

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ DE SKIKDA



Faculté des Sciences de la Technologie  
Département : Génie Civil

Mémoire  
Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Génie Civil

Option : Equipement de L'habitat

**Thème**  
***Climatisation d'un Hôtel***

**Cas d'étude : ville de Zerdaza SKIKDA  
(Nouveau projet)**

Présenté par :  
Bechiri Mohamed el amine

Encadreur :  
Pr : Zaidi Ahmed

Promotion2023/2024

## **Dédicace...**

Ce modeste travail est dédié à :  
Nos familles...  
Nos proches et nos amis...  
Tous ceux qui nous ont soutenus...

## Sommaire :

Dédicace.....	2
Sommaire : .....	3
<b>INTRODUCTION</b> .....	5
<b>Chapitre I</b> .....	6
Dénomination de projet .....	6
Introduction .....	7
1. Description et situation du projet : .....	7
2. Donner climatique de base : .....	8
<b>Chapitre II : Calcul thermique</b> .....	15
II-1-1 : calcul du coefficient K : .....	16
II-1-2 : Les différentes couches des parois et leurs caractéristiques.....	16
II-1-3: Les différentes couches des dalles et leurs caractéristiques:.....	18
II-1-4 : vérification de la résistance thermique minimale exigée des parois:.....	19
<b>II-2 : Etude de la condensation</b> : .....	21
II-2-1 : Condensation superficielle:.....	21
II-2-2 : Condensation dans la masse:.....	22
<i>Chapitre III</i> .....	27
<b>LE BILAN THERMIQUE</b> .....	27
III-1. Introduction : .....	28
<b>III-2 : Calculs apports</b> : .....	28
<b>III-2-1 : Méthode de calcul de bilan thermique en période estivale</b> : .....	28
<b>III-2-1-1 : Apports externes</b> : .....	28
<b>III-2-1-2 : Apports internes</b> : .....	34
<b>III-3 : application au projet</b> : .....	36
<b>III-4 : Calcul des déperditions calorifiques</b> : .....	41
<b>III-4-1 : Généralité</b> :.....	41
<b>III-4-2 : Méthode de calcul du bilan thermique en période hivernale</b> :.....	41
<b>III-4-2-1 : Déperditions par transmission</b> : .....	41
<b>III-4-2-2 : Déperdition par ventilation</b> : .....	42
<b>Qtot = Qtr + Qv [W]</b> .....	44
<b>III-4-3 période estivale</b> :.....	44
<i>Annexe 1</i> .....	46
<b>Chapitre IV</b> .....	50
<b>Systemes de climatisation</b> .....	50
<b>IV-1 : Introduction</b> : .....	51
<b>IV-2 : Critères du choix d'une installation de climatisation</b> : .....	51
a) <b>Confort et température</b> :.....	51

<i>b) : Confort et humidité :</i>	51
<i>c) : Confort et vitesse de l'air :</i>	51
<i>d) : Confort acoustique :</i>	52
<b>IV- 3 : Classification des systèmes de climatisation :</b>	52
<b>IV-4 Etude du système :</b>	53
A) D'après le catalogue lennox on a choisi le roof top suivant : <b>FLEXY FHM200</b>	53
a) <i>Méthode de calcul :</i>	55
b) <b>Application au projet « roof-top » :</b>	58
d) <b>Le choix des bouches de soufflage et les bouches de reprise :</b>	63
<b>E- Calcul aéraulique :</b>	66
<b>p: principal Soufflage s:secondeur</b>	72
<b>p: principal s:secondeur</b>	77
<b>2) Le système semi centralisé</b>	86
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ventilo-convecteur verticaux carrossé	86
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ventilo-convecteur verticaux non carrossés	87
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ventilo-convecteurs horizontaux carrossés	87
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ventilo-convecteurs horizontaux non carrossés	87
<b>méthode de calcul des ventilo – convecteurs :</b>	90
ANNEXE 3	100
<b>V/ REGULATION</b>	119
<b>Application au projet PRINCIPE DE REGLAGE</b>	119
<b>V-1: Introduction:</b>	121
<b>V-2 : APPAREILS DE REGULATION UTILISEE DANS LES INSTALLATIONS DE CLIMATISATION :</b>	122
<b>V-3 : CHOIX DU MODE DE REGULATION :</b> Parmi les modes de régulations, il existe : .....	122
<b>V-4 : REGULATION DES VENTILLO-CONVECTEUR :</b>	123
<b>PLANS</b>	134
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	139

## **Introduction**

---

### **INTRODUCTION**

La climatisation améliore la qualité des ambiances et des conditions de travail toute l'année, en créant dans les locaux équipés, un climat propice aux contacts humains sans l'agacement créé par l'étouffement des fortes chaleurs.

Pour limiter la multiplication de petites unités extérieures et les coûts de la climatisation en général, il faudrait privilégier l'installation de systèmes tels que les Ventilateurs-convecteurs et les centrales de traitement d'air, qui offrent une solution souple et un confort optimum. Ces derniers peuvent également apporter une réponse aux nombreuses demandes de climatisation en minimisant la consommation d'énergie.

Dans ce projet, on s'intéresse à la climatisation d'un hôtel, disposant d'ateliers, loge, bureau et d'espace larges, destinés à recevoir un nombreux public. On a étudié l'installation d'un système centralisé, pouvant répondre aux exigences de confort.

# **Chapitre I**

## **Dénomination de projet**

**Introduction**

Le Confort : Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu.

Confort = équilibre entre l'homme et l'ambiance

La diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectue selon divers mécanismes :

- Plus de 50% des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par la respiration ou à la surface de la peau).
- Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représente jusqu'à 35% du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1 %).
- Le corps perd également 6% de la chaleur à réchauffer la nourriture ingérée.

Cette importance de nos échanges par rayonnement explique que nous sommes très sensibles à la température des parois qui nous environnent.

**Le confort thermique dépend de 6 paramètres :**

- Le métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
- L'habillement, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- La température ambiante de l'air  $T_a$ .
- La température radiante moyenne des parois  $T_p$ .
- L'humidité relative de l'air (HR), qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température  $t_a$  et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
- La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s.

En conclut que l'étude dans le domaine de la climatisation qu'elle que soit les résultats, il est toujours proximité au résultat réelle.

**1. Description et situation du projet :**

Ce projet consiste à climatiser un hôtel située à Skikda (zerdaza) et ce projet

comporte: réez de chaussez et 1ère étage 2ème étage jusqu'a 8ème étages

## 2. Donner climatique de base :

La ville de Skikda située dans la zone climatique(II), caractérisée par les conditions climatiques de base données par le tableau ci-dessous :

Latitude(I)	36.35NORD
Longitude (L)	6.55EST
Altitude(Z)	600

Tableau :(I -01) donnée géographique pour la ville de Skikda ( Zerdaza)

### A- 01 :-Condition climatique extérieur :

Les conditions de base des périodes estivale et hivernal de la région où situé notre projet est regroupé dans le tableau ci-dessous (selon ASHRAE Herd-book Fundamentals (SI) 2005

Conditions climatiques	Période estivale	Périod ehivernal
Temperature debase TB (C0)	38.1	-0.4
Humidité relative $\phi$ (%)	33	80

Tableau (I-02) : Les paramètres de base extérieurs

**b-Les conditions de basse intérieures** Les paramètres intérieurs ont pour rôle d'assurer le confort :

- ✓ La température résultante du local
- ✓ Le degré hygrométrique de l'air intérieur
- ✓ La vêtture et l'activité de l'individu
- ✓ Le niveau du bruit
- ✓ La pureté de l'air dans le local ; l'éclairage, la couleur, etc.

Mais les deux les plus importants sont :

#### **B-1-Humidité relative :**

Humidité relative [35-70%] le meilleur confort exige une humidité entre [40-60%] dans cette étude on fixe l'humidité à 50% pour les deux périodes.

#### **B-2-La température de l'air intérieur :**

Pendant la période estivale on admet pour une température sèche intérieure les recommandations suivantes :

- Si  $T_b = 32 \leftrightarrow 35 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow t_i = 25 \leftrightarrow 27 \text{ }^\circ\text{C}$
- Si  $T_b = 35 \leftrightarrow 38 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow t_i = 26 \leftrightarrow 28 \text{ }^\circ\text{C}$
- Si  $T_b > 38 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow t_i = 27 \leftrightarrow 29 \text{ }^\circ\text{C}$
- On à la  $T_b > 38 \text{ }^\circ\text{C}$  Alor son prendrait  $= 27 \text{ }^\circ\text{C}$

**Condition de base extérieure :**

LOCAL	Période hivernale		Période estivale	
	Ti		Ti	
Salle-homme, salle-femme, Vestiaire sale des faites	20	50	27	50
Boutique, exposition d'artisan, Halle, Réception, bureau	20	50	27	50
Restaurant, Terrasse couverture Salle de conférence, chambre, Suit	20	50	27	50
WC	20	50	27	50

**B-3-Désignation des locaux:**

N du local	Désignation	Hauteur [ m ]	Langueur [ m ]	Largeur [ m ]	Surface [ m <sup>2</sup> ]
R01	Salle-hommes	4.56	17.40	9.2	136.36
R02	Salle-femmes	4.56	17.30	15	257.5
R03	Vestiairesalleledesfaites1	4.56	5.36	3.90	19.46
R04	Vestiairesalleledesfaites2	4.56	4.80	2.90	13.82
R05	Vestiairesalleledesfaites3	4.56	6.65	3.10	20.50
R06	WC	4.56	8.60	3.05	26.23

R07	WC	4.56	2.95	1.96	4.51
R08	WC	4.56	6.25	2.4	14.85
R09	Boutique1	4.56	2.93	2.23	6.53
R10	Boutique2	4.56	2.93	2	5.86
R11	Exposition d'artisan	4.56	2.23	2.93	9.46
R12	Hall	4.56			150
R13	Réception	4.56	3.08	2.82	8.68

Ndu Local	Désignation	Hauteur [m]	Langueur [m]	Largeur [m]	Surface [m]
E101	Salle de conférence	3.88	16.73	14.80	247.28
E102	Restaurant	3.88	15.17	10.79	150
E103	Terrasse Couverte	3.88	14.68	4.51	65.15
E104	Bureau1	3.88	4.84	2.58	12.5
E105	Bureau2	3.88	3.65	2.51	9.16
E106	Bureau Directeur	3.88	6.08	3.46	21.05
E107	WC	3.88	4.83	2.58	12.50
E108	Hall	3.88	22.45	4.12	92.64

Ndu Local	Désignation	Hauteur [m]	Langueur [m]	Largeur [m]	Surface [m]
E201	Chambre	3.54	6.44	3.93	20.80
E202	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E203	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E204	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E205	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.80
E206	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.60
E207	Chambre	3.54	6.94	3.68	17.28
E208	Chambre	3.54	6.94	3.68	16.23
E209	Chambre	3.54	6.44	4.82	25.54

Ndu Local	Désignation	Hauteur [m]	Langueur [m]	Largeur [m]	Surface [m]
E301	Chambre	3.54	6.44	3.93	20.80
E302	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E303	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E304	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E305	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.80
E306	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.60
E307	Chambre	3.54	6.94	3.68	17.28
E308	Chambre	3.54	6.94	3.68	16.23
E309	Chambre	3.54	6.44	4.82	25.54

Ndu Local	Désignation	Hauteur [m]	Langueur [m]	Largeur [m]	Surface [m]
E401	Chambre	3.54	6.44	3.93	20.80

E402	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E403	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E404	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E405	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.80
E406	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.60
E407	Chambre	3.54	6.94	3.68	17.28
E408	Chambre	3.54	6.94	3.68	16.23
E409	Chambre	3.54	6.44	4.82	25.54

N du Local	Désignation	Hauteur [m]	Langueur [m]	Largeur [m]	Surface [m]
E501	Chambre	3.54	6.44	3.93	20.80
E502	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E503	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E504	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E505	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.80
E506	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.60
E507	Chambre	3.54	6.94	3.68	17.28
E509	Chambre	3.54	6.94	4.82	25.54

N du Local	Désignation	Hauteur [m]	Langueur [m]	Largeur [m]	Surface [m]
E601	Chambre	3.54	6.44	3.93	20.80
E602	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E603	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E604	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E605	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.80
E606	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.60
E607	Chambre	3.54	6.94	3.68	17.28
E608	Chambre	3.54	6.94	3.68	16.23
E609	Chambre	3.54	6.44	4.82	25.54

N du Local	Désignation	Hauteur [m]	La ngueur [m]	La rgeur [m]	Surface [m]
E701	Chambre	3.54	6.44	3.93	20.80
E702	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E703	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E704	Chambre	3.54	6.84	3.93	19.60
E705	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.80
E706	Chambre	3.54	6.94	3.68	18.60
E707	Chambre	3.54	6.94	3.68	17.28
E708	Chambre	3.54	6.94	3.68	16.23
E709	Chambre	3.54	6.44	4.82	25.54

N du Local	Désignation	Hauteur [m]	Langueur [m]	Largeur [m]	Surface [m]
E 801	Suit1	3.54	10.11	6.49	59.13
E 802	Suit2	3.54	11.35	6.49	67.43
E 803	Suit3	3.54	14.75	6.55	79.67

# **Chapitre II : Calcule thermique**

## Chapitre 02 : Calcul thermique

### II-1-1 : calcul du coefficient K :

Pour des parois à plusieurs couches le coefficient de chaleur global se calcule par la formule suivante :

$$K=1/R_{tot}=1/(R_i+{}^{\text{TM}}R_i+R_e)$$

$$-R_i=1/h_i=0,12[\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}];$$

$$-R_e=1/h_e=0,043[\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}].$$

$$-h_i=8,141[\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{°C}],$$

$$-h_e=23,26[\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{°C}].$$

Pour les sols et plafonds en cas de transmission calorifique du haut vers le bas

$$-R_i=1/h_i= 0,17 [\text{m}^2 \cdot \text{°C} / \text{W}],$$

$$- h_i= 5,815 [\text{m}^2 \cdot \text{°C} / \text{W}].$$

$h_i$ : coeff. D'échange superficiel de chaleur à l'intérieure du local\*W/m<sup>2</sup>.°C].

$h_e$ : coeff. D'échange superficiel de chaleur à l'extérieure du local\*W/m<sup>2</sup>.°C].

$e_i$ : épaisseur de la couche de matériaux de la paroi[m].

$\lambda_i$ : conductivité thermique du matériau[W/m.°C].

$R_T$ : résistance thermique totale [m<sup>2</sup>.°C/W].

### II-1-2 : Les différentes couches des parois et leurs caractéristiques

Le mur extérieure est fini, il à une épaisseur de 0,35m, il est constitué de 5 couches:

A-Mur extérieure:  $e_p=0.35\text{m}$

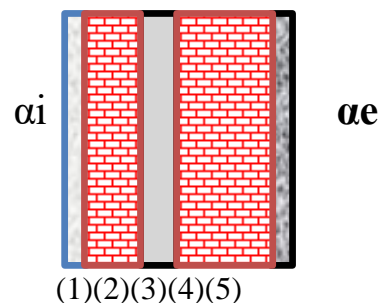
(1):Enduit plâtre

(2): Brique creuse

(3): Lame d'air

(4): Brique creuse

(5): Enduit ciment



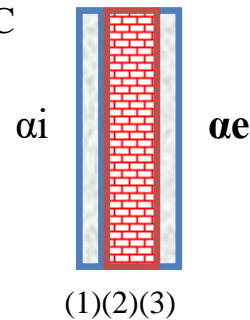
N <sup>o</sup>	Couche	e (m)	$\Lambda$ [kcal/h m °C]	R [hm <sup>20</sup> C / kcal]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C <sub>p</sub> [kcal/kg °C]	$\pi$ [g/h.m.mmH g]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> c/ w]
1	Enduitpatre	0.025	0.7	0.033	1600	0.30	0,005	0.036
3	Briquecreuse	0.1	0.55	0.25	1300	0.20	0.014	0.18
3	Lame d'air	0.05	0.24	0.21	1.2	0.24	0,09	0.24
4	Briquecreuse	0.15	0.55	0.375	1200	0.20	0,014	0.27
5	Enduitciment	0.025	1.4	0.016	2200	0.19	0,005	0.18

**Tableau (II-01) : résistance de différentes couches de la paroi extérieur.**

$K=1/[0.12+0.907+0.043]=1.1W/m^2°C$   $K=1.1W/m^2°C$

b) 1- Mur intérieur : ep=0.15m

- (1) : Enduit de plâtre
- (2) : Brique creuse
- (3) : Enduit de plâtre



	Structure	e (m)	$\lambda$ (w/m°C)	1/h (w/m <sup>2</sup> °c)	R <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> c/w)
1	Air intérieure	//	//		0.12
2	Enduit de plâtre	0,025	0,7	//	0,036
3	Brique creuse	0,10	0.55	//	0,18
4	Enduit de plâtre	0.025	0.7	//	0,036
5	Air intérieur	//	//	//	0.12

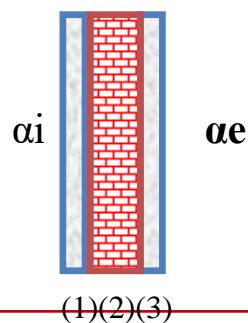
**Tableau(II-02):résistance de déférente couche de la paroi INTERIEUR(ep=15cm)**

$R_{tot}=0.03(m^2 c/w)$

$K=3.33(W/m^2°C)$

b-2- Mur intérieur:ep=0.25m

- (1) : Enduit de plâtre
- (2) : Brique creuse



(3) : Enduit de plâtre

N°	Structure	e (m)	$\Lambda$ (w/m°C)	1/h (w/m <sup>2</sup> °c)	R <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> °c/w)
1	Air intérieure	//	//	//	0.12
2	Enduitde plâtre	0,025	0,7	//	0,036
3	Brique creuse	0,20	0.55	//	0,36
4	Enduitdeplâtre	0.025	0.7	//	0,036
5	Air intérieur	//	//	//	0.12

Tableau(II-03):résistance de déférente couche de la paroi INTERIEUR(ep=25cm)  
**R<sub>tot</sub>=0.67(m<sup>2</sup>°c/w)**

**II-1-3: Les différentes couches des dale et leurs ctéristiques:**

K=1.49 (W/m<sup>2</sup>°C)

**PLAFOND ENTRE ETAGE :**

N°	Elémentde construction	ei[m]	$\lambda_i$ [W/m°C]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> °C/W]
1	Air intérieure	//	//	0.17
2	Carrelage	0,025	0,55	0.045
3	Ciment	0,025	1,4	0.018
4	Litdesable	0.03	0.6	0.05
5	Béton armé	0,1	2,1	0.048
6	Hourdis	0,1	0,8	0.125
7	Enduiten plâtre	0,025	0,7	0.036
8	Air intérieure	//	//	0.17

Tableau (II-04) : résistance de déférente couche de la plancher entre étage.

**R<sub>tot</sub>=0.66[m<sup>2</sup>°C/W]**

**K=1.51(w /,°c)**

## La Terrasse

N°	Elément de construction	ei[m]	$\lambda$ [W/m°C]	Ri[m <sup>2</sup> °C/W]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Cp [Wh/Kg°C]	$\Pi$ [g/mhmmhg]
1	Gravillon	0,02	0.95	0.021	100	0.256	0.022
2	Cartonbitumé	0,03	0.2	0.15	1100	0.233	0.003
3	Liège	0,02	0.06	0.33	175	0.49	0.013
4	Chapeenciment	0,01	1.63	0.006	1080	0.71	0.005
5	Béton	0,2	2.1	0.095	2400	0.35	0.015
6	Hourdis	0,1	0.98	0.102	1800	0.256	0.008
7	Enduitenplâtre	0.02	0.81	0.025	936	0.452	0.013
				RiTot 0,732			

Tableau(II-05) : résistance de différente couches de la plancher terrasse.

$$K=1/[0.12+0.732+0.043]=1.11\text{W/m}^2\text{°C} \quad K=1.11\text{W/m}^2\text{°C}$$

### II-1-4 : vérification de la résistance thermique minimale exigée des parois:

Le but de l'isolation thermique est d'assurer le confort thermique à l'intérieur avec un coût d'investissement acceptable et qui permet d'avoir un coût d'exploitation réduit, pour ce l'a il faut déterminer la résistance thermique minimale exigée, qui a deux avantages.

-Assurer la température convenable à la surface intérieure de la paroi extérieure.

-Eviter les risques de condensation superficielle.

-La résistance thermique minimale exigée est donnée par la relation

»Pour avoir ces deux conditions, il faut vérifier que:

$$R_{min} < R_{cal}$$

$$R_{cal} = 1/k \quad [m^2\text{°C/W}]$$

$$R_{min} = \frac{(t_i - t_e)}{h_i \Delta \theta_{max}} \quad [m^2\text{°C/W}]$$

D'où :

- $t_i$ : Température intérieure.

- $t_e$ : Température extérieure.

- $n$ : Coefficient de réduction qui tient compte de l'influence de la température extérieure.

- $h_i$ : Coefficient de transmission de chaleur.

- $\Delta\theta_{max}$ : L'écart minimal admis entre la température et celle de la façade intérieure de la paroi.

<i>Situation</i>	<i>N</i>	
<b>Mur extérieur.</b>	<b>1</b>	
<b>Planchersursol,terrasse.</b>	<b>0,9</b>	
<i>Désignation</i>	$\Delta\theta_{max}$	
	<b>Paroi</b>	<b>Terrasse</b>
<b>Bâtiment, administration, hôpital.</b>	<b>3,5</b>	<b>4,5</b>
<b>Cinéma, théâtre, école.</b>	<b>7</b>	<b>5,5</b>
<b>Bâtiment industriel.</b>	<b>8 – 12</b>	<b>7 – 12</b>
<b>Douche,sallede bain.</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>
<b>Habitation.</b>	<b>3,5</b>	<b>3</b>

Tableau (II-06) : donnée des valeurs du coefficient de réduction.

<b>Paroi</b>	$T_i[^\circ C]$	$T_e[^\circ C]$	$K [W/m^2\cdot^\circ C]$	$\Delta\theta_{max} [^\circ C]$	$n$	$R_{cal}[m^2\cdot^\circ C/W]$	$R_{min}[m^2\cdot^\circ C/W]$	$R_{cal}>R_{min}$
<b>Murextérieurede30 Cm</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>1.1</b>	<b>3,5</b>	<b>1</b>	<b>0.907</b>	<b>0.666</b>	<b>Vérifiée.</b>
<b>Toiture</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>1.11</b>	<b>4.5</b>	<b>0.9</b>	<b>0.944</b>	<b>0.466</b>	<b>Vérifiée.</b>
<b>Toiture</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1.11</b>	<b>4.5</b>	<b>0.9</b>	<b>0.944</b>	<b>0.343</b>	<b>Vérifiée.</b>
<b>Murextérieurede30 Cm</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1.1</b>	<b>3.5</b>	<b>1</b>	<b>0.907</b>	<b>0.491</b>	<b>Vérifiée.</b>

Tableau(II-07) : Etude de la résistance thermique minimale exigée.

$R_{min} < R_{cal}$  donc la résistance minimale est vérifié.

## II-2 : Etu de de la condensation :

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

L'humidité qui apparaît parfois à la surface ou à l'intérieur même des parois des constructions est souvent l'origine du désordre grave.

Il peut s'agir de **condensation superficielle** qui se manifeste sur les surfaces des parois sous formes de liquide en film continu ou bien de gouttelettes, ce qui provoque la détérioration de la peinture ou le décollage du papier peint.

Il peut aussi s'agir de **condensation dans la masse**.

### II-2-1 : Condensation superficielle:

La condensation superficielle apparaît sur les parois internes pendant la période hivernale lors que la température de ces parois est inférieure à celle de rosée .Donc pour l'éviter il faut que :  $T_{Pi} > T_r$

$$\text{Avec: } T_{Pi} = t_i - \frac{1}{h_i} (t_i - t_e) K \quad [^{\circ}\text{C}]$$

D'où:

$T_{Pi}$ : Température de la face interne de la paroi [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$t_i$ : Température de l'ambiance interne [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$t_e$ : Température de l'ambiance externe [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$T_r$ : Température de rosée est la température à laquelle l'air humide que l'on refroidit arrive à la saturation ( $\varphi = 100\%$ ). La détermination du point de rosée s'effectue d'après le diagramme(H-X)

### Application au projet

#### Mur extérieur de 35Cm:

$$-K = 1,10 \text{ W/m}^2\text{^{\circ}\text{C}}$$

$$\text{Pour : } -t_i = 20 \text{ } ^{\circ}\text{C} \longrightarrow T_r = 9 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$-\varphi_i = 50\%$$

La température de rosé " $t_R$ " est déterminée graphiquement d'après le Diagramme H- X pour les conditions intérieures de calcul  $\varphi_i, T_i$

$$T_{Pi} = 20 - (1.10/8.14) * (20-1) = 17.46^{\circ}\text{C}.$$

$T_{Pi} > T_r$ : pas de condensation superficielle.

Le tableau(II - 08)qui suit montre la vérification de la condition( $R_{cal} > R_{min}$ )pour chaque type de paroi de l'établissement :

<i>mur</i>	$T_i[^\circ\text{C}]$	$t_e[^\circ\text{C}]$	$k$ [W/m <sup>2</sup> °c]	$\phi_i$ [%]	$T_r[^\circ\text{C}]$	$T_{Pi}[^\circ\text{C}]$	$T_{Pi} > T_r$
Mur extérieur	20	-0.4	1.10	50	9	17.43	Vérifiée.
Mur extérieur	15	-0.4	1.10	50	4.6	13.10	Vérifiée.
Toiture	20	-0.4	1.11	50	9	17.41	Vérifiée.
Toiture	15	-0.4	1.11	50	4.6	13.09	Vérifiée.

### II-2-2 :Condensation dans la masse:

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

.En hiver, une paroi se refroidit de l'intérieur vers l'extérieur (de la paroi chaude vers la paroi froide),ce qui veut dire qu'elle refroidit intérieurement par conséquent son point de con de 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 deGLASER.

- **Méthode de Glaser :**

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

-Détermination de la résistance de la diffusion de la vapeur des différentes couches des parois  $R_d = e/\pi$ .

$e$  : Epaisseur de chaque élément de la construction en [m].

$\pi$  : Coefficient de perméabiliser de la vapeur d'eau en[g/m hmm Hg].

- Détermination des températures des différentes couches de la paroi.
- Détermination des pressions de saturation correspondantes aux différentes températures.
- Détermination des pressions partielles respectivement intérieures et extérieures (PPi), (PPe).

$$PPi = \varphi_i PSI / 100.$$

$$PPe = \varphi_e PSe / 100.$$

Avec:

., humidité relative intérieure et extérieure en [%].

PSI et PSe: pression de saturation de l'air intérieur et extérieur en [mmHg].

- Tracer les courbes des pressions partielles et de saturation respectivement en fonction de l'épaisseur de chaque couche de la paroi.
- A la fin on compare l'évaluation de ces couches.

### Application au projet:

#### Mur extérieur de 35 Cm :

$$t_i = 20^\circ\text{C} \quad \varphi_i = 50\%$$

$$t_e = 1^\circ\text{C} \quad \varphi_e = 80\% \quad K = 1.10 \text{ w/m}^2\text{C}$$

#### Détermination de la température de chaque couche:

$$t_{pi} = t_i - (t_i - t_e) \times (K/h_i) \Rightarrow t_{pi} = 17.43^\circ\text{C}$$

$$t_{p1} = t_{pi} - K (t_i - t_e) \times R1 = 16.68^\circ\text{C}$$

$$t_{p2} = t_{p1} - K (t_i - t_e) \times R2 = 12.88^\circ\text{C}$$

$$t_{p3} = t_{p2} - K (t_i - t_e) \times R3 = 7.86^\circ\text{C}$$

$$t_{p4} = t_{p3} - K (t_i - t_e) \times R4 = 2.21^\circ\text{C}$$

$$t_{pe} = t_{p4} - K (t_i - t_e) \times R5 = 1.83^\circ\text{C}$$

#### Détermination de la résistance de chaque couche:

element de construction	Epaisseur(m)	$\pi$ [g/mhmmHg]	Rd [m <sup>2</sup> hmmHg/g]
1-Enduiten 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 enciment	0,025	0,05	0.5

Tableau(II-09):résistance de chaque couche.

#### Détermination de la pression partielle:

$$\sum R_d = \sum (e/\pi) = 19,69 [m^2 h \text{ mm Hg/g}]$$

$$P_{Pe} = \varphi_e P_{Se} / 100 = 80 \times 4,93 / 100 = 3.944 \text{ mm Hg} (1^\circ\text{C} \rightarrow p_{se} = 4.93 \text{ mmhg})$$

$$P_{Pi} = \varphi_i P_{Si} / 100 = 50 \times 17.53 / 100 = 8.76 \text{ mm Hg} (20^\circ\text{C} \rightarrow p_{si} = 17.53 \text{ mmhg})$$

$$(P_{Pi} - P_{Pe}) / \sum (e/\pi) = (8.76 - 3.944) / (19.69) = 0.24 \text{ g/m}^2\text{h}$$

$$P_{p1} = P_{Pi} - (P_{Pi} - P_{Pe}) / \sum (e/\pi) \times R_{d1} = 8.29 \text{ mmhg}$$

$$P_{p2} = P_{Pi} - (P_{Pi} - P_{Pe}) / \sum (e/\pi) \times R_{d2} = 6.66 \text{ mmhg}$$

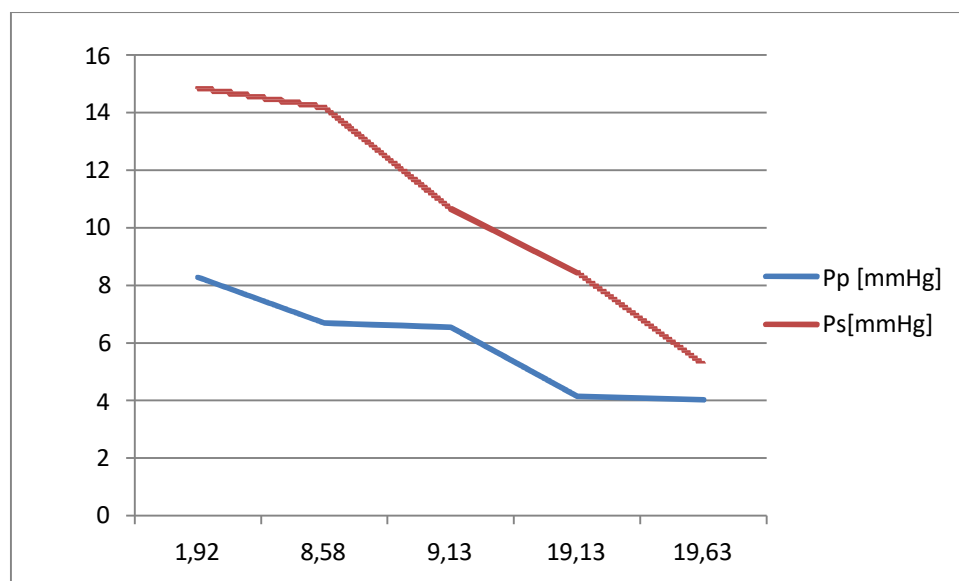
$$P_{p3} = P_{Pi} - (P_{Pi} - P_{Pe}) / \sum (e/\pi) \times R_{d3} = 6.53 \text{ mmhg}$$

$$P_{p4} = P_{Pi} - (P_{Pi} - P_{Pe}) / \sum (e/\pi) \times R_{d4} = 4.08 \text{ mmhg}$$

$$P_{pe} = P_{Pi} - (P_{Pi} - P_{Pe}) / \sum (e/\pi) \times R_{d5} = 3.96 \text{ mmhg}$$

T (°C)	20	17.43	16.78	12.88	7.86	2.21	1.83	1
P <sub>s</sub> (mmHg)	17.53	15.005	14.08	9.05	6.43	5.38	5.23	4,93
P <sub>p</sub>	/	8.29	6.66	6.53	4.08	3.96	/	/
e/π	/	1.92	8.58	9.13	19.13	19.63	/	/

Tableau(II-10):les pressions partielles au niveau des interfaces



(Diagramme de Glaser mure xtérieur )

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

**Toiture de 40cm:**

$$t_i = 20^\circ\text{C} \quad \varphi_i = 50\%$$

$$t_e = 1^\circ\text{C} \quad \varphi_e = 80\% \quad K = 1.11 \text{ w/m}^2\text{°C}$$

**Détermination de la température de chaque couche:**

$$t_{pi} = t_i - (t_i - t_e) \times (K/h_i) \Leftrightarrow t_{pi} = 17.43^\circ\text{C} \quad t_{p1} = t_{pi} -$$

$$K (t_i - t_e) \times R_1 = 16.99^\circ\text{C}$$

$$tp2=tp1-K(ti-te)xR2=13.82^{\circ}C$$

$$tp3=t p2 - K (ti -te) x R3=6.86^{\circ}C$$

$$tp4=t p3 - K (ti -te) x R4=6.73^{\circ}C$$

$$tp5=t p4- K (ti -te) x R5=4.72^{\circ}C$$

$$tp6=t p5- K (ti -te) x R6=2.56^{\circ}C$$

$$tpe=t p6- K (ti -te) x R7=2.14^{\circ}C$$

**Détermination de la résistance de chaque couche:**

Désignation	Epaisseur (m)	$\pi$ [g/mhmmHg]	Rd [m2hmmHg/g]
1. gravillon	0.02	0,022	0.909
2. cartonbitumé	0.03	0,003	10
3. Liège	0.02	0,013	1.53
4. Chapeenciment	0.01	0,005	2
5. Béton	0.2	0,015	13.33
6. Hourdis	0.1	0,008	12.5
7. Enduiten plâtre	0.02	0,013	1.53

Tableau(II-10):la résistance de chaque couche

$$\sum Rd = \sum (e / \pi) = 41.78 [m2 h mm Hg/g]$$

$$Ppe = \varphi e Pse / 100 = 80 \times 4.93 / 100 = 3.944 \text{ mm Hg} \quad (1^{\circ}C \rightarrow pse = 4.93 \text{ mm hg})$$

$$Ppi = \varphi i PSi / 100 = 50 \times 17.53 / 100 = 8.76 \text{ mmHg} \quad (20^{\circ}C \rightarrow psi = 17.53 \text{ mmhg})$$

$$(Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) = (8.76 - 3.944) / (41.78) = 0.115 \text{ g/m2h}$$

$$Pp1 = Ppi - (Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) \times Rd1 = 8.62 \text{ mmhg}$$

$$Pp2 = Ppi - (Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) \times Rd2 = 7.54 \text{ mmhg}$$

$$Pp3 = Ppi - (Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) \times Rd3 = 7.31 \text{ mmhg}$$

$$Pp4 = Ppi - (Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) \times Rd4 = 7.08 \text{ mmhg}$$

$$Pp5 = Ppi - (Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) \times Rd5 = 5.53 \text{ mmhg}$$

$$Pp6 = Ppi - (Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) \times Rd5 = 4.11 \text{ mmhg}$$

$$Ppe = Ppi - (Ppi - Ppe) / \sum (e / \pi) \times Rd5 = 3.94 \text{ mmhg}$$

T (°C)	20	17.43	16.99	13.82	6.86	6.73	4.72	2.56	2.14	1
Ps(mmHg)	17.3	14.94	14.53	11.85	7.44	7.37	6.41	5.51	5.34	4.93
pp	/	8.62	7.54	7.31	7.08	5.53	4.11	3.94	/	/
e/π	/	0.909	10.90	12.439	14.43	27.76	40.269	41.78	/	/

Tableau(II-11):les pressions partielles au niveau des interfaces

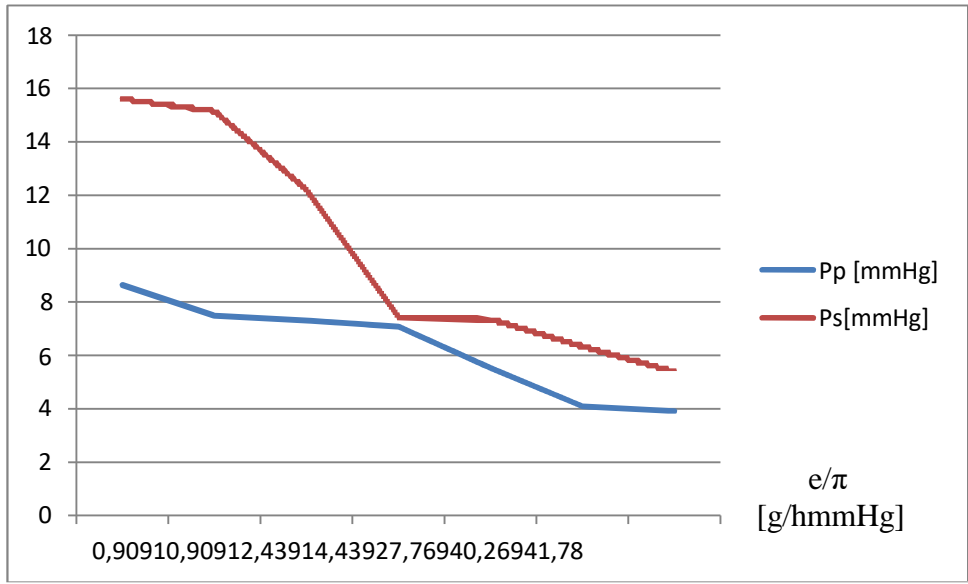


Diagramme de Glaser «Toiture»

**Résultat:**

Dans le cas de notre projet, la condensation des parois de l'établissement «mur extérieur et toiture »s'avère bonne au point de vue condensation dans la masse et ça d'après la méthode de Glaser.

