

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
« HOUARI BOUMEDIENNE »

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

»O«

Département de Génie Mécanique

PROJET DE FIN D'ETUDES

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHEQUE

DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

**THEME**

**Chauffage et Climatisation  
d'un Bâtiment Administratif (TIARET)**

Proposé par :

S. N. S.

Dirigé par :

Mr SEG HOUR

Mr BELLILA

Etudié par :

MELOUAH Djamel - Eddine

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
الجامعة الجزائرية للعلوم والتكنولوجيا  
الكلية الوطنية للتكنولوجيا  
BIBLIOTHEQUE  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Promotion Juin 1983



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
« HOUARI BOUMEDIENNE »

**ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER**

—————»O«—————

**Département de Génie Mécanique**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

—————»O«—————

**DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT**

**THEME**

**Chauffage et Climatisation  
d'un Bâtiment Administratif (TIARET)**

Proposé par :  
S. N. S.

Dirigé par :  
Mr SEGHOOR  
Mr BELLILA

Etudié par :  
MELOUAH Djamel - Eddine

Promotion Juin 1983

À Ma Mère  
Et à Mon Père



## Sommaire

### Remerciements

I. Généralités	1
II. Données de base	3
III. Chauffage	5
IV. Besoins calorifiques	8
V. Climatisation	26
VI. Besoins frigorifiques	29
VII. Puissances calorifiques et frigorifiques	42
VIII. Calcul du réseau de tuyauteries	48
IX. Installations	61
X. Régulation	

### Conclusion

## Remerciements

Je tiens à remercier tous les enseignants qui ont contribué à ma formation d'ingénieur et plus particulièrement les professeurs du Département de GENIE-MECANIQUE.

Je remercie aussi M<sup>r</sup> SEGHOUR et M<sup>r</sup> BELLILA pour leur suivi et les conseils qu'ils m'ont prodigués durant mon travail.

Je n'oublierai pas de citer tous les amis qui ont su m'aider dans tous mes moments difficiles et plus particulièrement:

DJELLABI Mohammed

BOUAZA Achour

KOUADRI BOUDJELTIA Ahmed

MISSOUM Azzedine

AMIER Zine-Eddine

CHEREF Amine

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la mise en forme de ce modeste projet trouveront ici l'expression de ma profonde gratitude, je citerai:

RAHMANI Mourad

DOUIB Djil'lou

BOUKHARI Latif.

# I. Généralités

## 1. Définition et rôle de la climatisation

La climatisation, ou plus rigoureusement, le conditionnement de l'air, consiste à l'établissement à l'intérieur d'un local de conditions déterminées de température, d'humidité et aussi de pureté de l'air. En somme, c'est créer un climat artificiel indépendant des conditions extérieures.

Le conditionnement d'air comprend non seulement le refroidissement (conditionnement d'air d'été), mais encore le chauffage (conditionnement d'air d'hiver) ainsi que la ventilation mécanique.

Le conditionnement d'air a pour buts essentiels, la création et le maintien à l'intérieur des locaux d'un climat artificiel mieux adapté à l'utilisation de ces locaux, et ceci a pour objectif la sensation de bien-être, de confort et d'amélioration du rendement.

## 2. Notions de confort.

La notion de confort thermique ne peut être définie rigoureusement, en raison de la difficulté du choix des critères d'appréciation du confort. De plus, elle varie d'une personne à une autre. Néanmoins, on peut agir sur certains paramètres, afin d'optimiser le confort; à savoir :

- la température de l'air
- le degré hygrométrique
- la vitesse de l'air

- la pureté de l'air

### 3. Présentation du sujet.

#### a. But du projet.

Ce projet consiste au chauffage et climatisation d'un bâtiment administratif sis à Tiaret.

#### b. Service administratif.

Le bloc administratif est conçu sur deux niveaux. A partir du hall d'entrée qui sert aussi de hall d'accueil se fait la distribution verticale. Les bureaux à l'étage comme au rez-de-chaussée sont organisés de part et d'autre d'un couloir central.

Les bureaux directement liés à la production et au service de commercialisation sont organisés au rez-de-chaussée tandis que les services ayant trait à la gestion du personnel se trouvent à l'étage. Un accès secondaire permet une relation directe de ce bâtiment avec les autres services sociaux.



## II. Données de base

### 1. Position géographique

Le terrain réservé à la SNS situé entre 1030 et 1050 m d'altitude présente des pentes moyennes de 1 à 5%. Les courbes de niveau étant orientées E/O. Le sous-bassement est de nature rocheux et il est partiellement pourvu d'une couverture végétale pouvant atteindre 1m d'épaisseur.

### 2. Climatologie

Température de l'air

minimum - 8.4 °C

maximum 40.4 °C

moyenne annuelle  $\frac{M+m}{2} = 14.4$  °C

Pression atmosphérique

Moyenne mensuelle de Janvier à Juin 62.8

Moyenne mensuelle de Juillet à Décembre 62.2

Moyenne annuelle 62.6

Humidité

Moyenne annuelle	7h	13h	18h
Température de l'air °C	12.2	18.6	15.7
Différence psychrométrique	2.9	6.1	4.5
Humidité absolue	7.6	8.0	8.1
Humidité relative	70	48	60

### 3. Hypothèses pour le conditionnement et pour le chauffage

D'une façon générale, on choisit comme température extérieure pour le besoin des calculs, la moyenne des maxima pour l'été et la



moyenne des minima pour la période hiver.

Hiver  $T_e = -5^\circ \text{C}$   $\varphi = 70\%$  Eté  $T_e = 35^\circ \text{C}$   $\varphi = 45\%$

### a. Conditions intérieures

Pour assurer le confort nécessaire, il faut tenir compte des conditions extérieures été ou hiver, l'activité des occupants, leur temps de séjour, leur habillement etc...

Il est donc assez difficile de définir des conditions telles qu'elles satisfassent tous les occupants d'un même local. On peut admettre pour l'humidité relative en hiver une valeur comprise entre 40% et 60%. Quant à l'été elle est entre 50 et 60%.

En hiver, le contrôle de l'hygrométrie n'est pas vraiment nécessaire pour les bureaux du fait du dégagement de vapeur des occupants. De plus, une installation de contrôle d'hygrométrie serait très coûteuse. Elle serait obligatoire pour une salle d'opération chirurgicale, une salle de métrologie, une salle d'ordinateur...

### b. Choix des températures.

	Bureaux	Couloir	Salle d'attente	Sanitaires	Cage d'escalier	Vide Sanitaire	Hall d'entrée	$\varphi$
Hiver	20°	18°	18°	15°	18°	5°	15°	50%
Eté	26°	28°	28°	30°	28°	20°	28°	55%

### c. Chocs thermiques

On admet, en général, une différence de température entre l'extérieur et l'intérieur de 12 à 20° pour l'hiver et de 8 à 10° pour l'été, et ceci pour éviter le choc thermique qui pourrait entraîner des maladies causées par le changement brusque de température.

### III Chauffage

#### 1. Mode de chauffage

Le chauffage consiste en une production de chaleur pour maintenir le local sous certaines conditions de température. Il existe plusieurs techniques de chauffage. La solution la plus simple est de produire la chaleur nécessaire dans le local même (chauffage domestique par poêle, par exemple), mais ce système présente beaucoup d'inconvénients.

Lorsqu'on a besoin de chauffer plusieurs locaux, il est préférable d'utiliser un chauffage central. Le principe du chauffage central est simple, on produit de la chaleur en un seul endroit (chaufferie) ensuite on la distribue par l'intermédiaire d'un véhicule de chaleur. On distingue suivant la nature du véhicule de chaleur :

- chauffage à vapeur
- chauffage à air chaud
- chauffage à eau chaude

##### a. chauffage à vapeur

La vapeur circulant dans un réseau de tuyauteries cède sa chaleur aux corps de chauffe (radiateurs...)

##### b. chauffage à air chaud.

Le véhicule chauffant est l'air, néanmoins cet air doit être chauffé préalablement. Pour cela, il y a plusieurs procédés. On distingue

- les chauffages à air chaud :
- à foyer
  - à la vapeur
  - à l'eau chaude

Dans le premier cas, l'air se réchauffe directement au contact des parois du générateur ; dans le deuxième et troisième cas



l'air à réchauffer est envoyé sur des surfaces de chauffe chauffées elle-même à la vapeur ou à l'eau chaude. L'air ainsi réchauffé est envoyé dans des gaines, soit par gravité, soit par l'intermédiaire d'un ventilateur (circulation pulsée).

### c. Chauffage à eau chaude.

On distingue suivant la nature de circulation de l'eau, les chauffages par gravité (circulation provoquée par la différence de poids volumique entre l'eau de retour et l'eau de départ), les chauffages par pompe (circulation pulsée).

## 2. Choix du mode de chauffage.

Le chauffage à air chaud convient assez mal à l'équipement des bâtiments comportant plusieurs pièces séparées, de plus la distribution de l'air nécessite un réseau de gaines très ramifié et coûteux.

Le chauffage à vapeur BP convient pour des locaux à courte durée d'occupation, car il ne satisfait pas pleinement aux conditions d'hygiène nécessaires (carbonisation des poussières, chaleur rayonnée au voisinage des corps de chauffe très gênante, absence de régulation centrale qui surchauffe un chauffage exagéré...). De plus, dans la chaufferie il faut assurer une surveillance continue.

Le chauffage à eau chaude est tout indiqué pour des locaux d'habitation de tous genres, bureaux, bâtiments d'administration, etc... Nous opterons donc pour un chauffage à eau chaude.

### 3. Choix du corps de chauffe.

Les locaux du bloc administratif devant être conditionnés Eté-Hiver Pour cela, on devra choisir des appareils permettant d'assurer le

chauffage et la climatisation. Nous opterons pour les ventilo-convecteurs.

