- Flux ascendant : ↑ $K = 1/R_T = 1.956$ $w/m^2°C$
- Flux descendant : ↓ $K = 1/R_T = 1.62$ $w/m^2°C$

- Toiture de 0.40m :

N°	Couche	e (m)	λ (w/m°C)	R (m^2°C/w)
1	Enduit en plâtre	**0.015**	**0.7**	**0.021**
2	Enduit en ciment	**0.02**	**1.39**	**0.014**
3	Hourdis	**0.15**	**1**	**0.15**
4	Béton armé	**0.1**	**1. 5**	**0.066**
5	Liège	**0.02**	**0.05**	**0.4**
6	Carton bitumé	**0.03**	**0.18**	**0.166**
7	Gravillon	**0.03**	**0.81**	**0.037**

$\sum R_i = 0.854$ [$m^2.^0C/W$]

$1/h_i + 1/h_e = 0.14$ [$m^2.^0C/W$]

$K = 1/R_T = 1.11$ [w/m^2]

II.3: Etude de la stabilité thermique :

Une construction doit d'abord avoir une parfaite isolation thermique, c'est un point essentiel qu'il faut vérifier avant d'entamer le dimensionnement de notre installation.

a. Vérification de la résistance thermique minimale :

La résistance minimale de la construction doit être comparée à une certaine valeur minimale donnée en fonction de certain facteur qui dépend de la destination du local et la position de l'élément de construction.

Déterminer une résistance thermique minimale pour:

- Assurer une température convenable à la surface intérieure de la paroi extérieure.
- Evité le risque de condensation superficielle.

Pour avoir ces deux conditions, il faut vérifier que : $\mathbf{R_{min} < R_{cal}}$

D'ou :

$$\mathbf{R_{cal} = 1/k \quad [m^2\,^0C/\,W]}$$

$$\mathbf{R_{min} = n\,(t_i - t_e) / (h_i .\, \Delta\theta_{max})}$$

t_i : température intérieure du local [^{0}C].

t_e : température extérieure du local [^{0}C].

h_i : coeff. de transfert superficiel de chaleur [W/m^2 ^{0}C] .

n : coeff. de réduction de l'influence de la température intérieure sur la paroi externe

La nature de la paroi	**Coefficient. n**
Paroi en contact directe avec l'extérieure	**1**
Plancher sur sol et paroi adjacente des parois non isolées	**0.9**
Plancher sur vide sanitaire	**0.75**
Plancher sur vide non ventilé et paroi ou plan pimentent des surfaces au-dessus du niveau du sol	**0.6**

Tableau II.4: valeurs de n selon la nature de la paroi [1]

$\Delta\theta_{max}$: différence de température maximale entre l'air ambiante intérieure et la température de la surface interne de la paroi [^{0}C].

Désignation	$\Delta\theta_{max}$	$\Delta\theta_{max}$
	Paroi	**Terrasse**
Bâtiment, administration, hôpital	**3.5**	**4.5**

Tableau II.5: valeurs de «$\Delta\theta_{max}$» selon le type de paroi et terrasse [1]

Paroi	**Ti [°C]**	**Te [°C]**	**K 2**	**Δθmax [°C]**	**n**	**Rcal 2**	**Rmin 2**	**Rcal > Rmin**
Mur extérieur de 35Cm	20	1	1,07	3,5	1	0,934	0,667	Vérifiée.
Mur extérieur de 35Cm	15	1	1,07	3,5	1	0,934	0,491	Vérifiée.
Mur intérieur de 15Cm	20	15	1,89	3,5	1	0,529	0,175	Vérifiée.
Mur intérieur de 15Cm	20	10	1,89	3,5	1	0,529	0,351	Vérifiée.
Toiture	20	1	1,11	3	0,9	0,732	0,700	Vérifiée.
Toiture	15	1	1,11	3	0,9	0,9	0,516	Vérifiée.
Plancher entre étages	20	15	1,62	3	0,9	0,275	0,165	Vérifiée.
Plancher entre étage	22	15	1,62	6,5	0,9	0,275	0,106	Vérifiée.

On remarque que dans tous les types de paroi on a: $\mathbf{R_{min} < R_{cal}}$

b. Vérification de la condensation:

La condensation est une transformation de la vapeur contenue dans l'air ambiant sous forme d'eau liquide son apparition sur la surface des parois est une condensation superficielle, son apparition à l'intérieure des parois d'une condensation dans la masse.

- Condensation superficielle:

Cette condensation se manifeste sur les surfaces des parois sous forme liquide en filme continue ou bien en gouttelettes.

La condensation superficielle est à éviter pour plusieurs raisons, parmi lesquelles :

- Risque de la détérioration du plâtre, de la peinture et du papier peint.
- Pénétration de l'eau dans la paroi par capillarite.
- Insalubrité et prolifération des moisissures.

La température de rosée de l'air est la température à laquelle se manifeste, pour une ambiance donnée, le début de la condensation.

Pour éviter ce type de condensation, la température superficielle interne « $\mathbf{t_{pi}}$ » de la paroi doit rester supérieure à la température de rosé de l'air intérieur « t_r ».

La température de la surface intérieure de la paroi extérieure est donnée par la relation :

$$\mathbf{t_{pi} = t_i - [\, k\,(t_i - t_e)\,.\ 1/h_i}$$

Pour ce qui de la température de rosée, elle peut être obtenue à partir du diagramme (h-x).

- Condensation dans la masse :

Les isolants présentent une résistance thermique forte par rapport à celles des autres matériaux de construction. En revanche, leur résistance à la vapeur est souvent trop faible.

En hiver, une paroi se refroidie de l'intérieur vers l'extérieur (de la paroi chaude vers la paroi froide), ce qui veut dire qu'elle se refroidit intérieurement et par conséquent son point de condensation peut être atteint à l'intérieur de la masse.

Cette condensation peut provoquer des effets néfastes comme le dégagement fort désagréable d'odeurs. Pour vérifier l'existence de la condensation dans la masse il faut passer par les étapes suivantes :

- Calcul des températures des interfaces de paroi.
- Détermination des pressions de saturation de chaque couche.
- Détermination des pressions partielles de chaque couche.
- Diagramme de **GLASER**.

Remarque :

Le diagramme de **GLASER** nous permet de déterminer la présence ou non de le condensation dans la masse ; par la comparaison entre l'évolution de la pression partielle de vapeur et celle de saturation, car il faut que la pression partielle reste inférieur à celle de saturation.

II.4 : Application projet:

Mur extérieur de 35 Cm :

t_i=20°C φi =50%
te=1°C φe =80% K=1.07w/m2°C

Détermination de la température de chaque couche :

t p i =ti – (ti -te) x (K/hi tpi=17.50 °C.

t p1=t p i – K (ti –te) x R1 = 16.77°C.

t p2=t p 1– K (ti –te) x R2 =12.40 °C.

t p3=t p 2 – K (ti –te) x R3=8.74°C.

t p4=t p 3 – K (ti –te) x R4 =2.23°C.

t pe=t p 4– K (ti –te) x R5 =1.86°C

Détermination de la résistance de chaque couche :

élément de construction	Epaisseur (m)	π [g/m h mm Hg]	Rd [m²h mm Hg/g]
1-Enduit en plâtre	0,025	0,013	1.92
2-brique creuse	0,10	0,015	6.66
3-lame d'air	0,05	0,09	0.55
4-brique creuse	0,15	0,015	10
5-mortier en ciment	0,025	0,05	0.5

∑ Rd = ∑ (e/ π) = 19,69 [m2 h mm Hg/g] (1°C p se =4.93 mm hg)
(20°C p si =17.53 mm (20°C
P P e=φ e P S e /100 = 80 x 4, 93/100 = 3.944 mm Hg
P P i=φ i P S i /100 = 50 x 17.53/100 = 8.76 mm Hg
(P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) =(8.76 -3.944)/(19.69)=0.24
Pp1=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd1=7,31 mmhg
Pp2=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd2=5,89 mmhg
Pp3=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd3= 4,91mmhg
Pp4=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd4=3,92mmhg
Ppe=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd5=3,91 mmhg

Toiture de 40cm:

ti=20°c φi =50% te=1°C φe =80% K=1.11 w/m2°C

Détermination de la température de chaque couche

t p i =ti – (ti -te)x(K/hi) = tpi=17,68°C.
tp1=t p i – K (ti –te)x R1 =17,68°C.
tp2=t p 1– K (ti –te) x R2 =14,07°C.
tp3=t p 2 – K (ti –te) x R3= 7,11°C.
tp4=t p 3 – K (ti –te) x R4 =6,98°C.
tp5=t p 4– K (ti –te) x R5 =4,98°C.
tp6=t p 5– K (ti –te) x R6 =2,83°C.
tpe=t p 6– K (ti –te) x R7 =2,3°C.

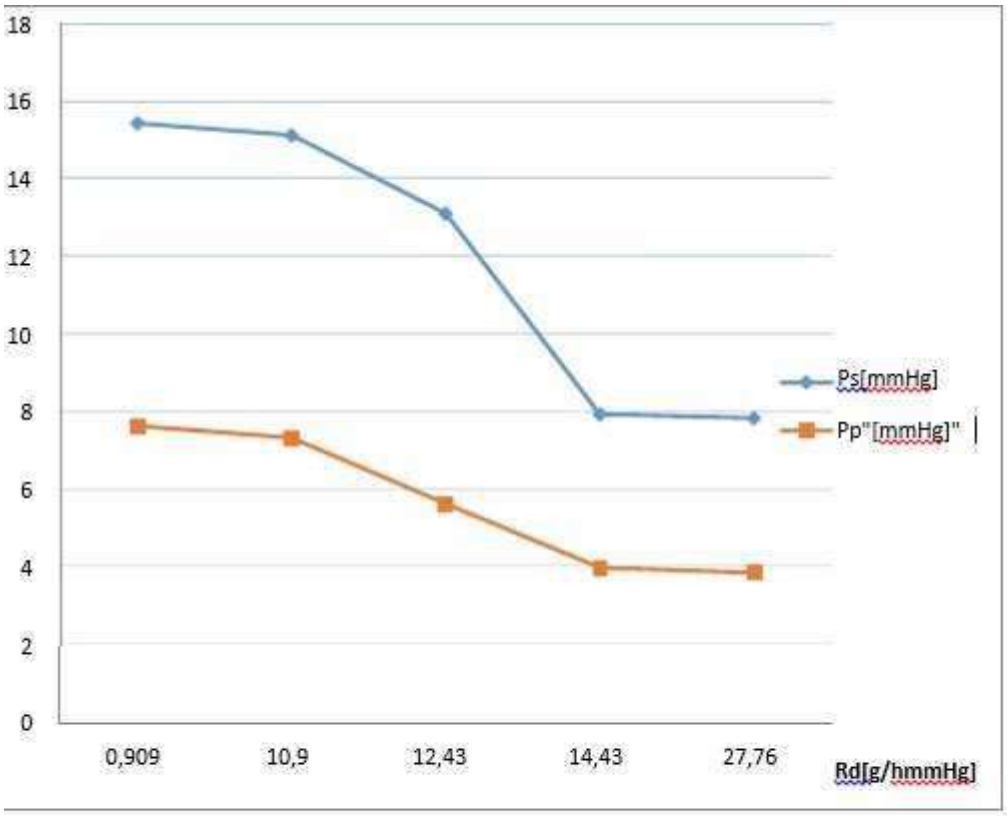


Diagramme de Glaser « mur extérieur »

D'après le graphe : ($P_P < P_s$), on déduit qu'il n'y a pas de condensation dans la mass

Détermination de la résistance de chaque couche :

Désignation	Epaisseur (m)	π [g/m h mm Hg]	Rd [m²h mm Hg/g]
1-gravillon	0.02	0,022	0.909
2-carton bitumé	0.03	0,003	10
3- Liège	0.02	0,013	1.53
4-Chape en ciment	0.01	0,005	2
5-Béton	0.2	0,015	13.33
6-Hourdis	0.1	0,02	5
7-Enduit en plâtre	0.02	0.013	1.53

$\sum Rd = \sum (e/\pi) = 41.78$ [m2 h mm Hg/g]
P P e= φe P S e /100 = 80 x 4,93/100 = 3.944 mm Hg
P P i= φi P S i /100 = 50 x 17.53/100 = 8.76 mm Hg
$(P p i - P p e)/ \sum (e/\pi) = (8.76-3.944)/(41.78) = 0.115$ g/m 2h
$Pp1 = Pp i - (P p i - P p e)/ \sum (e/\pi) \times Rd1 = 7,46$ mmhg
$Pp2 = Pp i - (P p i - P p e)/ \sum (e/\pi) \times Rd2 = 6,32$ mmhg
$Pp3 = Pp i - (P p i - P p e)/ \sum (e/\pi) \times Rd3 = 6,26$ mmhg

Pp4=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd4=3,07 mmhg

Pp5=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd5=2,37 mmhg
Pp6=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd5=2,11mmhg
Ppe=Pp i - (P p i –P p e)/ ∑ (e/ π) x Rd5=2,05 mmhg

2-Toiture Terrasse (40cm):

T (°C)	20	17,68	17,23	14,07	7,11	6,98	4,98	2,83	2,3	1
P_s (mmHg)	17.53	14.92	14,73	12.2	7.63	7.43	6,60	5.51	5.37	4.93
p_p	/	7,46	6,32	6,26	3.07	2.37	2.11	2.05	/	/
e/ π	/	0.909	10.909	12.439	14.439	27.769	32.769	34.3	/	/

D'après le graphe : (PP < Ps), on déduit qu'il n'y a pas de condensation dans la mass

Toiture Terrasse (40cm) :

T (°C)	15	13.29	12,96	10,63	5,50	5,41	3,93	2,35	1,96	1
P_s (mmHg)	12.79	11,48	11.18	9,68	6.82	6,79	6,05	5,4	5.1	4.93
p_p	/	5,87	5,12	4,51	3,63	2,34	2,10	2,05	/	/
e/ π	/	0.909	10.909	12.439	14.439	27.769	32.769	34.3	/	/