# *Chapitre III*

## *LE BILAN THERMIQUES*

**III-1.Introduction :**

La nécessité de maintenir l'équilibre thermique du corps humain est maintenant établie. Or l'homme évolue généralement dans un milieu où les apports calorifiques, nombreux et divers, viennent perturber cet équilibre.

L'installation de climatisation permet de combattre ces apports en traitant l'air. Pour installer la climatisation dans un local, il est d'abord nécessaire de quantifier les supports calorifiques avant de déterminer le type d'équipement qui permettra de les neutraliser.

Le calcul des apports calorifiques passe par trois grandes phases :

1. Etablir le bilan thermique.
2. Déterminer le débit d'air.
3. Calculer les droites de pente

Etablir le bilan thermique d'un local, c'est répertorierait quantifier toutes les sources de perturbation qui vont influencer l'ambiance en températures en humidité :

**III-2 : Calcul des apports :****III-2-1: Méthode de calcul de bilan thermique en période estivale :****III-2-1-1 : Apports externes :**

Les apports externes peuvent être divisé se apport externes à travers les parois sans inerties (vitrage) et les parois avec inertie (opaques)

**A) : Apports par les surfaces vitrages :**

$$Q_v = Q_{tr} + Q_{ens} \quad [W]$$

$Q_{tr}$ : apports par transmissions

[W]  $Q_{ens}$ : apports par  
ensoleillements [W]

**A-1) : Apports par transmissions :**

$$Q_{TR} = K \times S \times (t_e - t_i) \quad [W]$$

Avec:

K: coefficient global de transfert de chaleur à travers les vitres [W/m<sup>2</sup>°C]

S : surface du vitrage [ $m^2$ ]  $t_i$  : température intérieure du local [ $^{\circ}C$ ]  $t_e$  : température extérieure pour l'heure du calcul considérée [ $^{\circ}C$ ], cette température est calculée par la relation suivante :

$$t_e = t_b - E \times \Delta h$$

$t_b$  : température extérieure de base [ $^{\circ}C$ ]

E : écart diurne qui représente la différence entre la température maximale et la température minimale [ $^{\circ}C$ ]

$\Delta h$  : coefficient de correction qui dépend de l'heure de calcul donnée par la relation suivante :  $\Delta h = 0,5(1 - \cos(\tilde{\omega} + 9)) \times 15$

$\Delta h$  : L'heure de calcul

### A-2) : Apports par ensoleillements :

$$Q_{ens} = F \times C \times K_1 \times (S_{en} \times I_g + S_{om} \times I_d)$$

[W] F: coefficient de correction en fonction 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 solaire (en choisie un rideau intérieure de couleur claire)

$K_1$  : coefficient de correction en fonction de l'épaisseur de la vitre [ $W/m^2$ ]

$S_{en}$  : surface ensoleillée du vitrage [ $m^2$ ]

$$S_{en} = (L - L_0) \times (H - H_0)$$

$S_{om}$  : surface ombrée de la fenêtre [ $m^2$ ]

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

L : largeur de la vitre [ $m^2$ ]

H : hauteur de la vitre [ $m^2$ ]

$$L_0 = R \times T_g(b)$$

$H_0$  : hauteur de la partie ombrée de la vitre [m]

$$H_0 = R \times T_g \times (h) / \cos(b)$$

R : retrait de la fenêtre [m] b : l'angle d'incidence h : hauteur du soleil calculée à partir de la fonction :  $\sin$

$$(h) = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega$$

$\varphi$ : Latitude du lieu considéré (degré)

$\omega$ : L'angle horaire (degré):

$\delta$  : La déclinaison solaire calculée à partir de la fonction :

$$= 23.45 \cdot \sin\left(\frac{360}{365}(284 - n)\right)$$

N : Nombre de jours jusqu' au jour de calcul

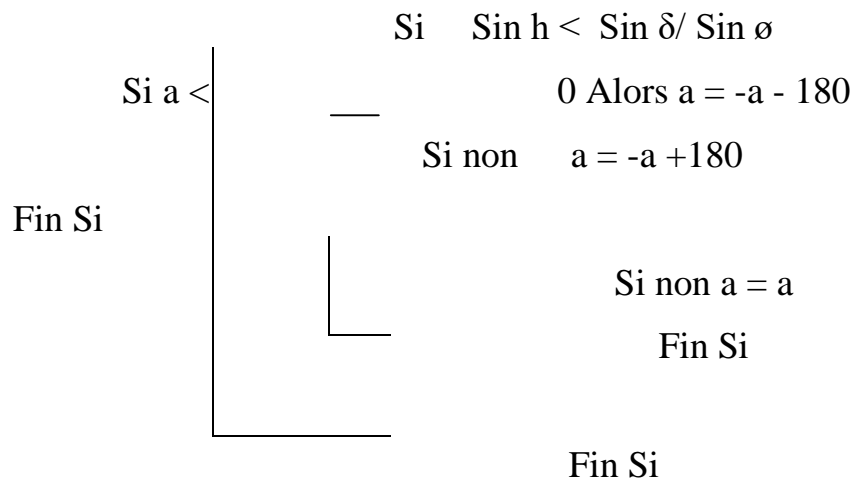
B : angle entre la projection des rayons solaires et la normale au plan considéré, il est donnée par :  $B = a - a_m$

a : l'azimute solaire donnée par :  $\sin a = \cos \delta \cdot \sin \omega / \cos h$

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

Les valeurs de  $a_m$  son donné en fonction de l'orientation

- Comme les calculatrices donnent des valeurs de  $\langle \text{l'arc sin } a \rangle$  comprises entre  $[-90^\circ, 90^\circ]$  et que "a" peut dépasser ces limites nous devons faire une correction en utilisant l'algorithme suivant:



$I_g$  : intensité du flux solaire global ( $W/m^2$ ), donné par :

$$I_g = I_D + I_d$$

$I_D$  : intensité du flux solaire direct sur une surface quelconque [ $W/m^2$ ]

$I_d$  : intensité du flux solaire diffus sur une surface quelconque [ $W/m^2$ ]

$$I_D = I_{DN} \times \cos i$$

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

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

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

$$I_0 = 1367 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$\tau$  : Coefficient de transparence dépendant du  
climat

$$\tau = 0.75 \text{ temps clair et sec}$$

$$\tau = 0.70 \text{ temps moyen et}$$

brumeux  $m_R$  : masse relative de  
l'air

$$m = 1/\sin h$$

$i$  : représente l'angle d'incidence, représente l'angle entre la direction des  
rayons solaire et la normale à la surface considérée

Pour un plan horizontal :  $\cos(i) = \sin h$

$$\text{Direct: } I_{DH} = I_{DN} \cdot \sin(h)$$

$$\text{Diffuse: } I_{DH} = a_1 \cdot (\sin(h))^{b_1}$$

Pour un plan vertical:  $\cos(i) = \cos(h) \cdot \cos(b)$

$$\text{Direct : } I_{DV} = I_{DN} \cdot \cos(h) \cdot \cos(b)$$

$$\text{Diffuse: } I_{DV} = 0.5 \left[ a_1 \cdot (\sin(h))^{b_1 + \rho} + a_2 \cdot (\sin(h))^{b_2} \right]$$

### **B): Apports à travers les parois opaques :**

Les apports par parois opaques prennent en compte :

- Les parois opaques internes
- Les parois opaques externes

Pour les parois internes, la quantité de chaleur échangée est donnée par la  
relation suivante :

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t \quad [\text{W}]$$

D'où :

S : surface de la paroi ou l'élément de construction en [m<sup>2</sup>]

K : coefficient de transmission de chaleur globale [W/m<sup>2</sup> °C]

Δt : différence de température entre les deux milieux séparés par la paroi en [°C]

Pour les parois opaques externes, le calcul des apports est plus compliqué, ceci est dû à l'influence de trois facteurs :

- 1- la variation cyclique de la température extérieure sèche au cours d'une même journée
- 2- la variation de l'intensité du rayonnement solaire sur les parois qui dépend de leurs orientations
- 3- l'inertie thermique des parois qui dépend de la structure de ces dernières

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

D'où :

K: coefficient global de transfert de chaleur [W/m<sup>2</sup>°C] S :

surface de la paroi [m<sup>2</sup>] m : coefficient d'amortissement t<sub>eq</sub> :

température extérieure équivalente [°C], donné par la relation

suivante :

$$t_{eq} = t_e + (A \cdot I_g / h_e)$$

t<sub>eqm</sub>: température extérieure équivalente moyenne [°C], donné par la relation

suivante :

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

t<sub>em</sub>: température extérieure moyenne, donné par la relation suivante :

$$t_{em} = t_B + 0.52 \cdot E$$

I<sub>m</sub> : intensité globale du rayonnement solaire en moyenne journalière

$$I_m = \sum_{24} I_{gi} \quad [W/m^2h]$$

I<sub>g</sub>: intensité globale pour l'heure considérée en tenant compte du retard [W/m<sup>2</sup>]

A : coefficient qui tiennent compte de conditions météorologiques

*\*Le retard (ε) et le coefficient d'amortissement (m) :*

$$\varepsilon = 2.7 \times D - 0.4 \text{ (h)} \quad \text{et} \quad m = \alpha_i \times \left( \frac{1}{K \cdot V_c} \right) \quad (3)$$

D: indice d'inertie thermique de la paroi considérée sans dimension qui est égale à :

$$D = 0.51 \times \sum R_i \times \sqrt{\lambda_i \cdot c_{pi} \cdot \rho_i}$$

- $R_i$ : résistance de la 1<sup>ère</sup> couche de la paroi considérée [ $m^2 \cdot C/W$ ]

-  $\lambda_i$ : conductivité thermique de la 1<sup>ère</sup> couche de la paroi considérée [ $W/m^2 \cdot C$ ]

- $C_{pi}$ : chaleur massique de la 1<sup>ère</sup> couche de la paroi considérée [ $J/Kg \cdot C$ ]

-  $\rho_i$ : la masse volumique de la 1<sup>ère</sup> couche de la paroi considérée [ $Kg/m^3$ ]

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

$$\nu = 2^D \times \left( 0.83 + 3 \times \sum_i^n \frac{R_i}{D} \right)^{-1}$$

Si la paroi comporte une lame d'air le coefficient  $\nu$  calculé par la relation suivant :

$$V_c = \nu B1 \quad B1 = 1 + 0.05 R_a (D / \sum R_i)$$

$R_a$ : résistance de la lame d'air

Si la paroi composées de plusieurs couche (maçonnerie +isolant) coefficient  $\nu$  calculé par la relation suivant :

$$V_c = \nu B2 \quad B2 = 0.85 + 0.15 \cdot \frac{\sqrt{\lambda \cdot c_p \cdot \rho_{mac}}}{\sqrt{\lambda \cdot c_p \cdot \rho_i}}$$

V (m3)	100>	100 - 500	500- 2000	2000-5000	5000<
R	0,75	0,60	0,40	0,20	0,10

**C) : Apports par infiltrations :**

$$Q = \rho_a \times C_p \times V \times r \times (t_e - t_i) \quad [W]$$

D'où :

- V : volume du local [m<sup>3</sup>]

-  $\rho_a$  : masse volumique de l'air  
[Kg/m<sup>3</sup>]

-  $C_p$  : chaleur spécifique de l'air  
[KJ/Kg °C]

- R : coefficient d'infiltration, dépend du volume du local [l/s]

**III-1- 1-2 : Apports internes :**

Le calcul des apports internes est une étape très importante dans le calcul final du bilan thermique, en effet ce calcul nécessite la connaissance non seulement de la destination du local mais également des conditions d'occupation (nombre des occupants, et leurs activités) du choix de type d'éclairage, des machines électriques utilisées et leurs caractéristiques

**a) : Apports dus aux occupants :**

$$Q_{occ} = N \cdot (Q_s + Q_l)$$

N : nombre d'occupants

$Q_s$  : chaleur sensible dégagée par les occupants [W]  $Q_l$  : chaleur latente dégagée par les occupants [W] les valeurs de  $Q_l, Q_s, W$  sont en fonction de la température intérieure du local et le mode d'activité de la personne qui son représenté dans le tableau suivant :

Activités	Application	Température ambiante [°C]						Emission thermique totale [W]
		25 °C		26°C		27°C		
		Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	
Assis au repos	Ecole, théâtre	65	37	62	40	60	42	102
Travail léger	Bureau, hôtel, appartement	67	49	63	59	56	60	116
Debout, marche lente	Magasin, boutique	68	63	63	68	57	74	131
Repas	Restaurant	77	84	71	90	64	97	161
Travail facile	Atelier	80	140	72	148	67	153	220
Danse	Boite de nuit	88	161	80	169	75	174	249
Travaille difficile	Usine	149	277	142	284	136	290	426

***b) : Apports dus à l'éclairage :***

$$Q_{\text{écl}} = K.S.N$$

K : coefficient de simultanéité (local ventiler K=0.25, non ventiler K=1)

S : surface du local considéré [m<sup>2</sup>]

N : puissance dépendant d'éclairage (fluorescent ou incandescent)  
[W/m<sup>2</sup>]

***c) : Apports dus aux équipements électriques :***

$$Q_{\text{mac}} = \psi .N$$

$\psi$ : Coefficient de simultanéité ( $\psi = 0.3 \div 0.95$ )

N : puissance de l'appareil [W]

Les puissance des machines :

Types d'appareils	Puissance nominales [W]	Gain à admettre [W]	
		Chaleur sensible	Chaleur latente
Friteuse 5litres d'huile	2575	464	696
Friteuse 10l d'huile	6954	1102	1653
Chauffe pains	435	319	29
Moules à gaufrettes	2192/719	899/319	609/203
Percolateur 2l	993	394	104
Chauffe eau	146	116	29
Cuisine électrique et machine à laver	3000	1450	1550
Aspirateur	200	50	
Essoreuse	100	15	
Conqélateur 200 l	175	500	
Fers à repasser	500	230	270
Chaîne stéréophonique	40	40	0
Téléviseur	175	175	0
Séchoir cheveux	500/1000	175/350	75/250
Plaque de cuisson	500/1000	120/250	130/250
Grill à viande	3000	1200	300
Stérilisateur	150	175	325
Ordinateur	400	250	0
Cafetière	500/3000	750	300
Photocopieuse		750	
Imprimante à jet d'encre		52	
Imprimante laser		15	
fax		62	

**III-3 : application au projet :**

On prend comme exemple de calcule la salle R01 : (grande surface)

**III-3-1 : période hivernale :**

Pour notre projet :

-On prend une exploitation réduite de service donc  $Z_d = 7$ .

-La perméabilité des joints (a) par mètre de longueur de joint en  $[m^3/h]$  :

a = 2,0 pour fenêtres doubles et fenêtres simples avec étanchéité garantie. (Fenêtres extérieures).

-a = 2,0 pour les portes extérieures. -a = 15 pour les portes intérieures.

-Caractéristiques de l'immeuble :

H = 0,41 CAD : Région normale site découvert.

-Caractéristiques de local : R = 0,9.

Majoration pour les fenêtres d'angle :  $Z_e = 1$ .

Application au projet :

**1- Calcul du retard "ε" et du coefficient d'amortissement "m":**

**a- mur extérieur(ep=35cm)**

Nº	Couche	e (m)	λ [kcal/hm °C]	r [hm² °C/kcal]	ρ [kg/m³]	C <sub>p</sub> [kcal/kg °C]	π [g/h.m.m mHg]	Ri[m²°c/w]
1	Enduit pâtre	0.025	0.7	0.033	1600	0.30	0,005	0.036
3	Brique creuse	0.1	0.55	0.25	1300	0.20	0.014	0.18
3	Lame d'air	0.05	0.24	0.21	1.2	0.24	0,09	0.24
4	Brique creuse	0.15	0.55	0.375	1200	0.20	0,014	0.27
5	Enduit ciment	0.025	1.4	0.016	2200	0.19	0,005	0.18

$$Q_{opp} = K .S [(te_{qm} - t_i) + m (te_q - te_{qm})]$$

$$D = 0.51 \sum D_i = 3.26$$

$$\epsilon = 2.7 * D - 0.4$$

$$\epsilon = 8 \text{heures}$$

$$v = 2^D [ 0.83 + (3 \sum R_i / D) ]$$

$$= 15.9 \text{ m} = [(h_i) / v_{cK}] = 0.33$$

$$h_i = 8.14 \text{ w /m}^2$$

$$K = 1.11 \text{ w /m}^2$$

$$V_c = v B_1 = 22.05$$

$$B_1 = 1 + (0,5 R_a . D / \sum R_i) = 1.52$$

*b- la terrasse:*

N <sup>o</sup>	Couche	e (m)	$\lambda$ [W/m °C]	r [m <sup>2</sup> °C/ W]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C <sub>p</sub> [kJ/kg]	$\pi$ [g/h.m.mmHg]
1	Gravillon	0.03	0.93	0.032	1500	0.2	0.022
2	Carton bitumé	0.03	0.18	0.16	1100	0.4	0.003
3	Liège	0.02	0.045	0.44	500	0.33	0.0035
4	Béton armé	0.04	1.75	0.022	2400	0.24	0.0019
5	Hourdis	0.1	1.25	0.08	1000	0.22	0.02
6	Ciment	0.02	1.4	0.014	2200	0.19	0.005
7	Enduit de plâtre	0.02	0.35	0.057	1100	0.22	0.013

$$\sum R_i = 0.8$$

$$D = 3.09$$

$$\varepsilon = 2,7 D - 0,4 = 7.94 \text{ heures}$$

En prend:

$\varepsilon = 8 \text{ heures}$
----------------------------------

$$\text{Donc nous avons : } v = 2^D [ 0.83 + (3 \sum R_i / D) ] = 13.72$$

$$v_e = B_2 v$$

$$\beta_2 = 0.85 + 0.15 * [ (\lambda_i * C_{p_i} * \rho_i)_{\text{maç}} / (\lambda * C_p * \rho)_{\text{isol}} ]^{1/2} \beta_2$$

$$= 4.71$$

$$v_e = 64.68 \text{ m} = 0,14$$

Avec :

D : indice de l'inertie thermique.

 $\sigma$  : pouvoir simple sans lame d'air. $\sigma_e$  : pouvoir avec lame d'air.B<sub>1</sub> : coefficient de correction.

**Exemple de calcul des apport : R02'salle flamme' :**  
**a-apports externe :**

**Apports opaques:**

*paroi orienter vers le nord*

$$Q_{op} = K.S. (t_{eqm} - t_i) + m (t_{eq} - t_{eqm})$$

$$K = 1,11 \text{ (W/hm}^2 \text{ °C)}, \quad S = 132,82 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$t_{eq} = t_e + A * (I_G / \alpha_e)$$

$$t_{eq} = 29,91 \text{ °C}$$

$$I_{gm} = \sum_{i=1}^{24} \frac{I_{gi}}{24} = 79,82$$

$$t_{eqm} = t_{em} + (A * I_{gm} / h_e) \quad t_{eqm} = 32,70 \text{ °C}$$

$h_e$  ; coefficient de transmission superficielle extérieure. ( $h_e = 17 \text{ W/m}^2\text{C}^\circ$ )

$$A = 0,7$$

$$Q_{op1} = 309,81 \text{ w}$$

$$Q_{vit} = 171,25 \text{ w}$$

**paroi orienter vers le**

**QUEST**

$$Q_{op} = K.S. (t_{eqm} - t_i) + m (t_{eq} - t_{eqm})$$

$$K = 1,11 \text{ (W/hm}^2 \text{ °C)}, \quad S = 56,90 \text{ (m}^2\text{)},$$

$$t_{eq} = t_e + A * (I_G / \alpha_e)$$

$$) \quad t_{eq} = 42 \text{ °C}$$

$$I_{gm} = \sum_{i=1}^{24} \frac{I_{gi}}{24} = 296,86$$

$t_{eqm} = t_{em} + (A * I_{gm} / h_e) \quad t_{eqm} = 39,23 \text{ °C}$   $h_e$  ; coefficient de transmission superficielle extérieure. ( $h_e = 17 \text{ W/m}^2\text{C}^\circ$ )  $A = 0,7$

$$Q_{opp} = 546,84 \text{ w}$$

$$Q_{vit} = 2054,25 \text{ w}$$

**apport transmission le ouest**

$$Q_{tr} = k_v * S * (t_i - t_e) \text{ [kcal/h]}$$

$$\Delta h = 0,5 [1 - \cos(15 * (\square + 9))] ]$$

$$\tau = 15$$

$$\Delta h = 0.5 * (1 - \cos((15+9)*15)) = 0$$

$$K = 5 \text{ [kcal/h]}$$

$$T_e = 38.2^\circ$$

$$Q_{tr} = 41.41 \text{ [kcal/h]}$$

### **b -apports par infiltration:**

$$Q_{inf} = 0,3 \cdot V \cdot r \cdot (t_e - t_i)$$

$$V = 60(\text{m}^3) < 100 \implies r = 0.75$$

$$Q_{inf} = 0,3 * 60 * 0,75 * (37 - 27) = 185.94 \text{ (W)}$$

### **2: les apports internes:**

#### **a/ apports dus aux occupants:**

Collectivités

N = 50 personnes.

$$Q_s = 60 \text{ w/per}$$

$$Q_L = 42 \text{ w/per}$$

$$Q_t = Q_s + Q_L = 102 \text{ (w)}.$$

$$Q_{occ} = Q_t * N = 5100 \text{ (w)}$$

#### **b/ apports dus aux machines électriques:**

$$Q_{Mele} = N * \Psi = (400 * 0,95 * 3) + (50 * 0,95 * 3) = 1282.5 \text{ (w)}$$

#### **c/ apports dus à l'éclairage:**

$$Q_{écl} = 403.75 \text{ ( w)}$$

**III- 4 : Calcul des déperditions calorifiques :****III- 4-1 : Généralité :**

Les températures intérieures et extérieures d'un local sont généralement différentes, ce qui cause des échanges incessants de chaleur entre les deux ambiances.

La température d'un local résulte de l'équilibre de deux flux de chaleur :

- Le flux de chaleur perdu vers l'extérieur : qui comprend lui-même :
  - Les échanges à travers les parois.
  - Les échanges par renouvellement d'air.
- Le flux de chaleur apporté par l'installation de chauffage ou de climatisation.

**III-4- 2 : Méthode de calcul du bilan thermique en période hivernale :**

On établit un calcul qui nous permet de déterminer la puissance calorifique à mettre en œuvre pour maintenir la température stable pour cela on a choisi la méthode Allemande DIN 4701 qui nous permettra d'effectuer les calculs suivants les normes et avec une grande précision. D'après <sup>(2)</sup>

**III-4- 2-1 : Déperditions par transmission :**

Les parois extérieures et intérieures d'un local ainsi que les fenêtres, planché...etc., transmettent un flux de chaleur résultant de la différence de température entre le local et son environnement. Ce flux de chaleur dépend de toutes les dimensions et du genre de la construction mais aussi de l'isolation du local ou du bâtiment.

Les déperditions calorifiques par transmission se calculent pour chaque surface d'enveloppement d'un local suivant la formule suivante :

$$Q_t = Q_0 \left( 1 + \frac{Z_u + Z_a + Z_h}{100} \right) \quad [W].$$

Avec :

$Q_t$  : déperdition par transmission totale en [W].

$Q_0$  : perte par transmission.

$$Q_0 = K \times S \times (t_i - t_e) \quad [W].$$

$K$  : coefficient global de transmission de chaleur en [W/m<sup>2</sup> °C].

$S$  : surface d'échange en [m<sup>2</sup>].

$(t_i - t_e)$  : différence de températures entre deux ambiances différentes en [°C].

$Z_u, Z_a, Z_h$  : majorations [%].

$Z_u$  : majoration pour interruption d'exploitation du système de chauffage.

$Z_a$  : majoration pour compensation des surfaces extérieures froides.

**□ □ Coefficient de majoration (D) :**

Physiquement le coefficient « D » peut être considéré comme la perméabilité moyenne de l'ensemble des éléments de l'enveloppe d'un local.

Un coefficient D élevé signifie un mauvais isolement calorifique, donc de grandes surfaces du mur extérieur avec une faible valeur d'isolement et une forte proportion de fenêtres ; un petit coefficient D indique un bon isolement calorifique et une faible proportion de surface extérieure cède la chaleur par rapport aux surfaces d'enveloppe des locaux :

$$D = \frac{Q^\circ}{S_{totale} \cdot (t_i - t_e)} \quad [W/m^2 \text{ } ^\circ C].$$

$S_{totale}$  : la totalité des surfaces entourant la pièce, comme  $Z_u$  dépend non seulement du mode d'exploitation mais encore de la perméabilité moyenne en réunissant ces deux suppléments en un seul qui est  $Z_d$ :

$$Z_d = Z_u + Z_a.$$

Et on les déduit du total du tableau qui vient, après en fonction de la perméabilité à la chaleur et du mode d'exploitation :

Perméabilité moyenne	0,1 à 0,9	0,3 à 0,69	0,7 à 1,49	≥ 1,5
Service réduit ou limité	7	7	7	7
Interruption de 9 h à 12 h	20	15	15	15
Interruption de 12 h à 16 h	30	25	25	15

Orientation	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
$Z_h$	-5	-5	0	+5	+5	+5	0	-5

On a en l'occurrence :  $Z = 1 + Z_d + Z_h$ .

**III-4- 2-2 : Déperdition par ventilation :**

L'air pénètre naturellement dans les locaux du fait des défauts d'étanchéité des ouvertures (portes, fenêtres...etc.) sa quantité dépend des dimensions des parties non étanches du bâtiment, et des différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur.

Les déperditions par ventilation sont les pertes dues à la différence entre la quantité de chaleur

emportée par l'air qui sort et la quantité de chaleur apportée par l'air qui entre ou qui pénètre à l'intérieur.

Les déperditions par ventilation  $Q_v$  sont données par la formule suivante :

$$Q_v = \Sigma(a.l)RH(t_i - t_e)Z_e \text{ [W]}.$$

Avec :

- $\Sigma(a.l)$  : perméabilité des fenêtres et portes exposées au vent.
- $a$  : perméabilité des portes et fenêtres  $l$  : longueur des joints (m).  $R$  : caractéristique du local.
- $H$  : caractéristique de l'immeuble.
- $(t_i - t_e)$  : 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.

<b>Fenêtres en bois et matière synthétique</b>	<b>Fenêtre simple</b>	<b>3,0</b>
	<b>Fenêtre composée</b>	<b>2,5</b>
	<b>Fenêtre double et simple avec étanchéité</b>	<b>2,0</b>
<b>Fenêtres en acier et fenêtres métalliques</b>	<b>Fenêtrer simple</b>	<b>1,5</b>
	<b>Fenêtre composée</b>	<b>1,5</b>
	<b>Fenêtre double et simple avec étanchéité</b>	<b>2,0</b>
<b>Portes intérieures</b>	<b>Non étanche (avec seuil)</b>	<b>4,0</b>
	<b>Etanche (avec seuil)</b>	<b>1,5</b>
<b>Portes extérieures</b>	<b>Comme les fenêtres</b>	

Tableau(III-01) : tableau donnant les valeurs de «a».

Région	Type de Site	Maison d'alignement	Maison individuelle
<b>Région normale</b>	<b>Site protégé</b>	<b>0,24</b>	<b>0,34</b>
	<b>Site découvert Site particulièrement découvert</b>	<b>0,41</b>	<b>0,58</b>
		<b>0,60</b>	<b>0,84</b>
<b>Région de vent fort</b>	<b>Site protégé</b>	<b>0,41</b>	<b>0,58</b>
	<b>Site découvert Site particulièrement découvert</b>	<b>0,60</b>	<b>0,84</b>
		<b>0,02</b>	<b>1,13</b>

Tableau(III-02) : les différentes valeurs de facteur «H».