#### 4. Mode de circulation

La circulation de l'eau dans le réseau de tuyauteries, se fera à l'aide d'une pompe qui la pulsera de la chaufferie aux différents corps de chauffe.

#### 5. Mode de distribution

Le générateur de chaleur est placé au même niveau que le rez-de-chaussée du bloc administratif. De la chaudière part une conduite pour desservir le rez-de-chaussée et l'étage de part et d'autre du couloir central. La distribution d'eau pour les ventilo-convecteurs peut se faire de trois manières :

- Systèmes à 2 tuyaux : utilisés pour eau chaude et eau froide, un tuyau aller et un autre retour.
- Systèmes à 3 tuyaux : un tuyau pour eau chaude, un deuxième pour eau froide, le troisième pour le retour commun.
- Systèmes à 4 tuyaux : un tuyau aller et un retour pour eau chaude, un tuyau aller et un autre retour pour eau froide

On retiendra le système à 4 tuyaux, du fait qu'on utilise des ventilo-convecteurs à 2 batteries (chaude et froide), de plus les circuits de tuyauteries se trouveront ainsi indépendants.



## IV Besoins calorifiques

Les besoins calorifiques d'un local ne dépendent que des dimensions de ce dit local, du genre de construction de ses murs, toitures, planchers, vitrages et son orientation. Ils n'ont rien à voir avec le type de chauffage à réaliser.

Les besoins calorifiques sont égaux à la somme des déperditions de chaleur par transmission et des déperditions calorifiques par ventilation.

### 1. Déperditions par transmission.

#### a. Principe de calcul.

Les déperditions par transmission à travers une paroi sont données par la formule:

$$Q_0 = K S (T_i - T_e) \quad \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$

$K$ : coefficient de transmission global  $\left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$

$S$ : surface de la paroi considérée  $[\text{m}^2]$

$T_i$ : température intérieure  $[^\circ\text{C}]$

$T_e$ : température extérieure  $[^\circ\text{C}]$

### 2. Coefficient de transmission global

#### a. Méthode de calcul

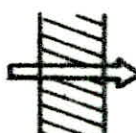


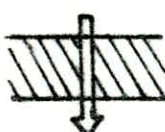
Le coefficient de transmission global est la valeur de coefficient dans les conditions d'échanges superficiels et d'humidité des matériaux constituant la paroi. Le calcul du coefficient dans les conditions d'échanges superficiels se fera pour les différentes parois horizontales avec le sens du flux de chaleur.



- Pour toitures et terrasses : flux ascendant.

- Pour sols : flux descendant.

Les valeurs des résistances superficielles sont données sur le tableau ci-dessous:

Inclinaison des parois et sens du flux de chaleur	Unités	Paroi en contact avec					
		- l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert			- un autre local chauffé ou non - un comble - un vide sanitaire		
		$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$
Parois verticales 	$\frac{m^2 h^\circ c}{kcal}$	0.13	0.07	0.20	0.13	0.13	0.26
Toitures  	$\frac{m^2 h^\circ c}{kcal}$	0.11	0.06	0.17	0.11	0.11	0.22
Planchers bas 	$\frac{m^2 h^\circ c}{kcal}$	0.20	0.06	0.26	0.20	0.20	0.40

Pour les parois composées de plusieurs couches de matériaux d'épaisseur(e) et de conductivité thermique  $\lambda$  on a :

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

Pour les parois hétérogènes mais régulières (alvéoles dans les briques ou les agglomérés de béton) on a :

$$\frac{1}{K} = \sum R_i + \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

R : résistance thermique utile par unité de surface

### 3. Besoins calorifiques

Pour une paroi d'un local, les déperditions se calculent d'après  $Q_0 = K S \Delta T$ .

Pour toutes les parois (murs, toitures, planchers, fenêtres et portes) on aura  $Q = \sum Q_0$ .

Néanmoins d'autres facteurs interviennent sous forme de majorations des déperditions calorifiques par transmission:

$$Q_{\text{totale}} = \sum Q_0 \cdot z = Q_T \quad z: \text{facteur de majoration.}$$

Les besoins calorifiques sont  $Q_T + Q_V$ .

$Q_V$  = déperditions par ventilation.

#### a. Facteurs de majorations

Le coefficient de majoration  $Z$  contient les majorations partielles suivantes:  $Z_u, Z_o, Z_n$ , on a  $Z = 1 + Z_u + Z_o + Z_n$

##### - Majoration $Z_u$

Le facteur majoration  $Z_u$  dépend du mode d'exploitation du local considéré. Par suite des propriétés différentes des locaux d'un bâtiment, une distribution des surfaces de chauffe autre que dans le cas d'une exploitation continue est nécessaire pour assurer une montée en température uniforme. Le but de  $Z_u$  est de le permettre.

On distingue trois modes d'exploitations:

- Mode I : exploitation continue avec réduction nocturne (recommandé pour bâtiments d'habitation, hôpitaux ...)
- Mode II : interruption de fourniture de chaleur journalière d'une durée de 8 à 12 heures (recommandé pour bureaux magasins ...)
- Mode III : interruption journalière de fourniture de chaleur



d'une durée de 12 à 16 heures (recommandé pour les écoles, bâtiments d'usine...).

### - Majoration $Z_A$

Le confort de l'homme ne dépend pas seulement de la température de l'air, mais également de la température moyenne de l'enveloppe du local, aussi le facteur  $Z_A$  intervient pour la compensation des parois extérieures froides.

### - Majoration $Z_0$

$Z_0$  est égale à la somme de  $Z_u$  et  $Z_A$ ; ces deux dernières valeurs dépendent d'un coefficient  $\delta$  dans les modes d'exploitation II et III définis précédemment. (Voir Annexe)

### - Majoration $Z_H$

La majoration  $Z_H$  tient compte de l'orientation du local et des différences d'insolation. (Voir Annexe)

### - Coefficient D

Le coefficient D représente la perméabilité de l'ensemble des éléments de l'enveloppe d'un local. Il se calcule d'après la formule:

$$D = \frac{\dot{Q}_0}{S_{\text{tot}} (T_i - T_e)}$$

$S_{\text{tot}}$  = surface totale de l'enveloppe du local.

## 4. Déperditions par ventilation

### a. Principe de calcul

La quantité d'air qui pénètre par les jointures des portes et fenêtres d'un local représente une part importante des déperditions du local. Elle dépend des dimensions des zones non étanches d'un bâtiment situées au vent et des différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur. Les déperditions par ventilation

peuvent se calculer comme suit :

$$Q_L = \sum (aL)_n RH (T_i - T_e) Z_E$$

$\sum (aL)_n$  : perméabilité des portes et fenêtres au vent

R : caractéristique du local

H : caractéristique d'immeuble

$Z_E$  : facteur de majoration pour fenêtres d'angle

$(T_i - T_e)$  : différence de température entre l'air intérieur et l'air extérieur

### b. Perméabilité des portes et fenêtres.

Si  $a$  représente la perméabilité à l'air d'un joint de fenêtre ou de portes par mètre de longueur pour une différence de pression donnée, et exposées au vent aux conditions les plus défavorables, la perméabilité est donnée par  $\sum (aL)_n$ , avec  $L$  représentant la longueur des joints. (Voir Annexe)

### c. Caractéristique de local R

Elle dépend de la perméabilité de toutes les fenêtres et portes exposées au vent  $\sum (aL)_n$ , ainsi que de la perméabilité des portes et fenêtres par lesquelles l'air peut s'écouler ( $\sum (aL)_n$ ).

La caractéristique de local R représente les résistances à l'écoulement de l'air et peut se calculer par :

$$R = \frac{1}{\frac{\sum (aL)_n}{\sum (aL)_n} + 1}$$

Si on utilise des portes et des fenêtres de type courant, on pourra s'abstenir de faire le calcul de R par la formule ci-dessus, car il n'y a pas de trop grandes différences dans la valeur de R des différents locaux d'un immeuble. Donc on pourra se contenter des valeurs approximatives du tableau donnant R à l'Annexe.



#### d. Caractéristique d'immeuble H

Pour caractériser les particularités d'un immeuble, dues à sa situation son lieu et son mode de construction, on se sert de H, qui est défini dans 3 cas:

- Site protégé.
- Site découvert.
- Site exceptionnellement découvert.

Pour déterminer H, il faut définir si on est dans un cas de maison individuelle ou maison d'alignement. Les maisons à un étage à plusieurs logements sont considérées comme maisons d'alignement. (Voir Annexe)

#### e. Majoration pour fenêtre d'angle.

On n'envisage ce facteur que pour des fenêtres et portes situées immédiatement dans l'angle de deux (2) murs extérieurs contigus.

Dans ce cas  $Z_E = 1.2$

Dans tous les autres cas  $Z_E = 1.0$

### 5. Bilan thermique

Les besoins calorifiques Q sont égaux à la somme des déperditions par transmission et par ventilation:

$$Q = Q_T + Q_V = Q_0 (1 + \sum O + \sum H) + Q_V$$

Les calculs pour les différents locaux sont donnés par les tableaux des pages suivantes.

Remarque: Les valeurs des différents coefficients utilisées pour les calculs sont données à L'Annexe.