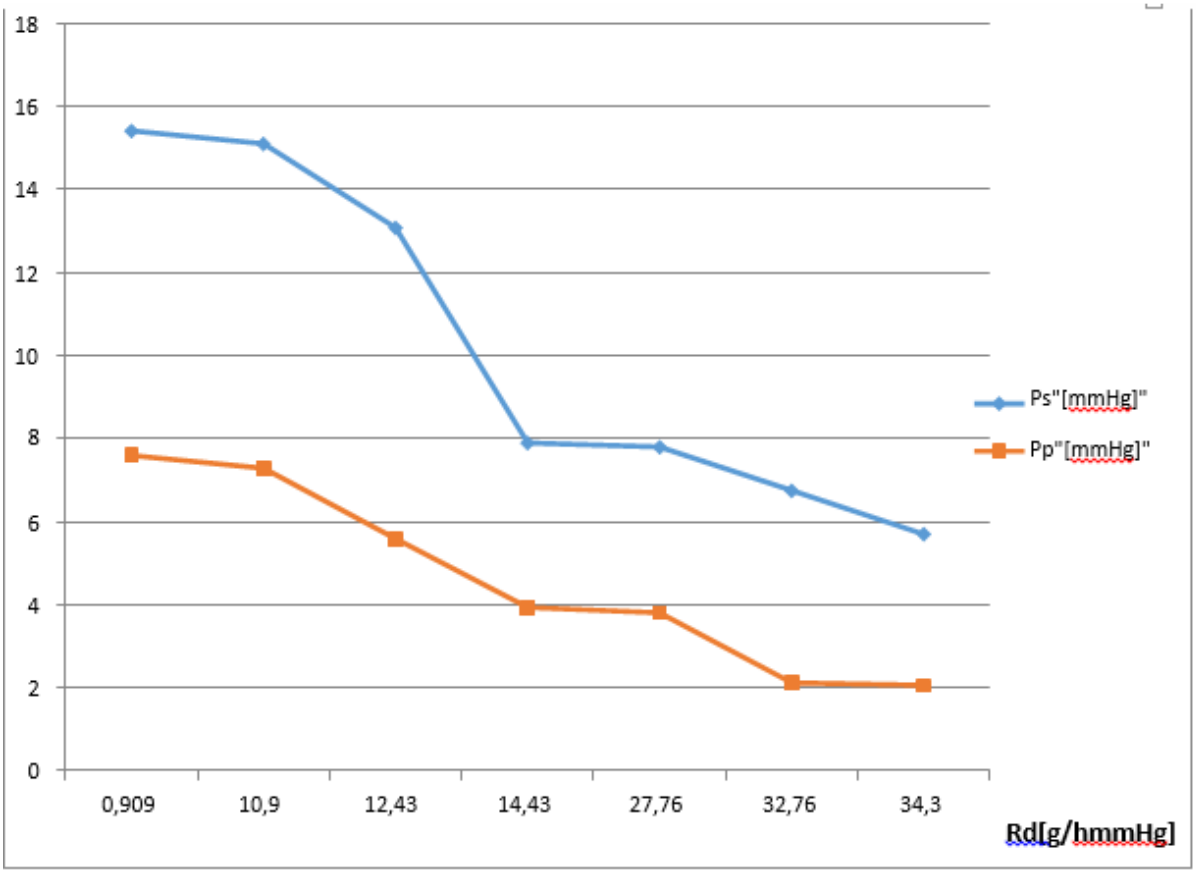


Diagramme de Glaser

D'après le graphe : ($P_P < P_s$), on déduit qu'il n'y a pas de condensation dans la mass

Résultat :

La condensation des parois de l'hôtel « mur extérieur et toiture » est bonne au point de vue condensation dans la masse.

III.1 Introduction :

L'évaluation des charges thermiques des bâtiments à climatiser est un exercice complexe qui prend habituellement beaucoup de temps et représente l'une des étapes les plus importantes dans la conception et le dimensionnement d'un système de climatisation.

Cette évaluation est basée essentiellement sur le calcul du bilan thermique pendant les deux périodes hivernale et estivale. Ce dernier doit tenir en compte les différents modes et forme de chaleurs échangées à travers l'enveloppe extérieure du local et à l'intérieur même du local.

III.1 **Calcul du bilan thermique en période hivernale :**

Pour déterminer la puissance nécessaire pour le chauffage d'un local en périodes hivernales on doit calculer les déperditions calorifiques qui sont la base de conception de tout système de chauffage. En période hivernale le bilan thermique tient en compte les déperditions à travers l'enveloppe extérieure et des apports internes.

Pour établir ces calcul, on a opté pour la méthode allemande « DIN 4701 », qui est basée sur le calcul des déperditions par transmission à traverses les parois extérieures du bâtiment (le mur, le plafond, le plancher, la porte et la fenêtre), et par infiltration (ventilation) à travers les joints des éléments ouvrants (fenêtres et portes).

Donc les déperditions totales peuvent être données par la relation suivante :

$$\mathbf{Q_{tot} = Q_{tr} + Q_v + Q_S \quad [w]}$$

Avec : Q_{tr}: Déperdition par transmission...(w)

Q_v: Déperdition par ventilation … (w)

Q_s: Déperdition à travers le sol … (w)

III.2.1 Déperditions par transmission :

Lorsqu'une paroi sépare deux ambiances à différentes températures, il se produit un transfert de chaleur dans le sens du gradient des températures.

Dans notre projet on a rencontré trois types de déperditions par transmission :

- Cas d'une paroi donnant sur l'extérieur (t_i et t_e).
-Cas d'une paroi a l'intérieur séparant deux locaux à différentes températures (t_{i1} et t_{i2}).

- Cas d'une paroi donnant sur l'extérieur :

Pour un local donné, il faut distinguer entre pertes calorifiques par transmission Q_0 et besoin calorifique Q_{tr} correspondant à la même perte (ceci d'après la norme DIN 4701).

Q_0 résulte de la somme des pertes par transmission globale de tous les éléments de l'enveloppe à la plus faible température, mais il y'a d'autres facteurs qui influent sur le calcul sous forme de majoration qui sont groupées dans un seul facteur **Z.**

Q_0 est calculé selon la formule suivante :

$$\mathbf{Q_0 = K.\ S.\ \Delta T = K.\ S.\ (t_i - t_e)\quad [w]}$$

Q_0: déperdition calorifique de l'élément de construction [W].

S: surface de l'élément de construction [m^2].

K: coefficient globale de transmission de la chaleur [$W/m^2\,^0C$].

t_e: température extérieure [^0C].

t_i: température intérieure [^0C].

Les besoins calorifiques par transmission Q_{tr} sont déduits en multipliant les pertes calorifiques Q_0 par un coefficient de majoration « Z ».

Ce coefficient de majoration Z est composé de trois coefficients de majoration partiels :

Z_U: majoration pour interruption d'exploitation du chauffage [٪].

Z_A: majoration pour compensation des surfaces extérieures froide [٪].

Z_H: majoration pour l'orientation,

On a donc :

$$\mathbf{Q_{tr} = Q_0.\ Z = Q_0.\ (1 + Z_U + Z_A + Z_H)\quad [W].}$$

- Les majorations :

Les valeurs des majorations sont données dans les tableaux du traité de chauffage RIETSCHEL Tome II.

- Coefficient « D »:

Pour les deux facteurs Z_U et Z_A , on les retrouve dans un seul facteur Z_D qui est en fonction du coefficient D.

D : la perméabilité moyenne de l'ensemble des éléments de l'enveloppe d'un local. Il est donné par la formule :

$D = Q_0 / S_{tot} (t_i - t_e)$ [m^2]

S_{tot} : la surface totale du local (de chaque mûr).

$Z_D = Z_U + Z_A$

Mode d'exploitation	Coefficient **D**	**0,1 ÷ 0,29**	**0,3÷0,69**	**0,7÷1,49**	**1,5**
I	Exploitation réduite	**7**	**7**	7	7
II	Interruption 9h à 12h	**20**	**15**	**15**	**15**
III	Interruption 12h à 16h	**30**	**25**	**20**	**15**

Tableau III.1: Les valeurs du coefficient « Z_D » [1]

- Coefficient « Z_H »:

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

Tableau III.2 : les valeurs de «Z_H». [1]

- Cas d'une paroi à l'intérieur séparant deux locaux a différentes températures :

Ces déperditions sont calculées à partir de la formule suivante :

$$Q_0 = K . S . \Delta t \quad [W]$$

III.2.2 Déperditions par infiltration :

La différence de température et l'effet du vent entraînent une quantité de chaleur fournit à l'air extérieur qui s'infiltre à l'intérieur du local, le débit d'air infiltré est fonction de l'étanchéité des éléments ouvrant, et aussi de la fréquence de leur utilisation.

Il a donné par la relation :

$$\varphi_v = \Sigma (a.L).R.H.(t_i - t_e).Z_E \quad [w]$$

Σ(a.l) : perméabilité des fenêtres et portes exposées au vent.

a : perméabilité des portes et fenêtres, donné par le (tableau RIETSCHEL).

L : longueur des joints (m).

R : caractéristique du local (tableau RIETSCHEL).

La caractéristique R est caractérisée par le rapport S_e / S_P.

S_e : Surfaces des portes et des fenêtres extérieures exposées au vent.

S_p : Surface des portes et fenêtres par laquelle l'air peut s'écouler de local.

H : caractéristique de l'immeuble (tableau « A17 » RIETSCHEL).

(t_i-t_e) : différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Z_E **:** majoration pour les fenêtres, Z_E =1 pour les fenêtres simples (façade), et Z_E =1,2 pour les fenêtres d'angle (coins), les valeurs de facteurs sont dans **« RIETCHEL ».**

Fenêtres en bois	Fenêtre simple	**3,0**
et	Fenêtre composée	**2,5**
matière synthétique	Fenêtre double et simple avec étanchéité	**2,0**

Fenêtres en acier et fenêtres métalliques	Fenêtrer simple Fenêtre composée Fenêtre double et simple avec étanchéité	**1,5** **1,5** **1,2**
Portes intérieures	Non étanche (avec seuil) Etanche (avec seuil)	**4.0** **1.5**
Portes extérieures	Comme les fenêtres	/

Tableau IV.3: les valeurs de «a» **« RIETSCHEL »[1]**

Rapport de surface	Portes intérieures Fenêtres en bois ou en Matière synthétique		Portes intérieures Fenêtres en acier ou en Matière métallique		Caractéristique du local
	Etanche	Non étanche	Etanche	Non étanche	
S_e / S_p	**< 1,5**	**< 3**	**< 2,5**	**< 6**	**0,9**
S_e / S_p	**1,5 ÷ 3**	**3 ÷ 9**	**2,5 ÷ 6**	**6 ÷ 20**	**0,7**

Tableau III.4: les différences valeurs du facteur «R» « RIETSCHEL »[4]

Région	**Type de Site**	**Maison d'alignement**	**Maison individuelle**
Région normale	Site protégé	**0,24**	**0,34**
	Site découvert	**0,41**	**0,58**
	Site particulièrement découvert	**0,60**	**0,84**

Région de vent fort	Site protégé	**0,41**	**0,58**
	Site découvert	**0,60**	**0,84**
	Site particulièrement découvert	**0,02**	**1,13**

Tableau III.5: les différentes valeurs de facteur «H» « RIETSCHEL »[1]

III.2.3 Les apports internes :

Les apports de chaleur internes (ou gains internes), c'est les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieur des locaux, ces apports sont dus essentiellement aux occupants, éclairages et aux équipements électriques.

a. Apport dus aux occupants :

C'est la quantité de chaleur dégagée par les occupants sous forme sensible et latente ; cette dernière dépend essentiellement de la température du local et de l'activité de l'occupant, ces apports sont calculés par la relation :

$$Q_{occ} = N.(Q_s + Q_l) \quad [W]$$

N : nombre d'occupants.

Q_s : chaleur sensible e dégagée par les occupants (W).

Q_l **:** chaleur latente dégagée par les occupants (W).

b. Apport dus à l'éclairage :

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible, ils sont calculés a partir de la formule suivante:

$$Q_{ecl} = C_s . S . \omega_e \quad [W]$$

C_s : coefficient de simultanéité ($C_s = 0 \div 1$).

S : surface du local considéré (m^2).

ω_e : puissance dépendant du type d'éclairage (fluorescent ou incandescent) [W/m^2].

c. Apports dus aux équipements électriques :

Selon leurs besoins, les locaux sont équipés de différents appareils électriques, ces derniers représentent une source de dégagements de chaleur, ils sont calculés a partir de la formule suivante:

$$Q_{mac} = \psi \cdot \omega_m \quad [W]$$

ψ : coefficient de simultanéité **(**ψ = 0,3 ÷ 0,95).

ω_m : puissance de l'appareil (W).

III.3 Calcul du bilan thermique en période estivale :

En période estivale nos calculs se limitent dans le calcul des apports externes et les apports internes.

III.3.1 Apports externes :

Constituer les apports thermiques à travers les parois extérieures et les apports par infiltrations.

a. Apports thermiques à travers les parois extérieures :

Les parois extérieures de notre bâtiment sont composées des parois opaques et des parois vitrés avec une différence de résistance thermique entre ces deux parois.

a.1 Apports de chaleur à travers les parois opaques :

Ces apports sont la résultante des apports par transmission et par ensoleillement.

L'expression qui donne ces apports est

:

$$Q_{op} = K \cdot S \cdot [(t_{eqm} - t_i) + m\,(t_{eq} - t_{eqm})] \quad [W]$$

K : coefficient global de transfert de chaleur (W/m²°C).

S : surface de la paroi (m²).

m : coefficient d'amortissement.

t_{eq}: température extérieure équivalente (°C):

$t_{eq} = t_e + (A. I'_g / h_e)$

t_{eqm} : température extérieure équivalente moyenne (^oC), calculée par :

$t_{eqm} = t_{em} + (A.I_m / h_e)$

t_{em}: température extérieure moyenne: $t_{em} = \dfrac{\sum_{i=1}^{24} t_{e_i}}{24}$

I_m : intensité globale du rayonnement solaire en moyenne journalière : $I_m = \dfrac{\sum_{i=1}^{24} I_{g_1}}{24}$

I_g : intensité solaire globale pour l'heure considérée en tenant compte du retard (W/m²).

A **:** coefficient d'absorption de la face extérieure de la paroi, il est fonction de la nature et couleur de la paroi.

- Le retard et le coefficient d'amortissement de la paroi :

Chaque paroi est caractérisée par une inertie, car l'énergie accumulée est restituée à l'ambiance avec un certain retard, qui selon les propriétés des matériaux de construction choisis diffère d'une parois a l'autre. La valeur de retard **ε** peut être calculée à partir de :

$$\varepsilon = 2.7D - 0.4$$

D **:** indice d'inertie thermique de la paroi considérée :

$$D = 0.51 \cdot \Sigma[R_i \cdot (\lambda_i C_{pi} \rho_i)^{1/2}]$$

R_i : résistance de la couche i de la paroi considérée.

$R_i = e_i / \lambda_i$

λ_i : conductivité thermique de la couche i de la paroi considérée [$W/m^{2\,0}c$].

C_{pi} : chaleur massique de la couche i de la paroi considérée [$j/kg\,^0c$].

ρ_i : la masse volumique de la couche i [kg/m^3].

- Pour le coefficient d'amortissement **m** il est calculé par :

$$m = h_i / K\upsilon$$

υ : rapport entre les amplitudes de la variation des températures superficielles du coté extérieur et du coté intérieur, il est calculé par la formule suivante :

$$\upsilon = 2^D (0.83 + 3 \sum_{i=1}^{n} R_i / D)$$

- Dans le cas d'un mur comportant une lame d'air, la valeur de υ doit être corrigé par un coefficient β_1 donné par :

$$\beta_1 = 1 + 0.5. R_a. D/ \Sigma R_i$$

R_a : étant la résistance de la lame d'air.

b-Apports de chaleur à travers le vitrage :

Pour les parois vitrées on a deux types d'apports :

- Apports par transmission.
- Apports par ensoleillement

- Apport par transmission :

Ces apports sont calculés comme suit :

$$Q_{vit-tr} = K . S . (t_e - t_i) \quad [W]$$

Avec :

K : coefficient global de transfert de chaleur à travers les vitres ($W/m^{2\,0}C$).