$\Sigma Q_v$  **Les déperditions totales** : Les besoins calorifiques d'un local se calculent par la relation :

$$Q_{tot} = Q_{tr} + Q_v [W]$$

III-4-3 période estival:

Application au projet:

On choisi comme exemple de calcul la salle fammes « R02»:

Désignation	Orientation	Calcul des surfaces					Déperdition			Majoration		Q <sub>0</sub> = Σ q <sub>0</sub>
		L (m)	H (m)	S (m <sup>2</sup> )	N	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>0</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	ΔT (°C)	Q <sub>0</sub> (W)	% Z <sub>D</sub>	% Z <sub>H</sub>	
ME	N	17	4.54	77.52	-	66	1.11	19	1391.94	15	5	4420.93
VE	N	1.8	1.6	2.88	4	11.52	5.23	19	1144.74			
ME	O	14.9	4.56	67.94	-	62.20	1.11	19	1311.88			
VE	O	1.8	1.6	2.88	2	5.76	5.23	19	572.37			

$$Q_{tr} = Q_0 * Z$$

$$Q_0 = \sum q_0$$

$$Z = 1 + Z_D + Z_H$$

Calcul du D:

$$D = \frac{Q_0}{S_{Stot} * (t_i - t_e)} = \frac{4420.93}{145.48 * 19} = 1.59$$

Du TAB (2) on à : D ∈ [0.7 à 1.5] donc: Z<sub>D</sub> = 15 % (interruption de 9 A 12h)

$$\text{Donc: } Q_{tr} = Q_0 * (1 + Z_D + Z_H) = 4420.93 * (1 + 0.05 + 0.15)$$

<b>Q<sub>tr</sub> = 5305.11 [w]</b>
-------------------------------------

Déperdition par ventilation:

$$Q_v = \sum (a_l) * R * H * (t_i - t_e) * Z_E$$

LOCAL	désignation	a [ m <sup>3</sup> /h ]	L [m]	R	H	Δt [° c ]	ZE	Qv [w]
-------	-------------	-------------------------	-------	---	---	-----------	----	--------

---

<b>R02</b>	<b>Salle fammes</b>	<b>15</b>	<b>9.6</b>	<b>0,9</b>	<b>0,24</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>590,97</b>
------------	-------------------------	-----------	------------	------------	-------------	-----------	----------	---------------

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{tr}} + Q_{\text{v}}$$

$$Q_{\text{tot}} = 5305.11 + 590.97$$

<b><math>Q_{\text{tot}} = 5896.08 \text{ w}</math></b>
--------------------------------------------------------

**Remarque :**

De même façon on fait le calcul pour les autres locaux et en obtiens les résultats motionnés dans les tableaux dans l'annexe suivants :

# *Annexe 1*

RDC

Local	Période hivernale			Période estival						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
R01	4.08	0.092	4.17	9.278	6.01	1.117	3.06	0.403	1.09	10
R02	5.07	0.14	5.21	14.35	9.27	1.185	4.1	0.403	2.06	20
R03	1.39	/	1.39	-	-	-	0.69	-	0.155	0.84
R04	/	/	-	/	/	/	0.69	-	0.11	0.8
R05	/	/	--	/	/	/	0.72	-	0.16	0.88
R09	/	/	-	/	/	/	0.26	0.61	0.156	1.02
R10	/	/	-	/	/	/	0.39	0.61	0.140	1.14
R11	/	/	/	/	/	/	0.39	0.61	0.227	1.22
R12	1.2	0.15	1.35	1.89	/	1.55	1.2	/	2.1	6.74
R13	1.6	0.046	1.646	0.57	2.03	0.38	0.34	0.619	0.208	4.7

1<sup>ere</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estival						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E101	3.776	2.15	5.21	10	4.57	0.15	4.76	4.5	1.02	25
E102	3.287	2.06	5.347	10	4.57	0.15	4.76	4.5	1.02	25
E103	1.64	0.166	1.080	0.31	0.36	0.04	0.8	/	0.5	2.01
E104	1.16	0.03	1.19	0.32	2.33	0.14	0.46	0.57	0.4	4.22
E105	0.41	0.015	0.425	0.4	0.5	0.35	0.4	0.5	0.35	2.5
E106	0.82	0.015	0.75	0.55	0.7	0.6	0.55	0.7	0.6	3.7
E108	1.97	0.19	2.16	1.89	/	1.2	2.88	/	1.98	7.95

2<sup>eme</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estival						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E201	1.14	0.015	1.155	0.3	2.09	0.02	0.34	0.9	0.16	3.81

E202	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E203	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E204	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E205	0.838	0.015	0.853	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E206	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E207	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E208	0.805	0.015	0.82	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E209	1.125	0.0461	1.171	0.4	2.1	0.04	0.42	1.09	0.16	4.2

3<sup>ème</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estival						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E301	1.14	0.015	1.155	0.3	2.09	0.02	0.34	0.9	0.16	3.81
E302	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E303	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E304	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E305	0.838	0.015	0.853	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E306	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E307	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E308	0.805	0.015	0.82	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E309	1.125	0.0461	1.171	0.4	2.1	0.04	0.42	1.09	0.16	4.2

4<sup>ème</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estival						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E401	1.14	0.015	1.155	0.3	2.09	0.02	0.34	0.9	0.16	3.81
E402	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E403	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E404	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E405	0.838	0.015	0.853	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E406	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E407	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E408	0.805	0.015	0.82	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E409	1.125	0.0461	1.171	0.4	2.1	0.04	0.42	1.09	0.16	4.2

5<sup>ème</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estival						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E501	1.14	0.015	1.155	0.3	2.09	0.02	0.34	0.9	0.16	3.81
E502	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E503	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E504	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E505	0.838	0.015	0.853	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E506	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E507	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E508	0.805	0.015	0.82	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E509	1.125	0.0461	1.171	0.4	2.1	0.04	0.42	1.09	0.16	4.2

6<sup>ème</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estival						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E601	1.14	0.015	1.155	0.3	2.09	0.02	0.34	0.9	0.16	3.81
E602	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E603	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E604	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E605	0.838	0.015	0.853	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E606	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E607	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E608	0.805	0.015	0.82	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E609	1.125	0.0461	1.171	0.4	2.1	0.04	0.42	1.09	0.16	4.2

7<sup>ème</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estivale						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E701	1.14	0.015	1.155	0.3	2.09	0.02	0.34	0.9	0.16	3.81
E702	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64

E703	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E704	0.7	0.015	0.715	0.19	2.03	0.02	0.34	0.9	0.16	3.64
E705	0.838	0.015	0.853	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E706	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E707	0.696	0.015	0.711	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E708	0.805	0.015	0.82	0.17	0.02	0.04	0.34	0.9	0.20	1.67
E709	1.125	0.0461	1.171	0.4	2.1	0.04	0.42	1.09	0.16	4.2

8<sup>eme</sup> étage

Local	Période hivernale			Période estivale						
	Q tr [KW]	QV [KW]	QT [KW]	Apports externes			Apports internes			Q T [KW]
				Q opp [KW]	Q VITR [KW]	Q INF [KW]	Q occ [KW]	Q mach [KW]	Q écl [KW]	
E801	3.873	0.09	3.96	1.84	3.3	0.5	1.16	0.8	0.47	8.07
E202	3.10	0.10	3.2	2.03	2.017	1.2	1.16	0.8	0.53	7.737
E203	4.288	0.10	4.388	4.5	2.03	1.8	1.16	0.8	0.63	10.92

# **Chapitre IV**

## **Systemes de climatisation**

### **IV-1 : Introduction:**

La climatisation consiste à donner à l'ambiance les caractéristiques hygrothermiques nécessaires pour assurer le confort des occupants.

Un système de climatisation c'est l'ensemble de matériel dont les fonctions essentielles sont de préparer et distribuer l'air dans les locaux à climatisé par l'intermédiaire de conduits et d'appareils terminaux.

Une installation de climatisation assure au moins deux des fonctions suivantes :

Chauffage, refroidissement, humidification et déshumidification. Elle est destinée à assurer des conditions d'ambiance compatible avec la physiologie de l'organisme humain.

Une installation de climatisation à pour rôle :

- Eliminer du local considéré les impuretés diverses telles que les odeurs, produits nocives, ...etc.
- Equilibrer les échanges en chaleurs sensibles soit par apport d'énergie thermique en cas des déperditions, soit par évacuation d'énergie thermique (c'est-à-dire apport de froid).
- Equilibrer les échanges en chaleurs latentes soit par humidification soit par déshumidification suivant le cas.

Par contre une installation de chauffage ne peut assurer qu'une fonction thermodynamique qu'est le chauffage par l'utilisation de corps de chauffe statique.

### **IV-2 : Critères du choix d'une installation de climatisation :**

Le choix entre différents procédés de climatisation s'effectue en tenant compte des :

- Facteurs économiques (investissement, frais d'exploitation, économies d'énergie, ...etc.)
- Conditions de confort que l'on peut obtenir avec chaque procédé.
- L'encombrement des équipements.

Ces installations de climatisation doivent assurer le confort suivant *I*) :

**Confort thermique :**

**a) : Confort et température :**

Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit – il être trouvé afin d'assurer le bien être de l'individu.

**b) : Confort et humidité :**

L'humidité relative ambiante influe sur la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire. L'inconfort n'apparaît que dans des situations extrêmes :

- ❖ Soit une humidité relative inférieure à 30%.
- ❖ Soit une humidité relative supérieure à 70%.

**c) : Confort et vitesse de l'air :**

La vitesse de l'air (plus précisément la vitesse relative de l'air par rapport à l'individu) est un

paramètre à prendre en considération car elle influe sur les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau.

### *d) : Confort acoustique :*

Pour imposer un niveau de confort, la première idée consiste à imposer un niveau de bruit maximal, un seuil en décibel à ne pas dépasser.

### **IV- 3 : Classification des systèmes de climatisation :**

Le choix d'un système de climatisation se fait en fonction des :

- ❖ Conditions imposées à l'intérieur des locaux et de la destination de ces derniers.
- ❖ Du degré de centralisation du traitement de l'air.

Par conséquent il y a trois principaux types de système en climatisation :

- 1- Les systèmes centralisés.
- 2- Les systèmes décentralisés.
- 3- Les systèmes semi centralisé.

#### ***1 : Le système centralisé :***

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

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

#### ***2 : Le système décentralisé :***

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

On distingue dans cette catégorie :

- ❖ Les climatiseurs individuels.
- ❖ Les armoires de climatisation.

#### ***3 : Le système semi centralisé :***

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

Dans le cadre de nôtre projet les charge sont très différentes, donc nous avons souhaité faire la

démarche de choisir un réseau aéraulique composé de CTA et de bouche circulaire de diffusion pour les étages suivants (RDC, 1<sup>er</sup> étage, 8<sup>eme</sup> étage), en plus d'un réseau hydraulique « eau chaude, eau glacée » utilisant les ventilo – convecteurs comme appareils de chauffage ou de climatisation, et cela pour les étages suivants (2, 3, 4, 5, 6 et 7<sup>ème</sup> étages).

### IV-4 Etude du système :

Pour le rez de chaussée et le premier étage dont les locaux avec des charges importantes et très différentes le choix de la roof-top s'impose.

En fin en ce qui concerne les autres étages restants le choix d'un système semi centralisé utilisant un réseau hydraulique s'impose aussi pour cause des charges similaire (chambres) ainsi que les petits espace ou aires contenu dans ces chambres.

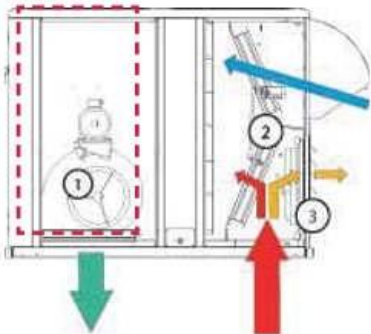
#### 1) *Le système centralisé :*

A) D'après le catalogue lennox on a choisi le roof top suivant : **FLEXY FHM200**

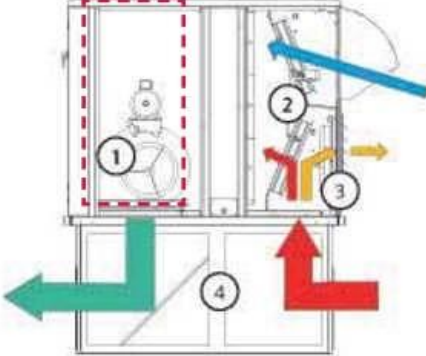


**Schémas de principe**

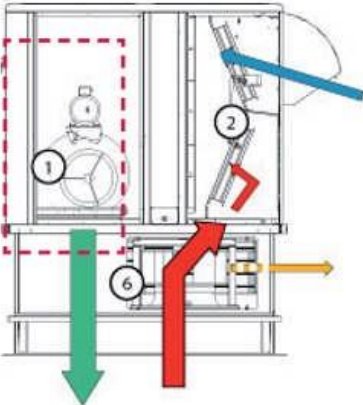
**FLEXY**  
(Soufflage et reprise verticales)\*



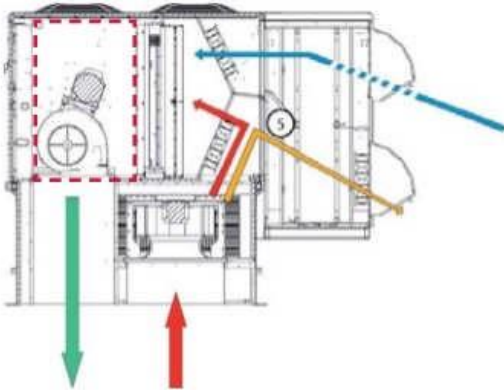
**COSTIÈRE MULTIDIRECTIONNELLE\***







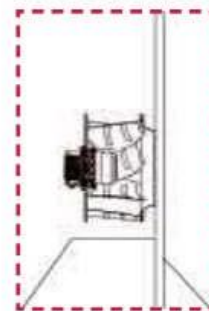
**COSTIÈRE AVEC VENTILATEUR DE REPRISE CENTRIFUGE**  
(Soufflage et reprise verticale)\*



**MODULE DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE\***



	Air neuf
	Air repris
	Rejet
	Soufflage
1	Ventilateur de soufflage
2	Registre d'air repris
3	Registre d'extraction
4	Coastière multidirectionnelle
5	Échangeur de récupération de chaleur
6	Ventilateur de reprise/extraction



\*FLEXY EC  
Section de ventilation

### Les données technique de le roof top En mode

#### froid :

Puissance froid	192 kw
Puissance absorbé	63.7 kw
Efficacité énergétique : <b><u>En</u></b>	3.01

#### mode chauffage :

Puissance calorifique	188.4 kw
Puissance absorbé	58.7 kw
COP	3.21

#### Ventilation

Débit de Soufflage : 35000 m<sup>3</sup>/h

#### a) Méthode de calcul :

Le calcul de ce système englobe le traitement de l'air dans la centrale le choix de système de diffusion et on termine par le procédé de distribution. On commence par la période estival car les besoins calorifiques sont plus importants a-Période estivale

#### -Les paramètres de soufflage :

- température de soufflage :

$$T_s = T_i - (6 / 8) \text{ en } [^{\circ}\text{C}] \quad \text{En pred } 7 \text{ C}^{\circ}$$

$T_s$ : température soufflage en [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$T_i$ : température intérieure en [ $^{\circ}\text{C}$ ]. -Calcule  
du rapport caractéristique :  $\varepsilon = (Q_{\text{TOT}} / W)$  en [kcal /kg]  
 $Q_{\text{TOT}}$ : puissances total en [Kcal/h]

$W$  : Vapeur d'eau dégage par le local [kg / h]

$$W = Q_I / L_v$$

$$L_v = 600 \text{ Kcal/h}$$

Sur le diagramme (H-X), on trace la droite qui passe par le point (I) (caractéristique de l'air intérieure) et parallèle à (s), l'intersection de cette droite avec celle de la température de soufflage ( $T_s$ ) nous donne le point (S), on tire ( $H_s, R_s, T_s$ ).

-Le débit de soufflage :

Le débit d'air de soufflage ( $V_s$ ) dépend du bilan thermique massique du local

**\*Bilan enthalpique :**  $Q_{TOT} = \rho_{air} V_{S1} (H_I - H_S)$

$$V_{S1} = [Q_{TOT} / \rho_{air} (H_I - H_S)] \text{ en } [m^3/h]$$

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

$\rho_{air}$ : Masse volumique de l'air =  $1.2 [kg/m^3]$

$H_I$ : enthalpie de l'air intérieur en  $[kcal/kg]$

$H_s$ : enthalpie de soufflage en  $[kcal/kg]$

$Q_{TOT}$ : puissances total en  $[Kcal/h]$

**\*Bilan massique :**  $W = V_{S2} \rho_{air} (X_I - X_S)$

$$V_{S2} = [W / \rho_{air} (X_I - X_S)] \text{ en } [m^3/h]$$

$X_I$  et  $X_S$ : teneur en eau à l'intérieur et soufflé en  $[g/kg \text{ d'air sec}]$

$W$ : Vapeur d'eau dégagé par le local  $[g/h]$

En doit calculer l'erreur :

Erreur =  $(V_s \text{ max} - V_s \text{ min}) / V_s \text{ max} < 10\%$  \*Bilant thermique:

$$V_{S3} = [Q_s / \rho_{air} C_p (T_I - T_s)] \text{ en } [m^3/h]$$

$\rho_{air} C_p$ : chaleur volumique de l'air =  $0.3 [kcal/. m^3. ^\circ C]$

$T_I$  et  $T_s$ : température intérieure et soufflé en  $[^\circ C]$ .

$Q_S$ : puissance sensible en [kcal /h]

$$Q_S = (Q_{TOT} - Q_L) \text{ en [kcal /h]}$$

$Q_L$ : puissance latente en [kcal /h]

A fin de choisir le débit d'air de soufflage d'après les trois relations, on doit vérifier que l'erreur entre la plus grande valeur de  $V_S$  et la plus petite soit inférieure à 10[%]. Si cette valeur est vérifiée on prend la valeur la plus grande

-débit de l'air neuf :

$$V_{af} = N * Q_l \text{ en [m}^3\text{/h]} \quad N = \text{nombre de Personnes}$$

$Q_l$  : le débit de l'air neuf nécessaire pour le local =20 jusqu'à 30 [m<sup>3</sup>/h/per]

$V_{af}$ : le débit de l'air neuf en [m<sup>3</sup>/h]

-débit de l'air recyclé :

$$V_R = (V_S - V_{af}) \text{ en [m}^3\text{/h]}$$

Les paramètres de mélange :

- L'enthalpie de mélange

$$H_M = [(H_I V_R + H_E V_{af}) / V_S] \text{ en [kcal /kg]}$$

- Température de mélange

$$T_M = [(T_I V_R + T_E V_{af}) / V_S] \text{ en [C}^\circ\text{]}$$

D'après diagramme (H-X) :  $X_M$  teneur en eau de mélange en [g/kg d'air sec] b-Période

hivernal  $V_s(\text{été}) = V_s(\text{hiver})$

$V_{af}(\text{été}) = V_{af}(\text{hiver})$

$V_r(\text{été}) = V_r(\text{hiver})$

\*Les paramètres de soufflage :

Enthalpie de soufflage :  $H_S = H_I + (Q_{TOT} / \rho_{air} V_S) \text{ en [kcal /kg]}$

Température de soufflage :  $T_S = T_I + (Q_S / \rho_{air} \cdot C_p \cdot V_S)$  en [C°]

$Q_{TOT}$ : déperdition total en [Kcal/h]

D'après le diagramme (H-X) on tire  $X_S$  teneur en eau de l'air soufflé en [g/kg d'air sec]

3- les processus de roof-top :

$Q_{BF} = \rho_{air} \cdot V_S \cdot (H_M - H_S)$  en [Kcal/h]

$Q_{BC} = \rho_{air} \cdot V_S \cdot (H_S - H_M)$  en [Kcal/h]

$Q_{BF}$  et  $Q_{BC}$  puissances de la batterie froide et la batterie chaude en [Kcal/h]

$W = \rho_{air} \cdot V_S \cdot (X_M - X_S)$  en [g / h]

W=quantité d'eau en [g / h]

### b) Application au projet « roof-top » :

Local	été			hiver		
	$Q_{TOT}$ [Kcal/h]	W [g/h]	$\varepsilon$ [kcal/g]	$Q_{TOT}$ [Kcal/h]	W [g/h]	$\varepsilon$ [kcal/g]
Sale fammes	17241.37	3010	5728.03	4491.37	0	/

D'après le diagramme (H-X) : [ $X_I, X_E, H_I$  et  $H_E$ ]

	Période estivale	Période hivernale
$T_I$ [°c].	27	20
$T_E$ [°c].	37.8	1
$\Phi_i$ [%]	50	50
$\Phi_e$ [%]	27	80
$X_I$ [g/kg d'air sec]	11.14	7.20

$X_E$ [g/kg d'air sec]	11	3
$H_I$ [kcal /kg]	13.33	9.22
$H_E$ [kcal /kg]	15.8	2.1

=

$$\left\{ \begin{array}{l} t_i = 27^\circ\text{C} \\ \Phi_i = 50\% x_i \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 13.33 \text{ kcal/kg} \\ = 11.14 \text{ g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

- Les paramètres extérieurs :

$$\left\{ \begin{array}{l} t_e = 37.8^\circ\text{C} \\ \Phi_e = 27\% x_e \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 15.8 \text{ kcal/kg} \\ = 10.6 \text{ g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

- Les paramètres de soufflage:

On a :  $t_i - t_s = 6 - 8^\circ\text{C}$  on va prendre:  $\Delta t_s = 7^\circ\text{C}$

$$\square \square t_s = 20^\circ\text{C} \quad \varepsilon = \frac{Q_t}{w} \frac{127.677}{0.014}$$

$$= 5728.03 \text{ kcal/kg}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = 5728.03 \text{ kcal/kg} \\ t_s = 20^\circ\text{C} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} h_s = 11.5 \text{ kcal/kg} \\ X_s = 10.8 \text{ g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

A partir des paramètres de soufflage et les paramètres intérieur on a calculé le débit :

\*Bilan enthalpique :

$$VS1 = [Q_{TOT} / \text{Pair} (H_I - H_S)] \text{ en } [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$V_{S1} = 5728.03 / 1.2(13.33 - 11.5) = 7377.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

\*Bilan massique :

$$V_{S2} = [W / \rho_{air} (X_I - X_S)] \text{ en } [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$V_{S2} = 3010 / 1.2(11.14 - 10.8) = 7377.45 \text{ m}^3/\text{h}$$

A fin de choisir le débit d'air de soufflage d'après les deux relations, on doit vérifier que l'erreur entre la plus grande valeur de  $V_S$  et la plus petite soit inférieure à 10[%]. Si cette valeur est vérifiée on prend la valeur la plus grande.

Calcul erreur : entre ( $V_{S1}$  et  $V_{S2}$ )

$$\text{Erreur} = (7877.45 - 7377.45) / 7877.45 = 6[\%] < 10\%$$

Donc le volume de soufflage max est  $V_{S2} = 7877.45 \text{ m}^3/\text{h}$

-débit de l'air neuf :

$$V_{af} = Ql * N \text{ en } [\text{m}^3/\text{h}]$$

N = nombre de Personnes

Ql : le débit de l'air neuf nécessaire pour le local = 20[m<sup>3</sup>/h/per]

$$V_{af} = 50 * 20 = 1000 \text{ m}^3/\text{h} -$$

débit de l'air recyclé :

$$V_R = (V_S - V_{af}) \text{ en } [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$V_R = 6851.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

A partir de ces résultats on calcule les paramètres du point de mélange avec les formules suivantes :

-Les paramètres de mélange:

$$H_M = [(H_I V_R + H_E V_{af}) / V_S]$$

$$H_M = [(13.33 * 6851.26 + 15.6 * 1000) / 7851.26] = 13.61 \text{ kcal/kg}$$

$$T_M = [(T_I V_R + T_E V_{af}) / V_S]$$

$$T_M = [(27 * 6851.26 + 37.8 * 1000) / 7851.26] = 28.37^\circ\text{C}$$

$$X_m = 11 \text{ g/kg, as}$$

- Calcul de la puissance de la batterie froide :

$$Q_{BF} = \text{Pair} * V_{st} * (H_M - H_S) \text{ en [Kcal/h]}$$

$$Q_{BF} = 1.2 * 31403.48 * (13.57 - 9.5) = 156389.33 \text{ [Kcal/h]} = 181.41 \text{ kw}$$

En hiver :

- Les paramètres intérieurs :

$$\left\{ \begin{array}{l} t_i = 20^\circ\text{C} \\ \Phi_i = 50\% x_i \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 9.22 \text{ kcal/kg} \\ = 7.20 \text{ g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

- Les paramètres extérieurs :

$$\left\{ \begin{array}{l} t_e = 1^\circ\text{C} \\ \Phi_e = 80\% x_e = 3 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{kcal/kg} \\ \text{g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

**Remarque :**

On adoptera [ $V_s$  ( en été) =  $V_s$  ( en hiver) =cte] parce que le débit en été est plus grand a celle en hiver

$$V_s \text{ ( en été) } = V_s \text{ ( en hiver) } = 7851.26 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$V_{af} = 1000 \text{ m}^3\text{/h}$$

$$V_R = 6851.26 \text{ m}^3\text{/h}$$

-Les paramètres de soufflage :

-Enthalpie de soufflage [kcal /kg]

$$H_S = H_I + (Q_{TOT} / \square_{air} V_S)$$

$$H_S = 9.22 + (4491.37 / 1.2 * 7851.26)$$

$$H_s = 9.77 \text{ kcal/kg}$$

-Température de soufflage [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$$T_s = T_i + (Q_t / \rho_{\text{air}} C_p V_s)$$

$$T_s = 20 + (4491.37 / 0.3 * 7851.26)$$

$$T_s = 22.02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$X_s = X_i = 7.20 \text{ g/kg d'air sec}$$

-Les paramètres de mélange :

$$H_M = [ (H_i V_R + H_E V_{af}) / V_s ]$$

$$H_M = [ (9.22 * 6851.26 + 2.1 * 1000) / 7851.26 ] = 8.31 \text{ kcal/kg}$$

$$T_M = [ (T_i V_R + T_E V_{af}) / V_s ]$$

$$T_M = [ (20 * 6851.26 + 1 * 1000) / 7851.26 ] = 18.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

D'après le diagramme (H-X)

$$X_m = 6.2 \text{ g/kg d'air sec}$$

- Calcul de la puissance de la batterie chaude :

$$Q_{BC} = \rho_{\text{air}} V_{St} (h_s - h_m)$$

$$Q_{BC} = 1.2 * 31403.48 * (9.7 - 8.29) = 53134.68 \text{ kcal/h} = 61.63 \text{ k}$$

-Les paramètres de soufflage pour les autres locaux

Période estival

D'après le diagramme (h-x)

Local	Qtot[kcal/h]	W[g/kg]	j[kcal/kg]	Ts[c°]	Hs[kal/kg]	Xs[g/kg]	Vs [m <sup>3</sup> /h] choisit
R01	8620.68	1810	4762.81	20	11.2	10.4	3372.72
R02	17241.37	3010	5728.03	20	11.5	10.8	7851.26
E101	21551.72	3620	5953.51	20	11.55	10.5	10089.75
E102	21551.72	3620	5953.51	20	11.55	10.5	10089.75

- Période hivernal

D'après le diagramme (h-x)

Local	Qtot[kcal/h]	Ts[c°]	Hs[kal/kg]	Xs[g/kg]	Vs [m <sup>3</sup> /h] choisit
R01	3594.82	23	10.10	7.20	3372.72
R02	4491.37	22	9.77	7.20	7851.26
E101	21551.72	22	9.67	7.20	10089.75
E102	21551.72	22	9.67	7.20	10089.75

**d) : Le choix des bouches de soufflage et les bouches de reprise :**

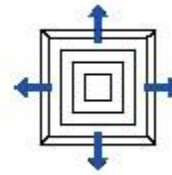
Une bouche de soufflage et reprise permet de réaliser à l'intérieure du local un mélange homogène de l'air ambiant et de l'air soufflé à des conditions de température et humidité différentes par rapport à celle du local.

La distribution de l'air et l'implantation des bouches doivent respecter les conditions suivantes :

- Assurer le débit nécessaire pour le local.
- Vitesse de l'air recommandée dans la zone d'occupation.
- Assurer une bonne distribution de l'air, et un niveau sonore faible.

Pour notre projet on à choisie les bouches de soufflage suivant :

$V_S$ : débit d'air (soufflage) en  $[m^3/h]$



$V_R$ : débit d'air ( reprise =  $0.8V_S$  en  $[m^3/h]$  )

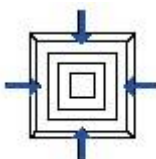
	$V_S$	$V_R$	
Local	$[m^3/h]$	$[m^3/h]$	$[\%]$
R01	<b>3372.72</b>	2698.176	<b>80</b>
R02	<b>7851.26</b>	6281.01	<b>80</b>
E101	<b>10089.75</b>	8071.8	<b>80</b>
E102	<b>10089.75</b>	8071.8	<b>80</b>

Tous les autres résultats sont donnés dans le tableau suivant :

soufflage	N	VBS	type	VBs min
Local		$[m^3/h]$	/	$[m^3/h]$
R01	<b>4</b>	<b>843.18</b>	<b>AF79</b> <b>RZF10</b>	900
R02	<b>9</b>	872.36	<b>AF79</b> <b>RZF10</b>	900
E101	<b>12</b>	840.81	<b>AF79</b> <b>RZF10</b>	900
E102	<b>12</b>	840.81	<b>AF79</b> <b>RZF10</b>	900

**Choix des bouches de reprise :**

Le même catalogue



<b>reprise</b>	<b>N</b>	<b>VBS</b>	<b>Modèle</b>	<b>Vbs min</b>
<b>Local</b>		<b>[m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>/</b>	<b>[m<sup>3</sup>/h]</b>
R01	<b>4</b>	674.54	<b>AF792 RZF7</b>	660
R02	<b>9</b>	697.88	<b>AF792 RZF7</b>	660
E101	<b>12</b>	672.64	<b>AF792 RZF7</b>	660
E102	<b>12</b>	672.64	<b>AF792 RZF7</b>	660

## E- Calcul aéraulique :

### Introduction :

Les réseaux de distribution aérauliques ont pour but de véhiculer l'air depuis la centrale de traitement d'air jusqu'aux locaux a climatisés.

Pour accomplir cette fonction d'une manière rationnelle, l'installation doit être calculée en tenant compte de certaines contraintes telles que l'encombrement, les pertes de charge, l'atténuation acoustique et aussi la vitesse avec laquelle l'air circule.

#### e) *Méthode de calcul du réseau aéraulique*

: On opte pour des conduits circulaires

Les étapes de calcul d'un réseau aéraulique sont :

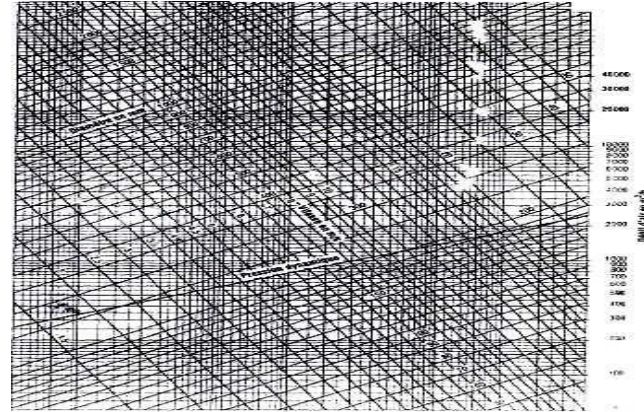
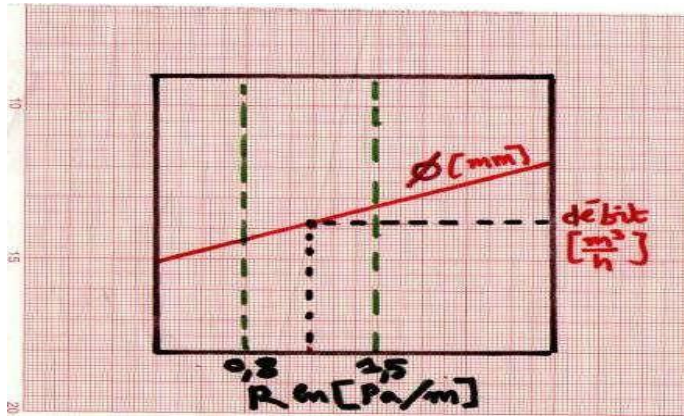
- On trace le réseau de gaines et on mesure les longueurs de chaque tronçon à partir.
- On détermine le débit d'air pour chaque tronçon.
- Plusieurs méthodes sont utilisées pour dimensionnement des gaines, on cite :
  - Vitesse constante  $w$  (m/s).
  - Perte de charge linéique constante  $R$  (Pa).

Dans notre projet on utilise la 2<sup>ème</sup> méthode, qui consiste à fixer dans le réseau principal de soufflage ou de reprise la vitesse de l'air pour le débit total. La perte de charge linéique unitaire qui en résulte à cet endroit est maintenue constante tout le long du réseau.

- Avec la vitesse et le débit on tire le diamètre  $D_{eq}$ , a partir de  $D_{eq}$  on tire les valeurs de a, b et la section de la gaine.
- Avec le débit, les valeurs a et b, on tire la vitesse réelle de l'air dans le tronçon.
- **Calcul des pertes de charge dans le réseau :** Les pertes de charge peuvent se classer en deux catégories :
  - **les pertes de charge linéaires** : On calcule les pertes de charge linéaires

qui sont dues aux frottements par la formule :

$$\Delta P_1 = RL \quad (\text{Pa})$$



**R** : pertes de charges unitaires (Pa/m). (Abaque des pertes de charge Doc. MEMOTECH).

**L** : longueur du tronçon (m).

### Diagramme pour calcul R en et $\phi$

- ❖ **les pertes de charge singulières** : Sont dues aux singularités du circuit, coudes, dérivation etc., l'expression donnant ces pertes est :

$$\Delta h = \lambda \rho V L / 2g D$$

$\zeta$  : coefficient de pertes de charge singulière. (Abaque des pertes de charge Doc. MEMOTECH).

$\rho$  : masse volumique du fluide (kg/m<sup>3</sup>).