#### Abréviations utilisées

ME : mur extérieur  
MI : mur intérieur  
O : Plancher  
H : Plafond

F.S : Fenêtre simple  
P.E : Porte extérieure  
P.I : Porte intérieure



Calcul des surfaces

Dépénitions Colométriques

Majoration

Abréviations	Orientation	Épaisseur du mur cm	Longueur ou largeur m	Hauteur m	Surface m <sup>2</sup>	Nombre	Déduction m <sup>2</sup>	Chiffres retenus m <sup>2</sup>	Coefficient K kcal/m <sup>2</sup> h	Différence de température °C	Dépénitions par transmission Q <sub>t</sub> kcal/h	Zu + Za % Z <sub>0</sub>	Orientation Z <sub>1</sub> %	Secteur de majoration Z	Dépénitions par ventilation Q <sub>v</sub> kcal/h	Besoins Calorifiques Q = Q <sub>t</sub> + Q <sub>v</sub> kcal/h
--------------	-------------	------------------------	--------------------------	--------------	---------------------------	--------	-----------------------------	------------------------------------	--	---------------------------------	--	-----------------------------	---------------------------------	----------------------------	--	---

Local: Bureau 0.01

ME	SE	30	35	3.3	11.55	1	5.76	5.79	0.96	25	139					
MI	-	12	49	3.3	16.17	1		16.17	1.8	5	146					
MI	-	12	35	3.3	11.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36					1350
FS	SE	0.4	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720					230
PI	-	-	0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7					
B	-	-	-	-	17.15	1		17.15	0.68	15	175	15	-5	1.1	230	4580

Local: Bureau 0.02

ME	SE	30	35	3.3	11.55	1	5.76	5.79	0.96	25	139					
MI	-	12	35	3.3	11.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36					
PI	-	-	0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7					1190
FS	SE	0.4	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720					230
B	-	-	-	-	17.15	1		17.15	0.68	15	175	15	-5	1.1	230	1420

Local: Bureau 0.03

ME	SE	30	35	3.3	11.55	1	5.76	5.79	0.96	25	139					
MI	-	12	35	3.3	11.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36					
PI	-	-	0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7					1190
FS	SE	0.4	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720					230
B	-	-	-	-	17.15	1		17.15	0.68	15	175	15	-5	1.1	230	1420



Calcul des surfaces							Déperditions calorifiques				Majoration					
Orientation	Epaisseur du mur	Longueur ou longueur	Hauteur	Surface	Nombre	Déduction	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de températures	Déperditions par transmission	$Q_b$	$Z_u + Z_s$	Orientation	Facteur de majoration	Déperditions par ventilation	Besoins calorifiques $Q = Q_t + Q_v$
m	m	m	m	m <sup>2</sup>	n°	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> °C	°C	W/h	W/h	% $Z_u$	% $Z_s$	Z	W/h	W/h

Local: Bureau 0.04

SE	30	34	3.3	11.22	1	5.58	5.64	0.96	25	136						
SE	30	49	3.3	16.17	1		16.17	0.96	25	388						
	12	34	3.3	11.22	1	1.68	9.54	1.8	2	34						1590
		0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						230
SE	04	31	1.8	5.58	1		5.58	5	25	698						
				16.68	1		16.68	0.72	15	180	15	-5	1.1		230	1820

Local: Bureau 0.05

SO	30	52	3.3	17.16	1		17.16	0.96	25	412						
NO	30	34	3.3	11.22	1	5.58	5.64	0.96	25	136						
	12	34	3.3	11.22	1	1.68	9.54	1.8	2	34						1690
NO	04	31	1.8	5.58	1		5.58	5	25	698						230
		0.8	2.10	1.68	1		1.68	2	2	7						
				17.68	1		17.68	0.68	15	180	15	0	1.15		230	1920

Local: Bureau 0.06

NO	30	35	3.3	11.55	1	5.76	5.79	0.96	25	159						
	12	52	3.3	17.16	1	1.68	15.48	1.8	2	56						
NO	04	32	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720						1330
		0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						230
				18.2	1		18.2	0.68	15	186	15	3	1.2		230	1560



Calcul des surfaces							Déperditions calorifiques				Majoration					
Orientation	Epaisseur du mur	Longueur ou largeur	Hauteur	Sur face	Nombre	Déduction	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de températures	Déperditions par transmission	$Q_r + Q_s$	Orientation	Facteur de majoration	Déperditions par ventilation $Q_v$	Besoins calorifiques	$Q_r + Q_s + Q_v$
m	m	m	m	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup>	°C	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	% $Q_r + Q_s$	%	%	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	

Local: Bureau 0.07

ME	NO	30	1.1	3.3	23.13	1	11.88	11.55	0.96	25	277					
MI		12	7.1	3.3	23.13	1	3.15	20.28	1.8	2	73					
MI		12	5.2	3.3	47.16	1	11.16	1.8	5	155					2300	
PI			1.5	2.1	3.15	1	3.15	2	2	13					340	
FS	NO	0.4	6.6	1.8	11.88	2	11.88	5	25	1485						
S					36.92	1	36.92	0.96	15	259	15	5	1.2	340	2640	

Local: Couloir 0.08

MI		12	14.4	3.3	47.52	2	13.28	81.91	1.8	-2	-255					
ME	SO	30	1.2	3.3	3.96	1	0.66	3.3	0.96	25	73					
PI			0.8	2.1	1.68	6	10.08	2	-2	-40					12	
PI			1.5	2.1	3.15	1	3.15	2	-2	-13					30	
FS	SO	0.4	1.1	0.6	0.66	1	0.66	5	25	76						
S			14.4	3.3	47.28	1	47.28	0.96	15	210	15	-5	1.1	30	42	

Local: Bureau 0.03

ME	SE	30	3.5	3.3	11.55	1	5.76	5.76	0.96	25	139					
MI		12	5.2	3.3	47.16	1	11.16	1.8	5	154						
MI		12	3.5	3.3	11.55	1	1.68	5.37	1.8	2	36				1370	
FS	SE	0.4	3.2	1.8	5.76	1	5.76	5	25	720					230	
PI			0.8	2.1	1.68	1	1.68	2	2	7						
S					48.20	1	48.20	0.96	15	486	15	-5	1.1	230	1600	



Calcul des surfaces										Déperditions calorifiques			Majoration				
Abréviations	Orientation	Epaisseur du mur cm	Longueur ou largeur m	Hauteur	Surface	Nombre	Déduction	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de température	Déperditions par transmission $Q_0$ $\frac{kcal}{h}$	$Z_u + Z_e$	Orientation	Facteur de majoration	Déperditions par ventilation $Q_v$ $\frac{kcal}{h}$	Besoins calorifiques $Q = Q_T + Q_v$ $\frac{kcal}{h}$	

Local: Bureau 0.10

ME	SE	30	3.5	3.3	11.55	1	576	5.79	0.96	25	139					
MI		12	3.5	3.3	11.55	1	1.68	3.88	1.8	2	36					
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7					1200
FS	SE	04	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720					230
B					18.2	1		18.2	0.68	15	186					
												15	-5	11	230	1430

Local: Bureau 0.11

ME	SE	30	7.1	3.3	23.43	1	11.88	11.95	0.96	25	277					
MI		12	7.1	3.3	23.43	1	5.15	20.28	1.8	2	73					
PI			1.5	2.1	3.15	1		3.15	2	2	13					2360
FS	SE	04	6.6	1.8	11.88	1		11.88	5	25	1485					340
B					36.92	1		36.92	0.64	15	299					
												15	-5	1.1	340	2700

Local: Bureau 0.12

ME	SE	30	3.4	3.3	11.22	1	5.58	5.64	0.96	25	136					
ME	NE	30	5.2	3.3	17.16	1		17.16	0.96	25	412					
MI		12	3.4	3.3	11.22	1	1.68	3.54	1.8	2	34					1690
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7					230
FS	SE	04	3.1	1.8	5.58	1		5.58	5	25	638					
B					17.68	1		17.68	0.68	15	180					
												15	0	1.45	230	1920



Abreviations	Orientation	Calcul des surfaces					Déperditions calorifiques				Majoration			Déperditions par ventilation $Q_v$	Besoins Calorifiques $Q = Q_1 + Q_v$
		m	m	m <sup>2</sup>	Nombre	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de température	Déperditions par transmission $Q_0$	% $Z_0$	Orientation		

Local : Bureau 0.13

NE	NE	30	4.9	3.3	16.17	1	16.17	0.96	25	388						
NE	NO	30	7	3.3	23.1	1	11.88	11.22	0.96	25	270					
NI		12	7	3.3	23.1	1	5.5	19.95	1.8	2	72					3020
S	NO	0.4	6.6	1.8	11.88	1	11.88	5	25	1485						340
I			1.5	2.1	3.15	1	3.15	2	2	15						
					34.3	1	34.3	0.55	15	285	15	5	1.2	340		3360

Local : Bureau 0.14

E	NO	30	3.5	3.3	11.55	1	5.76	5.79	0.96	25	139					
NI		12	3.5	3.3	11.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36					
I			0.8	2.1	1.68	1	1.68	2	2	7						1290
S	NO	0.4	3.2	1.8	5.76	1	5.76	5	25	720						230
					17.15	1	17.15	0.68	15	175						
											15	5	1.2	230		1520

Local : Bureau 0.15

E	NO	30	3.5	3.3	11.55	1	5.76	5.79	0.96	25	139					
I		12	3.5	3.3	11.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36					
I		12	4.9	3.3	16.17	1		16.17	1.8	5	146					1510
S	NO	0.4	3.2	1.8	5.76	1	5.76	5	25	720						230
I			0.8	2.1	1.68	1	1.68	2	2	7						
					17.15	1	17.15	0.68	15	175	15	5	1.2	230		1740



Abréviations	Orientation	Calcul des surfaces					Déperditions calorifiques					Mejoration			Déperditions par ventilation $Q_v$	Besoins calorifiques $Q_{tot} = Q_r + Q_v$
		é	m	m	m <sup>2</sup>	Nombre	%	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de température	Déperditions par transmission $Q_t$	$Z_u + Z_e$	Orientation	Facteur de mejoration		