S : surface du virage (m^2).

t_i : température intérieure du local (^{0}C).

t_e : température extérieure pour l'heure de calcul considérée (^{0}C), cette température est calculée par la relation :

$t_e = t_b - E\ \Delta h$

t_b: température extérieure de base (^{0}C).

E : écart diurne qui représente la différence entre la température maximale et la température minimale (^{0}C).

Δh : coefficient de correction qui dépend de l'heure de calcul.

Heure	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
Δh	**0,98**	**0,94**	**0,86**	**0,76**	**0,63**	**0,48**	**0,32**
Heure	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Δh	**0,18**	**0,07**	**0,02**	**0**	**0,01**	**0,07**	**0,15**

Tableau III.6: Les valeurs de Δh[1]

- Apport par ensoleillement

Q_{vit-en} dépend de :

- L'orientation des façades.
- La situation (géométrique) du lieu considéré.
- Le temps considéré (heure, jour dans l'année).

L'expression qui donne ces apports est **:**

$$\mathbf{Q_{vit-en} = F \cdot C \cdot (S_{en} \cdot I'_g + S_{om} \cdot I'_d)} \quad \mathbf{[W]}$$

Avec :

F : coefficient de correction tenant compte du type de menuiserie.

F = 0,8 ÷ 0,9 menuiserie en bois.

F = 1 menuiserie métallique.

C : coefficient de correction tenant compte du dispositif de protection choisie.

S_{en} : surface ensoleillée du vitrage (m^2).

S_{om} : surface ombrée de la fenêtre (m^2).

I'_g : intensité du flux solaire global corrigé incident sur le vitrage (W/m^2).

I'_d : intensité du flux solaire diffus corrigé en fonction de l'orientation et de l'heure de calcul (W/m^2).

D'où :

$I'_d = I_d . K_1$

I_d : intensité du flux solaire diffus (W/m^2).

K_1**:** coefficient de correction qui tient compte de l'épaisseur de la vitre (W/m^2).

Epaisseur de la vitre en (mm)	**3**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**15**
Coefficient (k_1)	**1**	**0.96**	**0.93**	**0.88**	**0.75**	**0.67**	**0.57**

Tableau III.7: coefficient de correction «k_1» [1]

$I_d = ½ (j' + \rho . G')$

ρ: l'albédo du sol ; ρ = 0.2

$j' = a_1 (\sin (h))^{b1}$

$G' = a_2 (\sin (h))^{b2}$

$a_1 = 125$

$a_2 = 1080$

$b_1 = 0.4$

$b_2 = 1.22$

et:

$$I'_g = I_g . K_1$$

Avec : $I_g = I_D + I_d$

I_D: rayonnement solaire direct (W/m^2).

$$I_D = I_{DN} . Cos\ i$$

I_{DN} : intensité du rayonnement solaire par (m^2) reçue par une surface placée perpendiculairement à la direction du rayonnement solaire au niveau de la mer.

$$I_{DN} = I_0 . \tau^m$$

I_0 : émission énergétique du soleil en dehors de l'atmosphère (constante solaire).

$$I_0 = 1367\ W/m^2$$

τ : coefficient de transparence dépendant du climat.

$\tau = 0.75$ temps clair et sec

$\tau = 0.70$ temps moyen et brumeux

m : masse relative de l'air :

$$m = 1 / \sin (h)$$

i : représente l'angle d'incidence, c'est l'angle entre la direction des rayons solaire et la normale à la surface considéré.

Pour un plan vertical:

$\cos (i) = \cos (h) . \cos (b)$

- Calcul de la surface ensoleillée et de la surface ombrée :

$$S_{en} = (L - L_o) (H - H_o)$$

L : Largeur de la vitre (m).

H : Hauteur de la vitre (m).

L_o : Largeur de la partie ombrée de la vitre (m).

H_o : Hauteur de la partir ombrée de la vitre (m).

$$S_{om} = S_t - S_{ens}$$

$\mathbf{S}_t$: Surface totale de la vitre.

Sachant que :

$$L_o = R.Tg (b)$$

$$H_o = R.Tg (h) / \cos (b)$$

R : Retrait de la fenêtre (m).

b : L'angle d'incidence.

h **:** Hauteur du soleil ou l'angle horaire formé par la direction du rayon solaire avec sa projection sur le plan.

$$\text{Sin (h)} = \sin \Phi \sin \delta + \cos \Phi \cos \delta \cos \gamma$$

Φ : Latitude du lieu considéré.

γ : l'angle horaire donné par le tableau suivant :

H S	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
γ	**- 60°**	**- 45°**	**-30°**	**-15°**	**0**	**15°**	**30°**	**45°**	**60°**	**75°**	**90°**

Tableau III.8: les valeurs de « γ» .[1]

δ : La déclinaison solaire (angle de la direction du soleil avec le plan équatorial de la terre).

$$\delta = 23.45.\ \text{Sin}\left[\frac{360}{365}(284+n)\right]$$

n **:** Nombre de jours jusqu'au jour de calcul.

On a:

$$b = a - a_m$$

a: L'azimut solaire (angle entre la projection des rayons solaires sur l'horizontale et la direction sud), tel que:

$$\sin a = \cos \delta \sin \gamma / \cos h.$$

a_m: l'azimut du vitrage (angle formé par la normale au plan de la vitre et la direction sud).

Orientation	**O**	**SO**	**N**	**NO**	**SE**	**E**	**NE**	**S**
a_m	**90**	**45**	**180**	**135**	**-45**	**-90**	**-135**	**0**

Tableau III.9: les valeurs de «a_m». [1]

- Remarque :

Pour la correction de l'angle « a » on utilise l'algorithme suivant :

Si Sin (h) < (sin (δ) / sin(Φ)) alors :

  Si a < 0, a = - a - 180

    Sinon

    a = -a + 180

  Fin Si

Sinon a = a

Fin S

- Pour savoir si la façade de vitre est ombrée ou ensoleillée on utilise :

Si B] -90, 90 [alors :

La façade est ensoleillée

  Si R = 0 alors :

  S_{om}= 0

    Sinon

  L_0 = RTg(b)

  H_o = R Tg (h) /cos (b)

  Fin Si

Sinon la façade est ombrée

S_{en} = 0 S_{om} = S_t

Fin Si

c. Apport par infiltration :

Les apports de chaleur dus à l'entrée par infiltration non contrôlée de l'air extérieur, constitue généralement une part non négligeable du bilan thermique, ils sont calculés par la relation :

$$\mathbf{Q_{inf} = \rho_a . C_{pa} .V. r (t_e - t_i) \ [W]}$$

V : volume du local (m^3).

t_e: température extérieure (^oC).

t_i : température intérieure (^oC).

ρ_a : masse volumique de l'air (Kg/m^3).

C_{Pa} : chaleur spécifique de l'air ($J/Kg/^oC$).

r : coefficient d'infiltration, dépendant du volume du local.

V(m^3)	<100	100 - 500	500 - 2000	2000 - 5000	> 5000
r	0,75	0,6	0,4	0,2	0,1

Tableau III.10: les valeurs de «r». [1]

III.3.2. Apports internes :

Les apports inters en période estivale, calculent de la même manière que pour la période hivernale, la seule différence c'est que pour le cas des apports dus aux occupants, il faut tenir compte de la nouvelle température du local, et on ajoute les apports dus aux parois intérieurs : ces apports sont donnés par la formule suivante :

$$Q_{pi} = K\ s\ (t_{adj} - t_i) \quad [W]$$

Avec :

K: coefficient globale de transmission de la chaleur [$W/m^{2\,0}C$].

S: surface de l'élément de construction [m2].

t_{adj}: température local voisin non climatisé [^{0}C].

$t_{adj} = t_{em} + (0 \div 4)$

$t_{em} = t_b - 0{,}52E$

t_i: température intérieure [^{0}C].

- **hivernale :**

Dans notre cas on a :

- ✓ Un site partiellement découvert, dans une région normale (Bâtiment aligné) **H = 0,60**
- ✓ Mode d'exploitation de l'installation est continue avec réduction nocturne **Z_D = 7**

Et on procède au calcul comme suit :

1- Déperditions par transmission :

- Valeur des coefficients K des portes et fenêtres : d'après le document technique réglementaire **« DTR »** on choisit les déférentes valeur des coefficients K des différentes portes et fenêtres (tableaux suivants).

Type de vitrage	**Epaisseur de la lame d'air « mm »**	**Nature de la menuiserie**	**Paroi verticale**	**Paroi**
Simple vitrage	/	**Bois** **Métallique**	**5.0** **5.8**	

Tableau III.11 : les coefficients K des vitrages nus. « DTR

- Le local considéré est constitué de :

- Un mur extérieur **(O)**
- Un mur intérieur **(E)**

- Mur extérieur :

]

IV. Introduction

Un système de climatisation est un ensemble des appareils destinés à traiter et à distribuer l'air vers les différents locaux pour maintenir les conditions confortables voulus. Les systèmes de climatisations complètes comprennent un moyen de refroidissement, de chauffage, de filtration, un moyen de distribution du fluide caloporteur ainsi que des commandes pour réglées la puissance de ces éléments en fonction des conditions extérieurs et intérieurs.

Les systèmes de climatisation se différent d'une part par la nature du fluide caloporteur et d'autre part par le système de distribution du même fluide.
Plusieurs paramètres doivent être pris en considération lors du choix d'un système de climatisation, parmi lesquels:

- La destination du local.
- La surface.
- La hauteur.
- Le faux plafond.
- L'emplacement du local dans le bâtiment.

IV .2 .Système de climatisation :[9]

Système centralisé :

L'air est traité au niveau d'une centrale de climatisation ; la distribution de l'air se fait par un réseau de gain liant la centrale à des bouches de soufflage situées à l'intérieur des locaux à climatiser

Système décentralisé :

C'est le cas où chaque local est équipé par un appareil monobloc composé de deux parties ; une partie de traitement et une autre de production d'énergie, il peut être un climatiseur individuel de type Split système ou bien une armoire de climatiseur.

Système semi centralisé :

Le but de ce système est de permettre une régulation, tout en conservant les avantages de la centralisation

Les systèmes de climatisation employés actuellement peuvent aussi être classés suivant les catégories ci-dessous :

- systèmes à détente directe.
- systèmes tout air.
- systèmes tout eau

Système hydraulique (Ventilo-convecteur):[10]

Le système a ventilo-convecteurs est le système le plus adapté pour la climatisation des différents bureaux et petits locaux du fait qu'il permet une régulation locale dans chaque bureau.

Le Chauffage et le rafraîchissement du local est réalisé par une batterie incorporée dans un appareil appelé Ventilo-convecteur, ce dernier est relié avec les sources de production du chaud et froid par un réseau de tuyauterie aller-retour pour la distribution de l'eau chaude ou glacée.

Avantage des ventilo-convecteurs :

Les ventilo-convecteurs n'utilisent que les canalisations hydrauliques de faibles diamètres d'où l'absence d'encombrement.

Grande facilité de pose et de raccordements électriques et hydrauliques.

Fonctionnement extrêmement silencieux.

Grande flexibilité d'adaptation aux types les plus divers d'immeubles.

Entretient simple et peu coûteux.

Grande autonomie de fonctionnement (possibilité d'un contrôle individuel, par local).

Inconvénients des ventilo-convecteurs :

Dans le cas d'une batterie unique il n'est guère possible de contrôler l'humidité relative de l'air intérieur.

Le passage du froid au chaud (ou vice-versa) dans le cas d'une batterie unique n'est pas instantané et demande un certain temps nécessaire pour inverser le régime.

Les prises d'air extérieures ne sont pas toujours faciles à exécuter.

Classifications des ventilo-convecteurs :

A. Système à deux tubes :

C'est le système le plus simple et le moins coûteux ; toutes les batteries des appareils sont

Alimentées en même temps en eau chaude ou en eau glacée, cependant ce système présente Certains inconvénients tels que l'apparition des zones inconfortables en demi-saison d'où la nécessité de faire un zonage dans l'ensemble de l'immeuble bien que cette solution se traduit inévitablement par un coût élevé.

B. **Système à trois tubes :**

Dans ce système les ventilo-convecteurs sont normalement alimentés en toute saison en air primaire chaud ou froid, en eau chaude et en eau glacée distribuées par l'ensemble de trois tuyaux qui comprend :

Distribution d'eau chaude.

Distribution d'eau froide.

Retour commun de l'eau chaude et l'eau froide.

C.Système à quatre tubes :

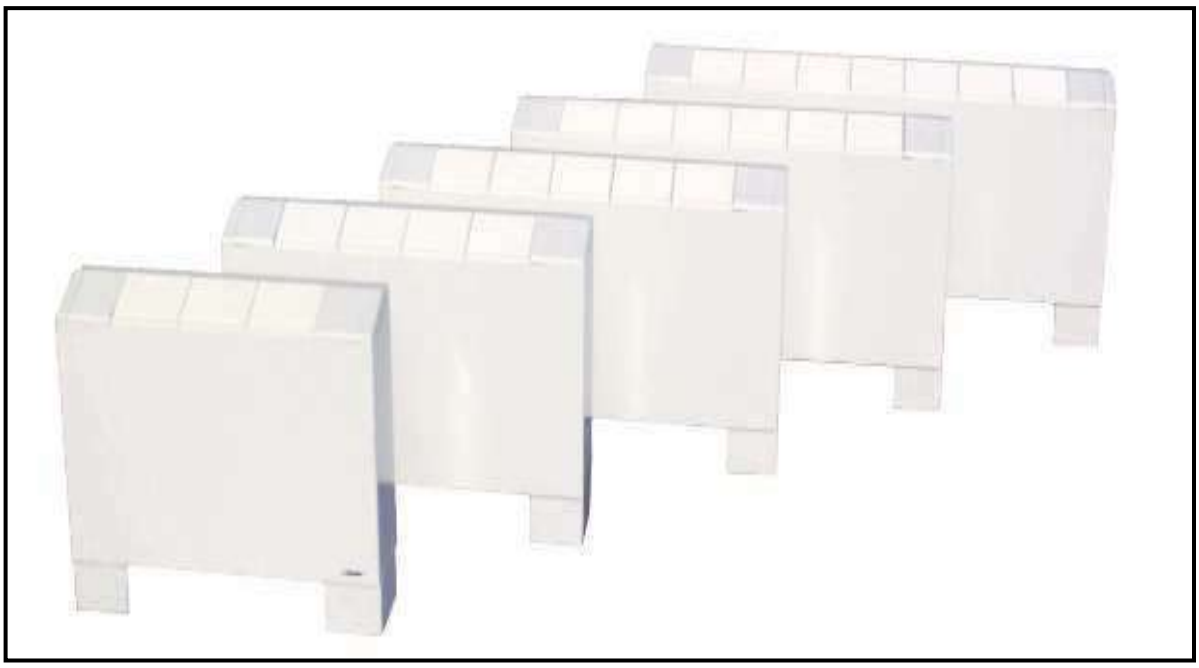
Les ventilo-convecteurs sont alimentés en toutes saisons par un réseau de quatre tuyaux :

- Une distribution de l'eau chaude.
- Une distribution de l'eau glacée.
- Un retour de l'eau chaude.
- Un retour de l'eau glacée.