- ❖ **Equilibrage du réseau aéraulique** :

L'équilibrage est réalisé par création d'une perte de charge supplémentaire dans les circuits en les équilibrant au moyen des diaphragmes tel que :

$$\frac{(D_{\text{déffov}} - D_{\text{circuit}})}{D_{\text{déffov}}} \leq 10\%$$

Les diaphragmes ont une section d'ouverture rectangulaire ou circulaire suivant la forme des gaines, sur lesquels ils sont placés

❖ **Calcul des diaphragmes :**

Pour déterminer la section d'un diaphragme, il faut connaître la perte de charge créée par ce diaphragme. Cette perte est la différence de pression entre le circuit le plus défavorisé et de circuit à équilibré.

$$D_{\text{diaph}} = D_{\text{déffov}} - D_{\text{circuit}} \quad \text{en [mmCE]}$$

**D<sub>diaph</sub>**: perte de charge créée par le diaphragme en [mmCE]

**D<sub>déffov</sub>**: Perte de charge du circuit le plus défavorisé en [mmCE]

**D<sub>circuit</sub>**: Perte de charge dans le circuit à équilibré en [mmCE]

-la pression dynamique de l'air à l'intérieur de la gaine ou le diaphragme doit être placé est donné par :

$$D_{\text{dyn}} = \rho \frac{V^2}{2g} \quad \text{en [mmCE]}$$

**g**: accélération de pesanteur particulière [m/s<sup>2</sup>].

**ρ**: Masse volumique de l'air=1.2 en [kg/m<sup>3</sup>]. **v**: vitesse réel de l'air [m/s].

le coefficient de perte de charge singulière « < ξ » du diaphragme est donnée par le rapport:

$$\xi = (D_{diaph} / D_{dyn})^2$$

**Donc** : on peut calculer le coefficient de perte de charge  $\xi$  du diaphragme celui-ci a une relation avec le rapport du carré du diamètre du diaphragme par rapport au carré du diamètre de la gaine les résultats sont tirées du tableau suivant :

$d_{diap}^2 / D_{eq}^2$	0.05	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
$\xi$	1000	300	100	50	30	20	15	8	7
$d_{diap}^2 / D_{eq}^2$	0.50	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.80	0.85	0.90
$\xi$	4	3	2	1.5	1	0.7	0.4	0.25	0.15

$d_{diap}$ : diamètre équivalent du diaphragme.

$D_{eq}$  : diamètre équivalent du tronçon.  $\xi$  : coefficient de perte de charge

$$d_{eq} = [(d_{eq})^2 / (D_{eq})^2]^{0.5} * D_{eq} \text{ en [mm]}$$

singulière du diaphragme.

Débit total de roof-top = 31403.48 m<sup>3</sup>/h période estival

Période estival

**-Les paramètres intérieurs :**

$$\left\{ \begin{array}{l} t_i = 27^\circ\text{C} \\ \phi_i = 50\% \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} h_i = 13.6 \text{ kcal/kg} \\ x_i = 11.3 \text{ g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

**-Les paramètres extérieurs :**

$$\left\{ \begin{array}{l} t_e = 37.8^\circ\text{C} \\ \phi_e = 27\% \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} h_e = 15.6 \text{ kcal/kg} \\ x_e = 10.7 \text{ g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

**-Les paramètres de soufflage :**

$$\left\{ \begin{array}{l} T_s = 20^\circ\text{C} \\ \phi_e = 50\% \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} h_s = 9.5 \text{ kcal/kg} \\ x_s = 7.8 \text{ g/kg d'air sec} \end{array} \right.$$

**-Les paramètres de mélange :**

$$V \text{ RECYCLE} = 27303.47 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V \text{ air neuf} = 4100 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_m = [(27 \cdot 27303.48 + 37.8 \cdot 4100) / 31403.48] = 28.41^\circ\text{C}$$

$$H_m = 13.65 \text{ kcal/kg}$$

$$X_m = 11.06 \text{ g/kg}$$

Après la représentation de ses points le diagramme h-x recherchons une solution pour atteindre point de soufflage de puis pointe de mélange on va s'effectuant quelques processus sur 1 air de mélange Pour la période estivale :

Batterie froide humide afin de diminué la température et la teneur on humidité avec un régime d'eau (d'entre 9 et sortie 6 °C) et une efficacité de 80% afin de déterminer de point K  $E = (H_m - H_k) / (H_m - H_{fpt})$

$$H_k = 31.4 \text{ Kcal/kg}$$

$$X_k = X_s = 7.8 \text{ g/kg d'air sec}$$

Plus une batterie chaude pour le chauffage et attendre le point S

Période hivernal

**-Les paramètres intérieurs :**

{

$$\begin{cases} t_i = 20^\circ\text{C} \\ \phi_i = 50\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_i = 38.5 \text{ kcal/kg} \\ x_i = 7.3 \text{ g/kg d'air sec} \end{cases}$$

**-Les paramètres extérieurs :**

$$\begin{cases} t_e = 1^\circ\text{C} \\ \phi_e = 80\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_e = 9.8 \text{ kcal/kg} \\ x_e = 3.3 \text{ g/kg d'air sec} \end{cases}$$

**-Les paramètres de soufflage :**

$$\begin{cases} T_s = 20^\circ\text{C} \\ \phi_e = 50\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_s = 43.5 \text{ kcal/kg} \\ x_s = 8.8 \text{ g/kg d'air sec} \end{cases}$$

**-Les paramètres de mélange :**

$$V \text{ RECYCLE} = 27303.48 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V \text{ air neuf} = 4100 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_m = [(27 \cdot 27303.48 + 1 \cdot 4100) / 31403.48] = 17.5^\circ\text{C}$$

$$H_m = 34 \text{ kcal/kg}$$

$$X_m = 6.8 \text{ g/kg}$$

Pour la période estival

Batterie chaud sec a  $X = \text{cst}$  pour le chauffage d'air

Un injecteur de vapeur d'eau pour humidifie l'air cette processus est a

$T = \text{cst}$



HVAC - CVC

http://www.cvc.be.tf

Période Estival

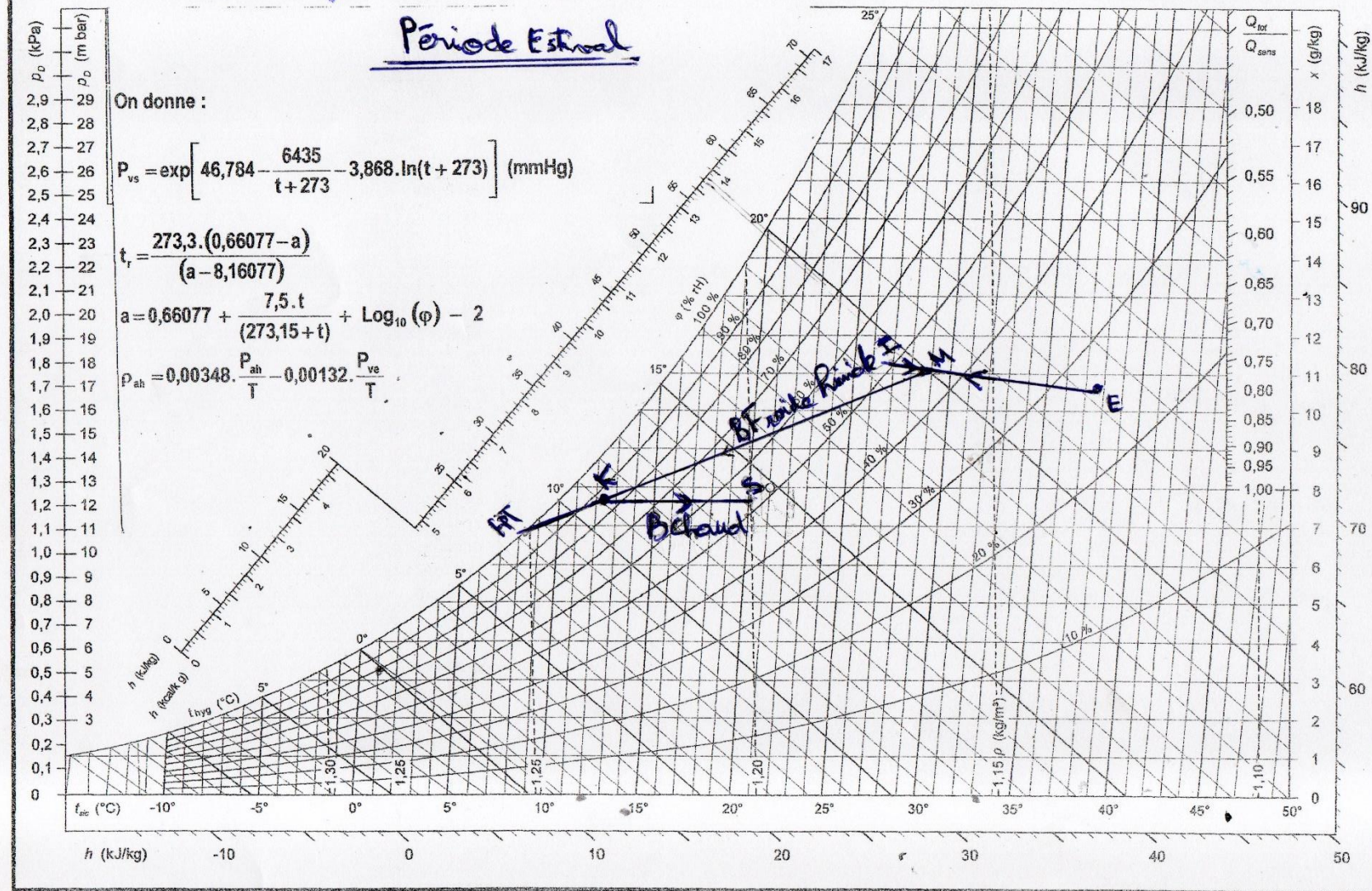
On donne :

$$P_{vs} = \exp \left[ 46,784 - \frac{6435}{t+273} - 3,868 \cdot \ln(t+273) \right] \text{ (mmHg)}$$

$$t_r = \frac{273,3 \cdot (0,66077 - a)}{(a - 8,16077)}$$

$$a = 0,66077 + \frac{7,5 \cdot t}{(273,15 + t)} + \text{Log}_{10}(\phi) - 2$$

$$P_{ah} = 0,00348 \cdot \frac{P_{ah}}{T} - 0,00132 \cdot \frac{P_{ve}}{T}$$





Contrôle Bilan Thermique et Air Humide

Nom & Prénom de l'étudiant

HVAC - CVC

http://www.cvc.be.tf

Période hivernale

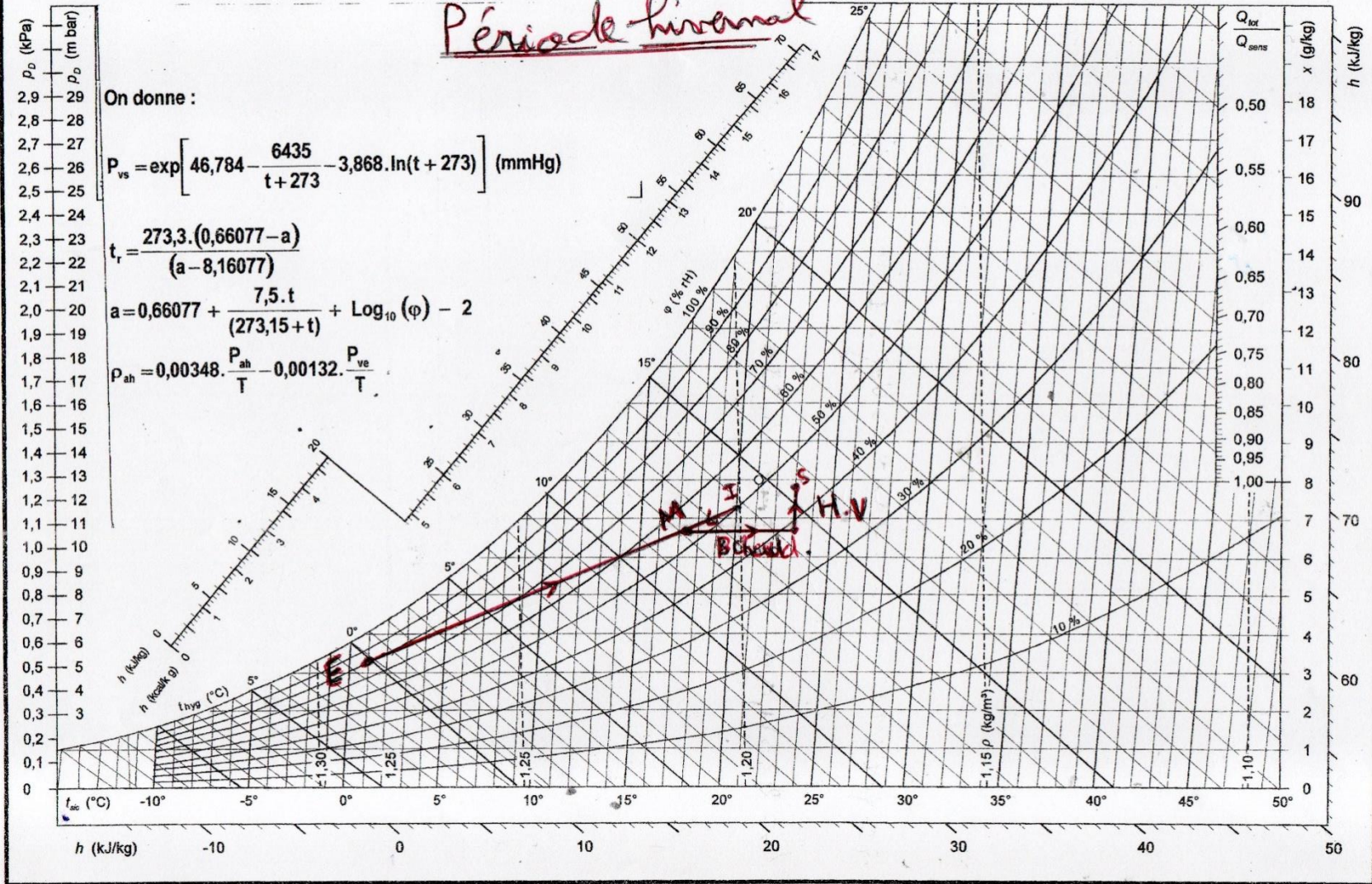
On donne :

$$P_{vs} = \exp \left[ 46,784 - \frac{6435}{t + 273} - 3,868 \cdot \ln(t + 273) \right] \text{ (mmHg)}$$

$$t_r = \frac{273,3 \cdot (0,66077 - a)}{(a - 8,16077)}$$

$$a = 0,66077 + \frac{7,5 \cdot t}{(273,15 + t)} + \text{Log}_{10}(\phi) - 2$$

$$P_{ah} = 0,00348 \cdot \frac{P_{ah}}{T} - 0,00132 \cdot \frac{P_{ve}}{T}$$



principal Soufflage  
:secondeur

Trançon	G(m3/h)	V estimé (m/s)	longeur (m)	secestimé (m <sup>2</sup> )	D Calcl(mm)	D nom(mm)	Sec réel	Vréel(m <sup>2</sup> /s)	R(mmce)	R*L	Σζ	V <sub>2</sub>	Z(mmce)	(R*L)+Z	circuit
p0	31403,48	9,5	25,08	0,91	1081,5361	1125	0,99352	8,78	0,064	1,60512	0,35	77,09055	1,65025644	3,25537644	10,4085371
p1	10089,75	6,5	6,05	0,43	741,13521	800	0,5024	5,57	0,045	0,27225	2,75	31,12122	5,23445517	5,50670517	13,3462214
S2	841	3	1,56	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,06552	2,75	8,995089	1,51293545	1,57845545	14,7760431
P3	2523	6,5	1,81	0,10	370,60892	400	0,1256	5,57	0,09	0,1629	1,75	31,1351	3,33250272	3,49540272	14,7143198
S4	841	3	1,38	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,05796	1,75	8,995089	0,9627771	1,0207371	11,5568387
P5	1682	6,5	3,88	0,07	302,60092	315	0,07789	5,99	0,17	0,6596	0,35	35,98036	0,77022168	1,42982168	14,4945231
S6	841	3	1,38	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,05796	1,75	8,995089	0,9627771	1,0207371	15,9243448
S7	841	3	5,15	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,2163	1,35	8,995089	0,74271376	0,95901376	15,8626215
P8	6728	6,5	5,56	0,28	605,20183	630	0,31157	5,99	0,068	0,37808	0,35	35,98036	0,77022168	1,14830168	12,6317597
S9	841	3	1,56	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,06552	2,75	8,995089	1,51293545	1,57845545	15,569444
P10	2523	6,5	1,81	0,10	370,60892	400	0,1256	5,57	0,09	0,1629	1,75	31,1351	3,33250272	3,49540272	16,9992657
S11	841	3	1,38	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,05796	1,75	8,995089	0,9627771	1,0207371	16,9375424
P12	1682	6,5	3,88	0,07	302,60092	315	0,07789	5,99	0,17	0,6596	0,35	35,98036	0,77022168	1,42982168	7,89129352
S13	841	3	1,38	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,05796	1,75	8,995089	0,9627771	1,0207371	11,2124863
S14	841	3	5,15	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,2163	1,35	8,995089	0,74271376	0,95901376	12,1465038
P15	3364	6,5	4,19	0,14	427,94232	450	0,15896	5,87	0,08	0,3352	0,35	34,55553	0,7397209	1,0749209	16,4697282
S16	841	3	1,56	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,06552	2,75	8,995089	1,51293545	1,57845545	17,7448499
P17	2523	6,5	1,81	0,10	370,60892	400	0,1256	5,57	0,09	0,1629	1,75	31,1351	3,33250272	3,49540272	17,6197066
S18	841	3	1,38	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,05796	1,75	8,995089	0,9627771	1,0207371	9,11510365
P19	1682	6,5	3,88	0,07	302,60092	315	0,07789	5,99	0,17	0,6596	0,35	35,98036	0,77022168	1,42982168	8,34488197
S20	841	3	1,38	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,05796	1,75	8,995089	0,9627771	1,0207371	10,2108246
S21	841	3	5,15	0,07	314,95702	315	0,07789	2,99	0,042	0,2163	1,35	8,995089	0,74271376	0,95901376	10,21

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

<b>P22</b>	<b>10089,75</b>	6,5	7,39	0,43	741,13521	<b>800</b>	0,5024	5,57	0,048	0,35472	1,35	31,12122	2,56964163	2,92436163	11,74
<b>S23</b>	<b>841</b>	3	3,11	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,13062	2,75	8,995089	1,51293545	1,64355545	11,7375462
<b>P24</b>	<b>4205</b>	6,5	2,55	0,179700855	478,45406	<b>500</b>	0,19625	5,95187544	<b>0,078</b>	0,1989	1,75	35,42482	3,79164754	3,99054754	13,6674052
<b>S25</b>	<b>841</b>	3	0,4	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,0168	1,75	8,995089	0,9627771	0,9795771	15,5225185

<b>P26</b>	<b>3364</b>	6,5	2,41	0,143760684	427,94232	<b>450</b>	0,15896	5,8783955	0,12	0,2892	0,35	34,55553	0,7397209	1,0289209	15,5280327
<b>S27</b>	<b>841</b>	3	3,38	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,14196	1,35	8,995089	0,74271376	0,88467376	19,2902238
<b>P28</b>	<b>2523</b>	6,5	2,45	0,107820513	370,60892	<b>400</b>	0,1256	5,57988323	0,09	0,2205	1,75	31,1351	3,33250272	3,55300272	23,8682108
<b>S29</b>	<b>841</b>	3	3,38	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,14196	2,75	8,995089	1,51293545	1,65489545	23,820175
<b>P30</b>	<b>1682</b>	6,5	2,97	0,071880342	302,60092	<b>315</b>	0,07789	5,99836275	0,17	0,5049	0,35	35,98036	0,77022168	1,27512168	20,4403155
<b>S31</b>	<b>841</b>	3	3,38	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,14196	2,75	8,995089	1,51293545	1,65489545	20,0105687
<b>S32</b>	<b>841</b>	3	5,64	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,23688	2,35	8,995089	1,29287211	1,52975211	<b>24,8941167</b>
<b>P33</b>	<b>5046</b>	6,5	4,45	0,215641026	524,12016	<b>525</b>	0,21637	6,47823177	0,08	0,356	0,35	41,96749	0,89838657	1,25438657	11,9744777
<b>S34</b>	<b>841</b>	3	2,51	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,10542	2,75	8,995089	1,51293545	1,61835545	12,871922
<b>S35</b>	<b>841</b>	3	2,51	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,10542	1,35	8,995089	0,74271376	0,84813376	13,642614
<b>P36</b>	<b>3364</b>	6,5	4,45	0,143760684	427,94232	<b>450</b>	0,15896	5,8783955	0,08	0,356	0,35	34,55553	0,7397209	1,0957209	13,5470527
<b>S37</b>	<b>841</b>	3	2,51	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,10542	2,75	8,995089	1,51293545	1,61835545	
<b>S38</b>	<b>841</b>	3	2,51	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,10542	2,75	8,995089	1,51293545	1,61835545	
<b>P39</b>	<b>1682</b>	6,5	4,45	0,071880342	302,60092	<b>315</b>	0,07789	5,99836275	0,17	0,7565	0,35	35,98036	0,77022168	1,52672168	
<b>S40</b>	<b>841</b>	3	2,51	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,10542	2,75	8,995089	1,51293545	1,61835545	
<b>S41</b>	<b>841</b>	3	2,51	0,07787037	314,95702	<b>315</b>	0,07789	2,99918138	0,042	0,10542	2,75	8,995089	1,51293545	1,61835545	
<b>P42</b>	<b>11223,98</b>	6,5	3,88	0,479657265	781,68303	<b>800</b>	0,5024	6,20575681	0,047	0,18236	1,45	38,51142	3,41538566	3,59774566	
<b>P43</b>	<b>7851,25</b>	6,5	4,3	0,335523504	653,7725	<b>630</b>	0,31157	6,99979869	0,098	0,4214	1,75	48,99718	5,24434666	5,66574666	
<b>S44</b>	<b>872</b>	4	1,13	0,060555556	277,74239	<b>315</b>	0,07789	3,10973384	0,045	0,05085	1,75	9,670445	1,03506287	1,08591287	

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

P45	6976	6,5	1,05	0,298119658	616,25503	630	0,31157	6,21946768	0,062	0,0651	0,35	38,68178	0,8280503	0,8931503
P46	1744	5	4,95	0,096888889	351,31942	400	0,1256	3,85704176	0,13	0,6435	0,35	14,87677	0,31846299	0,96196299
S47	872	4	1,13	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,05085	1,75	9,670445	1,03506287	1,08591287
S48	872	4	6,51	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,29295	1,35	9,670445	0,79847707	1,09142707
P49	5232	6,5	5,09	0,223589744	533,69251	560	0,24618	5,90363534	0,068	0,34612	1,75	34,85291	3,73043382	4,07655382
S50	872	4	2,5	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,1125	2,75	9,670445	1,62652737	1,73902737
P51	1744	6,5	4,87	0,074529915	308,12752	315	0,07789	6,21946768	0,16	0,7792	1,75	38,68178	4,1402515	
S52	872	4	2,5	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,1125	1,75	9,670445	1,03506287	1,14756287
S53	872	4	6,69	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,30105	1,35	9,670445	0,79847707	1,09952707
P54	2616	6,5	4,54	0,111794872	377,3776	400	0,1256	5,78556263	0,095	0,4313	0,35	33,47273	0,71654173	1,14784173
S55	872	4	2,55	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,11475	2,75	9,670445	1,62652737	1,74127737
P56	1744	6,5	4,38	0,074529915	308,12752	315	0,07789	6,21946768	0,16	0,7008	1,75	38,68178	4,1402515	4,8410515

S57	872	4	1,45	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,06525	1,75	9,670445	1,03506287	1,10031287
S58	872	4	6,79	0,060555556	277,74239	315	0,07789	3,10973384	0,045	0,30555	1,35	9,670445	0,79847707	1,10402707
P59	3372,72	6,5	9,96	0,144133333	428,49661	450	0,15896	5,89363319	0,09	0,8964	1,35	34,73491	2,86802028	3,76442028
S60	843	4	1,71	0,058541667	273,08492	315	0,07789	3,00631379	0,045	0,07695	1,75	9,037923	0,96736175	1,04431175
P61	2529	6,5	2,44	0,108076923	371,04934	400	0,1256	5,59315287	0,088	0,21472	0,35	31,28336	0,66967435	0,88439435
S62	843	4	2	0,058541667	273,08492	315	0,07789	3,00631379	0,045	0,09	1,75	9,037923	0,96736175	1,05736175
P63	1686	6	3,8	0,078055556	315,3313	355	0,09893	4,73400494	0,08	0,304	0,35	22,4108	0,47974196	0,78374196
S64	843	4	1,71	0,058541667	273,08492	315	0,07789	3,00631379	0,045	0,07695	1,75	9,037923	0,96736175	1,04431175
S65	843	4,5	4,5	0,052037037	257,46693	315	0,07789	3,00631379	0,045	0,2025	1,35	9,037923	0,74625049	0,94875049

circuit	$\Delta p_{\text{circuit}}$ (mmce)	$\Delta p_{\text{defavorable}}$ (mmce)	$\Delta p_{\text{circuit}} - \Delta p_{\text{defavorable}}$	$\frac{(\Delta p_{\text{circuit}})}{(\Delta p_{\text{defavorable}})} * 10$ 0	observation	$\Delta p_{\text{dynamique}}$	$\Sigma \zeta$	$D_{\text{defragm}}$	Emplacement
1	10,408537	24,5906	14,1821	57,67274078	EQ	4,644	3,05385	231,476781	s2
2	13,346221	24,5906	11,2444	45,72638105	EQ	1,8748	5,99774	215,95312	s4
3	14,776043	24,5906	9,81458	39,9118816	EQ	0,5419	18,1123	175,384577	s6
4	14,71432	24,5906	9,8763	40,16288515	EQ	1,8756	5,26565	215,95312	s7
5	11,556839	24,5906	13,0338	53,00306792	EQ	0,5419	24,0532	163,678801	s9
6	14,494523	24,5906	10,0961	41,0567082	EQ	2,1675	4,65797	215,95312	s11
7	15,924345	24,5906	8,66628	35,24220875	EQ	0,5419	15,9932	175,384577	s13
8	15,862621	24,5906	8,728	35,4932123	EQ	0,5419	16,1071	180,953723	s14
9	12,63176	24,5906	11,9589	48,63180466	EQ	2,1675	5,51738	218,238402	s16
10	15,569444	24,5906	9,02118	36,68544493	EQ	0,5419	16,6481	180,953723	s18
11	16,999266	24,5906	7,59136	30,87094549	EQ	1,8756	4,04741	215,95312	s20
12	16,937542	24,5906	7,65308	31,12194903	EQ	0,5419	14,1234	186,356513	s21
13	7,8912935	24,5906	16,6993	67,90933976	EQ	2,1675	7,70445	201,698413	s23
14	11,212486	24,5906	13,3781	54,40340848	EQ	0,5419	24,6887	166,682333	s25
15	12,146504	24,5906	12,4441	50,6051414	EQ	0,5419	22,965	169,632691	s27
16	16,469728	24,5906	8,1209	33,02435759	EQ	2,0817	3,90117	222,738636	s29
17	17,74485	24,5906	6,84577	27,83895972	EQ	0,5419	12,6335	191,60702	s31
18	17,619707	24,5906	6,97092	28,34786644	EQ	1,8756	3,71662	169,632691	s32

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

---

19	9,1151036	24,5906	15,4755	62,93260498	EQ	0,5419	28,5593	160,619115	s34
20	8,344882	24,5906	16,2457	66,06478125	EQ	2,1675	7,49518	204,143332	s35
21	10,210825	24,5906	14,3798	58,47675663	EQ	0,5419	26,5372	160,619115	s37
22	10,216201	24,5906	14,3744	58,45489285	EQ	0,5419	26,5273	160,619115	s38
23	11,742923	24,5906	12,8477	52,24634078	EQ	1,8748	6,85294	213,643394	s40
24	11,737546	24,5906	12,8531	52,26820456	EQ	0,5419	23,7197	166,682333	s41
25	13,273988	24,5906	11,3166	46,02012331	EQ	2,134	5,30295	167,69	s44
26	15,638689	24,5906	8,95193	36,40385404	EQ	0,5419	16,5204	180,953723	s47
27	15,734127	24,5906	8,8565	36,01574659	EQ	2,0817	4,25454	211,308424	s48
28	18,671997	24,5906	5,91863	24,0686305	EQ	0,5419	10,9225	191,60702	s50
29	23,474794	24,5906	1,11583	4,537622879	N EQ	1,8756	0,59492	233,610252	s55
30	23,516682	24,5906	1,07394	4,367281357	N EQ	0,5419	1,98191	196,717437	s57
31	19,822089	24,5906	4,76853	19,39167827	EQ	2,1675	2,20002	180,953723	s60
32	19,223735	24,5906	5,36689	21,82493902	EQ	0,5419	9,90433	220,5	s62
33	24,590624	24,5906	circuit défavorable (po+p42+p43+p45+p49+p54+p56+s58)						
34	11,606793	24,5906	12,9838	49,15038411	EQ	2,5282	4,7807	169,632691	s64
35	12,504238	24,5906	12,0864	44,82011819	EQ	0,5419	20,3397	226,25	S65
36	13,569077	24,5906	11,0215	44,86696178	EQ	0,5419	20,361		
37	13,557558	24,5906	11,0331						

*Reprise*

**p: principal s:secondeur**

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

Trançon	G(m3/h)	V estimé (m/s)	longueur (m)	sec esti mé (m <sup>2</sup> )	D CalcI(mm)	D nom(mm)	Sec réel	Vréel(m <sup>2</sup> /s)	R(mmce)	R*L	Σζ	V <sub>2</sub>	Z(mmce)	(R*L)+Z	circuit
p0	25122,8	9	24,08	0,77539457	993,863059	1000	0,785	8,88987403	0,078	1,87824	0,35	79,02986021	1,691770708	3,570010708	10,28091359
p1	8071,8	6	5,5	0,37369444	689,959331	710	0,3957185	5,66606481	0,047	0,2585	2,75	32,10429041	5,399804197	5,658304197	12,12795399
S2	672,8	2,5	1,02	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,01632	2,75	5,756856916	0,968278686	0,984598686	12,6056237
P3	2018,4	6	1,1	0,09344444	345,018128	400	0,1256	4,46390658	0,059	0,0649	1,75	19,92646197	2,13280174	2,19770174	12,51998317
S4	672,8	2,5	1,11	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,01776	1,75	5,756856916	0,616177346	0,633937346	10,96885547
P5	1345,6	6	3,25	0,0622963	281,706122	355	0,09892963	3,77821889	0,053	0,17225	0,35	14,27493797	0,305579712	0,477829712	12,81573587
S6	672,8	2,5	1,1	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0176	1,75	5,756856916	0,616177346	0,633777346	13,27411558
S7	672,8	2,5	4,55	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0728	1,35	5,756856916	0,47533681	0,54813681	13,18351504
P8	5382,4	6	5	0,24918519	563,412244	630	0,3115665	4,7986902	0,039	0,195	0,35	23,02742766	0,492941877	0,687941877	12,04906498
S9	672,8	2,5	1,02	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,01632	2,75	5,756856916	0,968278686	0,984598686	14,19823806
P10	2018,4	6	1,1	0,09344444	345,018128	400	0,1256	4,46390658	0,059	0,0649	1,75	19,92646197	2,13280174	2,19770174	14,71361777
S11	672,8	2,5	1,1	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0176	1,75	5,756856916	0,616177346	0,633777346	14,63309723
P12	1345,6	6	2,88	0,0622963	281,706122	355	0,09892963	3,77821889	0,053	0,15264	0,35	14,27493797	0,305579712	0,458219712	7,646802363
S13	672,8	2,5	1,11	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,01776	1,75	5,756856916	0,616177346	0,633937346	10,84923483
S14	672,8	2,5	4,25	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,068	1,35	5,756856916	0,47533681	0,54333681	11,7453238
P15	2691,2	6	3,19	0,12459259	398,392618	400	0,1256	5,95187544	0,1	0,319	0,35	35,42482128	0,758329508	1,077329508	14,50941742
S16	672,8	2,5	1,2	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0192	2,75	5,756856916	0,968278686	0,987478686	14,92864713
P17	2152,96	6	1,1	0,09967407	356,333191	400	0,1256	4,76150035	0,069	0,0759	1,75	22,67188562	2,426654424	2,502554424	14,8270066
S18	672,8	2,5	1,12	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,01792	1,75	5,756856916	0,616177346	0,634097346	8,25756813
P19	1345,6	6	3,88	0,0622963	281,706122	355	0,09892963	3,77821889	0,053	0,20564	0,35	14,27493797	0,305579712	0,511219712	7,764626253
S20	672,8	2,5	1,38	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,02208	1,75	5,756856916	0,616177346	0,638257346	9,356737637
S21	672,8	2,5	5,15	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0824	1,35	5,756856916	0,47533681	0,55773681	9,676737637
P22	8071,8	6	7,39	0,37369444	689,959331	710	0,3957185	5,66606481	0,046	0,33994	1,35	32,10429041	2,650812969	2,990752969	10,03094298