Local: Sanitaire H et D 0.16, 0.17

ME	NO	30	3.32	3.3	11.66	1		11.66	0.96	2.0	223						
MI		12	3.57	3.3	11.64	1		11.64	1.8	2	42						
MI		12	4.9	3.3	16.17	1		16.17	1.8	2	58						570
ME		12	4.8	3.3	16.17	1	336	12.81	1.8	2	46						190
PE			0.8	2.1	1.68	2		3.36	2	2	14						
B					17.3	1		17.3	0.55	10	95	15	5	12	190		760

Local: Couloir 0.18

ME	SO	30	1.2	3.3	3.96	1		0.66	3.3	0.36	23						
MI		12	1.8	3.3	5.94	2		11.88	1.8	-2	-363						
FS	SO		1.1	0.6	0.66	1		0.66	5	2.3	76						-150
PE			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	-2	-42						30
PE			1.5	2.1	3.15	2		6.3	2	-2	-25						
B					21.6	1		21.6	0.56	13	155	15	5	12	30		-120

Local: Salle d'attente 0.19

ME	SE	30	3.6	3.3	32.4	1		32.4	0.96	2.0	622						
ME	NO	30	3.5	3.3	31.5	1		31.5	0.96	2.0	605						
MI				3.3	66.66	4		66.66	1.8	-3	-360						1470
FS			3.3	1.3	5.94	2		11.88	5	2.0	118						270
PE			2.4	2.1	5.04	2		10.08	5	2.0	101						
B					36.75	1		36.75	0.68	10	250	15	5	11	270		1740



Calcul des surfaces							Déperditions calorifiques				Majoration						
Abréviations	Orientation	Épaisseur du mur	Longueur ou largeur	Hauteur	Surface	Nombre	Déduction	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de température	Déperditions par transmission $Q_t$	$Z_u + Z_e$	Orientation	Facteur de majoration	Déperditions par ventilation $Q_v$	Besoin calorifiques	$Q = Q_t + Q_v$

Local : Bureau 1.01

ME	SE	30	3.5	3.3	11.55	1	516	5.79	0.96	25	139						
MI		42	5.2	3.3	17.16	1		11.16	1.8	2	62						
MI		12	3.5	3.3	11.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36						4170
FS	SE	04	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720						230
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						
H		38.5			18.2	1		18.2	0.81	25	369	15	-5	1.1	230		1700

Local : Bureau du D.A.G. 1.02

ME	SE	30	7.1	3.3	23.13	1	11.88	11.55	0.96	25	277						
MI		42	7.1	3.3	23.13	1	3.15	20.28	1.8	2	75						
FS	SE	04	6.6	1.8	11.88	1		11.88	5	25	1485						2860
PI			1.5	2.1	3.15	1		3.15	2	2	15						340
H		38.5			38.52	1		38.52	0.81	25	748	15	-5	1.1	340		3200

Local : Bureau 1.03

ME	SE	30	3.5	3.3	11.55	1	5.76	5.79	0.96	25	139						
MI		42	3.5	3.3	11.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36						
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						1400
FS	SE	04	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720						230
H		38.5			18.2	1		18.2	0.81	25	369	15	-5	1.1	230		1630



		Calcul des surfaces					Déperditions calorifiques					Majoration				
Abbreviations	Orientation	Epaisseur du mur	Longueur ou largeur	Hauteur	Surface	Nombre	Deduction	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de température	Déperditions par transmission	$Q_0$	Orientation	Facteur de majoration	Déperditions par ventilation	Besoins calorifiques
		m	m	m	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	$\frac{kcal}{m^2 \cdot h}$	°C	$\frac{kcal}{h}$	%	%	%	%	$\frac{kcal}{h}$	$\frac{kcal}{h}$

Local: Bureau 1.04

ME	SE	30	3.4	3.3	11.22	1	5.64	0.96	25	435						
ME	NE	30	5.2	3.3	17.16	1	17.16	0.96	25	412						
ME		12	3.4	3.3	11.22	1	1.68	1.8	2	34						1810
FS	SE	0.4	3.1	1.8	5.58	1	5.58	5	25	698						230
PI			0.8	2.1	1.68	1	1.68	2	2	7						
H		38.5			11.68	1	17.68	0.81	25	358	15	5	1.1	230		2040

Local: Bureau 1.05

ME	NO	30	4.9	3.3	16.17	1	16.17	0.96	25	388						
ME	NE	30	3.4	3.3	11.22	1	5.58	0.96	25	135						
ME		12	3.4	3.3	11.22	1	1.68	1.8	2	34						1820
FS	NO	0.4	3.1	1.8	5.58	1	5.58	5	25	698						230
PI			0.8	2.1	1.68	1	1.68	2	2	7						
H		38.5			16.68	1	16.68	0.81	25	358	15	5	1.2	230		2150

Local: Bureaux 1.06 et 1.07

ME	NO	30	3.5	3.3	11.55	2	5.76	0.96	25	278						
ME		12	3.5	3.3	11.55	2	1.68	1.8	2	71						
PI			0.8	2.1	1.68	2	1.68	2	2	14						3000
FS	NO	0.4	3.2	1.8	5.76	2	5.76	5	25	1460						460
H		38.5			11.15	2	11.15	0.81	25	695	15	5	4.2	460		3660



Abréviations	Orientation	Cote des surfaces					Dépense calorifiques					Majoration			Dépense par ventilation $Q_v$	Besoins calorifiques $Q = Q_r + Q_v$
		Epaisseur du mur m	Longueur ou largeur m	Hauteur m	Surface $S_f$	Nombre	Déduction $S_d$	Chiffres retenus $S_r$	Coefficient K $\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$	Différence de température $\Delta T$	Dépense par transmission $Q_t$ $\frac{kcal}{h}$	$Z_u + Z_e$ %	Orientation $Z_o$ %	Facteur de majoration $Z_f$ %		

Local: Bureau 1.08

ME	NO	30	3.5	3.3	11.55	1	576	5.39	0.96	25	139						
MI		12	3.5	3.3	11.55	1	168	2.27	1.8	2	36						
MI		12	4.9	3.3	16.17	1		4.17	1.8	5	146						4680
FS	NO	04	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720						230
PI			2.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						
H		38.5			47.15	1		47.15	0.81	25	367	15	5	1.2	230		1910

Local: Sanitaires. 4.09 et 4.10

ME	NO	30	3.6	3.3	11.88	1	576	6.12	0.96	20	118						
MI		12	4.9	3.3	16.17	2	336	2.98	1.8	-3	-157						
PI			0.8	2.1	1.68	2		3.36	2	-3	-20						780
FS	NO		3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	20	576						230
H					47.3	1		47.3	0.81	10	140						
												15	5	1.2	230		1010

Local: Couloir 4.11

ME	NE	30	1.2	3.3	3.96	1	0.66	3.3	0.96	23	73						
MI		12	4.8	3.3	59.4	2	18.27	10.3	1.8	-2	-362						
PI			0.8	2.1	1.68	9		10.12	2	-2	-61						440
PI			4.5	2.1	3.15	1		3.15	2	-2	-13						120
FS	NE		1.1	0.6	0.66	1		0.66	5	23	76						
H		48			21.6	1		21.6	0.81	23	402	15	5	1.2	180		320



Calcul des surfaces							Déperditions calorifiques				Majoration			Besoins calorifiques			
Abréviations	Orientation	Epaisseur du mur	Longueur ou largeur	Hauteur	Surface	Nombre	Déduction	Chiffres retenus	Coefficient K	Différence de température	Déperditions par transmission	$Q_t$	$Z_e + Z_o$	Orientation	Facteur des majorations	Déperditions par ventilation	$Q_v$
		m	m	m	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>			°C	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$		%	%	%	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$

Local: Sanitaire 1.12

ME	NO	30	1	3.5	3.3	1	1.8	1.5	0.96	20	29							
MI		42	3	3.3	9.9	1		9.9	1.8	-5	-89							
FS	NO		1	1.8	1.8	1		1.8	5	20	180							180
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	-3	-11							50
H					3	1		3	0.81	20	40							
												15	5	1.2	30	240		

Local: Bureau 1.13

ME	NO	30	7.1	3.3	23.13	1	12.24	11.49	0.96	25	269							
MI		42	5.2	3.3	17.16	1		17.16	1.8	2	62							
ME		42	7.1	3.1	22.03	1	3.15	20.88	1.8	2	75							3240
PI			4.5	2.1	9.45	1		9.45	2	2	18							340
FS	NO		6.2	1.8	11.16	1		11.16	5	25	1530							
H					36.92	1		36.92	0.81	25	748							
												15	5	1.2	340	3580		

Local: Bureau 1.14

ME	NO	30	3.5	3.3	11.55	1	5.94	5.61	0.96	25	135							
MI		42	3.5	3.3	11.55	1	1.68	3.87	1.8	2	36							1550
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7							230
FS	NO		3.3	1.8	5.94	1		5.94	5	25	743							
H					18.2	1		18.2	0.81	25	369							
												15	5	1.2	230	1780		



		Calcul des surfaces						Déperditions calorifiques				Majoration					
Abbreviations	Orientation	Epaisseur du mur cm	Longueur ou largeur m	Hauteur m	Surface m <sup>2</sup>	Nombre	Déduction	Chiffres retenus	Coefficient K $\frac{W}{m^2 \cdot K}$	Différence de température	Déperditions par transmission Q <sub>t</sub> $\frac{kcal}{h}$	Z <sub>0</sub> + Z <sub>1</sub>	Orientation	facteur de majoration	Déperditions par ventilation Q <sub>v</sub> $\frac{kcal}{h}$	Besoins calorifiques $\frac{kcal}{h}$	Q = Q <sub>t</sub> + Q <sub>v</sub>