Ce système revient plus cher à l'installation mais il représente l'avantage de simplifier considérablement l'étude de la régulation de l'installation de climatisation, tout en permettant un degré de confort élevé dans tous les locaux à climatiser.

Système proposé :

Pour le cas de notre projet on a choisi une installation en **ventilo convecteur** pour tous les bureaux, parce qu'ils ont l'avantage de desservir les locaux selon les besoins en chaleur et en froid et d'après les avantages et les inconvénients de chaque système, d'après le catalogue '**THALASS**A' notre choix est porté sur le système à quatre tubes.



IV.3 Méthode de calcul des ventilo-covecteurs :

Remarque :

On remarque que les besoins frigorifiques en période estivale sont beaucoup plus importants que ceux en période hivernal donc le nombre et le type de ventilo-convecteur à placer et imposer par la puissance frigorifique.

Les données de base :

- période estivale :

❖ Puissance frigorifique.

❖ Régime de l'eau glacée, soit : (6°C/11°C).

❖ Température du local.

- période hivernal :

❖ Puissance frigorifique.

❖ Régime de l'eau chaud, soit : (45°C/40°C).

❖ Température du local.

A partir des données de base on détermine les paramètres suivants :

- la puissance réelle installée (Q_t)et sensible (Q_S).
- le nombre des ventilo-covecteurs.

- le débit volumique (V_S) soufflé par les ventilo-convecteurs.
- Le débit d'air neuf nécessaire.
- Les pertes de charges d'eau dans les ventilo-convecteurs.

Le débit d'air frais :

$$V_{af} = n.V[m^3/h].$$

Vaf : débit d'air frais nécessaire a introduire dans le local considéré en [m^3/h].

V : débit d'air frais par personne en [m^3/h]/personne.

V =20 m^3/h tant qu'il n'est pas permet de fumer.

V = 30 m^3/h tant qu'il est permet de fumer.

n : le nombre des occupants dans le local.

Le débit d'air recyclé :

C'est la quantité d'air repris du local par le réseau de reprise.

$$V_r = V_s - V_{af}[m^3/h].$$

V_r : débit d'air recyclé en [m^3/h].

V_s : débit d'air soufflé dans le local en [m^3/h].

V_{af} : débit d'air frais nécessaire à introduire dans le local en [m^3/h].

Calcul des débits de soufflage

: Période estivale :

Détermination des caractéristiques de l'air soufflé :

t_s : température de l'air de soufflage en [°c].

t_i : température intérieur.

h_S : l'enthalpie de l'air soufflé.

X_S : la teneur en eau en [g/kg].

Remarque *:*

Pour déterminer les paramètres de soufflage du diagramme (H-X) il fauttrouver le point caractéristique.

Donc :

$$\varepsilon = Q_{tot}/w$$

Qtot : puissance total frigorifique en [W].

W : quantité d'eau dégagé dans le local en [kg/h]. Bilan anthalpique:

$$V_s = Q_{tot}/\ \rho.(h_i - h_s) \quad [m^3/h].$$

Bilan thermique :

$$Q_s=Q_{tot}-Q_L(W).$$

Qs : apports sensibles en (W).

QL : apports latents en (W).

$$Q_s=\rho.v_s.c_p.\ (t_i-t_s) \quad (W).$$

$$V_s=Q_s/\ \rho.c_p.\ (t_i-t_s) \quad [m^3/h].$$

Paramètres du point de mélange :

-La température du point de mélange**tm** :

$$t_m=(t_i.v_r+t_e.v_{af})/v_s°C.$$

-L'enthalpie du point de mélange **hm**:

$$h_m=(h_i.v_r+h_e.v_{af})/v_s \quad (kcal/kg).$$

-La teneur en eau au point de mélange **xm** :

$$x_m=(x_i.v_r+x_e.v_{af})/v_s \quad (g/kg)$$

-La puissance frigorifique réelle émise par le ventilo-convecteur est donné par la relation :

$$Q_{fr}=\rho.v_s.\ (h_m-hs) \quad (W)$$

Qfr : la puissance frigorifique réelle en [kcal/h].

VS : le débit d'air soufflé par le ventilo-convecteur.

ρ : masse volumique de l'air en [kg/m^3].

hm : l'enthalpie au point du mélange en [kcal/kg].

hS: l'enthalpie au point du soufflage en [kcal/kg].

Le débit d'eau au niveau de la batterie est donné par la relation suivante :

$$G=Q_{fr}/(\rho.c_p.\Delta t) \quad (kg/h).$$

Qfr : la puissance frigorifique réelle en [kcal/h].

ρ : la masse volumique d'eau en [kg/h].

cp : la chaleur massique d'eau [kcal/kg°c].

Δt : différence de température entre l'entrée et la sortie de la batrie froide (°c).

Paramètres de soufflage :

$$t_s=t_m-(Q_s/0,3.V_S) \quad °C .$$

$$h_s=h_m-(Q_t/\rho.V_S) \quad [kcal/kg].$$

avec :

ts : température de soufflage.

hs : l'enthalpie au point de soufflage.

La puissance calorifique réelle à émise par le ventilo-convecteur est donnée par la relation :

$$G=Q_{cal}/(0,3.\Delta t) \quad (kg/h) .$$

Qcal : la puissance calorifique réelle en [kcal/h].

Δt : différence de température entre l'entrée et la sortie de la batterie chaude [°C].

Application :

1) **Période estival :**

on prend comme exemple de calcul bureau de directeur calcul des paramètres de mélange

$t_i = 27^{o}c X_i = 11.14g/kg$

Diagramme (h-x)

$\theta_i = 50\%$ $h_i = 13.27$

Kcal/k $t_e = 39.5^{o}c X_e = 8.04 g/kg$

Diagramme (h-x)

$\Theta_e = 18$ %$h_e = 14.43 Kcal/kg$

On a **:tm = (tiVr+ teVaf) / Vs**

$V_s =$

$265 m^3/h$

$V_r = 245$

m3/h $V_{af} = 30$

m3/h

Donc :$t_m = 27.94^{o}c$

On a : **hm = (hiVr + heVaf) / Vs**

Donc: $h_m = 13.36$ Kcal/kg

- Calcul des paramètres de

soufflage : On a:**ts= tm– (Qs / ρCpVs)**

$t_s = 13.69\ ^{o}c$

On a:**hs= hm- (Qt/ ρVs.)**

hs = 8.46 Kcal/kg

- calcul de la perte de charge : à partir du catalogue $\Delta P = 0.7$ mCE
- calcul de la puissance frigorifique :

Qfri = 1,2 Vs (hm – hs)

Qfri= 1,2□265(13.36-8.46)

Qfri = 1556.6w

2) Période hivernale :

- calcul des paramètres de

mélange : $t_i = 18^{o}c X_i = 6.40$ g/kg

Diagramme (h-x)

$\theta_i = 50\%$ $h_i = 8.2 Kcal/kg$

$t_e = -2\ ^{o}c$ $X_e = 2.39$ g/kg

Diagramme (h-x)

$\Theta_e = 75\%$ $h_e =$

0.94kcal/kg On a:**tm = (tiVr+ teVaf) / Vs**

V_S=

$195m^3/h$

V_r=

$175m^3/h$

V_{af}=

$20m^3/h$

Donc :t_m = 15.95^oc

On a : **$h_m = (h_iV_r + h_eV_{af}) / V_s$**

Donc: h_m = 7.17 Kcal/kg

- Calcul des paramètres de

soufflage : On a **:$t_s = t_m + (Q_{tot} / \rho C_p V_s)$**

$t_s = 34.76\ ^oc$

On a :**$h_s = h_m + (Q_t / \rho V_s)$**

h_s = 12.50 kcal/kg

- calcul de la puissance calorifique :

$Q_{calo} = 1,2V_s (h_s - h_m)$

Q_{calo}= 1,2□195 (12.5-7.17)

Q_{calo} = 190.06 W

- calcul de la perte de charge : à partir du catalogue
- ΔP =0.4mCE

Le calculdes ventilo-convecteurs pour les deux périodes est représenté sur les tableaux ci-dessous :

Dimensionnement des ventilo-convecteurs en période estivale :

LOCAL	Q cal (w)	TYPE	NOM	ALLURE	Qtréelle(w)	Qsréelle(w)	Vs(m3	Vaf(m3 /h	Vr(m3 /h	ti(°c)	te(°c)	tm(°c)	ts(°c)	G(kg/h)
R01	3589	42N	1	1	3530	2820	612	75	537	27	37	28,23	16,91	609,22
R02	2059	42N	1	2	2430	2040	432	75	357	27	37	28,74	17,14	419,38
R06	1229	42N	1	3	1440	1120	252	60	192	27	37	29,38	18,46	248,52
R07	1229	42N	1	3	4940	3930	864	60	804	27	37	27,69	16,52	852,56
R08	5330	42N	1	2	5570	5230	1160	360	800	27	37	30,10	19,03	961,29
R10	2317	42N	1	3	2430	2040	432	75	357	27	37	28,74	17,14	419,38
R12	1042	42N	1	3	1440	1120	252	60	192	27	37	29,38	18,46	248,52
R16	6201	42N	1	3	6550	5230	1160	360	800	27	37	30,10	19,03	1130,4
R17	4202	42N	1	3	4940	3930	864	360	504	27	37	31,17	19,99	852,56
R18	3999	42N	1	3	4170	3310	720	300	420	27	37	31,17	19,87	719,67
R19	3589	42N	1	3	3530	2820	612	300	312	27	37	31,90	20,58	609,22
R20	5330	42N	1	3	5570	4360	972	300	672	27	37	30,09	19,07	961,29
R21	2317	42N	1	3	2430	2040	432	125	307	27	37	29,89	18,29	419,38
R22	2487	42N	1	3	2430	2040	432	125	307	27	37	29,89	18,29	419,38
R23	3589	42N	1	4	4170	3310	720	125	595	27	37	28,74	17,44	719,67
R24	2059	42N	1	5	2430	2040	432	75	357	27	37	28,74	17,14	419,38
R25	4002	42N	1	5	4170	3310	720	125	595	27	37	28,74	17,44	719,67
R26	1222	42N	1	5	1440	1120	252	100	152	29	37	32,17	21,26	248,52
R27	6201	42N	1	5	6550	5230	1160	100	1060	27	37	27,86	16,79	1130,4
R28	2059	42N	4	5	2430	2040	432	75	357	27	37	28,74	17,14	419,38
R29	2059	42N	1	4	2430	2040	432	125	307	29	37	31,31	19,71	419,38
R30	2317	42N	3	3	2430	2040	432	125	307	27	37	29,89	18,29	419,38
R31	1692	42N	1	5	2430	2040	432	75	357	27	37	28,74	17,14	419,38
R33	1692	42N	1	3	2430	2040	432	75	357	27	37	28,74	17,14	419,38
R41	3589	42N	1	3	4170	3310	720	100	620	27	37	28,39	17,09	719,67

LOCAL	Q cal (w)	TYPE	NOMB	ALLURE	Qtréelle(w)	Qsréelle(w)	Vs(m3 /h)	Vaf(m3 /h	Vr(m3 /h)	ti(°c)	te(°c)	tm(°c)	ts(°c)	G(kg/h)
E101	5843	42N	2	3	6550	5230	1116	480	636	26	37	31,00	17,57	1130,4
E102	5118	42N	1	3	5570	4360	972	480	492	26	37	31,43	18,58	961,29
E103	3999	42N	1	3	4170	3310	720	100	620	26	37	27,53	14,35	719,67
E104	5421	42N	2	4	5570	4360	972	320	652	26	37	29,62	16,77	961,29
E105	4242	42N	1	4	4170	3310	720	400	320	26	37	32,11	18,93	719,67
E106	2059	42N	1	4	2430	2040	432	100	332	26	37	28,55	15,01	419,38
E107	2317	42N	1	4	2430	2040	432	100	332	26	37	28,55	15,01	419,38
E108	3999	42N	1	4	2430	2430	432	100	332	26	37	28,55	12,42	419,38
E109	3190	42N	2	5	3530	2820	612	320	292	26	37	31,75	18,54	609,22
E111	2317	42N	4	5	2430	2040	432	200	232	26	37	31,09	17,56	419,38
E112	2317	42N	1	5	2430	2040	432	200	232	26	37	31,09	17,56	419,38
E114	2055	42N	4	3	2430	2040	432	100	332	26	37	28,55	15,01	419,38
E115	2059	42N	1	4	2430	2040	432	100	332	26	37	28,55	15,01	419,38
E116	2059	42N	1	2	2430	2040	432	100	332	26	37	28,55	15,01	419,38
E117	2059	42N	1	4	2430	2040	432	150	282	26	37	29,82	16,28	419,38
E118	2059	42N	1	3	2430	2040	432	100	332	26	37	28,55	15,01	419,38
E119	3999	42N	1	1	4170	3310	720	250	470	26	37	29,82	16,64	719,67

RDC étage

LOCAL	QT(W)	QREEL(W/UNITE)	VS(M3/H)	VAIR(M3/H	VR(M)3/H	TM(C°)	HM(KJ/KG)	HS)(KJ/KG	TS(C°)	G(L/H)	MODEL
E301	1553	2180	360	36	324	27,1	56,58	52,01	22,4	394,84	42N
E302	1765	2180	360	36	324	27,1	56,58	51,51	21,91	1752,19	42N
E303	1446	2180	360	36	324	27,1	56,58	52,25	22,65	1496,44	42N
E304	1657	2180	360	36	324	27,1	56,58	51,76	22,16	1665,79	42N
E305	1446	2180	360	36	324	27,1	56,58	52,25	22,65	1496,44	42N
E306	2380	3140	540	54	486	27,1	56,58	51,92	22,32	2415,57	42N
E307	2015	2180	360	36	324	27,1	56,58	50,93	21,33	1952,64	42N
E308	2453	3140	540	54	486	27,1	56,58	51,89	22,21	2571,26	42N
E309	2400	3140	540	54	486	27,1	56,58	51,89	22,29	2431,29	42N

1 er étage

E401	1328	1430	252	25	227	27,1	56,58	51,2	8,433	1301,52	42N
E402	1692	2180	360	36	324	27,1	56,58	51,68	10,33	1693,44	42N
E403	1446	2180	360	36	324	27,1	56,58	52,25	12,61	1496,44	42N
E404	1957	2180	360	36	324	27,1	56,58	51,06	7,87	1907,71	42N
E405	5142	6550	1116	111,6	1004,4	27,1	56,58	51,76	10,64	5163,95	42N
E406	6380	6550	1116	111,6	1004,4	27,1	56,58	50,8	6,94	6192,46	42N
E407	4120	4420	750	75	675	27,1	56,58	55,14	24,17	1036,8	42N