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

S23	672,8	2,5	3,11	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,04976	2,75	5,756856916	0,968278686	1,018038686	9,710942982
P24	3364	6	2,55	0,15574074	445,416488	450	0,1589625	5,8783955	0,086	0,2193	1,75	34,55553364	3,698604518	3,917904518	9,832328925
S25	672,8	2,5	0,4	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0064	1,75	5,756856916	0,616177346	0,622577346	11,0347839
P26	2691,2	6	2,41	0,12459259	398,392618	400	0,1256	5,95187544	0,1	0,241	0,35	35,42482128	0,758329508	0,999329508	11,24576899
S27	672,8	2,5	2,75	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,044	1,35	5,756856916	0,47533681	0,51933681	15,29436069
P28	2018,4	6	2,25	0,09344444	345,018128	400	0,1256	4,46390658	0,059	0,13275	1,75	19,92646197	2,13280174	2,26555174	16,76354733
S29	672,8	2,5	3,1	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0496	2,75	5,756856916	0,968278686	1,017878686	16,68013242
P30	1345,6	6	2,25	0,0622963	281,706122	355	0,09892963	3,77821889	0,053	0,11925	0,35	14,27493797	0,305579712	0,424829712	16,49993695
S31	672,8	2,5	2,75	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,044	2,75	5,756856916	0,968278686	1,012278686	15,09262197
S32	672,8	2,5	5,2	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,0832	2,35	5,756856916	0,82743815	0,91063815	17,90064868
P33	4036,8	6	3,45	0,18688889	487,929316	500	0,19625	5,71380042	0,07	0,2415	0,35	32,64751529	0,698876474	0,940376474	10,48088725
S34	672,8	2,5	2,51	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,04016	2,75	5,756856916	0,968278686	1,008438686	11,40571567
S35	672,8	2,5	2,51	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,04016	1,35	5,756856916	0,47533681	0,51549681	12,03460488
P36	2691,2	6	3,45	0,12459259	398,392618	400	0,1256	5,95187544	0,1	0,345	0,35	35,42482128	0,758329508	1,103329508	11,94509368
S37	672,8	2,5	2,25	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,036	2,75	5,756856916	0,968278686	1,004278686	
S38	672,8	2,5	2,25	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,036	2,75	5,756856916	0,968278686	1,004278686	
P39	1345,6	6,5	4,45	0,05750427	270,654487	450	0,1589625	2,3513582	0,053	0,23585	0,35	5,528885382	0,118355345	0,354205345	
S40	672,8	2,5	2,25	0,07475556	308,593595	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,036	2,75	5,756856916	0,968278686	1,004278686	

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

---

S41	672,8	3	2,25	0,0622963	281,706122	315	0,07789163	2,3993451	0,016	0,036	2,75	5,756856916	0,968278686	1,004278686
P42	8979,18	6	2,88	0,41570296	727,7073	800	0,5024	4,96460545	0,032	0,09216	1,45	24,64730727	2,185846822	2,278006822
P43	6281	6	3,25	0,29078704	608,629071	630	0,3115665	5,59983895	0,062	0,2015	1,75	31,35819627	3,356381863	3,557881863
S44	697,6	2,5	1	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,016	1,75	6,189084521	0,662440239	0,678440239
P45	5580,8	6	2,75	0,25837037	573,702213	630	0,3115665	4,97557415	0,038	0,1045	0,35	24,75633808	0,529952191	0,634452191
P46	1395,2	6	3,96	0,06459259	286,851107	355	0,09892963	3,91748736	0,053	0,20988	0,35	15,34670722	0,328522785	0,538402785
S47	697,6	2,5	2,85	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,0456	1,75	6,189084521	0,662440239	0,708040239
S48	697,6	2,75	5,5	0,07046465	299,60621	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,088	1,35	6,189084521	0,511025327	0,599025327
P49	4185,6	6	5,09	0,19377778	496,840691	500	0,19625	5,92441614	0,07	0,3563	1,75	35,09870655	3,756742291	4,113042291
S50	697,6	2,5	2	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,032	2,75	6,189084521	1,040977519	1,072977519
P51	1395,2	6	3,87	0,06459259	286,851107	355	0,09892963	3,91748736	0,053	0,20511	1,75	15,34670722	1,642613923	1,847723923
S52	697,6	2,5	2	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,032	1,75	6,189084521	0,662440239	0,694440239

S53	697,6	2,5	6,25	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,1	1,35	6,189084521	0,511025327	0,611025327
P54	2092,8	6	4,02	0,09688889	351,319422	355	0,09892963	5,87623104	0,12	0,4824	0,35	34,53009125	0,739176265	1,221576265

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

S55	697,6	2,5	2,25	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,036	2,75	6,189084521	1,040977519	1,076977519
P56	1395,2	6	3,85	0,06459259	286,851107	355	0,09892963	3,91748736	0,053	0,20405	1,75	15,34670722	1,642613923	1,846663923
S57	697,6	2,5	1,25	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,02	1,75	6,189084521	0,662440239	0,682440239
S58	697,6	2,5	6,25	0,07751111	314,229644	315	0,07789163	2,48778707	0,016	0,1	1,35	6,189084521	0,511025327	0,611025327
P59	2698,18	6	8,96	0,12491556	398,908631	400	0,1256	5,96730361	0,11	0,9856	1,35	35,60871237	2,940168911	3,925768911
S60	674,4	2,5	1,25	0,07493333	308,960314	315	0,07789163	2,40505104	0,016	0,02	1,75	5,784270482	0,619111519	0,639111519
P61	2023,2	6	1,85	0,09366667	345,428132	355	0,09892963	5,68080593	0,12	0,222	0,35	32,27155597	0,690828415	0,912828415
S62	674,4	2,5	2	0,07493333	308,960314	315	0,07789163	2,40505104	0,016	0,032	1,75	5,784270482	0,619111519	0,651111519
P63	1348,8	6	2,8	0,06244444	282,040889	315	0,07789163	4,81010207	0,052	0,1456	0,35	23,13708193	0,495289216	0,640889216
S64	674,4	2,5	1,25	0,07493333	308,960314	315	0,07789163	2,40505104	0,016	0,02	1,75	5,784270482	0,619111519	0,639111519
S65	674,4	2,5	4,5	0,07493333	308,960314	315	0,07789163	2,40505104	0,016	0,072	1,35	5,784270482	0,477600315	0,549600315

circuit	$\Delta p_{\text{circuit}}$ (mmce)	$\Delta p_{\text{defavorable}}$ (mmce)	$\Delta p_{\text{circuit}} - \Delta p_{\text{defavorable}}$	$(\Delta p_{\text{circuit}}) / (\Delta p_{\text{defavorable}}) * 100$	observation	$\Delta p_{\text{dynamique}}$	$\Sigma \zeta$	$D_{\text{defragm}}$	Emplacement
1	10,2809	17,90065	7,61973509	42,5668099	EQ	4,76083495	1,60050394	252	s2
2	12,128	17,90065	5,77269469	32,2485224	EQ	1,9339934	2,9848575	233,610252	s4
3	12,6056	17,90065	5,29502498	29,5800732	EQ	0,34679861	15,2682993	183,674985	s6
4	12,52	17,90065	5,38066552	30,0584946	EQ	1,20038928	4,48243385	220,5	s7

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

---

5	10,9689	17,90065	6,93179322	38,7236984	EQ	0,34679861	19,9879499	175,384577	s9
6	12,8157	17,90065	5,08491282	28,4063047	EQ	0,85993602	5,91312922	215,95312	s11
7	13,2741	17,90065	4,6265331	25,845617	EQ	0,34679861	13,3406911	189	s13
8	13,1835	17,90065	4,71713364	26,3517469	EQ	0,34679861	13,6019393	183,674985	s14
9	12,0491	17,90065	5,85158371	32,6892271	EQ	1,38719444	4,2182866	211,308424	s16
10	14,1982	17,90065	3,70241062	20,6831087	EQ	0,34679861	10,6759673	194,179041	s18
11	14,7136	17,90065	3,18703091	17,8039968	EQ	1,20038928	2,65499782	239,896853	s20
12	14,6331	17,90065	3,26755145	18,2538159	EQ	0,34679861	9,42204311	231,476781	s21
13	7,6468	17,90065	10,2538463	57,2819818	EQ	0,85993602	11,9239642	191,60702	s23
14	10,8492	17,90065	7,05141385	39,3919459	EQ	0,34679861	20,3328781	169,632691	s25
15	11,7453	17,90065	6,15532488	34,3860437	EQ	0,34679861	17,7489895	180,953723	s27
16	14,5094	17,90065	3,39123126	18,9447395	EQ	2,13402538	1,58912415	252	s29
17	14,9286	17,90065	2,97200155	16,6027589	EQ	0,34679861	8,56981969	196,717437	s31
18	14,827	17,90065	3,07364209	17,1705626	EQ	1,36577624	2,25047266	239,896853	s32
19	8,25757	17,90065	9,64308055	53,8700062	EQ	0,34679861	27,8059954	160,619115	s34
20	7,76463	17,90065	10,1360224	56,6237716	EQ	0,85993602	11,7869495	191,60702	s35
21	9,35674	17,90065	8,54391105	47,7296169	EQ	0,34679861	24,6365205	163,678801	s37
22	9,67674	17,90065	8,22391105	45,9419722	EQ	0,34679861	23,7137948	160,619115	s38
23	10,0309	17,90065	7,8697057	43,9632431	EQ	1,9339934	4,06914817	211,308424	s40
24	9,71094	17,90065	8,1897057	45,7508878	EQ	0,34679861	23,615163	160,619115	s41
25	9,83233	17,90065	8,06831976	45,0727787	EQ	2,08165865	3,87590912	167,695896	s44

## Chapitre VI Systèmes de climatisation

---

26	11,0348	17,90065	6,86586478	38,3553965	EQ	0,34679861	19,797844	180,953723	s47
27	11,2458	17,90065	6,6548797	37,1767516	EQ	2,13402538	3,11846324	231,476781	s48
28	15,2944	17,90065	2,606288	14,5597405	EQ	0,34679861	7,51527811	204,143332	s50
29	16,7635	17,90065	1,13710135	6,35229133	NEQ	1,20038928	0,94727717	263,547908	s55
30	16,6801	17,90065	1,22051627	6,81827953	NEQ	0,34679861	3,51938051	227,14973	s57
31	16,4999	17,90065	1,40071173	7,82492163	EQ	0,85993602	1,62885575	252	s60
32	15,0926	17,90065	2,80802671	15,6867316	EQ	0,34679861	8,09699531	199,223493	s62
33	17,9006	17,90065	circuit défavorable(po+p42+p43+p45+p49+p54+p56+s8) reprise						
34	10,4809	17,90065	7,41976143	41,4496791	EQ	0,34679861	21,3950149	169,632691	s64
35	11,4057	17,90065	6,49493302	36,2832271	EQ	1,96671779	3,30242247	227,14973	s65
36	12,0346	17,90065	5,8660438	32,7700069	EQ	0,34679861	16,9148423		
37	11,9451	17,90065	5,95555501	33,2700513	EQ	0,34679861	17,1729495		

Les circuit Pour les bouche des soufflages et les reprises

circuit	Colonne1
1	$p_0+p_1+s_2+0,068$
2	$p_0+p_1+p_3+0,068+s_4$
3	$p_0+p_1+p_3+p_5+s_6+0,068$
4	$p_0+p_1+p_3+p_5+s_7+0,068$
5	$p_0+p_1+p_8+s_9+0,068$
6	$p_0+p_1+p_8+p_{10}+s_{11}+0,068$
7	$p_0+p_1+p_8+p_{10}+p_{12}+s_{13}+0,068$
8	$p_0+p_1+p_8+p_{10}+p_{12}+s_{14}+0,068$
9	$p_0+p_1+p_8+p_{15}+s_{16}+0,068$
10	$p_0+p_1+p_8+p_{15}+p_{17}+s_{18}+0,068$
11	$p_0+p_1+p_8+p_{15}+p_{17}+p_{19}+s_{20}+0,068$
12	$p_0+p_1+p_8+p_{15}+p_{17}+p_{19}+s_{21}+0,068$
13	$p_0+p_{22}+s_{23}+0,068$
14	$p_0+p_{22}+p_{24}+s_{25}+0,068$
15	$p_0+p_{22}+p_{24}+p_{26}+s_{27}+0,068$
16	$p_0+p_{22}+p_{24}+p_{26}+p_{28}+s_{29}+0,068$

17	$p_0+p_{22}+p_{24}+p_{26}+p_{28}+p_{30}+s_{31}+0,068$
18	$p_0+p_{22}+p_{24}+p_{26}+p_{28}+p_{30}+s_{32}+0,068$
19	$p_0+p_{22}+p_{33}+s_{34}+0,068$
20	$p_0+p_{22}+p_{33}+s_{35}+0,068$
21	$p_0+p_{22}+p_{33}+p_{36}+s_{37}+0,068$
22	$p_0+p_{22}+p_{33}+p_{36}+s_{38}+0,068$
23	$p_0+p_{22}+p_{33}+p_{36}+p_{39}+s_{40}+0,068$
24	$p_0+p_{22}+p_{33}+p_{36}+p_{39}+s_{41}+0,068$
25	$p_0+p_{42}+p_{43}+s_{44}+0,068$

26	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{46}+s_{47}+0,068$
27	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{46}+s_{48}+0,068$
28	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{49}+s_{50}+0,068$
29	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{49}+p_{51}+s_{52}+0,068$
30	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{49}+p_{51}+s_{53}+0,068$
31	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{49}+p_{54}+s_{55}+0,068$
32	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{49}+p_{54}+p_{56}+s_{57}+0,068$
33	$p_0+p_{42}+p_{43}+p_{45}+p_{49}+p_{54}+p_{56}+s_{58}+0,068$
34	$p_0+p_{42}+p_{59}+s_{60}+0,068$
35	$p_0+p_{42}+p_{59}+p_{61}+s_{62}+0,068$
36	$p_0+p_{42}+p_{59}+p_{61}+p_{63}+s_{64}+0,068$
37	$p_0+p_{42}+p_{59}+p_{61}+p_{63}+s_{65}+0,068$

### 2) Le système semi centralisé

#### 1) : Procédés de climatisation avec les ventilo – convecteurs :

##### ❖ : Principe de fonctionnement du ventilo – convecteur (V – C) :

Le système à V – C est un système de rafraîchissement utilisant l'eau pulsée comme fluide primaire.

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

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

##### Les fonctions d'un ventilo – convecteur :

Les fonctionnements d'un ventilo – convecteur sont les suivantes :

- ❖ Filtration de l'air repris et de l'air neuf admis dans l'appareil.
- ❖ Chauffage ou refroidissement de l'air mélangé.
- ❖ Déshumidification éventuelle de l'air mélange.
- ❖ Soufflage dans le local de l'air mélangé et réchauffé ou refroidi.

##### ❖ : Différents types de ventilo – convecteur :

Il existe plusieurs types :

##### □□ Ventilo-convecteur verticaux carrossé

Le ventilo-convecteur est directement fixé sur une paroi verticale, le plus souvent un mur extérieur ou une allège (sous une fenêtre). Cette dernière disposition est très courante, afin d'atténuer

L'effet de surface froide en hiver.

Lorsqu'il est disposé contre une paroi extérieure, il est possible d'y installer une grille, de façon à l'introduire une certaine quantité d'air neuf dans l'air repris (figure 1.1.3.A.). il en résulte une transmission du bruit extérieur vers le local climatisé et un risque de gel de l'eau contenue dans la batterie et les tuyauteries



Figure 1.1.3. A : appareil de l'air reprise

### -Ventilo-convecteur verticaux non carrossés

Lorsque l'on veut sauvegarder une certaine harmonie architecturale, le ventiloconvecteur est recouvert par un panneau amovible assorti à la décoration de la pièce ; seules les grilles restent visibles

Le ventilo-convecteur ne comporte pas d'habillage métallique ; il est installé soit en position basse (par exemple au dessous d'une fenêtre), soit en hauteur dans un placard ou derrière une cloison.

### -Ventilo-convecteurs horizontaux carrossés

Ils sont directement fixés au plafond et restent apparents (figure 1.1.3).

Cette disposition est surtout employée dans les locaux existants qui ne disposent pas d'un faux-plafond est insuffisant.



(figure 1.1.3).

### -Ventilo-convecteurs horizontaux non carrossés

A fin de préserver l'esthétique des locaux, l'appareil est caché au-dessus du faux – plafond ou dans un soffite ; seules les grilles de reprise et de soufflage de l'air demeurent apparentes (figures 1.1.3.D).



(figures 1.1.3.D)

Le ventilateur aspire l'air, au travers d'un filtre, à l'intérieur du local climatisé par l'intermédiaire d'une grille de reprise et d'un conduit souple ou bien directement au-dessus du faux-plafond, celui-ci servant de plénum de reprise.

L'air traverse ensuite la batterie d'échange ou il est refroidi et déshumidifié ou bien réchauffé avant d'être soufflé dans le faux plafond ou des bouches verticales fixées au soffite.

Les possibilités de diffusion de l'air sont plus grandes qu'avec un ventiloconvecteur plafonnier apparent et le confort est potentiellement meilleur.

Ces appareils se caractérisent par une faible hauteur (de 185 à 290mm) qui autorise leur insertion dans pratiquement tous les faux-plafonds.

D'autre part, l'accès aux différents organes est prévu par le dessous de l'appareil, afin de permettre les opérations courantes de maintenance sans sa dépose.

Il existe aussi une variante de ces matériels adaptée aux locaux spéciaux équipés d'un faux-plancher. L'accès interne est alors placé sur la face supérieure.

### -Ventilo- convecteur cassettes

Ces appareils sont conçus, de par leurs dimensions, pour s'encaster dans les fauxplafonds modulaires. Ils ne nécessitent ni grille, ni conduit.

L'air est repris sur la partie centrale de l'appareil, traverse les différents organes (filtre, ventilateur, batterie), puis est soufflé tangentiellement au fauxplafond dans une, deux ou quatre directions selon les versions (figure 1.1.3.F.).



(figure 1.1.3.F.).

#### □ Classification des ventilo – convecteur :

Les V – C sont traditionnellement classés d'après le nombre de tuyaux aboutissant à chaque appareil, on distingue :

##### ➤ Les installations à deux tubes :

Ils ne disposent que d'un seul échangeur, alimenté alternativement en eau chaude en hiver, et en eau glacée en été (un pour l'aller et l'autre pour le retour d'eau chaude ou glacée).

C'est un système très souple à la régulation ; mais l'inconvénient de ce système c'est que les besoins doivent être similaires dans les différents locaux d'une même zone.

##### ➤ Les installations à trois tubes :

Dans ce type d'installation les ventilo – convecteurs sont alimentés en toute saison par un ensemble de trois tuyaux :

- ❖ Une distribution d'eau chaude.
- ❖ Une distribution d'eau froide.
- ❖ Un retour commun de l'eau chaude et de l'eau froide.

L'inconvénient majeur de ce type d'installation est l'existence d'un retour commun dans le quel se mélange l'eau glacée et l'eau chaude à la sortie des ventilo – convecteurs donc une perte d'énergie importante.

### Les installations à quatre tubes :

Ils disposent de deux échangeurs qui peuvent être connectés en permanence soit au réseau d'eau chaude, soit à celui d'eau glacée (un aller et un retour pour l'eau chaude et l'eau glacée).

### Les avantages de ce système sont les suivants :

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

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

### : Le système de climatisation choisi dans le cadre du projet :

Notre choix va se porter selon les normes suivantes :

- a) Les conditions de confort obtenu avec chaque procédé.
- b) L'installation choisie doit couvrir largement les besoins d'oxygène. Il est donc essentiel, de maintenir une bonne qualité de l'air intérieur ; dans le cas d'un immeuble comme le bureau, la ventilation par les ouvertures (dite naturelle) ne se révèle possible qu'au maximum pendant 25 à 30% du temps d'occupation (bruits, influence directe), donc on doit choisir un système équipé de dispositifs de prise d'air neuf.
- c) L'encombrement des équipements.
- d) L'esthétique et le niveau sonore des appareils thermiques.
- e) L'installation de climatisation dans un immeuble réputé par la qualité doit généralement satisfaire les exigences multiple et parfois contradictoires : le système installé doit notamment être identique pour tout le bâtiment, garantir aux utilisateurs une flexibilité maximale des surfaces.
- f) La diversité des critères ne nous permet pas de les satisfaire tous ; mais de créer un équilibre entre eux.

### □ : Les solutions proposées :

Nous allons les indiquer dans ces points suivants :

#### □ □ Système à deux tubes (deux tuyaux) :

Le bâtiment est homogène dans ses besoins ; donc on se contentera d'un « système à deux tubes », moins coûteux que d'autres systèmes : un seul réseau de tuyauteries véhiculant alternativement de l'eau chaude en hiver ainsi que de l'eau froide en été.

#### Le choix de V-C :

Pour notre projet nous avons choisi le type de V-C plafonnier encastré gainable à 2 tubes et nous avons choisi le produit **DAIKIN** avec la référence FWB-J



FWB-J			2 TUBES										4 TUBES							
			02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	02	03	04	06	07	08	10	
Puissance absorbée	Haut	W	34	53	57	54	86	121	117	134	164	166	34	51	54	84	117	137	163	
		Puissance																		
		Refrédissement Total	Haut	1,64	2,67	2,99	3,34	4,81	5,31	6,16	7,26	8,49	8,99	1,67	2,67	3,03	4,88	5,33	6,53	8,21
		Refrédissement Sensible	Haut	0,94	1,88	1,95	2,07	3,40	4,15	4,39	5,06	6,37	6,41	0,97	1,83	1,93	3,41	4,01	4,91	6,28
Chauffage	(2 tubes)	Haut	2,16	3,62	3,97	4,11	6,30	7,47	8,09	9,64	11,57	11,71	2,12	3,69	3,87	6,40	7,52	9,01	11,09	
	(4 tubes)	Haut											2,49	3,92	4,43	6,70	8,16	9,56	11,68	
Dimensions	Hauteur x Largeur x Prof.	mm	251x111x198	251x198x198	251x111x198	251x121x198	251x131x198	251x141x198	251x151x198	251x161x198	251x171x198	251x181x198	251x111x198	251x131x198	251x151x198	251x171x198	251x191x198	251x211x198	251x231x198	
		Poids de la machine	kg	20,0	23,0	28,0	31,0	33,0	44,0	48,0	52,0	50,0	56,0	22,0	27,0	31,0	36,0	40,0	52	56
Niveau sonore	Puissance sonore	Haut	dB(A)	47,5	52	49	50		52		55	55,5	56	47	52	50		52	55	56
Débit d'eau	Refrédissement	l/h	386	549	739	803	1.022	1.109	1.338	1.523	1.764	1.910	386	530	724	906	1.138	1.296	1.660	
		Chauffage	l/h	386	549	738	802	1.020	1.107	1.336	1.524	1.764	1.911	387	530	725	905	1.139	1.299	1.660
Chute de pression d'eau	Refrédissement	kPa	10,91	8,34	15,64	11,22	31,31	12,56	7,62	9,83	21,71	16,81	10,95	8,24	15,67	29,95	9,24	12,49	19,38	
		Chauffage	kPa	8,86	6,76	12,84	9,21	25,87	11,13	6,57	8,60	18,56	14,46	8,94	6,64	12,84	24,16	7,89	9,76	16,50
Ventilateur	Débit d'air	Haut	m <sup>3</sup> /h	262	428	431	428	757	945	950	1.066	1.463	1.341	220	424	437	747	898	1.112	1.385
		Pression disponible	Haut	Pa											30					
Echangeur de chaleur standard	Volame d'eau	l	0,69	0,95	1,14	1,52	1,44	1,82	2,42	2,62	2,36	3,14	0,92	1,26	1,52	1,92	2,42	2,62	3,14	
Raccords de tuyauterie	Ech, chaleur standard	pouce																		
Entree de courant	Haut	A	0,15	0,24	0,26	0,25	0,39	0,55	0,53	0,61	0,75	0,75	0,15	0,23	0,25	0,38	0,53	0,62	0,74	
Alimentation électrique			1~/220-240V/50Hz																	

(Fiche technique de ventilo convecteur choisi)

### méthode de calcul des ventilo – convecteurs :

Le type et le nombre de ventilo – convecteurs à placer dans chaque local est imposé par les charges thermiques ou frigorifiques.

#### 1-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 opposées par la longueur de la tuyauterie, les coudes, les raccords, les ventiloconvecteurs, etc.

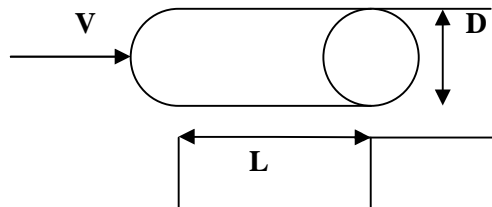
Cette résistance constitue une perte de charge, cette perte de charge est donnée par la relation suivante :

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

Si on examine les différentes pertes de charge qui composent «H» on note qu'elles sont de deux espèces :

- Les pertes de charges dues aux frottements des molécules du fluide entre elles et contre la paroi et qu'on appelle « perte de charge linéaire ou frottement ».
- les pertes de charges dues aux obstacles que le fluide rencontrent au cours de son évolution et qu'on appelle « pertes de charges locales ou particulières ».

**-2-Pertes de charge :** o **Pertes de charge linéaire ou par frottement** : entre deux points ou deux sections de conduite étudiées.



La perte de charges  $\Delta p$  appliquée entre les deux points  $P_1$  et  $P_2$  est donnée par la formule générale suivante :

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

$\lambda$ : coefficient de perte de charge

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

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

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

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

$$R = \lambda \rho V^2 / 2g D \quad (\text{mmCE/m})$$

**ρ**: masse volumique de l'eau. (kg/m<sup>3</sup>).

**V** : vitesse d'écoulement. (m/s). **D** : diamètre de la conduite. (m).

**g** : accélération de la pesanteur. (m/s<sup>2</sup>).

Donc:

$$\Delta h = R.L \quad (\text{mmCE})$$

o Perte de charge locale ou singulière :

La perte de charge singulière est déterminée par la relation :

$$Z = \sum \zeta (V^2 \rho / 2g) \quad (\text{mmCE})$$

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 étudié. **ρ**: masse volumétrique de l'eau. (kg/m<sup>3</sup>).

Donc :

$$\Delta P = \sum (Z + R.L) \quad (\text{mmCE})$$

### a) Méthode de calcul :

La méthode de calcul sera comme suit :

- ✦ Tracer l'axonométrie de l'installation suivant le plan architectural et l'emplacement des ventilo-convecteurs dans chaque local.
- ✦ On partage le circuit en tronçons véhiculant le même débit d'eau pour la nomination des tronçons, les tuyauteries aller 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).

#### o Cas du circuit le plus défavorable :

- On prend «**R**» provisoire qui est compris entre **7** et **10** [mmCE], en détermine à partir de l'un des deux abaques **2** ou **4** "RIETSCHEL".
- A partir de l'un 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) « $\sum\zeta$ » tiré à partir de l'abaque **5** "RIETSCHEL".
- On calcule les pertes de charge singulières.
- On termine par le calcul des pertes de charge totale

#### o Cas des circuits secondaires :

- □ On calcul à chaque fois le  $R_{moy}$  en se référant toujours au circuit le plus défavorable et on passe par les mêmes étapes de calcul que pour le cas du plus défavorable.

### b) Correction des pertes de charge :

#### Correction des pertes de charge linéaires :

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

$$\dot{R} = F.R$$

$\dot{R}$  : 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.

#### Correction des pertes de charge particulières :

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

$$\dot{Z} = B.Z$$

$\dot{Z}$  : perte de charge particulière corrigée en mmCE.

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

Eau glacée :  $\beta = 0.97$

### 3-EQUILIBRAGE DU RESEAU HYDRAULIQUE :

Une fois le calcul hydraulique des tronçons principaux établis on va dimensionner les tronçons secondaires de telle façon qu'ils soient équilibrés avec les conduites principales pour assurer une bonne circulation et une meilleure répartition de l'eau pour satisfaire les besoins de chaque ventilo-convecteur correctement dans tout le réseau.

La condition suivante doit être vérifiée :

$$E = (\Delta P_{\text{dét}} - \Delta P_{\text{cir}}) / \Delta P_{\text{dét}} \quad (\%)$$

$\Delta P_{\text{d}\acute{e}\text{f}}$  : Perte de charge du tronçon considéré du circuit le plus défavoriser (mmCE).

$\Delta P_{\text{cir}}$  : Perte de charge du circuit à équilibrer (mmCE).

Si  $E > 10\%$  : on doit placer un dispositif d'équilibre telque :

On a comme des dispositifs de réglage :

- \* Vanne de réglage.
- \* Robinet.
- \* Diaphragme.

Les pertes de charge qu'on doit créer pour obtenir l'équilibrage du circuit sont données par la relation suivante :

$$\Delta P_{\text{obstacle}} = \Delta P_{\text{d}\acute{e}\text{f}} - \Delta P_{\text{cir}} \text{ (mmCE)}$$

### Groupe frigorifiques

D'après le catalogue **DAIKIN** on choisi le groupe réversible **SEWYQ250DAYN**

Régime d'eau= 12/7



### Caractéristique technique :

<b>Puissance frigorifique</b>	<b>252 kw</b>
<b>Puissance calorifique</b>	<b>281 kw</b>
<b>Puissance absorbé en froid</b>	<b>93.5 kw</b>
<b>Puissance absorbé en chaud</b>	<b>96.6 kw</b>
<b>Efficacité énergétique de refroidissement</b>	<b>2.7</b>
<b>COP</b>	<b>2.71</b>

### Compresseur :

- Nombre=4
- Fluide frigorigène=R410a
- Coefficient de performance COP=4

### Evaporateur :

- Model : Échangeur de chaleur à plaques brasées doubles
- Contenance en eau : 629 l

### Ventilateur de condenseur :

- Débit d'air total =96 m<sup>3</sup>/

CLASSE DE PUISSANCE			080	100	130	150	180	210	230	250	
Puissance	Refrroidissement	kW	77,0	100	136	145	183	211	231	252	
	Chauffage	kW	87,7	114	149	165	199	225	258	281	
Puissance absorbée	Refrroidissement	kW	26,5	36,2	47,6	55,7	63,8	75,3	82,2	93,5	
	Chauffage	kW	30,0	38,1	49,6	58,8	68,0	77,0	84,2	96,6	
Etages de puissance			0-50-100			0-25-50-75-100			0-25-50-75-100		
Efficacité énergétique (EER)			2,91	2,76	2,86	2,6	2,87	2,80	2,81	2,70	
Coefficient de performance (COP) (Eurovent)			2,92	2,99	3	2,81	2,93	2,92	3,06	2,91	
Efficacité énergétique saisonnière (ESEER)			4,00	3,81	4,31	4,07	4,33	4,23	4,20	4,00	
Dimensions			Hauteur x Largeur x Prof.			mm			2.311 x 2.000 x 2.566		
Poids	Poids de la machine		1.400	1.450	1.550	1.600	1.850	1.900	3.200	3.300	
	Poids en fonctionnement		1.415	1.465	1.567	1.619	1.875	1.927	3.239	3.342	
Echangeur de chaleur eau	Type		Plaque brasée								
	Volume min. d'eau dans le système		l	393	511	334	370	446	504	578	629
	Débit d'eau	Min.	l/min	110	143	195	208	262	302	331	361
		Max.	l/min	503	654	854	946	1.141	1.290	1.479	1.611
	Débit d'eau nominal	Refrroidissement	l/min	221	287	390	416	525	605	662	722
		Chauffage	l/min	251	327	427	473	570	645	740	806
	Chute nomin. pression d'eau	Refrroidissement	kPa	36	43	38	41	44	39	38	38
Chauffage		kPa	47	46	51	49	48	50	48	46	
Echangeur de chaleur air			Type								
Ventilateur			Serpentin à ailettes transversales/Tubes H-Xss et ailettes gaufrées revêtues de PE								
Débit d'air nominal			m <sup>3</sup> /min	780	800	860	1.290	1.600			
Vitesse			tr/min	880	900		970			900	
Compresseur			Type								
Modèle			Quantité				Compresseur Scroll				
Puissance sonore			Refrroidissement		dB(A)	86	88	89	90	91	
Plage de fonctionnement	Côté eau	Refrroidissement	°C/BS								
		Chauffage	°C/BS								
	Côté air	Refrroidissement	°C/BS								
		Chauffage	°C/BS								
Circuit de réfrigérant			Type de réfrigérant								
Charge de réfrigérant			kg	33	37	22+22		32+32		39+39	
Nbre de circuits				1				2			
Commande de réfrigérant			Détendeur électronique								
Alimentation électrique			3~/400 V/50 Hz								
Raccords de tuyauterie			Entrée/sortie de l'échangeur chaleur eau		3" D.E.				3"		
			Evacuation de l'échangeur de chaleur eau		1/2" G				1/2" G		

(Fiche technique de groupe d'eau glacé choisi)

### -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 aboutissant l'installation.
- Les pertes de charges que la pompe doit vaincre.