Local : Bureau 4.15

ME	NO	30	3.6	3.3	4.22	1	5.58	5.64	0.96	25	435						
ME	SO	30	3.2	3.3	4.16	1		4.16	0.96	25	412						
MI		12	3.4	3.3	4.22	1	1.68	9.54	1.8	2	34						4830
FS	NO	0.6	3.1	1.8	5.58	1		5.58	5	25	698						230
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						
H		38.5			47.68	1		47.68	0.81	25	358	15	0	1.15	230		2120

Local : Bureau 4.16

ME	SO	30	4.8	3.3	4.17	1		4.17	0.96	25	388						
ME	SE	30	3.4	3.3	4.22	1	5.58	5.64	0.96	25	435						
MI		12	3.4	3.3	4.22	1	1.68	9.54	1.8	2	34						1760
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						230
FS	SE	0.6	3.1	1.8	5.58	1		5.58	5	25	698						
H		38.5			46.68	1		46.68	0.81	25	338	15	-5	1.1	230		1990

Local : Bureau 4.17

ME	SE	30	3.5	3.3	4.55	1	5.76	5.78	0.96	25	439						
MI		12	3.5	3.3	4.55	1	1.68	9.87	1.8	2	36						
PI			0.8	2.1	1.68	1		1.68	2	2	7						1380
FS	SE	0.6	3.2	1.8	5.76	1		5.76	5	25	720						230
H		38.5			47.15	1		47.15	0.81	25	347	15	-5	1.1	230		1610



		Calcul des surfaces					Déperditions calorifiques					Majoration					
Abréviations	Orientation	Epaisseur du mur cm	Longueur ou largeur m	Hauteur m	Surface m <sup>2</sup>	Nombre	Dédaction m <sup>2</sup>	Chiffres retenus m <sup>2</sup>	Coefficient K $\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$	Différence de température $^{\circ}C$	Déperdition par transmission $\frac{kcal}{h}$	Z <sub>0</sub> + Z <sub>1</sub>	Orientation Z <sub>2</sub> %	Facteur de majoration Z <sub>3</sub>	Déperdition par ventilation $\frac{kcal}{h}$	Besoins calorifiques $\frac{kcal}{h}$	Q = Q <sub>1</sub> + Q <sub>2</sub>

Local: Salle de réunion 1.18

ME	SE	30	10.55	3.3	34.15	1	17.25	17.525	0.90	25	421						
MI		12	10.55	3.3	34.05	1	3.15	31.665	1.8	2	114						
MI		12	4.9	3.3	16.17	1		16.17	1.8	2	58						4160
FS	SE	04	3.2	1.8	5.76	3		17.28	5	25	2160						420
PI			1.5	2.1	3.15	1		3.15	2	2	15						
H		38.5			30.17	1		30.17	0.81	25	1016	15	-5	1.1	420		4580

Local: Couloir 1.19

ME	SO	30	1.8	3.3	3.96	1	0.86	3.12	0.90	23	69						
MI		12	14.3	3.3	47.19	2	9.87	8.51	1.8	-2	-304						
PI			0.8	2.1	1.68	4		6.72	2	-2	-27						160
PI			1.5	2.1	3.15	1		3.15	2	-2	-15						30
FS	SO	04	1.2	0.7	0.84	1		0.84	5	23	97						
H		38.5	14.3	3.3	17.16	1		17.16	0.81	23	320	15	-5	1.1	30		190

Local: Salle d'attente 1.20

ME		30	4.0	3.3	13.2	2	12.70	16.46	0.90	25	315						
MI		12	5.2	3.3	17.16	2		34.32	1.8	-2	-124						
MI		12	4.9	3.3	16.17	1		16.17	1.8	-2	-58						2010
FS			3.4	1.8	6.12	2		12.24	5	23	1408						40
H					17.5	1		17.5	0.81	23	326						
MI		12	3.2	3.3	10.56	1		10.56	1.8	-2	-38	15	-5	1.1	40		2050



## V Climatisation

### 1. Généralités

La présence d'occupants influe considérablement sur les conditions intérieures d'un local par suite de dégagement de chaleur et d'humidité de la part de ces personnes. Pour assurer à ces derniers un confort plus ou moins satisfaisant, on prévoit un renouvellement continu d'air, ainsi qu'une température et humidité relative adéquates.

### 2. Mode de climatisation

On utilise généralement les techniques de ventilation dans les installations de climatisation pour produire ou maintenir à l'intérieur d'un ou plusieurs locaux un état de l'air différent des conditions extérieures. Dans le cas de locaux à usage administratif, l'installation doit surtout évacuer la quantité de chaleur et de vapeur d'eau dégagées par les occupants.

On distingue parmi les différents types de climatiseurs les climatiseurs à condensation par air, les climatiseurs à condensation par eau.

#### a. Climatiseurs individuels à condensation par air

Sur ces types de climatiseurs, l'eau condensée sur l'évaporateur est pulvérisée sur le cercle éjecteur de l'hélice ou par la turbine du condenseur. Ils

comportent en outre un renouvellement d'air incorporé. Toutefois, ils ne fonctionnent bien qu'avec une humidité relative extérieure modérée.

#### b. Climatiseurs individuels à condensation par eau.

Ils sont utilisés dans des locaux ayant une charge thermique interne supérieure à la moyenne, mais ils sont d'un coût élevé, ce qui limite leur utilisation.

#### c. Ejecto-convecteurs.

La circulation d'air dans l'appareil et sur ses échangeurs est assurée par des jets d'air à grande vitesse mais faible débit, entraînant un débit d'air très important dans la pièce.

#### d. Ventilconvecteurs.

Les ventilconvecteurs permettent une régulation de température facile et individuelle. La climatisation par ventilconvecteurs est très valable pour le traitement de grands ensembles de pièces.

### 3. Traitement de l'air

On distingue 3 catégories d'installations:

- Avec reprise d'air traité
- Sans reprise d'air
- Traitement effectué individuellement dans les divers locaux.



#### 4. Production d'eau glacée.

La production d'eau glacée est centralisée dans le local technique qui dessert les différents ventilo-convecteurs par un réseau de tuyauteries avec une eau de départ de 7°C.

Les différents groupes frigorifiques utilisés sont:

- groupe frigorifique à compression.
- groupe frigorifique à absorption.

## VI Besoins frigorifiques

On a tendance en climatisation à confondre charge frigorifique et puissance frigorifique. La première est une propriété intrinsèque du bâtiment, quant à la seconde elle se rapporte à l'équipement de ventilation.

### 1. Charge frigorifique d'un local $\dot{Q}_c$

Elle désigne toutes les charges calorifiques extérieures et intérieures. Les dernières comprennent les gains de chaleur par transmission  $\dot{Q}_T$  (à travers les murs, fenêtres, toit etc...), le dégagement de chaleur dans le local  $\dot{Q}_r$ , et l'apport calorifique dû à l'ensoleillement  $\dot{Q}_s$ .

### 2. Gains de chaleur par transmission $\dot{Q}_T$

Le principe de calcul pour les gains de chaleur par transmission est le même que pour les déperditions par transmission, à savoir :

$$\dot{Q}_T = K S \Delta T_{eq}$$

La seule différence qui existe est dans la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur. On utilise dans ce cas une différence de température équivalente du fait de l'inertie thermique des parois du bâtiment (toit, murs extérieurs et fenêtres). Cette différence de température équivalente a été calculée, d'après la formule ci-dessous de CARRIER :

$$\Delta T_{eq} = a + \Delta T_{es} + b \frac{R_s}{R_m} (\Delta T_{em} - \Delta T_{es})$$

a : facteur de correction tenant compte d'une différence de température entre extérieure et intérieure différente de  $8^\circ\text{C}$  et prise à 15h pour le mois considéré.

$\Delta T_{es}$  : Différence de température à l'heure considérée pour la paroi à l'ombre.



$\Delta T_{em}$  : Différence de température à l'heure considérée pour la paroi ensoleillée.

$b$  : Coefficient tenant compte de la couleur de la face extérieure de la paroi.

$R_s$  : Ensoleillement maximal pour le mois et la latitude considérés

$R_m$  : Ensoleillement maximal pour le mois de Juillet à travers une surface vitrée, de latitude Nord.

$$a = -2$$

$\Delta T_{es}$ ,  $R_s$ ,  $R_m$  sont donnés par le tableau à l'Annexe.

$\Delta T_{em} = 15,6^\circ\text{C}$  pour les murs extérieurs et les fenêtres

$\Delta T_{em} = 15,4^\circ\text{C}$  pour le toit.

$b = 0,55$  (couleur claire pour murs extérieurs)

$b = 0,78$  (couleur moyenne pour le toit).

### 3. Gains de chaleur par ensoleillement.

L'Apport calorifique à travers les surfaces vitrées représente une quantité importante des gains par transmission. On peut le calculer de la façon suivante :  $Q_g = a I_{max} S$

$a$  : coefficient d'amortissement tenant compte de l'orientation du local et du nombre d'heures de fonctionnement.

$I_{max}$  : Ensoleillement maximal suivant orientation

$S$  : Surface de la vitre.

### 4. Charges intérieures.

Les charges intérieures se composent de la quantité de chaleur dégagée par les occupants, par les appareils d'éclairage, ainsi que la chaleur dégagée par les machines et les produits traversant la salle.

### a. Chaleur dégagée par les occupants $Q_m$

Le dégagement de chaleur d'un individu au sein d'un local est fonction de la nature du travail qu'il effectue à l'intérieur de celui-ci. Comme on est en présence de bureaux d'administration, on peut considérer que cet individu est inactif physiquement, sa chaleur totale (latente + sèche) est de l'ordre de  $100 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$ .