2eme étage

LOCAL	QT(W)	QREEL(W/UNITE)	VS(M3/H)	VAIR(M3/H)	VR(M)3/H	TM(C°)	HM(KJ/KG)	HS)(KJ/KG	TS(C°)	G(L/H)	MODEL
E401	9590	6550	1116	111,6	1004,4	27,1	56,58	48,43	18,83	8731,584	42N
E402	1692	2180	360	36	324	27,1	56,58	51,68	22,02	1693,44	42N
E403	1446	2180	360	36	324	27,1	56,58	52,25	22,65	1496,44	42N
E404	1957	2180	360	36	324	27,1	56,58	51,06	21,46	1907,71	42N
E405	2142	2180	360	36	324	27,1	56,58	50,64	21,04	2052,86	42N
E406	2380	3140	540	54	486	27,1	56,58	51,92	22,32	2415,74	42N
E407	2102	2180	360	36	424	27,1	56,58	50,73	21,13	2021,76	42N

5etage estival

Période hivernal RDC hivernale

LOCAL	Q cal (w)	TYPE	NOM	ALLURE	Qtréelle(w)	Qsréel(w)	Vs(m3	Vaf(m3 /h	Vr(m3 /h	ti(°c)	te(°c)	tm(°c)	ts(°c)	G(kg/h)
RC1	2536	42N	1	1	3530	2820	612	75	537	20	1	17,67	34,20	304,04
RC2	2123	42N	1	1	2430	2040	432	75	357	20	1	16,70	32,82	209,3
RC3	0,821	42N	1	1	1440	1120	252	60	192	20	1	15,48	31,85	124,03
RC4	0,821	42N	1	1	1440	1120	864	60	804	20	1	18,68	23,46	124,03
RC5	4711	42N	1	1	4940	3930	1160	360	800	20	1	14,10	26,31	425,49
RC10	1743	42N	1	1	2430	2040	432	75	357	20	1	16,70	32,82	209,3
RC11	1,9	42N	1	2	1440	1120	252	60	192	20	1	15,48	31,85	124,03
RC12	4290	42N	1	2	4940	3930	1160	360	800	20	1	14,10	26,31	425,49
RC13	3258	42N	1	2	3530	2820	864	360	504	20	1	12,08	23,79	304,04
RC14	2503	42N	1	1	2430	2040	720	300	420	20	1	12,08	21,76	209,3
RC15	2536	42N	1	1	2430	2040	612	300	312	20	1	10,69	22,07	209,3
RC16	4711	42N	1	1	4940	3930	972	300	672	20	1	14,14	28,70	425,49
RC17	1743	42N	1	1	2430	2040	432	125	307	20	1	14,50	43,33	209,3
RC18	1936	42N	1	1	2430	2040	432	125	307	20	1	14,50	43,33	209,3
RC19	2234	42N	1	1	2430	2040	720	125	595	20	1	16,70	43,33	209,3
RC20	2123	42N	0	0	2430	2040	432	75	357	0	0	0,00	16,12	209,3
RD1	2503	42N	1	3	2430	2040	720	125	595	20	1	16,70	26,37	209,3
RD2	0,831	42N	3	1	1440	1120	252	100	152	20	1	12,46	28,84	124,03
RD3	4220	42N	1	1	4170	3310	1160	100	1060	20	1	18,36	28,67	359,16
RD4	2123	42N	1	1	2430	2040	432	75	357	20	1	16,70	32,82	209,3
RD5	2123	42N	1	1	2430	2040	432	125	307	20	1	14,50	30,62	209,3
RD6	1730	42N	1	1	2430	2040	432	125	307	20	1	14,50	30,62	209,3
RD7	0,831	42N	1	1	1440	1120	432	75	357	20	1	16,70	26,26	124,03
RD8	0,831	42N	1	2	1440	1120	432	75	357	20	1	16,70	26,26	124,03

LOCAL	Q cal (w)	TYPE	NOMBRE	ALLURE	Qtréelle(w)	Qsréelle	Vs(m3 /h)	Vaf(m3 /h)	Vr(m3 /h)	ti(°c)	te(°c)	tm(°c)	ts(°c)	G(kg/h)
E101	3799	42N	1	5	4170	3310	720	600	120	27	1	5,33	7,58	719,67
E102	3165	42N	1	2	3530	2820	612	480	132	27	1	6,61	6,60	609,22
E103	2053	42N	1	2	2430	2040	432	100	332	27	1	20,98	7,45	419,38
E104	3300	42N	1	5	3530	2820	612	320	292	27	1	13,41	0,20	609,22
E105	3258	42N	1	3	3530	2820	612	400	212	27	1	10,01	3,20	609,22
E106	2123	42N	1	3	2430	2040	432	100	332	27	1	20,98	7,45	419,38
E107	1743	42N	1	3	2430	2040	432	100	332	27	1	20,98	7,45	419,38
E108	2503	42N	1	3	3530	2820	612	100	512	27	1	22,75	9,54	609,22
E109	1100	42N	1	3	1440	1120	252	320	150	27	1	17,34	4,60	248,52
E111	1743	42N	1	3	2430	2040	432	200	232	27	1	14,96	1,43	419,38
E112	1743	42N	1	3	2430	2040	432	200	132	27	1	8,71	4,82	419,38
E114	2123	42N	1	3	2430	2040	432	100	132	27	1	8,48	5,05	419,38
E115	2123	42N	1	3	2430	2040	432	100	332	27	1	20,98	7,45	419,38
E116	2123	42N	1	3	2430	2040	432	100	332	27	1	20,98	7,45	419,38
E117	2123	42N	1	4	2430	2040	432	150	282	27	1	17,97	4,44	419,38
E118	2123	42N	1	4	2430	2040	42	100	80	27	1	53,81	5,20	419,38
E119	2503	42N	1	4	3530	2820	612	250	362	27	1	16,38	3,17	609,22

LOCAL	QT(W)	QREEL(W/UNITE)	VS(M3/H)	VAIR(M3/H)	VR(M)3/H	TM(C°)	HM(KJ/KG)	HS)(KJ/KG	TS(C°)	G(L/H)	MODEL
E401	683	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	41,89	33,29	1515,62	42N
E402	626	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	43,09	38,35	1805,93	42N
E403	1388	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	43,15	38,35	1820,44	42N
E404	1129	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	42,3	34,93	1626,91	42N
E405	818	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	41,27	30,82	1365,63	42N
E406	1106	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	42,22	34,62	1595,456	42N
E407	1196	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	42,55	35,82	1675,29	42N

LOCAL	QT(W)	QREEL(W/UNITE)	Vs(M3/H)	VAIR(M3/H)	VR(M)3/H	TM(C°)	HM(KJ/KG)	HS)(KJ/KG	TS(C°)	G(L/H)	MODEL
E501	1760	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	41,89	33,29	1515,62	42N
E502	626	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	43,09	38,35	1805,93	42N
E503	1388	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	43,15	38,35	1820,44	42N
E504	1129	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	42,3	34,93	1626,91	42N
E505	818	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	41,27	30,82	1365,63	42N
E506	1106	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	42,22	34,62	1595,456	42N
E507	1196	1430	252	25	226,8	18,1	35,625	42,55	35,82	1675,29	42N

IV.4: calcul hydraulique :[7]

Introduction :

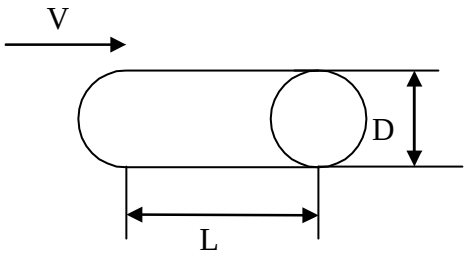
Pour assurer la circulation de l'eau dans l'ensemble de l'installation, la pression exercée sur cette eau en départ de la centrale doit être suffisante pour vaincre l'ensemble des résistances opposés par la longueur de la tuyauterie, les coudes, les raccords, les ventilo-convecteurs, etc.

Cette résistance constitue une perte de charge, cette charge est donnée par la relation suivante :

$$H = \Delta P = \sum(RL + Z) \text{ [mmCE]}$$

Si on examine les différentes pertes de charge qui composent «H» celles de deux espèces : Les pertes de charges dues aux frottements des molécules du fluide entre elles et contre la paroi on les appelle « perte de charge linéaire ou frottement ». D'autre part les pertes de charges dues aux obstacles que le fluide les rencontre au cours de son évolution on les appelle « pertes de charges locales ou particulières ».

1 / Pertes de charge linéaire ou par frottement : entre deux points ou deux sections de conduite étudier.



La perte de charges Δp appliqué entre les deux points P_1 et P_2 est donnée par la formule générale suivante **:**

$$\Delta P = \lambda \rho V^2 / 2g D$$

λ: coefficient de perte de charge. Si l'on veut exprimer la perte de charge en mètre d'eau**.**

$$\Delta h = \lambda \rho V^2 L / 2\dot{g} D$$

Pour les calculs, on utilise souvent la perte de charge unitaire « R » et l'on à

$$R = \Delta h / L = \lambda \rho V^2 / 2\dot{g} D$$

R: est exprimé en millimètre de colonne d'eau par mètre de conduite.

Donc **:R = λ ρ V^2 / 2ġD [mmCE/m]**

D'où :

ρ: masse volumique de l'eau. [kg/m^3].

V : vitesse d'écoulement. [m/s].

D : diamètre de la conduite. [m].

ġ : accélération de la pesanteur.

[m/s^2]. Donc**:**

$$\Delta h = R.L \quad [mmCE]$$

2 / Perte de charge locale ou singulière : la perte de charge singulière est déterminée par la relation **:**

$$Z = \sum\zeta \, (V^2 \rho / 2g) \quad [mmCE]$$

Dans laquelle :

Z : perte de charge singulière. [mmCE]

V : la vitesse. [m/s].

ζ: c'est la somme des coefficients qui dépend de la nature de la résistance locale existant dans le tronçon étudier.

ρ: masse volumétrique de l'eau. [kg/m^3].

Donc **:**

$$\Delta P = \sum(Z + R.L) \quad [mmCE]$$

Méthode de calcul :

La méthode de calcul sera comme suit :

Tracer l'axonométrie de l'installation suivant le plan architecturale et l'emplacement des ventilo-convecteurs dans chaque local.

On partage le circuit en tronçons véhiculant la mémé débit d'eau pour la nomination des tronçons, les tuyauteries allées et retour sont toujours parallèles, de même diamètre. Ce qui provoque des pertes de charges linéaires égales, mais c'est pas le cas des pertes de charge singulières il faut donc nommer chaque tronçon aller et retour.

On calcul les débits d'eau dans les différents tronçons.

On porte sur chaque tronçon la longueur réelle relevée sur plan «L».

On détermine le circuit du ventilo-convecteur le plus défavorable (qui a la plus grande perte de charge).

Cas du circuit le plus défavorable :

On prend «R» provisoire optimum qui est compris entre 7 et 10 [mmce], détermine a partir de l'une des d'eux abaques 2 ou 4 ″**RIETSCHEL**″.

A partir de l'une des deux abaques 2 ou 4 on tire le diamètre nominal, la vitesse d'écoulement et le $R_{réelle}$.

On passe ensuite à la détermination des pertes de charges linéaires (RL) pour chaque tronçon en mmCE.

On calcul pour chaque tronçon la somme des coefficients des pertes de charge singulières (locales) «**∑ζ»** tire à partir de l'abaque 5 ″**RIETSCHEL**″.

On calcule les pertes de charge singulières.

On termine par pertes de charge totales.

Cas des circuits secondaires :

On calcul à chaque fois le $\mathbf{R}_{moy}$ on se référent toujours au circuit le plus défavorable et on passe par les mêmes étapes de calcul que pour le cas du plus défavorable.

Correction sur pertes de charge :

A : Correction des pertes decharge linéaires :

Le coefficient de pertes de charge linéaires R est corrigé pour le régime d'eau glacée et aura :

Ŕ = F.R

Tel que :

Ŕ : coefficient de pertes de charge linéaires par mètre de conduite corrigé en mmce/m.

F : facteur de correction tiré à partir du graphe (fig. 11.02) page 233 Rietschel tome 2.

B : Correction des pertes de charge particulières :

La perte de charge particulière Z est corrigé pour le régime d'eau glacée et d'eau chaude et elle est donnée par :

Ź = BZ

Ź : perte de charge particulière corrigée en mmce.

B : facteur de correction tiré à partir de planche 5 RIETSCHEL tome 2.

Eau glacée : $\beta = 0.97$

Exemple de calcul :

On prend comme exemple de calcul le tronçon 9 en période estivale.

On prend R = 10 mmCE/m comme référence de calcul (pertes de charge admise).

G = 17010.63 kg/hplanche 2 ⟶ V = 1.4m/s

D = 80 mm

R = 13mmCE/m

G =17010.63 kg /h

F = 1,07 ⟶ Ŕ = F.R = 13.91 mmCE/m

D = 80mm

On détermine les pertes de charges linéaires ŔL = 89.05 mmCE.

De l'abaque 5 ″RIETSCHEL″ on calcul la somme des coefficients des pertes de charge singulières «∑ζ», on a un T passage directe donc :∑δ = 0,6

De l'abaque 5 ″RIETSCHEL″

∑δ = 0,55

V = 0,95 m/s ⟶ Z =41.71mmCE.

De planche 5 RIETSCHEL tome 2 eau glacée : β = 0.985 donc :

Ź = β.Z =41.09 mmCE. Calcule les pertes de charge totales

$\Delta P_t = (Ź + Ŕ.L) + \Delta P_{v\text{-}c}$ = 109.056mmCE.