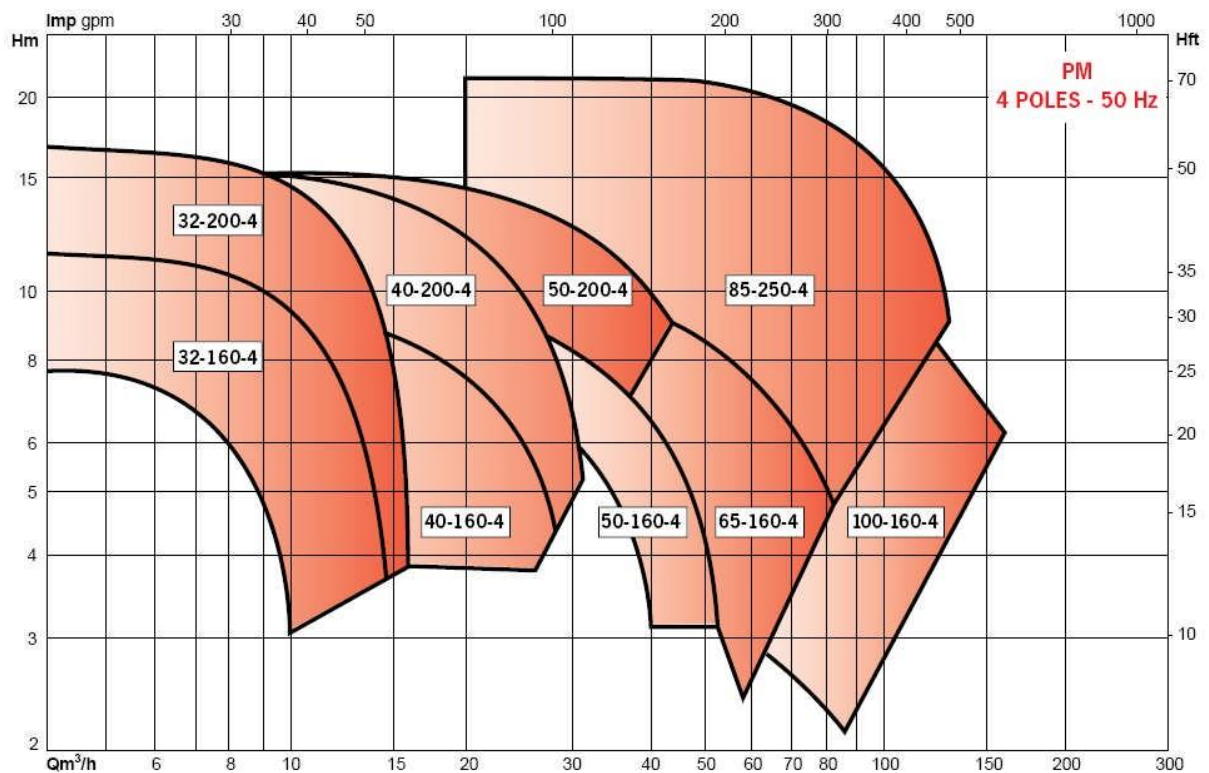
### Application :

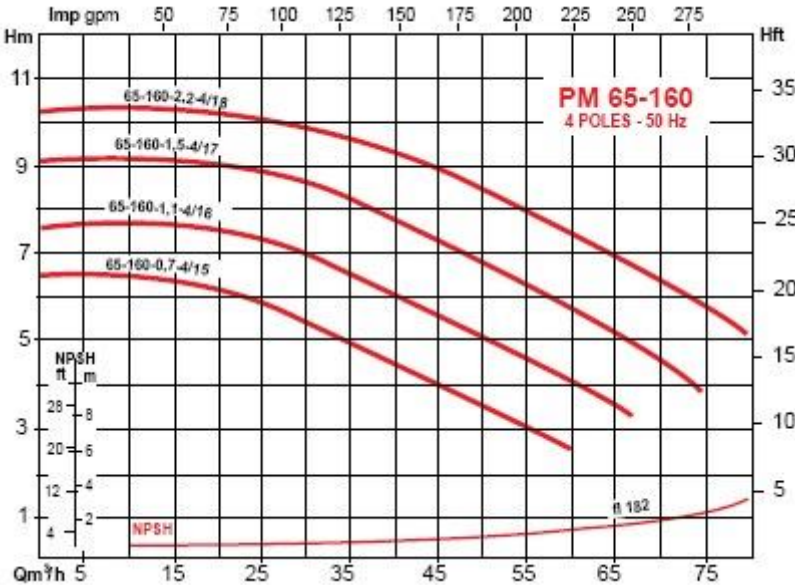
□

Le débit de notre installation d'eau glacée est :  $Q_v = 57.57 \text{ kg/h}$

Les pertes de charge du circuit le plus défavorable est :  $\Delta p = 5,94 \text{ mce}$

Donc à partir de catalogue (salmson) on a choisi la pompe : (PM 65-160-1.5-4/17)





## Chapitre VI Systèmes de climatisation

REFERENCE COMMANDE	moteur		intensité nominale A		fig.	a	h	h1	P1	L	H	P	Z	X	Y	X1	Y1	R	Ød	ØF vidan- ge corps	masse kg	diamètre nominal orifices		CB à commander pour tube Ø
	P2		sous																			DNR	DNR	
	W	tr/mn	230 V	400 V																				
PM 32-160-1,5- 2/12	1,5	2900	5,9	3,6	1	80	160	200	120	443	360	240	65	80	120	150	200	55	14	1/4"	40	50	32	
PM 32-160-2,2- 2/14	2,2	2900	8,1	4,7	1	80	160	200	120	443	360	240	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	42	50	32	50-60
PM 32-160-3- 2/16	3	2900	11	6,7	1	80	160	200	120	500	360	240	87	90	120	150	200	55	14	1/4"	48	50	32	et
PM 32-160-4- 2/17	4	2900	14,7	8,7	1	80	160	200	120	536	360	240	87	90	120	150	200	55	14	1/4"	54	50	32	33-42
PM 32-160-5,5- 2/18	5,5	2900	-	11,5	2	80	160	132	120	627	292	240	249	140	208	216	250	58	12	1/4"	74	50	32	
PM 32-200-7,5- 2/21	7,5	2900	-	16	2	80	180	132	155	624	312	310	246	140	208	216	250	58	12	1/4"	94	50	32	50-60 et
PM 32-200-9- 2/22	9	2900	-	18,4	2	80	180	132	155	624	312	310	246	178	208	216	250	58	12	1/4"	100	50	32	33-42
PM 40-160-3- 2/15	3	2900	11	6,7	1	80	160	200	130	500	360	250	87	90	120	150	200	55	14	1/4"	49	65	40	66-76
PM 40-160-4- 2/16	4	2900	14,7	8,7	1	80	160	200	130	536	360	250	87	90	120	150	200	55	14	1/4"	57	65	40	et
PM 40-160-5,5- 2/18	5,5	2900	-	11,5	2	80	160	132	130	627	292	250	249	140	208	216	250	58	12	1/4"	77	65	40	40-49
PM 40-200-7,5- 2/19	7,5	2900	-	16	2	100	180	132	155	644	312	310	246	140	208	216	250	58	12	1/4"	97	65	40	
PM 40-200-9- 2/20	9	2900	-	18	2	100	180	132	155	644	312	310	246	178	208	216	250	58	12	1/4"	103	65	40	66-76
PM 40-200-11- 2/21	11	2900	-	22,8	2	100	180	160	155	781	340	310	294	210	294	254	294	64	14	1/4"	120	65	40	et
PM 40-200-15- 2/22	15	2900	-	28,9	2	100	180	160	155	781	340	310	294	210	294	254	294	64	14	1/4"	134	65	40	40-49
PM 50-160-4- 2/15	4	2900	14,7	8,7	1	100	180	200	145	536	380	272	87	90	120	150	200	55	14	3/8"	61	65	50	
PM 50-160-5,5- 2/16	5,5	2900	-	11,5	2	100	180	132	145	647	312	272	249	140	208	216	250	58	12	1/4"	80	65	50	66-76
PM 50-160-7,5- 2/17	7,5	2900	-	16	2	100	180	132	145	647	312	272	249	140	208	216	250	58	12	1/4"	91	65	50	et
PM 50-160-9- 2/18	9	2900	-	18	2	100	180	132	145	647	312	272	249	178	208	216	250	58	12	1/4"	98	65	50	50-60
PM 50-160-11- 2/18	11	2900	-	22,8	2	100	180	160	145	784	340	272	297	210	294	254	294	64	14	1/4"	115	65	50	
PM 50-200-15- 2/21	15	2900	-	28,9	2	100	200	160	160	781	360	315	294	210	294	254	294	64	14	1/4"	137	65	50	66-76 et
PM 50-200-18,5-2/22	18,5	2900	-	34,8	2	100	200	160	160	781	360	315	294	254	294	254	294	64	14	1/4"	153	65	50	50-60
PM 65-160-4- 2/13	4	2900	14,7	8,7	1	100	200	200	164	545	400	302	76	90	120	150	200	55	14	3/8"	66	80	65	
PM 65-160-5,5- 2/14	5,5	2900	-	11,5	2	100	200	132	164	636	332	302	238	140	208	216	250	58	12	3/8"	89	80	65	
PM 65-160-7,5- 2/15	7,5	2900	-	16	2	100	200	132	164	636	332	302	238	140	208	216	250	58	12	3/8"	100	80	65	82-89
PM 65-160-9- 2/16	9	2900	-	18	2	100	200	132	164	636	332	302	238	178	208	216	250	58	12	3/8"	105	80	65	et
PM 65-160-11- 2/17	11	2900	-	22,8	2	100	200	160	164	773	360	302	286	210	294	254	294	64	14	3/8"	122	80	65	66-76
PM 65-160-15- 2/18	15	2900	-	28,9	2	100	200	160	164	773	360	302	286	210	294	254	294	64	14	3/8"	136	80	65	
PM 100-160-9- 2/14	9	2900	-	18	2	125	250	132	203	662	382	336	238	178	208	216	250	58	12	3/8"	118	125	100	
PM 100-160-11- 2/15	11	2900	-	22,8	2	125	250	160	203	799	410	336	287	210	294	254	294	64	14	3/8"	135	125	100	127-140
PM 100-160-15- 2/16	15	2900	-	28,9	2	125	250	160	203	799	410	336	287	210	294	254	294	64	14	3/8"	150	125	100	et
PM 100-160-18,5-2/17	18,5	2900	-	34,8	2	125	250	160	203	799	410	336	287	254	294	254	294	64	14	3/8"	165	125	100	102-114
PM 32-160-0,7- 4/16	0,75	1450	3,5	2,1	1	80	160	200	120	419	360	240	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	36	50	32	50-60
PM 32-160-0,7- 4/17	0,75	1450	3,5	2,1	1	80	160	200	120	419	360	240	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	36	50	32	et
PM 32-160-0,7- 4/18	0,75	1450	3,5	2,1	1	80	160	200	120	419	360	240	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	36	50	32	33-42
PM 32-200-1,1- 4/21	1,1	1450	5	2,9	1	80	180	200	155	440	380	310	62	90	120	150	200	55	14	1/4"	51	50	32	50-60 et
PM 32-200-1,1- 4/22	1,1	1450	5	2,9	1	80	180	200	155	440	380	310	62	90	120	150	200	55	14	1/4"	51	50	32	33-42
PM 40-160-0,7- 4/16	0,75	1450	3,5	2,1	1	80	160	200	130	419	360	250	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	37	65	40	66-76 et
PM 40-160-0,7- 4/18	0,75	1450	3,5	2,1	1	80	160	200	130	419	360	250	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	37	65	40	40-49
PM 40-200-1,1- 4/20	1,1	1450	5	2,9	1	100	180	200	155	460	380	310	62	90	120	150	200	55	14	1/4"	53	65	40	66-76 et
PM 40-200-1,5- 4/22	1,5	1450	5,9	3,7	1	100	180	200	155	487	380	310	62	90	120	150	200	55	14	1/4"	54	65	40	40-49
PM 50-160-0,7- 4/17	0,7	1450	3,5	2,1	1	100	180	200	145	439	380	272	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	40	65	50	66-76 et
PM 50-160-1,1- 4/18	1,1	1450	5	2,9	1	100	180	200	145	463	380	272	65	90	120	150	200	55	14	1/4"	44	65	50	50-60
PM 50-200-1,5- 4/21	1,5	1450	5,9	3,7	1	100	200	200	160	487	400	315	62	90	120	150	200	55	14	1/4"	58	65	50	66-76 et
PM 50-200-2,2- 4/22	2,2	1450	8,1	5,4	1	100	200	200	160	517	400	315	84	90	120	150	200	55	14	1/4"	66	65	50	50-60
PM 65-160-0,7- 4/15	0,7	1450	3,5	2,1	1	100	200	200	164	428	400	302	54	90	120	150	200	55	14	3/8"	45	80	65	
PM 65-160-1,1- 4/16	1,1	1450	5	2,9	1	100	200	200	164	452	400	302	54	90	120	150	200	55	14	3/8"	49	80	65	82-89
PM 65-160-1,5- 4/17	1,5	1450	5,9	3,7	1	100	200	200	164	479	400	302	54	90	120	150	200	55	14	3/8"	50	80	65	et
PM 65-160-2,2- 4/18	2,2	1450	8,1	5,4	1	100	200	200	164	509	400	302	76	90	120	150	200	55	14	3/8"	60	80	65	66-76
PM 80-250-2,2- 4/20	2,2	1450	8,1	5,4	3	125	280	200	208	541	480	394	-	120	160	315	400	80	16	3/8"	108	100	80	
PM 80-250-3- 4/22	3	1450	11	7,6	3	125	280	200	208	541	480	394	-	120	160	315	400	80	16	3/8"	110	100	80	102-104
PM 80-250-4- 4/24	4	1450	14,7	9,6	3	125	280	200	208	577	480	394	-	120	160	315	400	80	16	3/8"	115	100	80	et
PM 80-250-5,5- 4/25	5,5	1450	-	12,5	3	125	280	200	208	668	480	394	-	120	160	315	400	80	16	3/8"	135	100	80	82-89
PM 80-250-7,5- 4/27	7,5	1450	-	16	3	125	280	200	208	668	480	394	-	120	160	315	400	80	16	3/8"	146	100	80	
PM 100-160-1,1-4/14	1,1	1450	5	2,9	1	125	250	200	203	477	450	366	54	90	120	150	200	55	14	3/8"	64	125	100	
PM 100-160-1,5-4/16	1,5	1450	5,9	3,7	1	125	250	200	203	504	450	366	54	90	120	150	200	55	14	3/8"	65	125	100	127-140
PM 100-160-2,2-4/17	2,2	1450	8,1	5,4	1	125	250	200	203	534	450	366	76	90	120	150	200	55	14	3/8"	74	125	100	et
PM 100-160-3- 4/18	3	1450	11	7,6	1	125	250	200	203	534														

# ANNEXE 3

## RDC

### 1<sup>er</sup> étage

tronçon	R mmce	Long m	G Kg/h	D mm	V m/s	$\Delta P_L$ mmce	$\beta$	$v^2$	$\epsilon$ aller	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z aller mmce	$\epsilon$ ret	Z retour mmce	$\Delta p$ aller mmce	$\Delta p$ retour mmce	$\Delta p_{vc}$ mmce	$\Delta p_i$ circuit mmce
1	8,4	7,65	2591	40	0,55	64,26	0,97	1	0,3025	1000	19,62	14,9554027	0,8	11,9643221	889,126616	1060,44316	1113,26	3062,82978
2	15	5,56	262	15	0,62	83,4	0,97	2,5	0,3844	1000	19,62	47,511213	4,2	79,8188379	932,293902	1131,46062	1113,26	3177,01452
3	13,4	5,52	1048	25	0,54	73,968	0,97	0,5	0,2916	1000	19,62	7,20825688	2,3	33,1579817	1053,88051	1205,7575	1113,26	3372,89801
4	4	3,78	1543	32	0,44	15,12	0,97	2,3	0,1936	1000	19,62	22,0143527	2,3	22,0143527	1072,88499	1196,25526	1113,26	3382,40025
5	7,7	2,31	757	25	0,39	17,787	0,97	2,5	0,1521	1000	19,62	18,7993119	2,3	17,295367	831,936067	969,441042	1113,26	2914,63711
6	7,6	6,13	786	25	0,38	46,588	0,97	1,5	0,1444	1000	19,62	10,7085627	1,8	12,8502752	998,761119	1139,91175	1113,26	3251,93287
7	15	5,56	262	15	0,62	83,4	0,97	3,3	0,3844	1000	19,62	62,7148012	3,3	62,7148012	1060,15829	1203,92525	1113,26	3377,34353
8	12	5,61	524	20	0,42	67,32	0,97	1,5	0,1764	1000	19,62	13,0816514	1,8	15,6979817	1079,16277	1194,42301	1113,26	3386,84578
9	15	5,56	262	15	0,62	83,4	0,97	2,3	0,3844	1000	19,62	43,710316	2,3	43,710316				
10	15	5,56	262	15	0,62	83,4	0,97	3,3	0,3844	1000	19,62	62,7148012	1,8	34,2080734				
11	15	5,56	262	15	0,62	83,4	0,97	0,5	0,3844	1000	19,62	9,50224261	2,3	43,710316				
12	12	5,61	524	20	0,42	67,32	0,97	2,3	0,1764	1000	19,62	20,0585321	0,8	6,97688073				
13	15	5,56	262	15	0,62	83,4	0,97	2,3	0,3844	1000	19,62	43,710316	2,3	43,710316				
14	15	5,56	262	15	0,62	83,4	0,97	3,3	0,3844	1000	19,62	62,7148012	1,8	34,2080734				
0	12	4,56	7306	25	0,5	54,72	0,97	0,5	0,25	1000	19,62	6,17991845	1	12,3598369				

2<sup>er</sup> étage

tronçon	R mmce	Lon g m	G Kg/ h	D mm	V m/s	ΔP <sub>L</sub> mmce	β	v <sup>2</sup>	ε aller	ρ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z <sub>aller</sub> mmce	ε ret	Z <sub>retour</sub> mmce	Δp <sub>aller</sub> mmce	Δp <sub>retour</sub> mmce	Δp <sub>ve</sub> mmce	Δp <sub>t</sub> circuit mmce
1	9,5	2,14	4845	50	0,68	20,33	0,97	1	0,4624	100	19,62	22,8607543	1,5	34,2911315	712,758379	860,188756	3194,66	4767,60714
2	13	1,78	1022	25	0,55	23,14	0,97	2,3	0,25	100	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249	851,6687	1010,32527	815,5	2677,49397
3	20	6,01	3823	40	0,87	120,2	0,97	0,5	0,7569	100	19,62	18,7103211	0,8	29,9365138	876,667783	1040,6638	3194,66	5111,99159
4	13	1,78	1022	25	0,55	23,14	0,97	2,3	0,25	100	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249	897,306319	1064,86345	3194,66	5156,82977
5	10	1,61	2801	40	0,6	16,1	0,97	0,5	0,36	100	19,62	8,89908257	0,8	14,2385321	888,525107	1049,90232	3194,66	5133,08743
6	13	1,78	1022	25	0,55	23,14	0,97	2,3	0,25	100	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249				
7	8,5	1,86	1779	32	0,49	15,81	0,97	0,5	0,2401	100	19,62	5,93519368	0,8	9,49630989				
8	7,3	4,78	757	25	0,37	34,894	0,97	2,3	0,1369	100	19,62	15,5669674	2,3	15,5669674				
9	13	1,78	1022	25	0,55	23,14	0,97	1,5	0,25	100	19,62	18,5397554	1	12,3598369				
0	12	3,88	9897	60	0,85	46,56	0,97	0,5	0,7225	100	19,62	17,8599643	1	35,7199286				

3<sup>ème</sup> étage

tronçon	R mmce	Long m	G Kg/h	D mm	V m/s	ΔPL mmce	β	v <sup>2</sup>	ε aller	ρ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z <sub>aller</sub> mmce	ε <sub>ret</sub>	Z <sub>retour</sub> mmce	Δp <sub>aller</sub> mmce	Δp <sub>retour</sub> mmce	Δp <sub>vc</sub> mmce
1	6,6	1,45	7306	60	0,65	9,57	0,4225	2	1000	19,62	41,7762487	0,8	16,7104995	629,353547	678,927961	3194,89	4503,17151
2	13	4,22	1022	25		54,86	0,25	4,3	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618	698,338316	729,170273	851,02	2278,52859
3	5,3	5,06	6284	60	0,57	26,818	0,3249	4,2	1000	19,62	67,463945	2,8	44,9759633	771,6301	809,444871	3194,89	4775,96497
4	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104	753,049376	774,936201	851,02	2379,00558
5	13	2,57	5735	50	0,8	33,41	0,64	0,5	1000	19,62	15,8205912	0,8	25,312946	797,35035	869,022174	3194,89	4861,26252
6	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	4,2	1000	19,62	51,911315	3,3	40,7874618	810,5909	872,519218	3194,89	4878,00012
7	8,5	1,63	4713	50	0,63	13,855	0,3969	0,5	1000	19,62	9,81123853	0,8	15,6979817	813,547592	895,763347	851,02	2560,33094
8	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104	860,114091	927,015513	851,02	2638,1496
9	7	2,58	4164	50	0,55	18,06	0,3025	0,5	1000	19,62	7,47770133	0,8	11,9643221	907,513234	938,274376	3194,89	5040,67761
10	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	3,3	40,7874618				
11	4	2,22	3142	50	0,42	8,88	0,1764	0,5	1000	19,62	4,36055046	0,8	6,97688073				
12	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249				
13	21	0,16	3691	40	0,85	3,86	0,7225	0,5	1000	19,62	17,8599643	0,8	28,5759429				
14	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104				
15	6,5	3,63	1571	32	0,44	23,595	0,1936	0,5	1000	19,62	4,78572885	0,8	7,65716616				
16	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104				
17	13	5,73	1022	25mm	0,5	74,49	0,25	4,5	1000	19,62	55,6192661	2	24,7196738				

0	6,3	3,54	22048	100	0,8	22,302	0,64	0,5	1000	19,62	15,8205912	1	31,6411825				
---	-----	------	-------	-----	-----	--------	------	-----	------	-------	------------	---	------------	--	--	--	--

#### 4<sup>ème</sup> étage

tronçon	R mmce	Lon g m	G Kg/h	D mm	V m/s	$\Delta P_L$ mmce	$\beta$	$v^2$	$\epsilon$ aller	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z aller mmce	$\epsilon$ ret	Z retour mmce	$\Delta p$ aller mmce	$\Delta p$ retour mmce	$\Delta p_{vc}$ mmce	$\Delta p$ , circuit mmce
1	6,6	1,45	7306	60	0,67	9,57	0,97	2	0,4225	1000	19,62	41,7762487	0,8	16,7104995	713,353547	793,927961	3194,89	4702,17151
2	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	4,3	0,25	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618	782,838316	844,170273	851,02	2478,02859
3	5,3	5,06	6284	60	0,57	26,818	0,97	4,2	0,3249	1000	19,62	67,463945	2,8	44,9759633	858,6301	924,444871	3194,89	4977,96497
4	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,97	4,2	0,1936	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104	840,049376	932,446201	851,02	2623,51558
5	13	2,57	5735	50	0,8	33,41	0,97	0,5	0,64	1000	19,62	15,8205912	0,8	25,312946	884,35035	984,022174	3194,89	5063,26252
6	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	4,2	0,25	1000	19,62	51,911315	3,3	40,7874618	897,5909	987,519218	3194,89	5080,00012
7	8,5	1,63	4713	50	0,63	13,855	0,97	0,5	0,3969	1000	19,62	9,81123853	0,8	15,6979817	926,707592	1036,92335	851,02	2814,65094
8	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,97	2,3	0,1936	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104	947,114091	1042,01551	851,02	2840,1496
9	7	2,58	4164	50	0,55	18,06	0,97	0,5	0,3025	1000	19,62	7,47770133	0,8	11,9643221	994,513234	1067,12938	3194,89	5256,53261
10	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	2,3	0,25	1000	19,62	28,4276249	3,3	40,7874618				
11	4	2,22	3142	50	0,42	8,88	0,97	0,5	0,1764	1000	19,62	4,36055046	0,8	6,97688073				
12	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	2,3	0,25	1000	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249				
13	21	0,16	3691	40	0,85	3,86	0,97	0,5	0,7225	1000	19,62	17,8599643	0,8	28,5759429				
14	21	3,27	549	20	0,44	68,67	0,97	2,3	0,1936	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104				
15	6,5	3,63	1571	32	0,44	23,595	0,97	0,5	0,1936	1000	19,62	4,78572885	0,8	7,65716616				
16	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,97	4,2	0,1936	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104				
17	13	5,73	1022	25	0,5	74,49	0,97	4,5	0,25	1000	19,62	55,6192661	2	24,7196738				
0	15,5	3,54	14742	65	1,1	54,87	0,97	0,5	1,21	1000	19,62	29,9108053	1	59,8216106				

#### 5<sup>ème</sup> étage

tronçon	R mmce	Long m	G Kg/h	D mm	V m/s	$\Delta P_L$ mmce	$\beta$	$v^2$	$\epsilon$ aller	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z aller mmce	$\epsilon$ ret	Z retour mmce	$\Delta p$ aller mmce	$\Delta p$ retour mmce	$\Delta p_{vc}$ mmce
1	6,6	1,45	7306	60	0,65	9,57	0,4225	2	1000	19,62	41,7762487	0,8	16,7104995	591,353547	625,927961	3194,89	4412,17151
2	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	4,3	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618	660,338316	676,170273	851,02	2187,52859
3	5,3	5,06	6284	60	0,57	26,818	0,3249	4,2	1000	19,62	67,463945	2,8	44,9759633	733,6301	756,444871	3194,89	4684,96497
4	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104	715,049376	764,446201	851,02	2330,51558
5	13	2,57	5735	50	0,8	33,41	0,64	0,5	1000	19,62	15,8205912	0,8	25,312946	759,35035	816,022174	3194,89	4770,26252
6	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	4,2	1000	19,62	51,911315	3,3	40,7874618	772,5909	819,519218	3194,89	4787,00012
7	8,5	1,63	4713	50	0,63	13,855	0,3969	0,5	1000	19,62	9,81123853	0,8	15,6979817	775,547592	842,763347	851,02	2469,33094
8	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104	854,094091	874,015513	851,02	2579,1296
9	7	2,58	4164	50	0,55	18,06	0,3025	0,5	1000	19,62	7,47770133	0,8	11,9643221	869,513234	899,129376	3194,89	4963,53261
10	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	3,3	40,7874618				
11	4	2,22	3142	50	0,42	8,88	0,1764	0,5	1000	19,62	4,36055046	0,8	6,97688073				
12	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249				
13	21	0,16	3691	40	0,85	3,86	0,7225	0,5	1000	19,62	17,8599643	0,8	28,5759429				
14	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104				
15	6,5	3,63	1571	32	0,44	23,595	0,1936	0,5	1000	19,62	4,78572885	0,8	7,65716616				
16	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104				
17	13	5,73	1022		0,5	74,49	0,25	4,5	1000	19,62	55,6192661	2	24,7196738				
0	10	3,54	29354	100	1,1	35,4	1,21	0,5	1000	19,62	29,9108053	1	59,8216106				

### 6<sup>e</sup> étage

tronçon	R mmce	Long m	G Kg/h	D mm	V m/s	$\Delta P_L$ mmce	$\beta$	$v^2$	$\epsilon$ aller	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z aller mmce	$\epsilon$ ret	Z retour mmce	$\Delta p$ aller mmce	$\Delta p$ retour mmce	$\Delta p_{vc}$ mmce
---------	--------	--------	--------	------	-------	-------------------	---------	-------	------------------	--------------------------	----------------------	--------------	----------------	---------------	-----------------------	------------------------	----------------------

1	6,6	1,45	7306	60	0,65	9,57	0,4225	2	1000	19,62	41,7762487	0,8	16,7104995	526,353547	531,677961	3194,89	4252,92151
2	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	4,3	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618	595,338316	581,170273	851,02	2027,52859
3	5,3	5,06	6284	60	0,57	26,818	0,3249	4,2	1000	19,62	67,463945	2,8	44,9759633	668,6301	661,444871	3194,89	4524,96497
4	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104	650,049376	669,446201	851,02	2170,51558
5	13	2,57	5735	50	0,8	33,41	0,64	0,5	1000	19,62	15,8205912	0,8	25,312946	694,35035	721,022174	3194,89	4610,26252
6	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	4,2	1000	19,62	51,911315	3,3	40,7874618	707,5909	724,519218	3194,89	4627,00012
7	8,5	1,63	4713	50	0,63	13,855	0,3969	0,5	1000	19,62	9,81123853	0,8	15,6979817	710,547592	719,187404	851,02	2280,755
8	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104	757,114091	779,015513	851,02	2387,1496
9	7	2,58	4164	50	0,55	18,06	0,3025	0,5	1000	19,62	7,47770133	0,8	11,9643221	804,513234	804,129376	3194,89	4803,53261
10	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	3,3	40,7874618				
11	4	2,22	3142	50	0,42	8,88	0,1764	0,5	1000	19,62	4,36055046	0,8	6,97688073				
12	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249				
13	21	0,16	3691	40	0,85	3,86	0,7225	0,5	1000	19,62	17,8599643	0,8	28,5759429				
14	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104				
15	6,5	3,63	1571	32	0,44	23,595	0,1936	0,5	1000	19,62	4,78572885	0,8	7,65716616				
16	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104				
17	13	5,73	1022	25	0,5	74,49	0,25	4,5	1000	19,62	55,6192661	2	24,7196738				
0	8	3,54	36660	110	1	28,32	1	0,5	1000	19,62	24,7196738	1	49,4393476				

**7<sup>ème</sup> étage**

tronçon	R mmce	Long m	G Kg/h	D mm	V m/s	$\Delta P_L$ mmce	$\beta$	$v^2$	$\epsilon$ aller	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z aller mmce	$\epsilon$ ret	Z retour mmce	$\Delta p$ aller mmce	$\Delta p$ retour mmce	$\Delta p_{vc}$ mmce
---------	-----------	-----------	-----------	------	----------	----------------------	---------	-------	------------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------	----------------	------------------	--------------------------	------------------------------	-------------------------

1	6,6	1,45	7306	60	0,65	9,57	0,4225	2	1000	19,62	41,7762487	0,8	16,7104995	473,353547	453,927961	3194,89	4122,17151
2	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	4,3	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618	542,338316	504,170273	851,02	1897,52859
3	5,3	5,06	6284	60	0,57	26,818	0,3249	4,2	1000	19,62	67,463945	2,8	44,9759633	615,6301	584,444871	3194,89	4394,96497
4	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104	597,049376	592,446201	851,02	2040,51558
5	13	2,57	5735	50	0,8	33,41	0,64	0,5	1000	19,62	15,8205912	0,8	25,312946	641,35035	644,022174	3194,89	4480,26252
6	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	4,2	1000	19,62	51,911315	3,3	40,7874618	654,5909	647,519218	3194,89	4497,00012
7	8,5	1,63	4713	50	0,63	13,855	0,3969	0,5	1000	19,62	9,81123853	0,8	15,6979817	657,547592	646,834702	851,02	2155,40229
8	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104	704,114091	702,015513	851,02	2257,1496
9	7	2,58	4164	50	0,55	18,06	0,3025	0,5	1000	19,62	7,47770133	0,8	11,9643221	751,513234	727,129376	3194,89	4673,53261
10	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	3,3	40,7874618				
11	4	2,22	3142	50	0,42	8,88	0,1764	0,5	1000	19,62	4,36055046	0,8	6,97688073				
12	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,25	2,3	1000	19,62	28,4276249	2,3	28,4276249				
13	21	0,16	3691	40	0,85	3,86	0,7225	0,5	1000	19,62	17,8599643	0,8	28,5759429				
14	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	2,3	1000	19,62	22,0143527	3,3	31,5858104				
15	6,5	3,63	1571	32	0,44	23,595	0,1936	0,5	1000	19,62	4,78572885	0,8	7,65716616				
16	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104				
17	13	5,73	1022	25mm	0,5	74,49	0,25	4,5	1000	19,62	55,6192661	2	24,7196738				
0	12	3,54	43966	110	1,3	42,48	1,69	0,5	1000	19,62	41,7762487	1	83,5524975				

**7<sup>e</sup> étage**

tronçon	R mmce	Long m	G Kg/h	D mm	V m/s	$\Delta P_L$ mmce	$\beta$	$v^2$	$\epsilon$ aller	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z <sub>aller</sub> mmce	$\epsilon$ ret	Z <sub>retour</sub> mmce	$\Delta p$ aller mmce	$\Delta p$ retour mmce	$\Delta p_{vc}$ mmce	$\Delta p_t$ circuit mmce
1	6,6	1,45	7306	60	0,65	9,57	0,97	0,4225	2	1000	19,62	41,7762487	0,8	16,7104995	389,833547	328,357961	3194,89	3913,08151
2	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	0,25	4,3	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618	458,338316	378,170273	851,02	1687,52859