### b. Chaleur dégagée par l'éclairage. $Q_e$

La chaleur dégagée par l'éclairage intervient pour le calcul de la charge frigorifique du local, bien qu'on n'a pas toujours besoin d'éclairage dans la journée en été.

### c. Chaleur dégagée par les machines et les produits traversant le local.

On ne tiendra pas compte de ces dégagements de chaleur puisqu'on est en présence de bureaux.

## 5. Bilan thermique Eté

On peut considérer pour le bilan thermique Eté, la charge frigorifique définie par :

$$Q_k = Q_T + Q_e + Q_m = Q_T + Q_s + Q_m + Q_B$$

Les calculs de la charge frigorifique ont été fait suivant certains critères, à savoir :

- On a considéré 15h comme étant l'heure où il y'a le maximum d'ensoleillement pour éviter de faire le calcul heure après heure, ce calcul serait vraiment trop long.
- On a pris le mois de Juillet comme étant le mois le plus chaud de l'année.

Remarques: Les valeurs des différents coefficients se trouvent à l'Annexe.



Abbréviation	Orientation	Surface m <sup>2</sup>	Coefficients K $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$	Différence de température °C	Gain par transmission $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Nombre d'occupants	Apports par les occupants $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par l'éclairage $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par ensoleillement $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par renouvellement d'air $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Besoins frigorigés
--------------	-------------	---------------------------	--	---------------------------------	--	--------------------	---	---	--	---	-----------------------

Local: Bureau 0.01

ME	SE	5.79	0.96	10	56						
MI		26.04	1.8	2	94						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	SE	5.76	5	10	288						
B		17.15	0.68	-6	-70		200	236	860	180	1851

Local: Bureau 0.02

ME	SE	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	SE	5.76	5	10	288						
B		17.15	0.68	-6	-70		200	236	860	180	1793

Local: Bureau 0.03

ME	SE	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	SE	5.76	5	10	288						
B		17.15	0.68	-6	-70		200	236	860	180	1793

Abbréviation	Oriantation	Surface m <sup>2</sup>	Coefficients K $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}}$	Différence de température °C	Gains par transmission $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Nombre d'occupants	Apports par les occupants $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par l'éclairage $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par ensoleillement $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par renouvellement d'air $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Besoins frigorifiques $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
--------------	-------------	---------------------------	---	---------------------------------	---	--------------------	---	---	--	---	--

Local: Bureau 0.04

ME	SE	5.64	0.96	10	54						
ME	SO	16.27	0.96	10	155						
MI		9.54	1.8	2	34	2					
FS	SE	5.58	5	10	279						
B		16.68	0.72	-6	-76		200	230	832	180	1888

Local: Bureau 0.05

ME	SO	17.16	0.96	10	165						
ME	NO	5.64	0.96	10	54						
MI		9.54	1.8	2	34	2					
FS	NO	5.58	5	10	279						
B		17.68	0.68	-6	-72		200	243	576	180	1659

Local: Bureau 0.06

ME	NO	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
FS	NO	5.76	5	10	288	1					
PI		1.68	2	2	7						
B		18.20	0.68	-6	-74		100	250	594	90	1347



Abréviation	Orientation	Surface m <sup>2</sup>	Coefficients K $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}$	Différence de température °C	Gains par transmission $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Nombre d'occupants $\frac{\text{h}}{\text{h}}$	Apports par les occupants $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par l'éclairage $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par ensoleillement $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par renouvellement d'air $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Besoins frigorifiques $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
-------------	-------------	---------------------------	--	---------------------------------	---	---	---	---	--	---	--

Local : Salle de réunion 0.07

ME	NO	11.55	0.96	10	111						
MI		37.44	1.8	2	135						
PI		3.15	2	2	13	10					
FS	NO	41.88	5	10	594						
B		36.92	0.54	-6	-420		1000	508	1226	992	4369

Local : Couloir 0.08

ME	SO	3.3	0.96	10	32						
MI		81.81	1.8	2	295						
PI		13.23	2	2	53						
FS	SO	0.66	5	10	33						
B		11.28	0.94	-6	-97			838			554

Local : Bureau 0.09

ME	SE	5.79	0.96	10	56						
MI		27.03	1.8	2	97						
FS	SE	57.6	5	10	288	1					
PI		1.68	2	2	7						
B		18.2	0.68	-6	-74		100	250	260	90	1674

Abbréviation	Orientation	Surface	Coefficients K	Différence de température	Gains par transmission	Nombre d'occupants	Apports par les occupants	Apports par l'éclairage	Apports par ensoleillement	Apports par renouvellement d'air	Besoins frigorigènes
--------------	-------------	---------	----------------	---------------------------	---------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------	----------------------------	-------------------------------------	-------------------------

Local: Bureau 0.10

ME	SE	5.73	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	3					
FS	SE	5.76	5	10	288						
Ø		18.2	0.68	-5	-74		300	250	860	270	1993

Local: Bureau 0.11

ME	SE	11.55	0.96	10	111						
MI		20.28	1.8	2	73						
PI		3.15	2	2	13	4					
FS	SE	11.88	5	10	594						
Ø		36.92	0.54	-5	-120		400	500	1226	360	3165

Local: Bureau 0.12

ME	SE	5.64	0.96	10	54						
ME	NE	11.16	0.96	10	165						
MI		9.54	1.8	2	34	2					
FS	SE	5.58	5	10	273						
Ø		17.68	0.68	-6	-72		200	243	832	180	1915



Abreviation	Orientation	Surface	Coefficient $\alpha$	Différence de température	Calons par transmission	Nombre d'occupants	Appareils par les occupants	Apports par l'éclairage	Apports par un chauffage	Apports par renouvellement d'air	Besoins frigorigènes
-------------	-------------	---------	----------------------	---------------------------	----------------------------	--------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------------------	-------------------------

Local: Bureau 0.13

ME	NE	16.17	0.96	10	155						
ME	NO	11.22	0.96	10	108						
MI		19.95	1.8	2	72	4					
FS	NO	11.88	5	10	594						
B		36.3	0.68	-6	-140		400	432	1226	360	3247

Local: Bureau 0.14

ME	NO	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	NO	5.76	5	10	288						
B		17.15	0.68	-6	-70		200	236	594	180	1527

Local: Bureau 0.15

ME	NO	5.79	0.96	10	56						
MI		26.04	1.8	2	94						
FS	NO	5.76	5	10	288	1					
PI		1.68	2	2	7						
B		17.15	0.68	-6	-70		100	236	594	90	1395

Abreviation	Orientation	Surface	Coefficients K	Differences de temperature	Gains par transmission	Nombre d'occupants	Apports par les occupants	Apports par l'éclairage	Apports par ensoleillement	Apports par renouvellement d'air	Besoin frigorifiques
-------------	-------------	---------	----------------	----------------------------	---------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------	----------------------------	-------------------------------------	-------------------------

Local : Bureau 1.01

ME	SE	5.79	0.96	10	56						
MI		27.03	1.8	2	37						
FS	SE	5.76	5	10	288	2					
PI		1.68	2	2	7						
H		18.2	0.81	13	192		200	250	860	180	2150

Local : Bureau du D.A.G. 1.02

ME	SE	11.55	0.96	10	111						
MI		20.28	1.8	2	73						
FS	SE	11.88	5	10	594	1					
PI		3.15	2	2	13						
H		36.92	0.81	13	389		400	508	1772	90	3650

Local : Bureau 1.03

ME	SE	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	SE	5.76	5	10	288						
H		18.2	0.81	13	192		200	250	860	180	2069



Abbréviation	Orientation	Surface	Coefficient K	Différence de température	Gains par transmission	Nombre d'occupants	Apports par les occupants	Apports par l'éclairage	Apports par ensemble thermal	Apports par renouvellement d'air	Besoins frigorifiques
--------------	-------------	---------	---------------	---------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------	----------------------------------	-----------------------

Local : Bureau 1.04

ME	SE	5.64	0.96	10	54						
MC	NE	17.16	0.96	10	165						
MI		9.54	1.8	2	36	2					
FS	SE	5.58	5	10	279						
H		17.68	0.81	13	186		200	243	832	180	2173

Local : Bureau 1.05

ME	NO	16.17	0.96	10	155						
MC	NE	5.64	0.96	10	54						
MI		9.54	1.8	2	36	2					
FS	NO	5.58	5	10	279						
H		16.68	0.81	13	176		200	250	576	180	1884

Local : Bureau 1.06

ME	NO	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	NO	5.76	5	10	288						
H		17.15	0.81	13	181		200	236	594	180	1772

Abréviation	Orientation	Surface m <sup>2</sup>	Coefficients K $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}}$	Différence de température °C	Gains par transmission $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Nombre d'occupants	Apports par les occupants $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par l'éclairage $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par ensoleillement $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Apports par renouvellement d'air $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Besoins frigorifiques [g/h]
-------------	-------------	---------------------------	---	---------------------------------	---	--------------------	---	---	--	---	-----------------------------------

Local: Bureau 1.07

ME	NO	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	NO	5.76	5	10	288						
H		17.15	0.81	13	181		200	236	594	180	1778

Local: Bureau 1.08

ME	NO	5.79	0.96	10	56						
MI		26.04	1.8	2	94						
FS	NO	5.76	5	10	288	1					
PI		1.68	2	2	7						
H		17.15	0.81	13	181		100	236	594	90	1646

Local: Bureau 1.13

ME	NO	23.43	0.96	10	225						
MI		40.59	1.8	2	146						
PI		3.15	2	2	13	1					
FS	NO	12.24	5	10	612						
H		36.92	0.81	13	389		100	508	1263	90	3346