Pour le reste des tronçons, les résultats sont consignés dans les tableaux

Tableau de Équilibrage des circuits hydraulique période estivale

39a	4221,19639	4936,38963	14,4881846	NE
42a	3270,43534	4936,38963	33,748436	NE
43a	3312,46945	4936,38963	32,8969207	NE
47a	2541,6714	4936,38963	48,511532	NE
48a	3297,44068	4936,38963	33,2013693	NE
55a	3644,81609	4936,38963	26,1643354	NE
56a	3696,1756	4936,38963	25,1239088	NE
61a	4277,10135	4936,38963	13,3556775	NE
83a	4215,96766	4936,38963	14,5941068	NE
62a	4095,56031	4936,38963	17,0332852	NE
63a	4094,88138	4936,38963	17,0470388	NE
64a	4265,20442	4936,38963	13,5966822	NE
68a	3781,48579	4936,38963	23,3957189	NE
69a	4454,17852	4936,38963	9,76849772	EQ
70a	4593,34183	4936,38963	6,94936631	EQ
71a	4604,41599	4936,38963	6,72502902	EQ
77a	4810,31663	4936,38963	2,55395154	EQ
78a	4864,02429	4936,38963	1,46595675	EQ
81a	4921,71875	4936,38963	0,29719862	EQ
82a	4936,38963	4936,38963	0	EQ
49a	2560,2768	4936,38963	48,1346288	NE
51a	3474,11315	4936,38963	29,6223878	NE
65a	3707,63304	4936,38963	24,8918073	NE
95a	2784,86368	4936,38963	43,5850108	NE
96a	1957,024	4936,38963	60,3551553	NE
97a	1822,75977	4936,38963	63,0750425	NE
99a	2215,56768	4936,38963	55,1176499	NE
100a	2216,80842	4936,38963	55,0925153	NE
101a	2305,33455	4936,38963	53,2991777	NE
103a	2252,75141	4936,38963	54,3643923	NE
115a	2441,44354	4936,38963	50,5419198	NE
105a	2522,79306	4936,38963	48,8939641	NE
107a	2693,71841	4936,38963	45,4314061	NE
108a	2729,35194	4936,38963	44,709552	NE
112a	3720,05972	4936,38963	24,6400709	NE
113a	3948,74639	4936,38963	20,0074005	NE
114a	3981,77161	4936,38963	19,3383847	NE
110a	2632,06226	4936,38963	46,6804192	NE
111a	2659,151	4936,38963	46,131663	NE

57 a	3523,716	4954,576	28,8795651	NE
58 a	3646,332	4954,576	26,404762	NE
41 a	4099,612	4954,576	17,2560477	NE
42 a	4070,636	4954,576	17,8408808	NE
43 a	4096,652	4954,576	17,3157905	NE
44 a	4494,244	4954,576	9,29104731	EQ
45 a	4512,501	4954,576	8,92255967	EQ
46 a	4754,83	4954,576	4,03154579	EQ
47 a	4954,576	4954,576	0	EQ
95 a	567,527	4954,576	88,5453972	NE
96 a	517,288	4954,576	89,5593891	NE
87 a	944,292	4954,576	80,9410129	NE
97 a	1928,92	4954,576	61,0679097	NE
99 a	1944,774	4954,576	60,7479227	NE
100 a	1965,308	4954,576	60,3334776	NE
101 a	1928,92	4954,576	61,0679097	NE
103 a	1944,744	4954,576	60,7485282	NE
104 a	1966,923	4954,576	60,3008814	NE
105 a	2691,7	4954,576	45,672445	NE
106 a	2700,322	4954,576	45,4984241	NE

tançons	G	L	Φ	D1	D2	V1	V2	W	R1	R2	R	F	Rc	RcxL	Σξ	Z	β	Zc	(RcL+Zc)
	Kg/h	m	mm	Kg/h	Kg/h	m/s	m/s	m/s	mmce/m	mmce/m	mmce/m		mmce/m	mmce		mmce		mmce	mmce
1a	55644,72	9,45	125	55100	57600	1,3	1,3	1,3	11	12	11,217	1,05	11,778	111,309	1,5	129,285	0,97	125,406	236,715
2a	28198,59	6,38	100	28100	28120	1	1	1	9	9	9	1,14	10,26	65,458	1,8	91,8	0,97	89,046	154,504
3a	27446,13	1,88	100	26400	28100	0,95	1	0,98	8	9	8,615	1,14	9,821	18,464	1,8	88,303	0,97	85,653	104,118
4a	27280,51	3,08	100	26400	28100	0,95	1	0,97	8	9	8,517	1,14	9,710	29,908	1,3	63,142	0,97	61,248	91,156
5a	25605,07	9,2	100	25500	26400	0,9	0,95	0,90	7,5	8	7,558	1,14	8,616	79,272	1	41,847	0,97	40,592	119,864
6a	22709,98	2,04	80	21800	22800	1	1,1	1,0	11	12	11,90	1,12	13,339	27,211	1	60,704	0,97	58,882	86,094
7a	18356,77	6,92	80	17600	18500	1	1	1	10	11	10,840	1,14	12,358	85,521	1	51	0,97	49,47	134,991
8a	16217,51	0,45	80	15700	16600	0,85	0,9	0,87	8	9	8,575	1,14	9,775	4,398	1	39,382	0,97	38,200	42,599
9a	8044,94	3,31	60	7950	8460	0,7	0,75	0,70	8	9	8,186	1,18	9,659	31,973	1	25,658	0,97	24,889	56,862
10a	4731,09	4,05	50	4470	4770	0,6	0,65	0,64	8	9	8,870	1,17	10,378	42,031	1	21,119	0,97	20,486	62,518
11a	2389,09	5,82	40	2350	2490	0,55	0,6	0,56	9	10	9,279	1,21	11,227	65,346	1,5	24,330	0,97	23,601	88,947
12a	1675	9,91	32	1630	1690	0,46	0,48	0,475	7,5	8	7,875	1,22	9,6075	95,210	8	92,055	0,97	89,293	184,503
13a	2895,09	8,61	40	2800	2940	0,6	0,65	0,63	10	11	10,679	1,21	12,921	111,257	2	40,994	0,97	39,764	151,021
14a	2139,26	8,64	32	2090	2180	0,6	0,6	0,6	12	13	12,547	1,19	14,931	129,006	2,5	45,9	0,97	44,523	173,529
15a	3313,85	8,54	40	3290	3390	0,75	0,75	0,75	17	18	17,238	1,17	20,169	172,243	2	57,375	0,97	55,653	227,897
16a	2351,34	10,43	32	2350	2430	0,65	0,7	0,65	15	16	15,016	1,19	17,869	186,383	2,5	54,007	0,97	52,387	238,770
17a	1723,42	1,44	32	1690	1800	0,48	0,5	0,48	8	9	8,303	1,2	9,964	14,348	3,3	39,764	0,97	38,571	52,920
18a	1171,67	1,02	25	1150	1190	0,6	0,6	0,6	16	17	16,541	1,21	20,015	20,415	2,8	51,408	0,97	49,865	70,281
19a	1069,63	0,7	25	1030	1070	0,5	0,55	0,549	14	15	14,990	1,21	18,138	12,697	2,5	38,503	0,97	37,348	50,045
20a	1069,6	3	25	1030	1070	0,5	0,55	0,549	14	15	14,990	1,21	18,138	54,416	2,5	38,503	0,97	37,348	91,765
21a	1422,05	1,4	32	1380	1450	0,4	0,42	0,412	5,5	6	5,80	1,22	7,076	9,907	4,5	38,958	0,97	37,790	47,697

22a	1891,8	1,04	32	1800	1900	0,5	0,55	0,545	9	10	9,918	1,2	11,901	12,377	3,3	50,154	0,97	48,649	61,027
23a	945,9	2,5	25	900	946	0,44	0,48	0,479	10	11	10,997	1,21	13,307	33,268	2,5	29,365	0,97	28,484	61,752
24a	1179,67	0,7	25	1150	1190	0,6	0,6	0,6	16	17	16,741	1,21	20,257	14,180	2,5	45,9	0,97	44,523	58,703
25a	1179,67	2,5	25	1150	1190	0,6	0,6	0,6	16	17	16,741	1,21	20,257	50,643	2,5	45,9	0,97	44,523	95,166
26a	1289,43	0,7	25	1260	1290	0,65	0,65	0,65	19	20	19,981	1,2	23,977	16,784	2,5	53,868	0,97	52,252	69,036
27a	1037,32	13,31	25	1030	1070	0,5	0,55	0,509	13	14	13,183	1,21	15,951	212,313	2,5	33,052	0,97	32,060	244,374
28a	945,9	0,7	25	900	946	0,44	0,48	0,479	10	11	10,997	1,21	13,307	9,315	2,5	29,365	0,97	28,484	37,799
29a	4353,21	7,44	50	4320	4470	0,6	0,6	0,6	7,5	8	7,610	1,18	8,980	66,815	1,5	27,54	0,97	26,713	93,529
30a	8217,57	13,15	60	7950	8460	0,7	0,75	0,726	8	9	8,524	1,15	9,803	128,913	2,5	67,245	0,97	65,227	194,141
31a	2935,86	0,87	40	2800	2940	0,6	0,65	0,648	10	11	10,970	1,2	13,164	11,453	1,3	27,884	0,97	27,047	38,501
32a	1467,93	3,85	32	1450	1510	0,42	0,44	0,425	6	6,5	6,149	1,22	7,502	28,883	3,5	32,389	0,97	31,418	60,302
33a	1467,93	5,75	32	1450	1510	0,42	0,44	0,425	6	6,5	6,149	1,22	7,502	43,138	3,5	32,389	0,97	31,418	74,556
34a	1417,35	4,05	32	1380	1450	0,4	0,42	0,410	5,5	6	5,766	1,22	7,035	28,493	4,8	41,285	0,97	40,047	68,540
35a	2164,74	0,7	40	2140	2220	0,5	0,5	0,5	7,5	8	7,654	1,21	9,262	6,483	2,5	31,875	0,97	30,918	37,402
36a	2164,74	0,7	40	2140	2220	0,5	0,5	0,5	7,5	8	7,65	1,21	9,262	6,483	2,5	31,875	0,97	30,918	37,402
37a	2164,74	0,7	40	2140	2220	0,5	0,5	0,5	7,5	8	7,654	1,21	9,262	6,483	2,5	31,875	0,97	30,918	37,402
38a	762,05	0,7	25	738	766	0,36	0,38	0,377	7	7,5	7,429	1,24	9,212	6,448	2,5	18,138	0,97	17,594	24,043
39a	964,3	3,4	25	946	992	0,48	0,5	0,487	11	12	11,397	1,21	13,791	46,890	2,5	30,357	0,97	29,447	76,337
40a	24270,37	4,69	100	23700	24700	0,85	0,9	0,878	6,5	7	6,785	1,15	7,802	36,595	1	39,361	0,97	38,180	74,776
41a	3175,76	10,61	40	3080	3210	0,65	0,7	0,686	12	13	12,736	1,2	15,283	162,162	4	96,234	0,97	93,347	255,509
42a	1417,35	2,6	32	1380	1450	0,4	0,42	0,410	5,5	6	5,766	1,22	7,035	18,292	5	43,006	0,97	41,715	60,008
43a	1758,41	2,43	32	1690	1800	0,48	0,5	0,492	8	9	8,621	1,21	10,432	25,350	5	61,836	0,97	59,981	85,332
44a	918,08	12,33	25	900	946	0,44	0,48	0,455	10	11	10,393	1,21	12,575	155,056	7	74,142	0,97	71,918	226,975
45a	21877,73	2,78	80	21800	22800	1	1	1	11	12	11,077	1,12	12,407	34,491	1	51	0,97	49,47	83,961
46a	2392,64	8,59	40	2350	2490	0,55	0,6	0,565	9	10	9,304	1,2	11,165	95,911	2	32,587	0,97	31,609	127,521
47a	1026	4,4	25	992	1030	0,5	0,5	0,5	12	13	12,894	1,21	15,602	68,651	2,8	35,7	0,97	34,629	103,280
48a	1366,64	3,5	25	1360	1430	0,7	0,7	0,7	22	24	22,189	1,18	26,183	91,643	3,8	94,962	0,97	92,113	183,756

49a	1126,22	4,55	25	1110	1150	0,5	0,6	0,540	15	16	15,405	1,21	18,640	84,814	4	59,607	0,97	57,819	142,634
50a	20751,51	0,55	80	20000	21800	1	1	1	10	11	10,417	1,12	11,667	6,417	1	51	0,97	49,47	55,887
51a	1487,89	11,57	32	1450	1510	0,42	0,44	0,432	6	6,5	6,315	1,22	7,705	89,149	4	38,182	0,97	37,036	126,186
52a	19263,62	5,31	80	18500	19600	0,85	0,9	0,884	8	9	8,694	1,12	9,737	51,706	1	39,918	0,97	38,720	90,426
53a	16372,42	6,36	80	15700	16600	0,85	0,9	0,887	8	9	8,747	1,15	10,059	63,976	2	80,314	0,97	77,905	141,882
54a	2891,2	9,76	40	2800	2940	0,6	0,65	0,632	10	11	10,651	1,2	12,781	124,749	3	61,222	0,97	59,385	184,135
55a	1445,6	0,7	32	1510	1580	0,44	0,44	0,44	6,5	7	6,04	1,22	7,368	5,158	2,5	24,684	0,97	23,943	29,101
56a	1445,6	3,86	32	1510	1580	0,44	0,44	0,44	6,5	7	6,04	1,22	7,368	28,443	2,5	24,684	0,97	23,943	52,387
57a	5556,4	4,82	50	5550	5800	0,75	0,8	0,751	12	13	12,025	1,17	14,069	67,817	1	28,785	0,97	27,921	95,739
58a	10816,02	7,57	65	10800	18001	0,8	0,8	0,8	9	9	9	1,15	10,35	78,349	1,5	48,96	0,97	47,491	125,840
59a	2778,2	1,2	40	2650	2800	0,55	0,6	0,592	9	10	9,854	1,2	11,825	14,190	2,7	48,378	0,97	46,927	61,11
60a	2778,2	0,94	40	2650	2800	0,55	0,6	0,592	9	10	9,854	1,2	11,825	11,116	1,8	32,252	0,97	31,284	42,400
61a	1389,1	10,85	32	1380	1450	0,4	0,42	0,402	5,5	6	5,565	1,22	6,7893	73,663	4	33,065	0,97	32,073	105,737

Tableau de perte de charge 1erétage :

Tançons	G Kg/h	L m	Φ mm	D1 Kg/h	D2 Kg/h	V1 m/s	V2 m/s	W m/s	R1 mmce/m	R2 mmce/m	R mmce/m	F	Rc mmce/m	RcxL mmce	Σξ	Z mmce	β	Zc mmce	(RcL+Zc) mmce
1	55644,7	9,45	125	55100	57600	1,3	1,3	1,3	11	12	11,217	1,05	11,778	111,309	3,5	301,66	0,97	292,615	403,924
2	28198,5	6,38	100	28100	28120	1	1	1	9	9	9	1,14	10,26	65,458	3	153	0,97	148,41	213,868
3	27446,1	1,88	100	26400	28100	0,95	1	0,980	8	9	8,615	1,14	9,821	18,464	2	98,114	0,97	95,171	113,635
4	27280,5	3,08	100	26400	28100	0,95	1	0,975	8	9	8,517	1,14	9,710	29,908	3	145,71	0,97	141,342	171,250
5	25605,0	9,2	100	25500	26400	0,9	0,95	0,905	7,5	8	7,558	1,14	8,616	79,272	2	83,695	0,97	81,184	160,456
6	22709,9	2,04	80	21800	22800	1	1,1	1,090	11	12	11,909	1,12	13,339	27,211	2	121,40	0,97	117,765	144,977