3	5,3	5,06	6284	60	0,57	26,818	0,97	0,3249	4,2	1000	19,62	67,463945	2,8	44,9759633	531,630116	458,444871	3194,89	4184,96497
4	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,97	0,1936	4,2	1000	19,62	40,2001223	3,3	31,5858104	514,033673	490,926201	851,02	1855,97987
5	13	2,57	5735	50	0,8	33,41	0,97	0,64	0,5	1000	19,62	15,8205912	0,8	25,312946	558,764264	518,022174	3194,89	4271,67644
6	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	0,25	4,2	1000	19,62	51,911315	3,3	40,7874618	572,139677	521,519218	3194,89	4288,5489
7	8,5	1,63	4713	50	0,63	13,855	0,97	0,3969	0,5	1000	19,62	10,1146789	0,8	15,6979817	782,799939	544,263347	851,02	2178,08329
8	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,97	0,1936	2,3	1000	19,62	22,695209	3,3	31,5858104	523,604142	575,515513	851,02	1950,13965
9	7	2,58	4164	50	0,55	18,06	0,97	0,3025	0,5	1000	19,62	7,70897044	0,8	11,9643221	746,754256	601,059376	3194,89	4542,70363
10	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	0,25	2,3	1000	19,62	29,3068298	3,3	40,7874618				
11	4	2,22	3142	50	0,42	8,88	0,97	0,1764	0,5	1000	19,62	4,49541284	0,8	6,97688073				
12	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	0,25	2,3	1000	19,62	29,3068298	2,3	28,4276249				
13	21	0,16	3691	40	0,85	3,36	0,97	0,7225	0,5	1000	19,62	18,4123344	0,8	28,5759429				
14	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,97	0,1936	2,3	1000	19,62	22,695209	3,3	31,5858104				
15	6,5	3,63	1571	32	0,44	23,595	0,97	0,1936	0,5	1000	19,62	4,93374108	0,8	7,65716616				
16	13	3,27	549	20	0,44	42,51	0,97	0,1936	4,2	1000	19,62	41,4434251	3,3	31,5858104				
17	13	5,73	1022	25mm	0,5	74,49	0,97	0,25	4,5	1000	19,62	57,3394495	2	24,7196738				
0	10	3,54	51272	125	1,2	35,4	0,97	1,44	0,5	1000	19,62	36,6972477	1	71,1926606				

**8<sup>ème</sup> étage**

tronçon	R mmce	Long m	G Kg/h	D mm	V m/s	ΔP <sub>L</sub> mmce	β	v <sup>2</sup>	ε aller	ρ kg/m <sup>3</sup>	2g Kg/s <sup>3</sup>	Z aller mmce	ε ref	Z retour mmce	Δp aller mmce	Δp retour mmce	Δp <sub>vc</sub> mmce	Δp <sub>i</sub> circuit mmce
1	8,5	1,7	6095	60	0,67	14,45	0,97	2,3	0,4489	1000	19,62	51,0446432	0,8	17,7546585	278,748221	226,408267	3194,89	3700,04649
2	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	4,3	0,25	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618	410,2379	289,803649	1595,918	2295,95955
3	5,3	5,6	5073	60	0,57	29,68	0,97	4,5	0,3249	1000	19,62	72,2827982	2,8	44,9759633	409,138644	301,06423	3194,89	3905,09287
4	7	9,95	739	25	0,36	69,65	0,97	2,3	0,1296	1000	19,62	14,7368807	2,3	14,7368807	537,62735	426,216769	1595,918	2559,76212

5	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	2,3	0,25	1000	19,62	28,4276249	3,3	40,7874618	574,635943	437,47735	3194,89	4207,00329
6	17,5	6,42	3312	40	0,78	112,35	0,97	0,5	0,6084	1000	19,62	15,0394495	0,8	24,0631193	556,848853	486,994516	3194,89	4238,73337
7	7	9,95	739	25	0,36	69,65	0,97	2,3	0,1296	1000	19,62	14,7368807	2,3	14,7368807	597,087757	377,648247	1595,83	2570,566
8	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	4,3	0,25	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618				
9	7	5,98	1571	32	0,44	41,86	0,97	0,5	0,1936	1000	19,62	4,78572885	0,8	7,65716616				
10	13	4,22	1022	25	0,5	54,86	0,97	4,3	0,25	1000	19,62	53,1472987	3,3	40,7874618				
11	7	9,95	739	25	0,36	69,65	0,97	4,3	0,1296	1000	19,62	27,5515596	1	6,40733945				
0	11	0,8	57571	125	1,23	8,8	0,97	2	1,5129	1000	19,62	149,593578	1,2	89,7561468				

circuit	$\Delta p$ circuit	$\Delta p$ dyafragam	observation	emplacement
1	3700,04649	29,61047519	EQ	Tronç 2 E8
2	2295,95955	56,32176456	EQ	Tronç 4 E8
3	3905,09287	25,70968158	EQ	Tronç E8
4	2559,76212	51,30319587	EQ	Tronç 7 E8
5	4207,00329	19,96615082	EQ	Tronç 8 E8
6	4238,73337	19,36251921	EQ	Tronç 10 E8
7	2570,566	51,09766321	EQ	Tronç 11 E8
8	3913,08151	25,55770615	EQ	Tronç 2 E7
9	1687,52859	67,8965289	EQ	Tronç 4 E7
10	4184,96497	20,3854069	EQ	Tronç 6 E7
11	1855,97987	64,69191894	EQ	Tronç 8 E7
12	4271,67644	18,73581168	EQ	Tronç 10 E7
13	4288,5489	18,41483079	EQ	Tronç 12 E7
14	2178,08329	58,56423752	EQ	Tronç 14 E7
15	1950,13965	62,90062733	EQ	Tronç 16 E7
16	4542,70363	13,57980204	EQ	Tronç 17 E7

17	4122,17151	21,57998701	EQ	Tronç 2 E7
18	1897,52859	63,90149796	EQ	Tronç 4 E6
19	4394,96497	16,39037596	EQ	Tronç 6 E6
20	2040,51558	61,18131967	EQ	Tronç 8 E6
21	4480,26252	14,76767898	EQ	Tronç 10 E6
22	4497,00012	14,44926371	EQ	Tronç 12 E6
23	2155,40229	58,99571971	EQ	Tronç 14 E6
24	2257,1496	57,0600833	EQ	Tronç 16 E6
25	4673,53261	11,09091719	EQ	Tronç 17 E5
26	4252,92151	19,09260465	EQ	Tronç 2 E5
27	2027,52859	61,42838357	EQ	Tronç 4 E5

28	4524,96497	13,91726157	EQ	Tronç 6 E5
29	2170,51558	58,70820528	EQ	Tronç 8 E5
30	4610,26252	12,29456459	EQ	Tronç 10 E5
31	4627,00012	11,97614932	EQ	Tronç 12 E5
32	2280,755	56,61101533	EQ	Tronç 14 E5
33	2387,1496	54,5869689	EQ	Tronç 16 E5
34	4803,53261	8,617802798	N EQ	Tronç 17 E5
35	4412,17151	16,06303952	EQ	Tronç 2 E4
36	2187,52859	58,38455047	EQ	Tronç 4 E4
37	4684,96497	10,87342847	EQ	Tronç 6 E4
38	2330,51558	55,66437218	EQ	Tronç 8 E4
39	4770,26252	9,250731491	N EQ	Tronç 10 E4
40	4787,00012	8,932316219	NEQ	Tronç 12 E4
41	2469,33094	53,02355472	EQ	Tronç 14 E4
42	2579,1296	50,93474966	EQ	Tronç 16 E4
43	4963,53261	5,573969699	N EQ	Tronç 17 E4

44	4503,17151	14,33185945	EQ	Tronç 2 E3
45	2278,52859	56,65337039	EQ	Tronç 4 E3
46	4775,96497	9,142248395	N EQ	Tronç 6 E3
47	2379,00558	54,74190051	EQ	Tronç 8 E3
48	4861,26252	7,519551416	N EQ	Tronç 10 E3
49	4878,00012	7,201136144	NEQ	Tronç 12 E3
50	2560,33094	51,29237465	EQ	Tronç 14 E3
51	2638,1496	49,81195573	EQ	Tronç 16 E3
52	5040,67761	4,106366546	N EQ	Tronç 17 E2
53	4702,17151	10,54609203	EQ	Tronç 2 E2
54	2478,02859	52,858091	EQ	Tronç 4 E2
55	4977,96497	5,299409108	N EQ	Tronç 6 E2
56	2623,51558	50,09035282	EQ	Tronç 8 E2
57	5063,26252	3,676712128	N EQ	t Tronç 10 E2
58	5080,00012	3,358296857	N EQ	Tronç 12 E2
59	2814,65094	46,45420194	EQ	Tronç 14 E2
60	2840,1496	45,96911644	EQ	Tronc 16 E2
61	5256,53261	-4,9664E-05	NEQ	Tronç 17 E2
62	4767,60714	9,301247485	N EQ	Tronç 2 E1
63	2677,49397	49,06347019	EQ	Tronç 4 E1
64	5111,99159	2,749692571	N EQ	Tronç 6 E1
65	5156,82977	1,896692805	N EQ	Tronç 8 E1
66	5133,08743	2,348366105	N EQ	Tronç 9 RDC
67	3062,82978	41,73285845	EQ	Tronç 2 RDC
68	3177,01452	39,56061276	EQ	Tronç 3 RDC
69	3372,89801	35,83413377	EQ	Tronç 5 RDC
70	3382,40025	35,65336352	EQ	Tronç RDC
71	2914,63711	44,55206935	EQ	Tronç 9 RDC

72	3251,93287	38,13536933	EQ	Tronç 10 RDC
73	3377,34353	36,10776517	EQ	Tronç 11 RDC
74	3386,84578	35,92800273	EQ	Tronç 13 RDC

Dans les circuits non équilibrée placée un robinet de réglage.

## CHOIX ET CALCUL DES VENTILO-CONVECTEURS

### PERIODE ESTIVALE

#### RDC :

LOCAL	Qt w	Qs w	TYPE V-C	Nbre	Qt reel w	QS reel	Vs eff m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	Ts reel c°	Vr m <sup>3</sup> /h	tm c°	hi Kj/Kgais	he Kj/Kgais	hm Kj/Kgais	hs Kj/Kgais	Qfrig kw	Δp mmCE
R03	840	740	FWB-2J	1	1640	940	262	386	15.04	262	27	58.68	92.44	58.68	39.90	0.18	1113.2653
R04	800	700	FWB-2J	1	1640	940	262	386	15.04	262	27	58.68	92.44	58.68	39.90	0.18	1113.2653
R05	880	780	FWB-2J	1	1640	940	262	386	15.04	262	27	58.68	92.44	58.68	39.90	0.18	1113.2653
R09	1020	920	FWB-2J	1	1640	940	262	386	15.04	262	27	58.68	92.44	58.68	39.90	0.18	1113.2653
R10	1140	1040	FWB-2J	1	1640	940	262	386	15.04	262	27	58.68	92.44	58.68	39.90	0.18	1113.2653
R11	1220	1120	FWB-2J	1	1640	940	262	386	15.04	262	27	58.68	92.44	58.68	39.90	0.18	1113.2653
R12	6740	6640	FWB-2J	1	4810	3400	757	1022	12.02	757	27	58.68	92.44	58.68	39.61	5.41	3194.8979
R13	1158	1058	FWB-6J	1	1640	940	262	386	15.04	262	27	58.68	92.44	58.68	39.90	0.18	1113.2653

#### 1ere étage :

LOCAL	Qt w	Qs w	TYPE V-C	Nbre	Qt reel w	QS reel	Vs eff m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	Ts reel c°	Vr m <sup>3</sup> /h	tm c°	hi Kj/Kgais	he Kj/Kgais	hm Kj/Kgais	hs Kj/Kgais	Qfrig kw	Δp mmCE
E104	4220	4120	KWB-6J	1	4810	3400	757	1022	12.02	757	27	58.68	92.44	58.68	39.61	5.41	3194.8979
E105	2500	2400	KWB-3J	1	2670	1880	428	549	12.35	428	27	58.68	92.44	58.68	39.96	0.82	851.0204

E106	3700	3600	KWB-6J	1	4810	3400	757	1022	12.02	757	27	58.68	92.44	58.68	39.61	0.17	3194.8979
E108	7950	7850	KWB-6J	2	4810	3400	757	1022	12.02	757	27	58.68	92.44	58.68	39.61	0.17	3194.8979

### 2ème jusqu'à 7ème étage :

LOCAL	Q <sub>t</sub> w	Q <sub>s</sub> w	TYPE V-C	Nbre	Q <sub>treel</sub> w	Q <sub>S reel</sub>	V <sub>S eff</sub> m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	T <sub>S reel</sub> c°	V <sub>r</sub> m <sup>3</sup> /h	t <sub>m</sub> c°	h <sub>i</sub> Kj/Kgais	h <sub>e</sub> Kj/Kgais	h <sub>m</sub> Kj/Kgais	h <sub>s</sub> Kj/Kgais	Q <sub>frig</sub> kw	Δp mmCE
EJ01	3810	3710	KWB-6J	1	4810	3400	757	1022	12.028	757	27	58.68	92.44	58.68	39.617	5.41	3194.89
EJ02	3640	3540	KWB-6J	1	4810	3400	757	1022	12.028	757	27	58.68	92.44	58.68	39.617	5.41	3194.89
EJ03	3640	3540	KWB-6J	1	4810	3400	757	1022	12.028	757	27	58.68	92.44	58.68	39.617	5.41	3194.89
EJ04	3640	3540	KWB-6J	1	4810	3400	757	1022	12.028	757	27	58.68	92.44	58.68	39.617	5.41	3194.89
EJ05	1670	1570	KWB-3J	1	2670	1880	428	549	12.358	428	27	58.68	92.44	58.68	39.965	0.82	851.02
EJ06	1670	1570	KWB-3J	1	2670	1880	428	549	12.358	428	27	58.68	92.44	58.68	39.965	0.82	851.02
EJ07	1670	1570	KWB-3J	1	2670	1880	428	549	12.358	428	27	58.68	92.44	58.68	39.965	0.82	851.02
EJ08	1670	1570	KWB-3J	1	2670	1880	428	549	12.358	428	27	58.68	92.44	58.68	39.965	0.82	851.02
EJ09	4200	4100	KWB-6J	1	4810	3400	757	1022	12.028	757	27	58.68	92.44	58.68	39.617	5.41	3194.89

### 8ème étage :

LOCAL	Q <sub>t</sub> w	Q <sub>s</sub> w	TYPE V-C	Nbre	Q <sub>treel</sub> w	Q <sub>S reel</sub>	V <sub>S eff</sub> m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	T <sub>S reel</sub> c°	V <sub>r</sub> m <sup>3</sup> /h	t <sub>m</sub> c°	h <sub>i</sub> Kj/Kgais	h <sub>e</sub> Kj/Kgais	h <sub>m</sub> Kj/Kgais	h <sub>s</sub> Kj/Kgais	Q <sub>frig</sub> kw	Δp mmCE
E801	4035	3710	KWB-6J	2	4810	3400	757	12022	12.028	757	27	58.68	92.44	58.68	39.617	5.41	3194.89
E802	3868	3540	KWB-6J	32	4810	3400	757	1022	12.028	757	27	58.68	92.44	58.68	39.617	5.41	3194.89
E803	3640	3540	KWB-4J	3	2990	1950	431	739	11.918	431	27	58.68	92.44	58.68	37.86	4.27	1595.918

## CHOIX ET CALCUL DES VENTILO-CONVECTEURS

### PERIODE HIVERNALE

#### RDC

LOCAL	Q <sub>t</sub> w	TYPE V-C	Nbre	Q <sub>treel</sub> w	Q <sub>S reel</sub> w	V <sub>S eff</sub> m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	T <sub>S reel</sub> c°	V <sub>r</sub> m <sup>3</sup> /h	t <sub>m</sub> c°	h <sub>i</sub> Kj/Kgais	h <sub>e</sub> Kj/Kgais	h <sub>m</sub> Kj/Kgais	h <sub>s</sub> Kj/Kgais	Q <sub>frig</sub> kw	Δp mmCE
R03	1390	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.68	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
R12	1350	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.15	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
R13	1646	FWB-3J	1	2670	1950	428	549	40.79	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.66	815

#### 1ere étage :

LOCAL	Q <sub>t</sub> w	TYPE V-C	Nbre	Q <sub>treel</sub> w	Q <sub>S reel</sub> w	V <sub>S eff</sub> m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	T <sub>S reel</sub> c°	V <sub>r</sub> m <sup>3</sup> /h	t <sub>m</sub> c°	h <sub>i</sub> Kj/Kgais	h <sub>e</sub> Kj/Kgais	h <sub>m</sub> Kj/Kgais	h <sub>s</sub> Kj/Kgais	Q <sub>frig</sub> kw	Δp mmCE
E104	1190	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.68	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653

E105	425	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.15	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
E106	750	FWB-2J	1	1640	940	262	386	40.50	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
E108	2160	FWB-3J	1	2670	1950	428	549	4079	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.66	815

## 2ème jusqu'à 7ème étage :

LOCAL	Q <sub>t</sub> w	TYPE V-C	Nbre	Q <sub>treel</sub> w	Q <sub>s</sub> reel	V <sub>S</sub> eff m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	T <sub>S</sub> reel C°	V <sub>r</sub> m <sup>3</sup> /h	t <sub>m</sub> C°	h <sub>i</sub> Kj/Kgais	h <sub>e</sub> Kj/Kgais	h <sub>m</sub> Kj/Kgais	h <sub>s</sub> Kj/Kgais	Q <sub>frig</sub> kw	Δp mmCE
EJ01	1155	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.62	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ02	715	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.15	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ03	715	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.15	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ04	715	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.15	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ05	853	FWB-2J	1	1640	940	262	386	40.50	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ06	715	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.15	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ07	715	FWB-2J	1	1640	940	262	386	40.50	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ08	820	FWB-2J	1	1640	940	262	386	37.15	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653
EJ09	1171	FWB-2J	1	1640	940	262	386	40.50	262	20	38.62	9.13	38.62	43.83	0.55	1113.2653

## 8ème étage :

LOCAL	Q <sub>t</sub> w	TYPE V-C	Nbre	Q <sub>treel</sub> w	Q <sub>s</sub> reel	V <sub>S</sub> eff m <sup>3</sup> /h	G Kg/h	T <sub>S</sub> reel C°	V <sub>r</sub> m <sup>3</sup> /h	t <sub>m</sub> C°	h <sub>i</sub> Kj/Kgais	h <sub>e</sub> Kj/Kgais	h <sub>m</sub> Kj/Kgais	h <sub>s</sub> Kj/Kgais	Q <sub>frig</sub> kw	Δp mmCE
E801	3960	FWB-J6	1	4180	3400	757	1022	37.43	757	20	38.62	9.13	38.62	42.22	5.41	3194.8979

E802	3200	FWB- J5	1	3340	2070	428	803	44.92	428	20	38.62	9.13	38.62	40.11	4.22	2133.2525
E803	4380	FWB- J6	1	4180	3400	757	1022	37.43	757	20	38.62	9.13	38.62	42.22	5.41	3194.8979

### **V/ REGULATION**

#### **V- Régulation de la roof-top :**

Pour le cas de la centrale, on contrôla au même temps la température et l'humidité relative.

##### **1. Contrôle de température :**

En période hivernale ; la température mesurée par la sonde de température T est comparée au point de consigne affichée au sein du régulateur de température RT.

En cas d'écart de température entre ces deux valeurs, le régulateur RT sort un signal en séquence de repositionnement (de 0 à 100%) de la vanne mélangeuse à 3voies motorisée placée sur le circuit de la batterie chaude à fin de maintenir la température à la valeur désirée.

En période estivale le principe est le même seulement l'action du régulateur RT est sur une vanne mélangeuse à 3 voies motorisée placée sur le circuit de la batterie froide.

##### **2. Contrôle de l'humidité pour les deux périodes :**

L'humidité mesurée par une sonde d'humidité (hygrostat) H est comparée au point de consigne affichée au sein du régulateur d'humidité RH.

En cas d'écart d'humidité entre ces deux valeurs, le régulateur RH sort un signal pour contrôler le débit de vapeur par une variation progressive de la puissance.

##### **3. Régulation locale :**

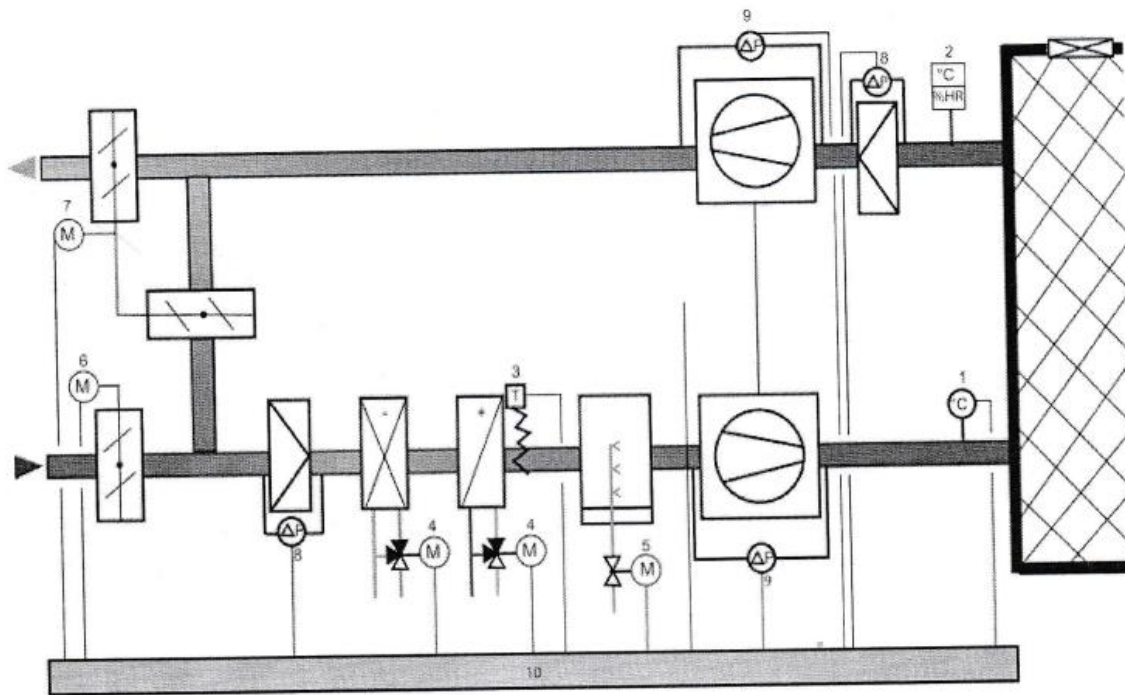
On propose pour résoudre le problème de contrôle de plusieurs zones à l'aide de l'unité de conditionnement de l'air à débit constant deux modes de régulation:

- 1- Régulation manuelle au niveau de bouches de soufflage.
- 2- Régulation automatique en utilisant le système à débit d'air variable

#### **Application au projet**

##### **PRINCIPE DE REGLAGE**

- Maintenir une ambiance à température et humidité relative constante



6- SERVOMOTEUR DE CLAPET AVEC R.A.Z <0.8 MM

7-SERVOMOTEUR DE CLAPET <1 m<sup>2</sup>

8-PRESSOSTATS FILTRE

9-PRESSOSTATS DEBIT D'AIR

10-REGULATEURS

Toute installation de climatisation à mélange d'air.

- Régulation de la température de reprise à une valeur constante de soufflage avec limitation haut basse en agissant en séquence sur les vanes de batteries eau chaude et eau froide.
- Régulation de l'hygrométrie de reprise à une valeur constante en agissant progressivement sur l'humidificateur pour humidifier et sur la vanne eau froid de déshumidifier.
- Protection de la batterie chaude assurée par le thermostat antigel.

### FONCTIONS - CARACTERISTIQUES

- Le régulateur de température agit en séquence sur la vanne chaude et la vanne froid pour maintenir constante la température ambiante selon la valeur de consigne affichée au régulateur.

- Le régulateur d'humidité, en fonction de la valeur de consigne et de l'humidité relative mesurée par la sonde d'ambiance (sonde double: température et humidité) agit, lors écart, sur la vanne Y3 de l'humidificateur à vapeur (cette vanne n'est pas prévue dans notre fourniture).
- Si l'humidité relative ambiante est trop importante, le régulateur d'humidité ouvrira progressivement la vanne froid, influençant le régulateur de température qui ouvrira progressivement la vanne chaud.
- La sonde d'humidité placée dans le soufflage permet de maintenir un maxi d'humidité.
- La sonde mixte (température et humidité relative) placée dans le soufflage détecte les fluctuations de l'air soufflé avant que l'ambiance ne s'en ressente. Elle permet de maintenir un mini de soufflage (température) et un maxi (humidité) réglables.
- Le thermostat antigel agit sur la vanne chaud. Il ouvre progressivement, mais impérativement la vanne, si la température de soufflage baisse (à partir de 6 k au- dessus de la température antigel)
- I la température de soufflage continue à baisser, le thermostat antigel arrête les ventilateurs (et par conséquent les volets d'air extérieur).
- En cas d'arrêt normal de l'installation (la nuit par exemple) le thermostat antigel assure une température de limite basse de 6 k environ au-dessus de la température antigel.

### **V-1: Introduction:**

La régulation est une étape importante qui fait son apparition pour la réalisation du confort : elle assure le contrôle du fonctionnement et la sécurité des autres appareils.

La régulation au niveau des installations tend à réaliser plusieurs conditions :

- Assurer une certaine condition de température, de pression et d'humidité.
- Assurer une marche de l'installation suivant un programme établi à l'avance.
- Assurer la sécurité de l'installation et contrôler son fonctionnement en diminuant les interventions manuelles et permettre une marche adaptée à tout instant aux conditions à remplir.

La régulation a pour rôle principal avant tout : économique en diminuant les interventions humaines.

La régulation a pour rôle de maintenir automatiquement, une valeur désirée d'une grandeur physique (température, pression, humidité) soumis à des variations subites (pertes et apport calorifiques)

La réalisation d'une régulation automatique se fait :

- En mesurant instantanément la valeur réelle de la grandeur physique à régler.
- En la comparant avec le point de consigne.
- En agissant sur la grandeur de réglage.

### **V-2 : APPAREILS DE REGULATION UTILISEE DANS LES INSTALLATIONS DE CLIMATISATION :**

#### **1. Organe de détection :**

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

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

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

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

#### **2. Organe de réglage :**

**a) Vannes :** elles servent à faire varier le débit d'un fluide par la modification de la section de passage ; cette variation entraîne une certaine variation de résistance hydraulique de la vanne.

**b) Servomoteurs :** elles sont les organes de commande qui modulent la position des vannes ; ils sont de type électrique.

### **V-3 : CHOIX DU MODE DE REGULATION :**

Parmi les modes de régulations, il existe :

#### **1. La régulation individuelle :**

Par action directe sur le corps, elle peut être :

**Manuelle :** en faisant varier le débit d'eau entrant dans l'appareil manuellement à l'aide d'un robinet.

**Automatique :** ou l'appareil est muni d'un robinet thermostatique placé à son amont qui fait varier l'alimentation en eau en fonction de la température désirée. L'avantage de ce système est de contrôler chaque appareil séparément, mais l'inconvénient est le coût avec le nombre d'appareils existants.

#### **2. La régulation d'ensemble :**

Ce type de régulation existe généralement dans les locaux techniques, c'est un mode de régulation agissant sur l'ensemble de la chaleur total fournie et cela en fonction des paramètres climatiques extérieurs (régulation fonctionnant avec la loi de correspondance)

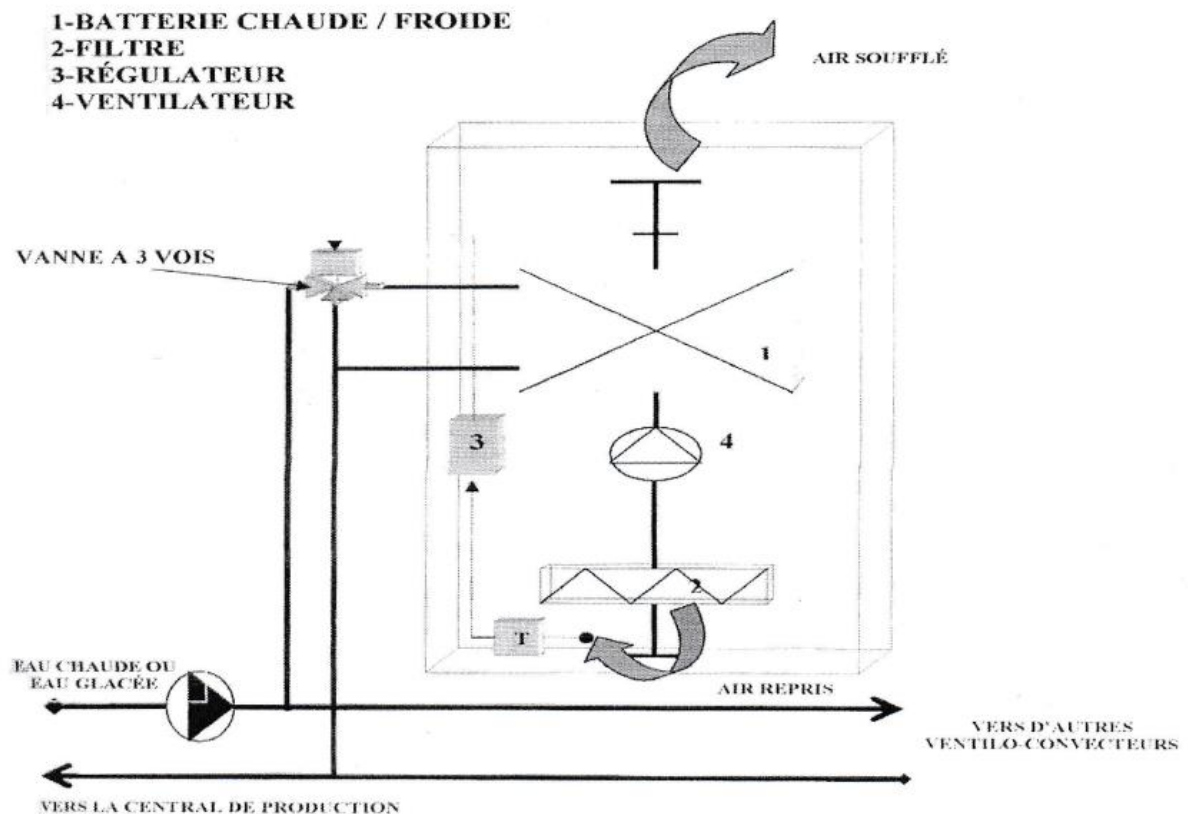
### V-4 : REGULATION DES VENTILO-CONVECTEUR :

Les ventilo-convecteurs soufflent à l'intérieur des locaux à climatiser de l'air traité à des caractéristiques de température, d'humidité et de débit qui sont fonction d'un indicateur d'un thermostat d'ambiance.

Deux positions d'un thermostat sont possibles :

- ✓ Incorporé dans l'appareil et placé dans le circuit de recyclage, près de la grille de reprise.
- ✓ Installé dans le local, à l'extérieur du ventilo.

Un schéma représentatif de régulation des ventilo-convecteurs est comme se suit :



### **SCHEMA DE REGULATION D'UN VENTILO-CONVECTEUR DEUX TUBES**

Equipement de ventilo-convecteurs 2 tubes, 1 batterie chaude ou froide avec changement de régime.

#### **Principe de réglage**

Réglage individuel d'ambiance par action progressive sur vanne 3 voix. Sonde d'ambiance ou de reprise.

#### **Variante**

Paramétrage et programmation avec centrale de dialogue par groupe et par pièces.

#### **Fonctionnement**

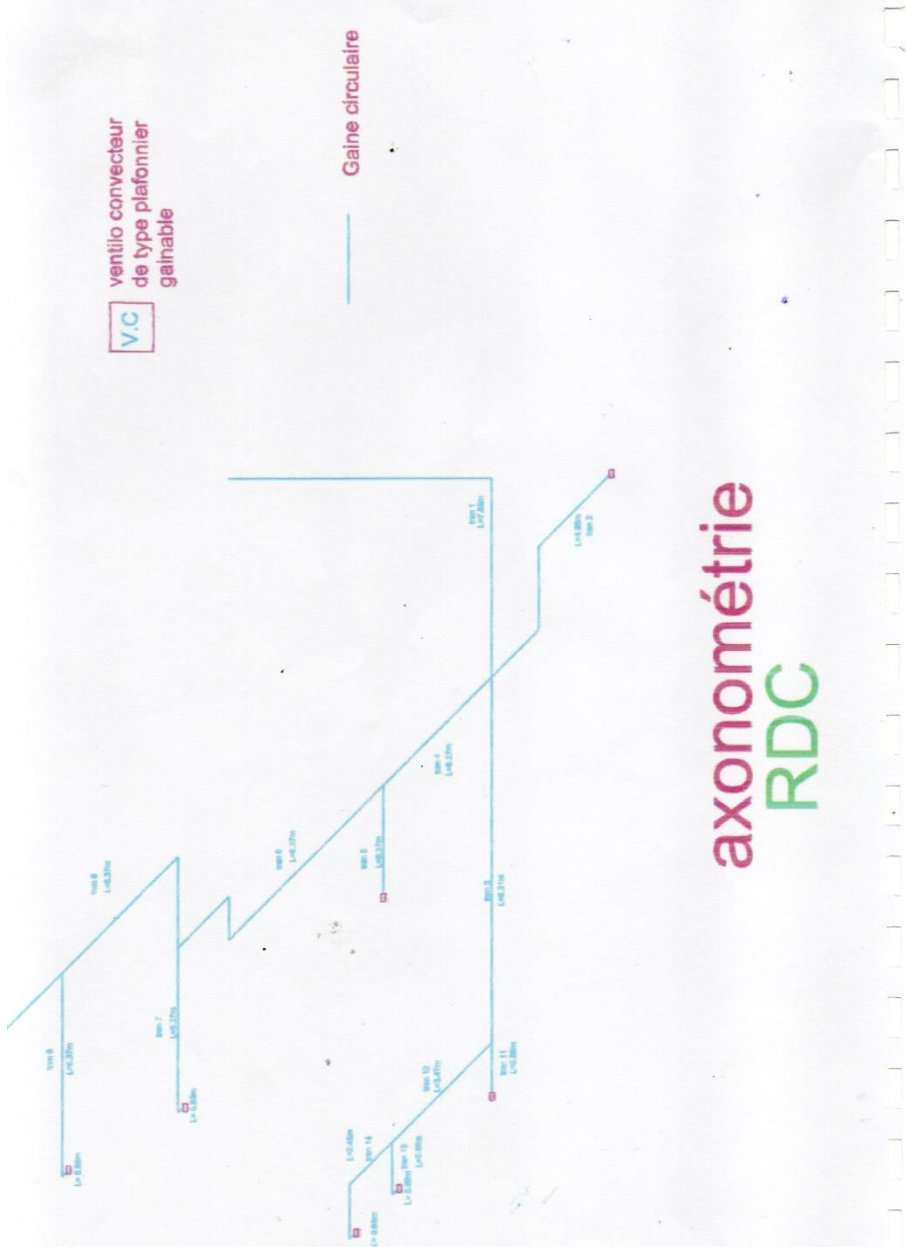
Régime Hiver : le régulateur, sous la dépendance de la sonde d'ambiance (ou de reprise), agit sur la vanne 3 voix pour régler le débit d'eau chaude dans la batterie.