Abréviation	Orientation	Surface	Coefficients K	Différence de température	Gains par transmission	Nombre d'occupants	Apports par les occupants	Apports par l'éclairage	Apports par ensoleillement	Apports par renouvellement d'air	Besoins frigorifiques
-------------	-------------	---------	----------------	---------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------------	-----------------------

Local : Bureau 1.14

ME	NO	5.61	0.96	10	54						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	1					
FS	NO	5.94	5	10	297						
H		182	0.81	13	192		100	250	613	90	1639

Local : Bureau 1.15

ME	NO	22.8	0.96	10	219						
MI		9.54	1.8	2	34						
FS	NO	5.58	5	10	279	3					
PI		1.68	2	2	7						
H		17.68	0.81	13	186		300	243	576	270	2114

Local : Bureau 1.16

ME	SE	21.81	0.96	10	209						
MI		9.54	1.8	2	34						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	SE	5.58	5	10	279						
H		16.68	0.81	13	176		200	230	832	180	2147

Abbréviation	Orientation	Surface	Coefficients K	Différence de température	Gains par transmission	Nombre d'occupants	Apports par les occupants	Apports par l'éclairage	Apports par ensoleillement	Apports par renouvellement d'air	Besoins frigorifiques
--------------	-------------	---------	----------------	---------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------------	-----------------------

Local : Bureau 1.17

ME	SE	5.79	0.96	10	56						
MI		9.87	1.8	2	36						
PI		1.68	2	2	7	2					
FS	SE	5.76	5	10	288						
H		17.15	0.81	13	181		200	236	859	180	2043

Local : Salle de réunion 1.18

ME	SE	17.54	0.96	10	168						
MI		47.84	1.8	2	172						
FS	SE	17.28	5	10	864	10					
PI		3.15	2	2	13						
H		50.17	0.81	13	528		1000	690	2577	900	6912

Local : Salle d'attente 1.20

ME		14.16	0.96	8	109						
MI		50.49	1.8	2	182						
FS		12.24	5	8	490	4					
H		17.5	0.81	11	156						
MI		10.56	1.8	8	152		400	241	1826	360	3896



## VII Puissances calorifiques et Puissances frigorifiques

Comme on a dit précédemment, il ne faut pas confondre entre charge frigorifique (respectivement calorifique) et puissance frigorifique (respectivement calorifique), ces dernières se rapportent aux équipements de ventilation.

### 1. Puissance calorifique.

La puissance calorifique est la somme de la charge calorifique du local et de la chaleur de ventilation  $\dot{Q}_L$ . Cette dernière est calculée d'après la formule :

$$\dot{Q}_L = \dot{L}_a C_p (T_i - T_e) \quad (1)$$

$\dot{L}_a$  : quantité horaire d'air extérieur introduit. (kg/h)

On admettra pour la détermination de  $\dot{L}_a$ , une quantité d'air neuf égale à  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  par personne. C'est la valeur minimale du taux de renouvellement d'air donnée par la norme DIN 1946 pour des locaux de séjour sans interdiction de fumer.

### 2. Puissance frigorifique.

La puissance frigorifique est égale à la somme de la charge frigorifique et de la chaleur de ventilation. Si on ne dessèche pas l'air d'apport, on tiendra compte de la chaleur de ventilation déterminée ci-dessus. (1)

Par contre, si l'air est simultanément refroidi et desséché, il faut également évacuer la chaleur de vaporisation de la quantité d'eau éliminée.

La puissance  $\dot{Q}_{LE}$  nécessaire pour refroidir l'air extérieur et éliminer la quantité d'eau  $\dot{G}_E$  est donnée par :

$$\dot{Q}_{LE} = \dot{L}_a (H_a - H_i) + (\dot{G}_{EO} + \dot{G}_{EA}) \Delta H$$

$\dot{G}_{EO}$  : quantité d'eau dégagée par les occupants par heure

$\dot{G}_{EA}$  : quantité d'eau dégagée par les appareils.

$\Delta H$  : quantité de chaleur à éliminer pour condenser 1 kg de vapeur d'eau dans le réfrigérant.

$H_a$  : enthalpie extérieur

$H_i$  : enthalpie intérieur

En résumé :  $Q_{KL}$  : puissance calorifique (ou frigorifique)

$$Q_{KL} = Q_K + Q_{L(LE)}$$

### Remarque.

On a trouvé utile d'inclure dans les tableaux de calculs du bilan thermique Eté la chaleur de ventilation, et de ce fait avoir directement la puissance frigorifique.

Pour le bilan thermique d'Hiver, on trouvera sur les pages ultérieures un tableau additionnel nous donnant les puissances calorifiques de chaque local.

### 3. Débit d'air et état de l'air.

La modification de l'état de l'air dans le local peut être représentée par le rapport :

$$\frac{\dot{Q}_K}{\dot{M}_w} = \frac{(H_i - H_s)}{(x_i - x_s)}$$

$\dot{Q}_K$  : charge frigorifique du local

$\dot{M}_w$  : quantité d'eau dégagée par les occupants

$H_s$  : enthalpie de l'air de soufflage

$x_s$  : teneur en eau de l'air soufflé



On a aussi  $\dot{Q}_k = \dot{L}_s (H_i - H_s)$

$$\dot{M}_w = \dot{L}_s (x_i - x_s)$$

$\dot{L}_s$  = débit d'air soufflé

En utilisant le diagramme  $(H, x)$  de l'air humide on pourra connaître les caractéristiques de l'air de soufflage en posant comme hypothèse que la différence entre la température intérieure du local et la température de soufflage ne doit pas excéder  $8^\circ\text{C}$  d'où  $(T_i - T_s) = 8^\circ \Rightarrow T_s = T_i - 8 = 26 - 8 = 18^\circ\text{C}$

$$T_s = 18^\circ\text{C}$$

Ayant déterminé  $H_s$  on pourra donc connaître le débit d'air de soufflage qui sera obtenu par :

$$\dot{L}_s = \frac{\dot{Q}_k}{(H_i - H_s)}$$

Exemple : Local 0.01

$$\dot{Q}_k = 1851 \text{ kcal/h}$$

$$T_i = 26^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 55\%$$

$$\text{d'où } H_i = 13,4 \text{ kcal/kg d'air sec}$$

$$x_i = 11,6 \text{ g/kg}$$

$$T_e = 35^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 40\%$$

$$\text{d'où } H_e = 11,2 \text{ kcal/kg}$$

$$x_e = 14,2 \text{ g/kg}$$

On lira ces valeurs sur le diagramme  $(H, x)$ . I représente l'état de l'air du local, par contre les caractéristiques de l'air de soufflage sont déterminées par l'intersection de la droite passant par I de pente  $\frac{\dot{Q}_k}{\dot{M}_w}$  et la droite de température constante  $T_s = 18^\circ\text{C}$

$$\text{On aura donc } H_s = 11,2 \text{ kcal/kg}$$

$$\dot{L}_s = \frac{1851}{13,4 - 11,2} = 840 \text{ kg/h}$$

$$\text{Le débit extérieur est de : } \dot{L}_a = 25 \cdot 2 = 50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{L}_a = 50 \cdot 1,293 \approx 65 \text{ kg d'air/h}$$

On aura donc une proportion de mélange de :

$$\frac{L_s - L_a}{L_a} = \frac{840 - 65}{65} \approx 12$$

L'air de mélange aura une enthalpie  $H_m = \frac{H_a + 12 H_i}{(1+12)} = 13,7 \text{ kcal/kg}$

$$T_m = 27^\circ$$

Pour l'hiver on procédera de la même façon en considérant une différence de température de  $30^\circ\text{C}$ .

On refait le même raisonnement pour avoir  $H_m$  et  $H_s$ .



Récapitulatifs de puissances calorifique et frigorifique.