7	18356,7	6,92	80	17600	18500	1	1	1	0	11	10,840	1,14	12,358	85,521	2	102	0,97	98,94	184,461
8	16217,51	0,45	80	15700	16600	0,85	0,9	0,878	8	9	8,575	1,14	9,775	4,398	2	78,764	0,97	76,401	80,800
9	8044,94	3,31	60	7950	8460	0,7	0,75	0,709	8	9	8,186	1,18	9,659	31,973	2	51,317	0,97	49,778	81,751
10	4731,09	4,05	50	4470	4770	0,6	0,65	0,643	8	9	8,870	1,17	10,378	42,031	2	42,239	0,97	40,972	83,004
11	2389,09	5,82	40	2350	2490	0,55	0,6	0,563	9	10	9,279	1,21	11,227	65,346	3	48,661	0,97	47,202	112,548
12	1675	9,91	32	1630	1690	0,46	0,48	0,475	7,5	8	7,875	1,22	9,607	95,210	2	23,013	0,97	22,323	117,533
13	2895,09	8,61	40	2800	2940	0,6	0,65	0,633	10	11	10,679	1,21	12,921	111,257	3,5	71,740	0,97	69,588	180,845
14	2139,26	8,64	32	2090	2180	0,6	0,6	0,6	12	13	12,547	1,19	14,931	129,006	3	55,08	0,97	53,4276	182,434
15	3313,85	8,54	40	3290	3390	0,75	0,75	0,75	17	18	17,238	1,17	20,169	172,243	3,5	100,406	0,97	97,394	269,637
16	2351,34	10,43	32	2350	2430	0,65	0,7	0,650	15	16	15,016	1,19	17,869	186,383	3	64,809	0,97	62,864	249,248
17	1723,42	1,44	32	1690	1800	0,48	0,5	0,486	8	9	8,303	1,2	9,964	14,348	1	12,049	0,97	11,688	26,037
18	1171,67	1,02	25	1150	1190	0,6	0,6	0,6	16	17	16,541	1,21	20,015	20,415	2	36,72	0,97	35,6184	56,034
19	1069,63	0,7	25	1030	1070	0,5	0,55	0,549	14	15	14,990	1,21	18,138	12,697	2	30,803	0,97	29,879	42,576
20	1069,63	3	25	1030	1070	0,5	0,55	0,549	14	15	14,990	1,21	18,138	54,416	1	15,401	0,97	14,939	69,355
21	1422,05	1,4	32	1380	1450	0,4	0,42	0,412	5,5	6	5,800	1,22	7,076	9,907	1	8,657	0,97	8,3978	18,304
22	1891,8	1,04	32	1800	1900	0,5	0,55	0,545	9	10	9,918	1,2	11,901	12,377	2	30,396	0,97	29,484	41,862
23	945,9	2,5	25	900	946	0,44	0,48	0,479	10	11	10,997	1,21	13,307	33,268	1	11,746	0,97	11,393	44,662
24	1179,67	0,7	25	1150	1190	0,6	0,6	0,6	16	17	16,741	1,21	20,257	14,180	0,5	9,18	0,97	8,9046	23,084
25	1179,67	2,5	25	1150	1190	0,6	0,6	0,6	16	17	16,741	1,21	20,257	50,643	1	18,36	0,97	17,809	68,452
26	1289,43	0,7	25	1260	1290	0,65	0,65	0,65	19	20	19,981	1,2	23,977	16,784	0,5	10,773	0,97	10,450	27,234
27	1037,32	13,31	25	1030	1070	0,5	0,55	0,509	13	14	13,183	1,21	15,951	212,313	1	13,220	0,97	12,824	225,137
28	945,9	0,7	25	900	946	0,44	0,48	0,479	10	11	10,997	1,21	13,307	9,315	0,5	5,873	0,97	5,696	15,012
29	4353,21	7,44	50	4320	4470	0,6	0,6	0,6	7,5	8	7,610	1,18	8,980	66,815	3	55,08	0,97	53,427	120,243
30	8217,57	13,15	60	7950	8460	0,7	0,75	0,726	8	9	8,524	1,15	9,803	128,913	2	53,796	0,97	52,182	181,096
31	2935,86	0,87	40	2800	2940	0,6	0,65	0,648	10	11	10,970	1,2	13,164	11,453	2	42,899	0,97	41,612	53,065
32	1467,93	3,85	32	1450	1510	0,42	0,44	0,425	6	6,5	6,149	1,22	7,502	28,883	1,5	13,881	0,97	13,464	42,348
33	1467,93	5,75	32	1450	1510	0,42	0,44	0,425	6	6,5	6,149	1,22	7,502	43,138	2	18,508	0,97	17,953	61,091

34	1417,35	4,05	32	1380	1450	0,4	0,42	0,410	5,5	6	5,766	1,22	7,035	28,493	2	17,202	0,97	16,686	45,180
35	2164,74	0,7	40	2140	2220	0,5	0,5	0,5	7,5	8	7,654	1,21	9,262	6,483	0,5	6,375	0,97	6,183	12,667
36	2164,74	0,7	40	2140	2220	0,5	0,5	0,5	7,5	8	7,654	1,21	9,262	6,483	0,5	6,375	0,97	6,183	12,667
37	2164,74	0,7	40	2140	2220	0,5	0,5	0,5	7,5	8	7,654	1,21	9,262	6,483	2	25,5	0,97	24,735	31,218
38	762,05	0,7	25	738	766	0,36	0,38	0,377	7	7,5	7,429	1,24	9,212	6,448	0,5	3,627	0,97	3,5188	9,967
39	964,3	3,4	25	946	992	0,48	0,5	0,487	11	12	11,397	1,21	13,791	46,890	1	12,143	0,97	11,778	58,669
40	24270,37	4,69	100	23700	24700	0,85	0,9	0,878	6,5	7	6,785	1,15	7,802	36,595	2	78,723	0,97	76,361	112,957

Tableau de perte de charge 2emeétage

1'	21877,73	2,78	80	21800	22800	1	1	1	11	12	11,077	1,12	12,407	34,491	2	102	0,97	98,94	133,431
2'	2392,64	8,59	40	2350	2490	0,55	0,6	0,565	9	10	9,304	1,2	11,165	95,911	3	48,880	0,97	47,414	143,326
3'	1026	4,4	25	992	1030	0,5	0,5	0,5	12	13	12,894	1,21	15,602	68,651	1	12,75	0,97	12,367	81,019
4'	1366,64	3,5	25	1360	1430	0,7	0,7	0,7	22	24	22,189	1,18	26,183	91,64352	1	24,99	0,97	24,240	115,883
5'	1126,22	4,55	25	1110	1150	0,5	0,6	0,540	15	16	15,405	1,21	18,640	84,814	2	29,803	0,97	28,909	113,724
6'	20751,51	0,55	80	20000	21800	1	1	1	10	11	10,417	1,12	11,667	6,417	2	102	0,97	98,94	105,357
7'	1487,89	11,57	32	1450	1510	0,42	0,44	0,432	6	6,5	6,315	1,22	7,705	89,149	2	19,091	0,97	18,518	107,667
8'	19263,62	5,31	80	18500	19600	0,85	0,9	0,884	8	9	8,694	1,12	9,737	51,706	2	79,836	0,97	77,441	129,147
9'	16372,42	6,36	80	15700	16600	0,85	0,9	0,887	8	9	8,747	1,15	10,059	63,976	2	80,314	0,97	77,905	141,882
10'	2891,2	9,76	40	2800	2940	0,6	0,65	0,632	10	11	10,651	1,2	12,781	124,749	2	40,814	0,97	39,590	164,340
11'	1445,6	0,7	32	1510	1580	0,44	0,44	0,44	6,5	7	6,04	1,22	7,368	5,158	0,5	4,936	0,97	4,788	9,946
13'	1445,6	3,86	32	1510	1580	0,44	0,44	0,44	6,5	7	6,04	1,22	7,368	28,443	1	9,873	0,97	9,577	38,020
14'	5556,4	4,82	50	5550	5800	0,75	0,8	0,751	12	13	12,025	1,17	14,069	67,817	2	57,571	0,97	55,843	123,661
15'	10816,02	7,57	65	10800	18001	0,8	0,8	0,8	9	9	9	1,15	10,35	78,349	2	65,28	0,97	63,321	141,671
16'	2778,2	1,2	40	2650	2800	0,55	0,6	0,592	9	10	9,854	1,2	11,825	14,190	2	35,835	0,97	34,760	48,951

17'	1389,1	10,85	32	1380	1450	0,4	0,42	0,402	5,5	6	5,565	1,22	6,789	73,663	2,5	20,666	0,97	20,046	93,709
18'	1389,1	4	32	1380	1450	0,4	0,42	0,402	5,5	6	5,565	1,22	6,789	27,157	1,5	12,399	0,97	12,027	39,184
19'	1389,1	3,9	32	1380	1450	0,4	0,42	0,402	5,5	6	5,565	1,22	6,789	26,478	2	16,532	0,97	16,036	42,515
20'	1037,32	4,82	25	1030	1070	0,5	0,55	0,509	13	14	13,183	1,21	15,951	76,885	2,5	33,052	0,97	32,060	108,946
21'	1445,6	12,59	32	1510	1580	0,44	0,44	0,44	6,5	7	6,04	1,22	7,368	92,773	2	19,747	0,97	19,154	111,927
22'	8333,1	6,12	60	7950	8460	0,7	0,75	0,737	8	9	8,751	1,17	10,238	62,661	2	55,487	0,97	53,822	116,484
23'	1809,56	4,82	32	1800	1900	0,5	0,55	0,504	9	10	9,095	1,19	10,823	52,170	3	38,984	0,97	37,815	89,985
24'	904,78	4,6	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	56,238	2	20,122	0,97	19,518	75,756
25'	904,78	5,2	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	63,573	2	20,122	0,97	19,518	83,092
26'	904,78	4,6	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	56,238	2	20,122	0,97	19,518	75,756
27'	1809,56	4,82	32	1800	1900	0,5	0,55	0,504	9	10	9,095	1,19	10,823	52,170	2	25,989	0,97	25,210	77,380
28'	6523,54	4,58	50	6240	6600	0,7	0,75	0,739	9	10	9,787	1,16	11,353	51,999	1	27,880	0,97	27,044	79,044
29'	4713,98	4,36	50	4470	4770	0,6	0,65	0,640	8	9	8,813	1,17	10,311	44,958	2	41,865	0,97	40,609	85,568
30'	2904,42	4,4	40	2800	2940	0,6	0,65	0,637	10	11	10,745	1,18	12,680	55,792	2	41,426	0,97	40,183	95,976
31'	904,78	5,2	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	63,573	3	30,183	0,97	29,277	92,851
32'	1809,56	4,82	32	1800	1900	0,5	0,55	0,504	9	10	9,095	1,19	10,823	52,170	3	38,984	0,97	37,815	89,985
33'	904,78	4,6	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	56,238	2	20,122	0,97	19,518	75,756
34'	904,78	5,2	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	63,573	2	20,122	0,97	19,518	83,092
35'	1094,86	5,19	25	1070	1110	0,55	0,55	0,55	14	15	14,62	1,21	17,692	91,821	2,5	38,568	0,97	37,411	129,233
36'	1809,56	4,82	32	1800	1900	0,5	0,55	0,504	9	10	9,095	1,19	10,823	52,170	3	38,984	0,97	37,815	89,985
37'	904,78	4,6	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	56,238	2	20,122	0,97	19,518	75,756
38'	904,78	5,2	25	900	946	0,44	0,48	0,444	10	11	10,103	1,21	12,225	63,573	2	20,122	0,97	19,518	83,092
39'	1389,1	4	32	1380	1450	0,4	0,42	0,402	5,5	6	5,565	1,22	6,789	27,157	1,5	12,399	0,97	12,027	39,184
40'	6055,86	2,51	50	5860	6240	0,65	0,4	0,521	8	9	8,515	1,16	9,877	24,793	2	27,702	0,97	26,871	51,664
41'	3891,12	2,46	40	3810	3920	0,8	0,85	0,836	18	19	18,737	1,18	22,110	54,391	2,5	89,295	0,97	86,616	141,007
42 »	1726,38	2,52	32	2670	2750	0,75	0,8	0,160	19	20	7,204	1,21	8,717	21,968	3	3,928	0,97	3,810	25,779

Tableau de perte de charge des tronçon 3 ,4 et 5 étage.

Tançons	G Kg/h	L m	Φ mm	D1 Kg/h	D2 Kg/h	V1 m/s	V2 m/s	W m/s	R1 mmce/m	R2 mmce/m	R mmce/m	F	Rc mmce/m	RcxL mmce	ΣΞ	Z mmce	β	Zc mmce	(RcL+Zc) mmce
	18160,7	**6,83**	**80**	**18500**	**19300**	**1**	**1**	**1**	**11**	**12**	**10,575**	**1,12**	**11,844**	**80,901**	**2**	**102**	**0,97**	**98,94**	**179,841**
61	17251,99	0,83	80	16600	17600	0,9	0,95	0,932	9	10	9,651	1,12	10,810	8,972	1	44,356	0,97	43,026	51,998
62	14799,28	14,6	80	14600	15200	0,8	0,8	0,8	7	7,5	7,166	1,15	8,240	120,318	1	32,64	0,97	31,660	151,979
63	8941,98	7	60	8940	9400	0,8	0,85	0,800	10	11	10,004	1,15	11,504	80,534	2	65,315	0,97	63,355	143,890
64	5034,9	7	50	4470	5050	0,65	0,7	0,698	9	10	9,973	1,17	11,669	81,686	1	24,897	0,97	24,150	105,837
65	3335,2	2,84	40	3290	3390	0,75	0,8	0,772	17	18	17,452	1,18	20,593	58,485	1	30,442	0,97	29,529	88,014
66	1699,7	1,1	32	1690	1800	0,48	0,5	0,481	8	9	8,088	1,22	9,867	10,854	1	11,836	0,97	11,481	22,336
67	2653,32	8,55	40	2490	2650	0,55	0,55	0,55	8	9	9,020	1,28	11,546	98,723	2	30,855	0,97	29,929	128,652
68	1318,46	1,55	25	1290	1360	0,65	0,7	0,670	20	22	20,813	1,22	25,392	39,357	2,1	48,124	0,97	46,680	86,038
69	1134,86	1,32	25	1110	1150	0,55	0,6	0,581	15	16	15,621	1,22	19,058	25,156	2,3	39,606	0,97	38,417	63,574
70	908,1	13,55	25	900	946	0,44	0,48	0,447	10	11	10,176	1,21	12,313	166,842	4	40,768	0,97	39,545	206,387
71	2995,66	8,55	40	2940	3080	0,65	0,65	0,65	11	12	11,397	1,18	13,449	114,990	2,5	53,868	0,97	52,252	167,242
72	1045,44	1,55	25	1030	1070	0,5	0,55	0,519	13	14	13,386	1,21	16,197	25,105	2,8	38,509	0,97	37,353	62,459
73	1950,22	1,2	32	1900	2000	0,55	0,55	0,55	10	11	10,502	1,21	12,70	15,249	1,9	29,312	0,97	28,432	43,682
74	1045,24	3,55	25	1030	1070	0,5	0,55	0,519	13	14	13,381	1,21	16,19	57,478	2	27,480	0,97	26,655	84,133
75	2861,64	10,85	40	2800	2940	0,6	0,65	0,622	10	11	10,440	1,22	12,737	138,198	2,5	49,329	0,97	47,850	186,048
76	1045,44	1,55	25	1030	1070	0,5	0,55	0,519	13	14	13,386	1,21	16,197	25,105443	2,9	39,884	0,97	38,688	63,793
77	1816,2	1,2	32	1800	1900	0,5	0,55	0,508	9	10	9,162	1,22	11,177	13,413	1,8	23,699	0,97	22,988	36,401
78	908,1	3,55	25	900	946	0,44	0,48	0,447	10	11	10,176	1,21	12,313	43,711	2	20,384	0,97	19,772	63,484