Régime ETE : le changement d'action du régulateur se fait à partir de la centrale dans le cas où le réglage reste autonome, à l'aide d'un change-over à prévoir en plus.

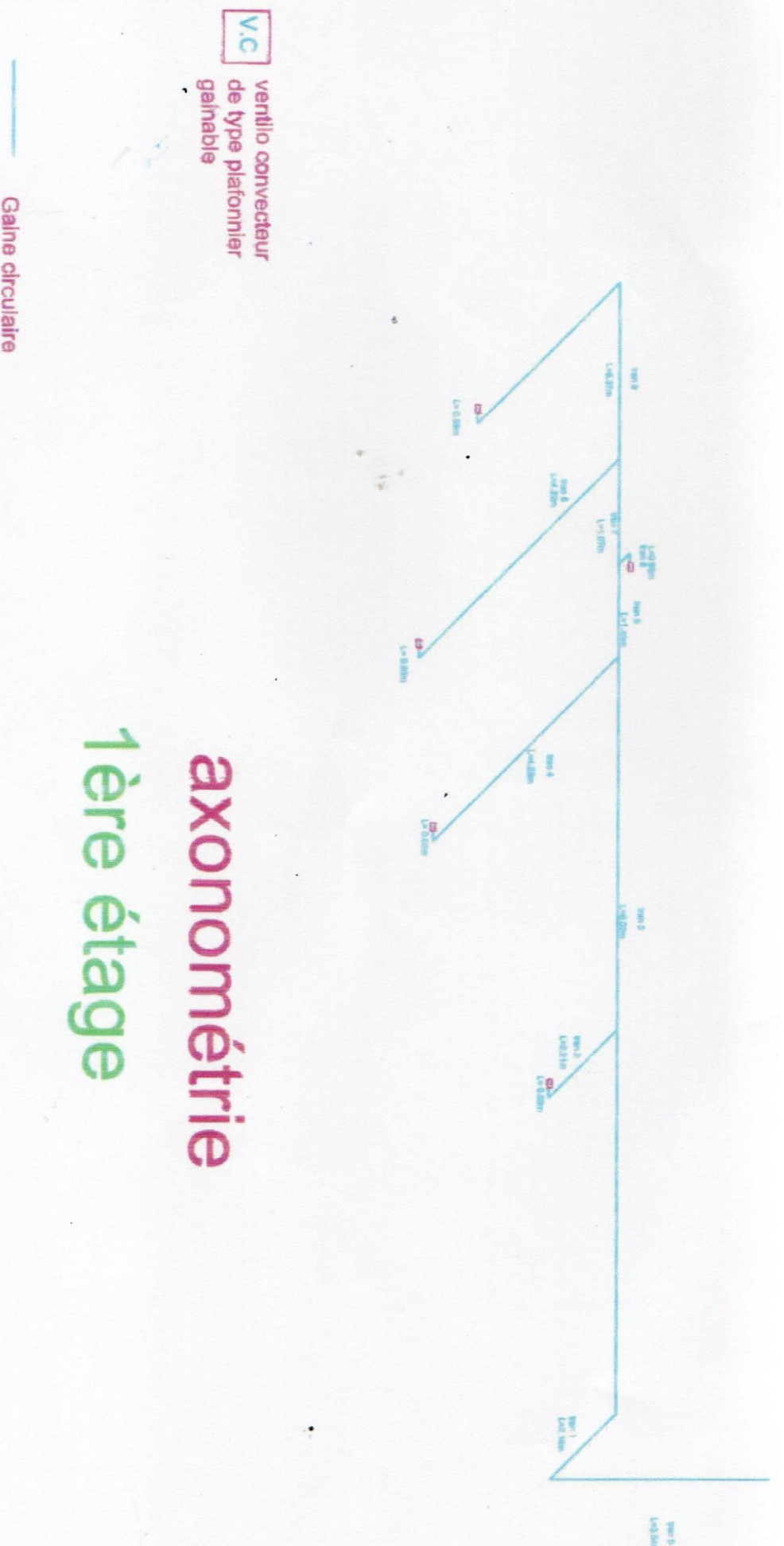
La sonde d'ambiance permet d'obtenir un régime de confort et d'économie. Le bouton de présence, et son autocontrôle permet de ne maintenir une température de confort que lorsqu'il y a des occupants.

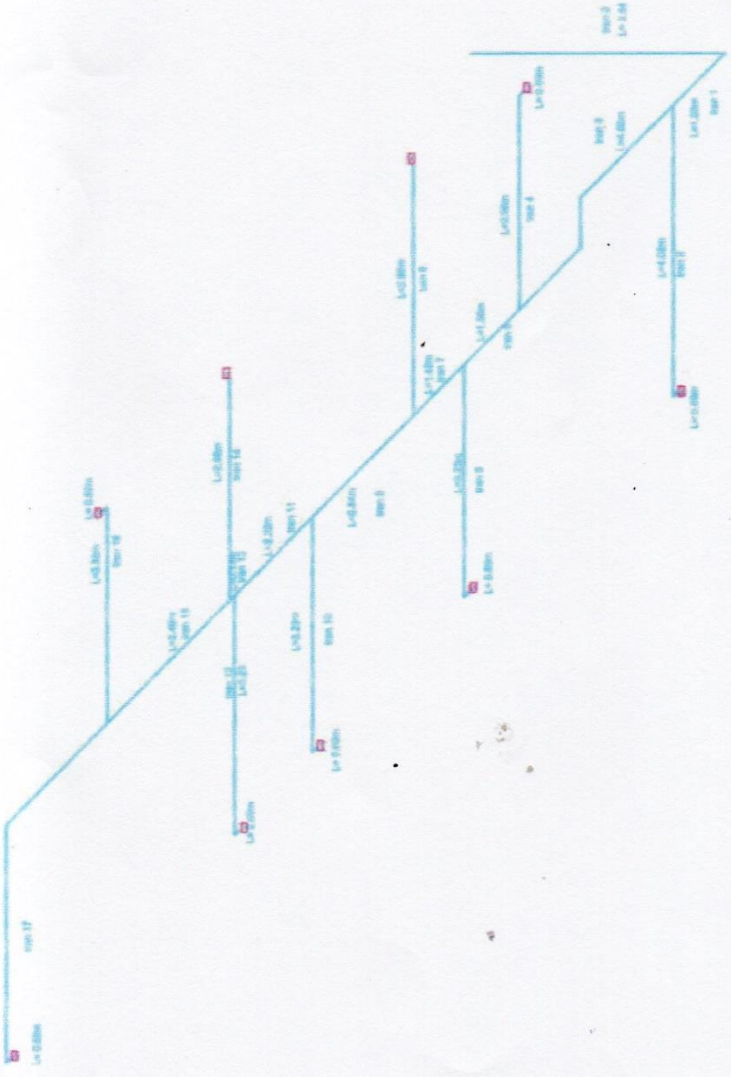
**Ventilation** : le fonctionnement de la ventilation est asservi à la position de la vanne motorisée.

# Axonométries



axonomie  
RDC





V.C  
ventilo convecteur de  
type plafonnier gainable

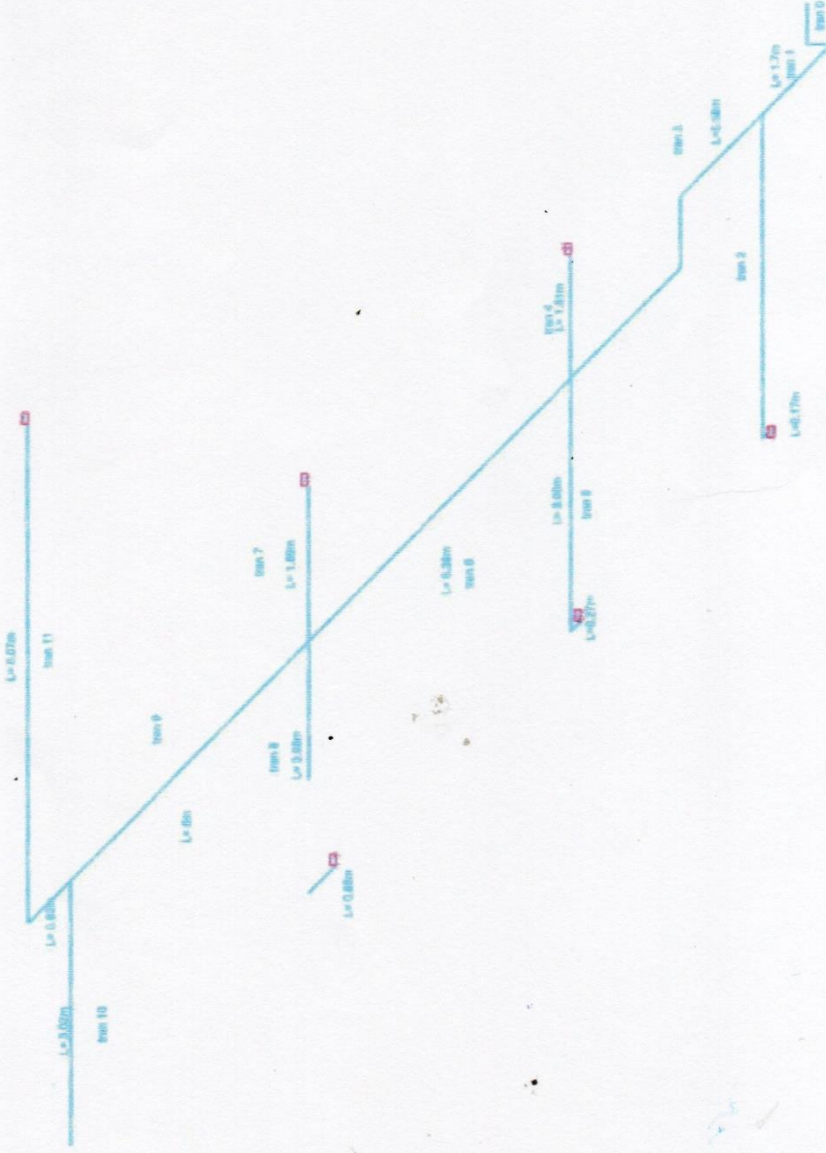
— Gaine circulaire

# axonométrie De 2 à 7 ème étage

V.C

ventilo convecteur  
de type plafonnier  
gainable

Gaine circulaire



# axonométrie 8 ème étage

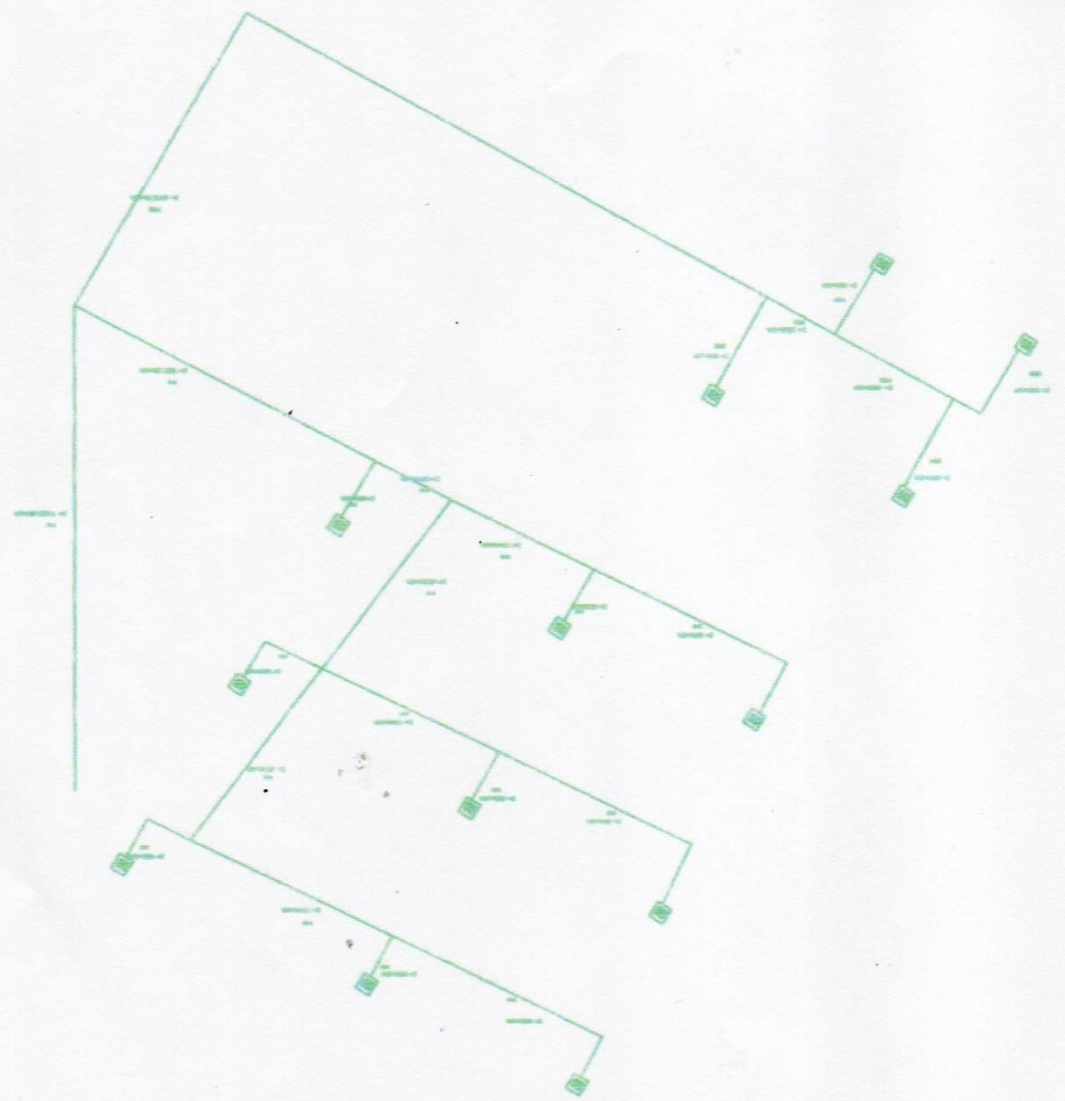
# axonomie

## Plan RI

1 PRINCIPAL  
2 SECONDAIRE

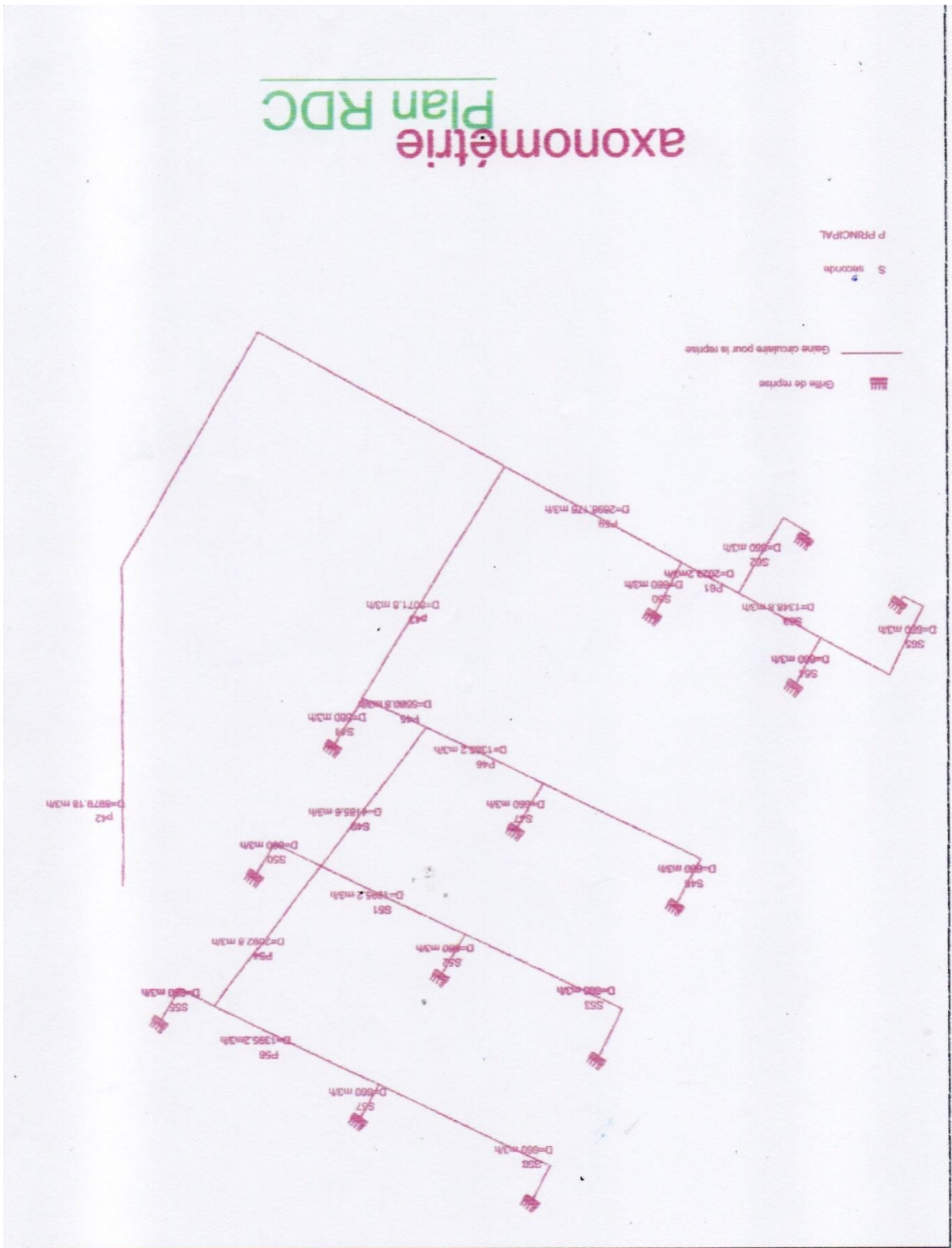
Classe croisées pour le soulage

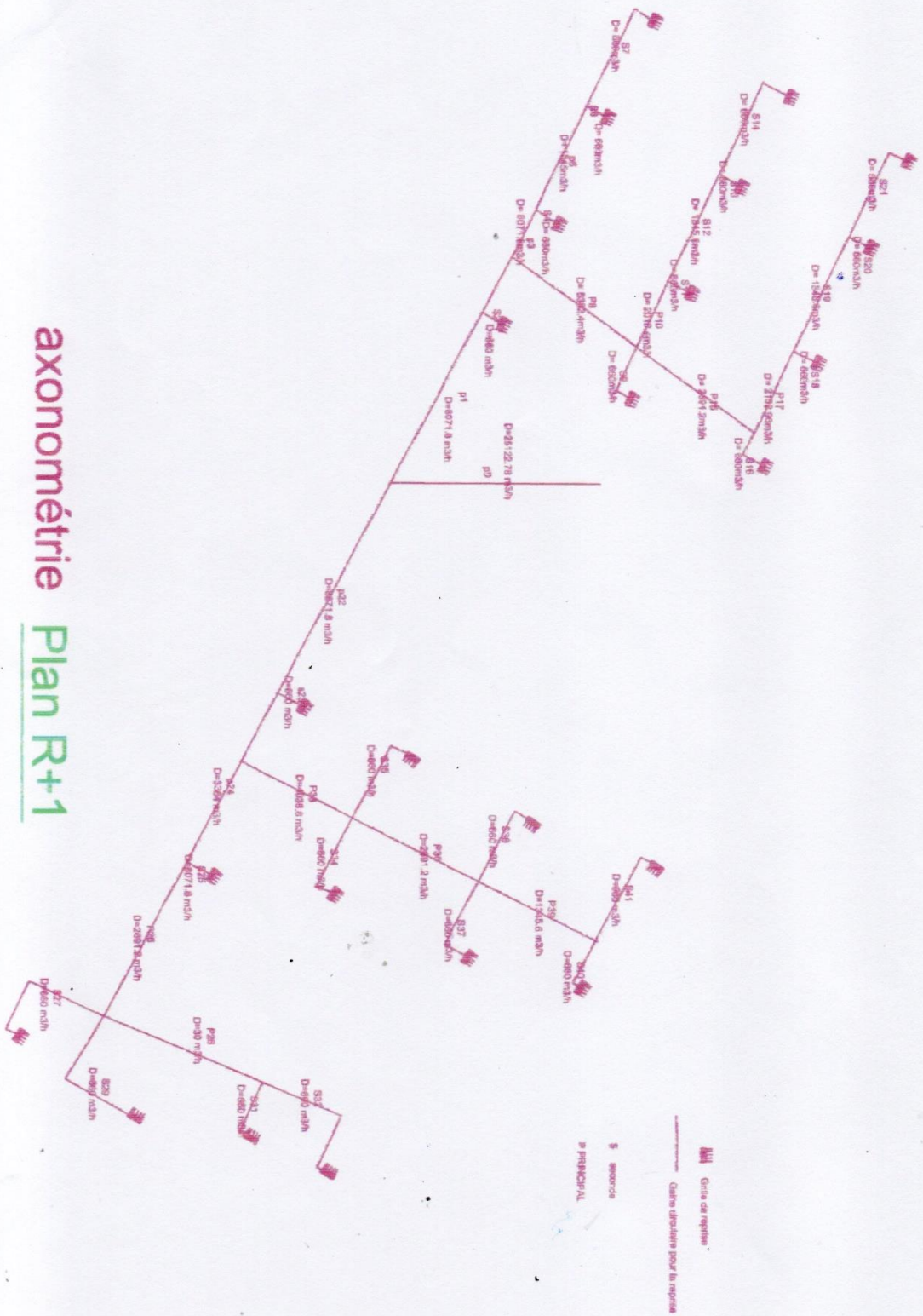
Grille de soulage





# axonométrie Plan RDC

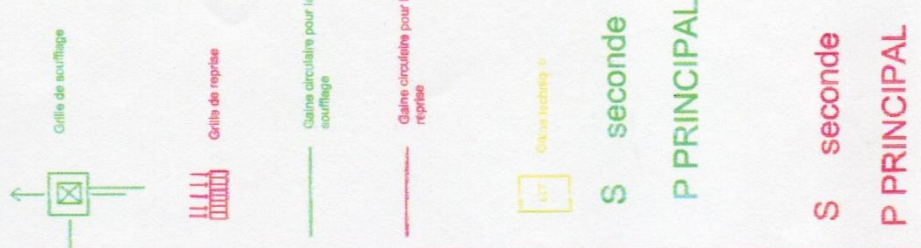
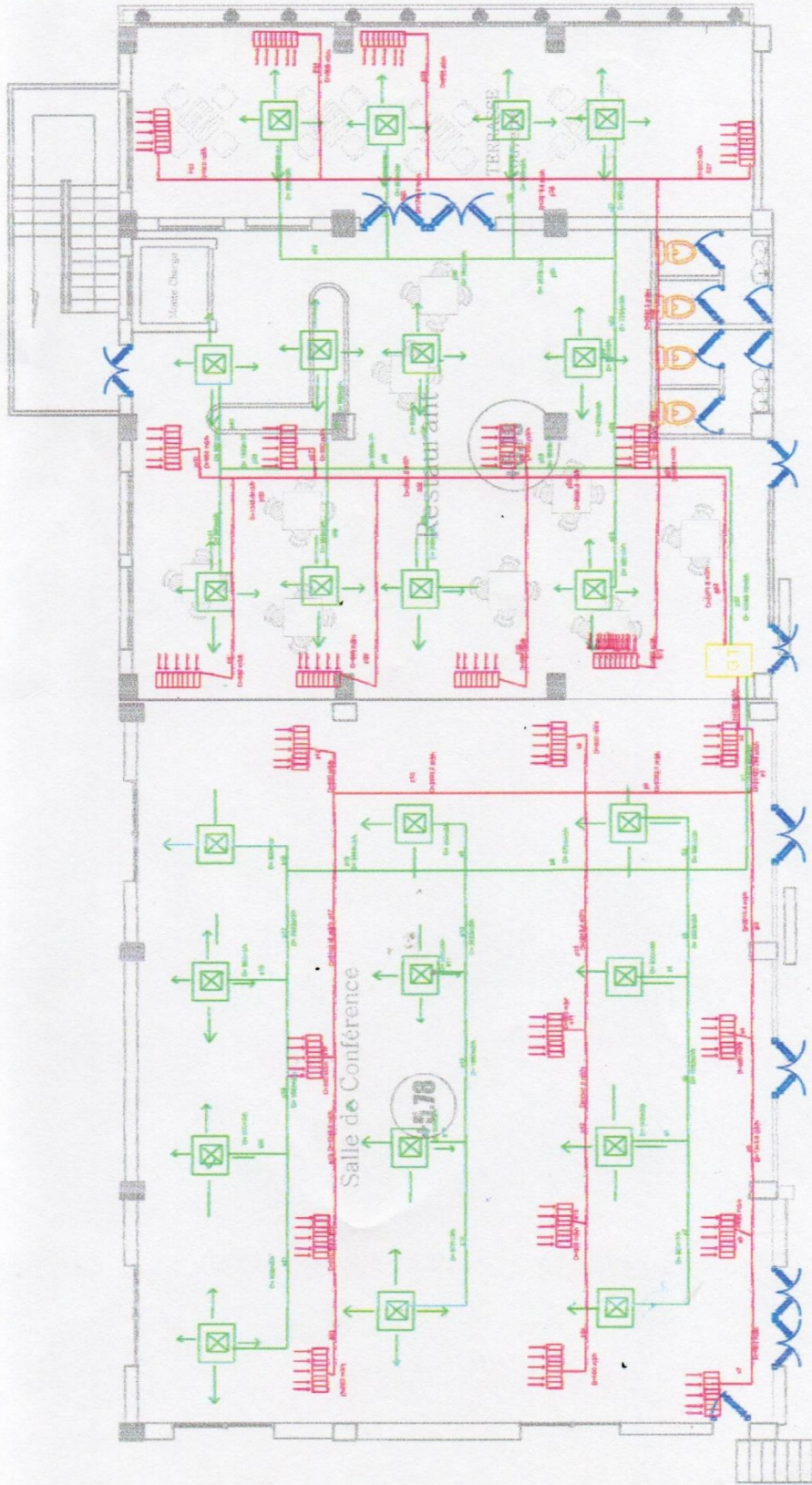




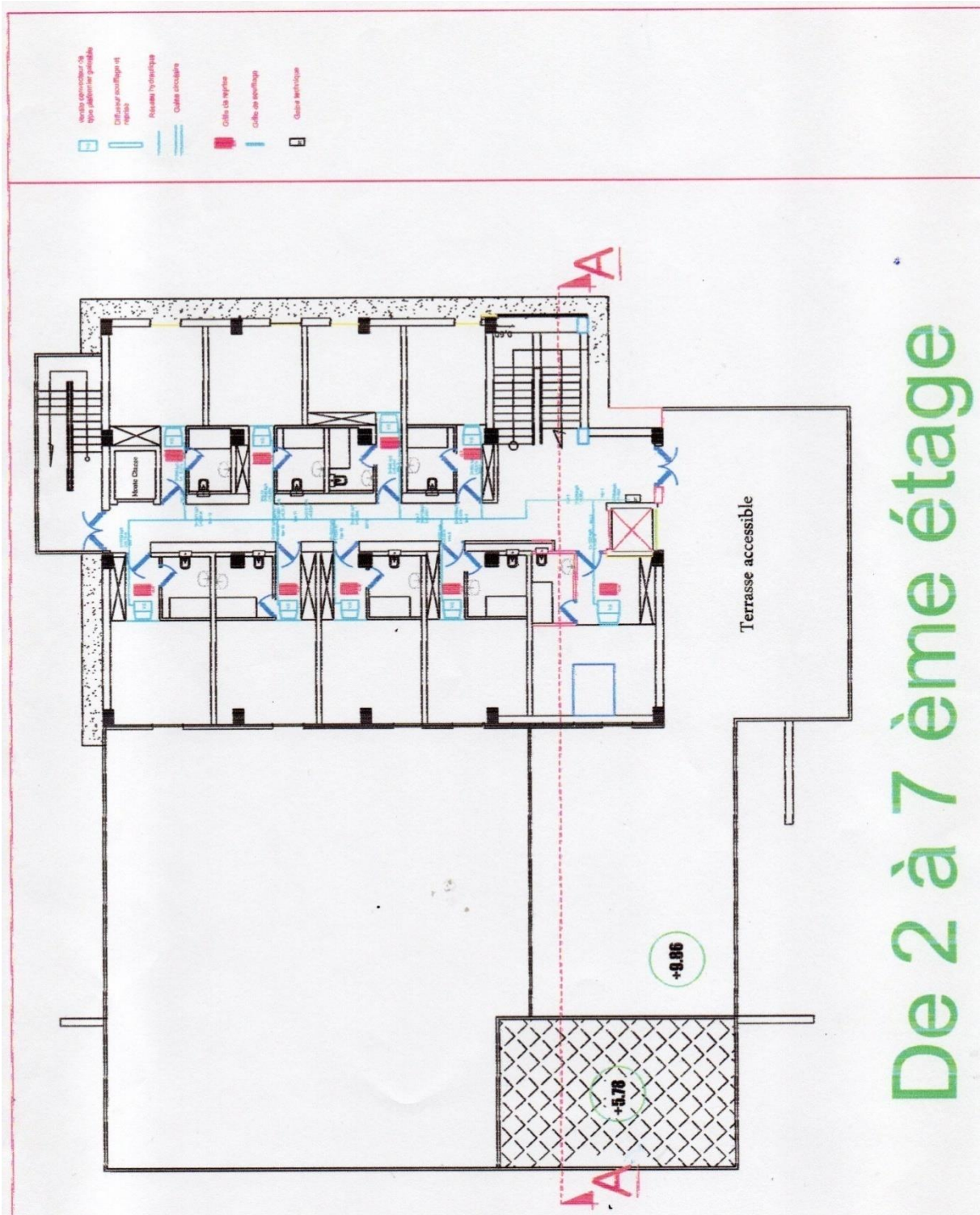
axonométrie Plan R+1

# ***PLANS***





# 1ère étage



# De 2 à 7 ème étage



## ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

Pour limiter la multiplication de petites unités extérieures et les coûts de la climatisation en général, il faudrait privilégier l'installation de systèmes plus centralisés. Les VENTILOCONVECTEUR et la ROOF-TOP offrent une solution souple et un confort optimum. Ces derniers peuvent également apporter une réponse aux nombreuses demandes de climatisation en minimisant la consommation d'énergie. Cependant l'obstacle à l'installation de ces deux types de climatisation, demeure l'investissement de départ qui ne peut être reporté entièrement sur le ou les premiers demandeurs. Il faudrait donc disposer d'un budget « tampon » que l'on pourrait répercuter ensuite sur les différents demandeurs.

Dans le cas contraire, l'installation de split continue à se propager pour répondre aux demandes incessantes sur ce type de climatisation, relativement coûteux en maintenance et « dommageables » au niveau de la structure et de l'esthétique des bâtiments.

Même si on est opposé à la climatisation avec des split systèmes, le fait de ne pas en tenir compte, amène des surcoûts importants, lorsqu'il faut répondre à une demande.

De même lors de la création de bâtiments neufs ou lors de réaménagements importants, la climatisation n'est quasiment jamais envisagée. La mise en place d'une climatisation centralisée ou semi centralisée dans un local existant est une opération qui coûte cher.

Aujourd'hui encore lors de la construction de bâtiments neufs, ce type d'équipement n'est jamais intégré. Il ne représente pourtant que 4 à 6 % du prix global du bâtiment, ce qui est relativement modeste.

## **Bibliographie**

### **Les livres :**

[1] : Rietchel " Traite de chauffage et de climatisation tome 2 " .

[2] : Cycle et diagramme thermodynamique.

[3] : DTR

[4] : Régulation en genie climatique

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

### **Les cours:**

-Cours de système de climatisation 1 année Master

-Cours de transfert de chaleur

### **Les catalogues :**

-Catalogue Eau glacée (Daikin)

- Les anciens mémoires de fin d'étud

- Catalogue Technique des pompes (Xylem)

-selon ASHRAE Herd-book Fundamentals (SI) 2005

- Cites d'internet