80	2090,88	8,55	32	2090	2091	0,6	0,6	0,6	12	12	12	1,22	14,64	125,172	2,5	45,9	0,97	44,523	169,695
81	1045,44	0,8	25	1030	1070	0,5	0,55	0,519	13	14	13,386	1,21	16,197	12,957	2,9	39,884	0,97	38,688	51,645
82	1045,44	1,9	25	1030	1070	0,5	0,55	0,519	13	14	13,386	1,21	16,197	30,774	2,9	39,884	0,97	38,688	69,462
83	1816,2	10,85	32	1800	1900	0,5	0,55	0,508	9	10	9,162	1,22	11,177	121,277	2,5	32,916	0,97	31,928	153,206
84	908,1	0,8	25	900	946	0,44	0,48	0,447	10	11	10,176	1,21	12,313	9,850	2,5	25,480	0,97	24,716	34,566
85	908,1	1,9	25	900	946	0,44	0,48	0,447	10	11	10,176	1,21	12,313	23,394	2,5	25,480	0,97	24,716	48,111
86	1699,7	9,25	32	1690	1800	0,48	0,5	0,481	8	9	8,088	1,22	9,867	91,275	3,5	41,429	0,97	40,186	131,461
87	1635,5	11,55	32	1630	1690	0,46	0,48	0,461	7,5	8	7,545	1,22	9,205	106,328	3,5	38,072	0,97	36,930	143,258
88	1699,7	9,25	32	1690	1800	0,48	0,5	0,481	8	9	8,088	1,22	9,867	91,275	3,5	41,429	0,97	40,186	131,461
90	908,1	0,8	25	900	946	0,44	0,48	0,447	8	9	8,176	1,22	9,974	7,979	1	10,192	0,97	9,886	17,866
91	908,1	0,8	25	900	946	0,44	0,48	0,447	8	9	8,176	1,22	9,974	7,979	1	10,192	0,97	9,886	17,866
92	73805,42	6,97	150	73300	75800	1,2	1,2	1,2	7,5	8	7,601	1,13	8,589	59,866	3,5	257,04	0,97	249,328	309,195

Tançons	G	L	Φ	D1	D2	V1	V2	W	R1	R2	R	F	Rc	RcxL	ΣΞ	Z	β	Zc	(RcL+Zc)
	Kg/h	m	mm	Kg/h	Kg/h	m/s	m/s	m/s	mmce/m	mmce/m	mmce/m		mmce/m	mmce		mmce		mmce	mmce
93	1726,38	2,52	32	2670	2750	0,75	0,8	0,160	19	20	7,204	1,21	8,717	21,968	3	3,928	0,97	3,810	25,779
94	18160,7	6,83	80	18500	19300	1	1	1	11	12	10,575	1,12	11,844	80,901	2,5	127,5	0,97	123,675	204,576
95	17251,99	0,83	80	16600	17600	0,9	0,95	0,932	9	10	9,651	1,12	10,810	8,972	2	88,713	0,97	86,0522564	95,024
96	14799,28	14,6	80	14600	15200	0,8	0,8	0,8	7	7,5	7,166	1,15	8,240	120,318	3	97,92	0,97	94,9824	215,3
97	8941,98	7	60	8940	9400	0,8	0,85	0,800	10	11	10,004	1,15	11,504	80,534	3	97,972	0,97	95,0335115	175,568
98	5034,9	7	50	4470	5050	0,65	0,7	0,698	9	10	9,973	1,17	11,669	81,686	2	49,794	0,97	48,300458	129,987
99	3335,2	2,84	40	3290	3390	0,75	0,8	0,7726	17	18	17,452	1,18	20,593	58,485	2	60,884	0,97	59,058	117,54

IV.6 Choix d'appareillage :[16]

Introduction :

Pour alimenter les ventilo-convecteurs en eau glacée, il nous faudra un groupe de production d'eau glacée

Les groupes frigorifiques, dits également « **Refroidisseurs de liquide** » sont une source de production de froid, conçus pour le rafraîchissement d'eau, fonctionnant à un fluide frigorigène.

Choix du groupe frigorifique :

Les critères de choix d'un groupe de production d'eau glacée sont :

- La puissance à fournir Qfrig.
- Le régime de fonctionnement.

Où: $$Q_{frig} = Qv\text{-}c\ (1+ Z_r)\ [Kw]$$

Qfrig : besoins frigorifiques du bâtiment[kcal/h]
Qv-c : la somme des puissances frigorifiques des ventilo-convecteurs
Zr: coefficient de majoration

Application :

Dans notre projet on a :
Qv-c =87.96 [KW]

- En prend

Zr=0.15 **Qfrig =**
87.96*(1+0.15). **Qfrig=**
101.15 [KW].

D'après le catalogue **« AERMEC »**, notre choix s'est porté sur un groupe de production d'eau glacée :
Modèle : « NRA600L » froid seul qui a les caractéristiques suivantes :

- Puissance : 112 [KW].
- Puissance totale absorbée : 52.5 [KW].
- Perte de charge : 6.83 [mce].
  - Poids : 1545 [kg].
- Débit d'eau 19.26 [m^3/h].
- Pression sonore : 45.0

[dB] Dimensions :

- Largeur : 1100 [mm].
- Hauteur : 1875 [mm].
- Profondeur : 3950

[mm]. Compresseur :

- Type : SCROLL.
- Fluide frigorigène:

R407C. Evaporateur :

- Echangeur à

plaque. Condenseur à air :

- Echangeur à ailettes.



Figure IV.1 : groupe de production d'eau glacée

Choix de la pompe :

Les pompes sont des appareils assurant la circulation nécessaire, et par conséquent vaincre toutes les pertes de charge du circuit le plus défavorisé. On choisi pour le circuit d'eau glacé deux pompes l'une pour le fonctionnement normale et l'autre pour le réserve.

Le choix de la pompe se fait en fonction de :

- Débit d'eau aboutissants l'installation.
- Les pertes de charges que la pompe doit vaincre.

Dans notre projet on a deux pompes une pour la période estivale et une autre pour la période l'hivernal.

Choix de la pompe période estivale :

G = 17.612 [m^3/h].

$\Delta P = \Delta P_{def} *2+ \Delta P_{G.E.G}$ = 10.59 [mCE].

D'après le catalogue **« ITT LOWARA »** notre choix s'est porté sur une

pompe : Modèle : FC65-14T.

- Puissance nominale 1100 [W]
- 230/400 V. 50HZ.
- Diamètre : 65 [mm].
- Longueur : 218 [mm].
- Largeur : 340 [mm].
- Hauteur : 349 [mm].
- Poids : 28 kg.



Figure V.2 : pompe d'alimentation d'eau glacée

Choix des éléments de la chaufferie :

La chaufferie est le local ou sont placés la chaudière et les accessoires de chauffe (vase d'expansion…..)

Elle est généralement située au point le plus bas au centre des locaux a chauffer pour :

- Pouvoir attribuer à la cheminée une hauteur maximale.
- Réduire au maximum la longueur de la tuyauterie. Dans notre projet la chaufferie se situe au niveau de RDC.

Choix de la chaudière :[7]

Les chaudières sont des échangeurs de chaleur ayant pour rôle de produire le fluide caloporteur qui transmet le chaud. Elles sont généralement en fonte ou en acier et utilisent un combustible solide ou gazeux (celles qui utilisent deux tubes de combustible sont dits mixte) ses éléments constructifs les plus important sont :

- Le brûleur
- Le foyer (chambre où se déroule la combustion)
- Bloc de régulation

La chaudière est choisie à partir de la puissance calorifique nominale qui est garantie par le constructeur et on fonction des besoins du bâtiment en chaleur.

$$Q_{chaudière} = Q_{tot} * (1+Zr).$$

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 intérieurs ou tuyauterie avec calorifuge dans les pièces 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 :

Qtot : besoin calorifique de chauffage qui est la quantité de chaleur fournie par les ventilo- convecteurs.

Qtot=68.58 [KW]

Zr = 0.05

Donc :

Qch = 68.58 * 1.05 = 72.01 [KW]

A partir du catalogue **« CHAPPEE »** notre choix s'est porté sur la chaudière qui suit :

- Type : EDENA 3 Progress

- Evacuation **:** Cheminée.
- Puissance nominale : 82.8 [KW].
- Contenance de l'eau35 litres.
- Combustible : Gaz naturel.
- Perte de charge : 0.32 [mCE].
- Rendement :92 %.



Figure IV.3 : la Chaudière

La cheminée :

La chemine est un élément décisif pour le bon fonctionnement de l'installation

- Elle permet l'évacuation des gaz de combustion.
- Elle facilite l'introduction de l'air frais dans le foyer.

L'effet de tirage s'effectue quand il y a une différence entre la densité de l'air

intérieur et extérieur. Ce qui résulte le mouvement ascensionnel des fumées vers l'extérieur.

Le tirage de la cheminée est donné par la formule suivante :

$$H = h . (\gamma_e - \gamma_g) \quad [mCE].$$

h : hauteur de la cheminée [m] $h = h_b + 2m$ [m]

h_b : hauteur du bâtiment [m] .

γ_e : poids volumique de l'air extérieur [Kg/m^3].

γ_g : poids volumique du gaz de combustion [Kg/m^3].

La sélection de la cheminée :

Pour le calcul en emploi la formule suivante :

$$S_{ch} = P/ (10^6(h/10)^{1/2})[m^2]$$

S : section de la cheminée. [m^2]

P : puissance de la chaudière. [W]

h : hauteur de la cheminée. [m]

Carneau de fumée :

La section de carneau de fumée est augmentée de 20 à 30% par rapport à la section de cheminée donc :

$S_{car} = 1,25\ S$ $[m^2]$

Application au projet :

$h = h_b + 2 = 20.5+2 = 22.5$ m

Choix de la pompe période hivernal :

$G = 11.22$ [m^3/h].

$\Delta P = \Delta P_{def} *2 + \Delta P_{ch} = 2.75$ [mCE].

D'après le catalogue **« ITT LOWARA »** notre choix s'est porté sur une pompe : Modèle : FC65 – 7T.

- Puissance nominale 350 [W]
- 230/400 V. 50HZ.
- Diamètre : 40 [mm].
- Longueur : 292 [mm].
- Largeur : 171 [mm].
- Hauteur : 250 [mm].
- Poids : 16 kg.



Figure IV.4 : pompe d'alimentation d'eau chaude

Choix de vase d'expansion :

La vase d'expansion est conçu pour absorber l'excès d'eau contenue dans toute l'installation due à sa dilatation sous l'effet d'une augmentation de température et même de compenser les variations de volume d'eau.

Il est placé sur le retour du circuit de chauffage.

On distingue parmi les systèmes d'expansion des installations de chauffage :

Les systèmes à vase ouvert :

Ils nécessitent d'être positionnés en partie haute de l'installation et ne se rencontrent plus que dans les anciennes installations.

Les systèmes à vase fermé à pression variable:

Un réservoir contient de l'azote qui est séparé de l'eau de l'installation par une membrane souple.

Les systèmes à vase fermé à pression maintenue:

La pression du gaz est maintenue par un dispositif d'échappement quand la pression augmente et de gonflage quand la pression descend.

Ces systèmes sont utilisés lorsque les installations ont de gros volumes en eau. On a choisit un vase d'expansion fermé à pression variable

Méthode de calcul :

Calcul de la contenance en eau de l'installation :

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

$$V_{tot} = V_{tuy} + V_{V.C} + V_{CH}$$

V_{tuy} : volumedes tuyauteries.

X.C : volume d'eau dans les ventilo – convecteurs.

VCH : volume d'eau

dans la chaudière. Calcul

de volume d'expansion :

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

$$V_{vase} = V_{tot} . C_m$$

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

$$t_{moy} = (t \text{ aller} + t \text{ retour}) / 2$$

Application :

Coefficient de dilatation d'eau :

Température °C	**Coefficient**	**Température** °C	**Coefficient**
10	**0,0004**	**65**	**0,0196**
20	**0,0018**	**70**	**0,0225**
30	**0,0044**	**75**	**0,0256**
40	**0,0079**	**80**	**0,0288**
50	**0,0119**	**85**	**0,0322**
55	**0,0143**	**90**	**0,0357**
60	**0,0169**	**95**	**0,0394**

Donnés de base : T départ = 45°C T retour = 40°C

Pour le volume du circuit de conduite on utilise le tableau (47) «**RIETSCHEL**» qui donne la contenance en eau de chaque D.N de conduit en litre par mètre de longueur de conduis

Φ nominal	**langueur (m)**	**contenance en eau (L/m)**	**V des tuyaux (L)**
15	**51,35**	**0,201**	**10,32**
20	**72,3**	**0,366**	**26,46**
25	**126,03**	**0,581**	**73,22**
32	**14,1**	**1,012**	**14,27**

40	**3,54**	**1,372**	**4,86**
50	**7,08**	**2,059**	**14,58**
65	**11,34**	**3,882**	**44,02**
			187,73

Vtuy = 187,73 L

Type	**contenance de l'eau**	**Nbre**	**V** $_{v,c}$
TH30	**1,1**	**55**	**60,5**

$V_{V.C}$ = 60,5 L Donc :

V_{tot} = V_{tuy}+$V_{V.C}$+V_{CH} = 283.23 L

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

= (40+45) / 2 =42.5°C ⟶ C_m = 0.085

V_{vase}= V_{tot} .C_m = 24.07 L

A partir de « **mémo thèque génie énergétique »** Le choix s'est porté sur le vase **:**

- Pression de gonflage: 1 bar
- Dimension : $Ø_A$ = 328 [mm]; H = 405 [mm].
- Poid : 6,9 kg



Figure IV.5 : vase d'expansion

Conclusion général

Pour nous, ce travail a été une occasion sans précédente pour tester nos connaissances et les mettre en œuvre, comme il nous a permis de contribuer à la recherche du confort de l'être humain par l'apport et la mise en place d'équipements adéquats et leur exploitation dans les conditions les plus économiques.

Malgré les difficultés que nous avons rencontrées durant la réalisation de ce projet(manque de documentation, absence des plans …..), cela n'a pas nous empêché d'essayer de faire tout notre possible pour réaliser un travail bénéfique.

Enfin nous espérons aussi que notre modeste travail représentera une aide à toutes personnes qui portent intérêt au domaine de la Génie Climatique.

Bibliographie

- **Les livres :**

[1] : RIETSCHEL " TRAITE DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION TOME 2 ".

[2] : CYCLE ET DIAGRAMME THERMODYNAMIQUE.

[3] : ATLAS SOLAIRE DE L'ALGERIE [TOME03].

[4] : DTR

[5] : REGULATION EN GENIE CLIMATIQUE

[6] : les planchers 2 ; 5 ; 10 ; 11.

- **Les cours :**

[7] **:** Cours de chauffage 3eme année licence.
[8] **:** Cours de transfert de chaleur
[9] **:** Cours de système de climatisation 1er année master.
[10] **:** Cours de système de ventilation 1er année master.
[11] : Cours de climat confort 3eme année licence.

- **Les catalogues :**

[12] **:** CIAT

[13] **:** France AIR

[14] **:** CHAPPEE

❖ **[15] : Les anciens mémoires de fin d'étude**

❖ **[16] : Cites d'internet**

[17]: from http://meteo.infospace.ru