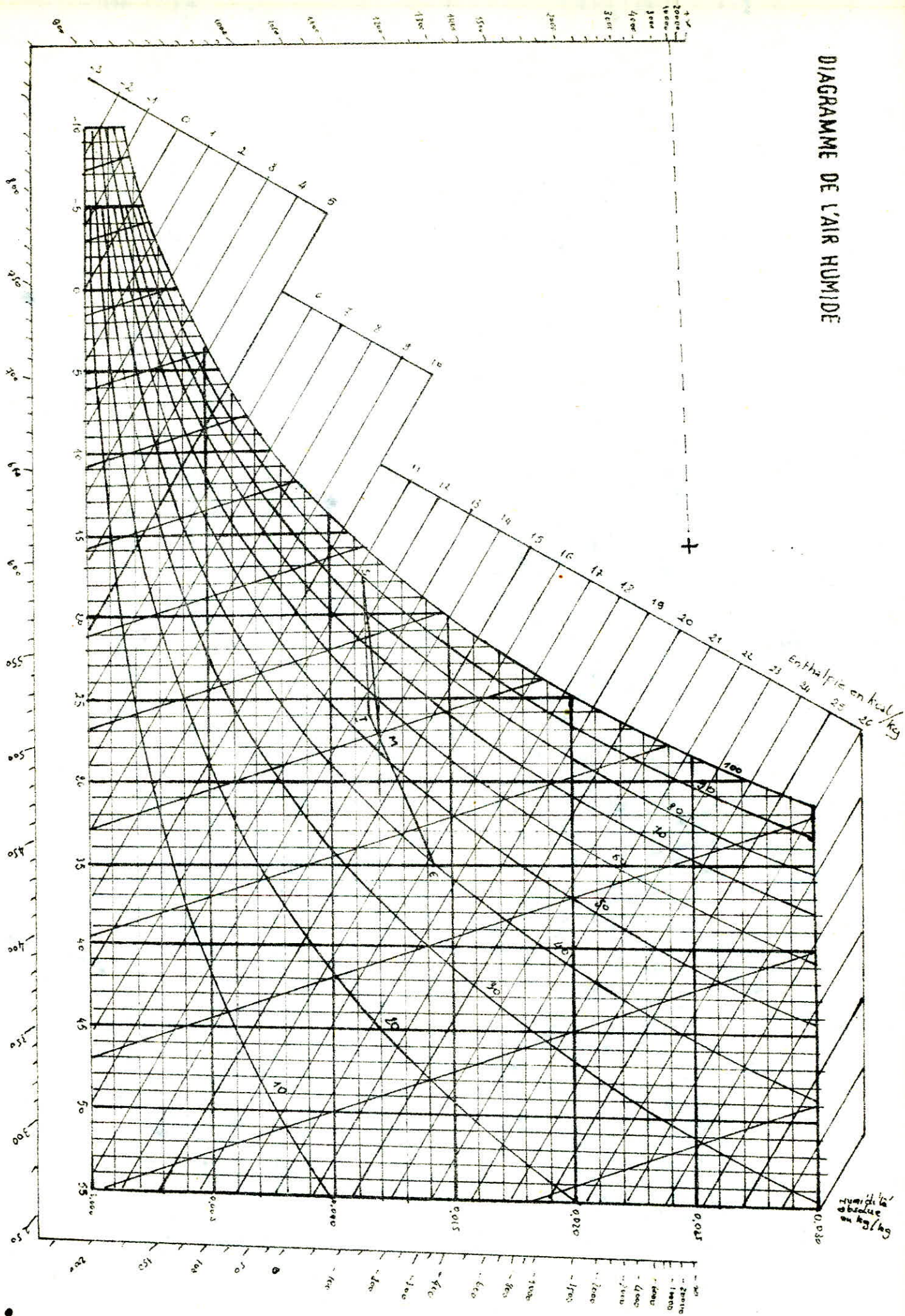
Local N°	ETE			HIVER		
	Chaleur de ventilation	Température de soufflage	Puissance frigorifique	Chaleur de ventilation	Température de soufflage	Puissance calorifique
0.01	180	18	1851	408	30	1988
0.02	180	18	1793	408	30	1828
0.03	180	18	1793	408	30	1828
0.04	180	18	1888	408	30	2228
0.05	180	18	1659	408	30	2328
0.06	90	18	1347	204	30	1768
0.07	902	18	4369	1175	30	3815
0.08	-	-	554	-	-	-
0.09	90	18	1674	204	30	1804
0.10	270	18	1993	612	30	2042
0.11	360	18	3165	816	30	3516
0.12	180	18	1915	408	30	2328
0.13	360	18	3247	816	30	4176
0.14	180	18	1527	408	30	1928
0.15	90	18	1395	204	30	1944
0.16	-	-	-	-	-	-
0.17	-	-	-	-	-	-
0.18	-	-	-	-	-	-
0.19	360	18	3796	816	30	2556

Suite du récapitulatif de puissance

Local N°	E T E			H I V E R		
	Chaleur de ventilation	Température de soufflage	Puissance frigorifique	Chaleur de ventilation	Température de soufflage	Puissance calorifique
1.01	180	18°	2130	408	30	2108
1.02	90	18°	3650	204	30	3404
1.03	180	18	2069	408	30	2038
1.04	180	18	2173	408	30	2448
1.05	180	18	1884	408	30	2558
1.06	180	18	1772	408	30	2138
1.07	180	18	1778	408	30	2138
1.08	90	18	1646	204	30	2114
1.09	-	-	-	-	-	-
1.10	-	-	-	-	-	-
1.11	-	-	-	-	-	-
1.12	-	-	-	-	-	-
1.13	90	18	3346	204	30	3784
1.14	90	18	1639	204	30	1984
1.15	270	18	2114	612	30	2732
1.16	180	18	2147	408	30	2398
1.17	180	18	2043	408	30	2018
1.18	900	18	6912	1175	30	5755
1.19	-	-	-	-	-	-
1.20	360	18	3896	816	30	2866



# DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE





## VIII Calcul du réseau de tuyauteries

La chute de pression, dans une section rectiligne de tuyau, est fonction du diamètre  $d$ , de la vitesse  $w$  ainsi que du coefficient de résistance  $\lambda$ , fonction lui-même de  $d$  et  $w$ . Il est nécessaire de diviser le réseau en tronçons partiels à cause des différences de vitesses de circulation, ainsi donc, on pourra déterminer la chute de pression totale.

### 1. Pertes de charge dans les réseaux de tuyauteries

On distingue les pertes de charges linéaires dans les tronçons rectilignes et les pertes de charge particulières.

#### a. perte de charge linéaire.

Elle se calcule le long d'un tronçon partiel. Un tronçon partiel est une partie du réseau à vitesse de circulation et diamètre constants. Elles se traduisent par la formule ci-contre :

$$(P_1 - P_2) = RL = \lambda \frac{L}{d^5} \frac{\dot{M}^2}{\rho \pi^2}$$

$R$  : perte de charge au mètre linéaire

$\lambda$  : coefficient de résistance

$L$  : longueur du tronçon

$d$  : diamètre du tronçon

$\rho$  : masse volumique du fluide

$\dot{M}$  : débit du fluide

#### b. perte de charge particulière

Les résistances particulières comportent tous les changements de direction, les dérivations, la robinetterie, les appareils de chauffe ainsi que tous les élargissements et les



N <sup>o</sup> Tronçon	Résistances particulières	Σξ
1	2 coudes à 90° 1 corps de chauffe 1 robinet de corps de chauffe	5
2	1 Té de séparation	1,5
3	Idem que (2)	1,5
4	"	1,5
5	"	1,5
6	1 Té de séparation 1 pièce coudée	2
7	Idem que (2)	1,5
8	"	1,5
9	"	1,5
10	"	1,5
11	1 Té de séparation 1 coude à 90°	2
12	1 Té contre courant	3
13	1 Té contre courant 1 collecteur 3 coudes à 90° 1 vanne de réglage	7,7
14	3 coudes à 90° 1 Distributeur 1 Té passage direct	2
15	1 Té passage direct	0,0
16	1 coude à 90° 1 Té passage direct	0,5
17	1 Té passage direct	0
18	Idem que (17)	0
19	"	0
20	"	0

Tronçon N <sup>o</sup>	Résistances particulières	Σξ
21	1 pièce coudée 1 Té passage direct	0,5
22	Idem que (17)	0
23	"	0
24	"	0
25	"	0
26	2 coudes à 90°	1
27	1 coude à 90° 1 Té de séparation	2
28	Idem que (2)	1,5
29	"	1,5
30	"	1,5
31	1 pièce coudée 1 Té de séparation	2
32	Idem que (2)	1,5
33	"	1,5
34	2 coudes à 90° 1 corps de chauffe 1 robinet pour corps de chauffe	5
35	2 coudes à 90°	1
36	Idem que (17)	0
37	"	0
38	1 pièce coudée 1 Té de séparation	2
39	Idem que (17)	0
40	"	0
41	"	0
42	1 coude à 90° 1 Té passage direct	0,5

Tronçon N°	Résistances particulières	Σξ
43	1 Te' de séparation 1 coude à 90°	2
44	1 Te' de séparation	1.5
45	"	1.5
46	"	1.5
47	"	1.5
48	1 Te' de séparation 1 pièce coudée	2
49	Idem que (45)	1.5
50	"	1.5
51	"	1.5
52	2 coudes à 90° 1 corps de chauffe 1 robinet pour corps de chauffe	5
53	2 coudes à 90°	1
54	1 Te' passage direct	0
55	"	0
56	"	0
57	1 pièce coudée 1 Te' passage direct	0.5
58	Idem que (54)	0
59	"	0
60	"	0
61	"	0
62	1 Te' passage direct 1 coude à 90°	0.5
63	1 coude à 90° 1 Te' de séparation	2
64	1 Te' de séparation	1.5

Tronçon N°	Résistances particulières	Σξ
65	Idem que (54)	0
66	"	0
67	1 pièce coudée 1 Te' de séparation	2
68	Idem que (54)	0
69	"	0
70	2 coudes à 90° 1 corps de chauffe 1 robinet pour corps de chauffe	5
71	2 coudes à 90°	1
72	Idem que (54)	0
73	"	0
74	1 pièce coudée 1 Te' passage direct	0.5
75	Idem que (54)	0
76	"	0
77	"	0
78	1 coude à 90° 1 Te' passage direct	0.5
79	1 corps de chauffe 1 robinet de corps de chauffe 1 coude à 90°	4.5
80	Idem que (79)	4.5
81	"	4.5
82	"	4.5
83	"	4.5
84	"	4.5
85	"	4.5
86	"	4.5



Tronçon N <sup>o</sup>	Résistances particulières	Σξ
87	1 corps de chauffe 1 coude à 90°	
	1 robinet de corps de chauffe	4.5
88	Idem que (87)	4.5
89	1 coude à 90°	0.5
90	Idem que (89)	0.5
91	"	0.5
92	"	0.5
93	"	0.5
94	"	0.5
95	"	0.5
96	"	0.5
97	"	0.5
98	"	0.5
99	Idem que (87)	4.5
100	"	4.5
101	"	4.5
102	"	4.5
103	"	4.5
104	"	4.5
105	"	4.5
106	Idem que (89)	0.5
107	"	0.5
108	"	0.5
109	"	0.5
110	"	0.5
111	"	0.5
112	"	0.5
113	Idem que (87)	4.5
114	"	4.5

Tronçon N <sup>o</sup>	Résistances particulières	Σξ
114	Idem que (87)	4.5
115	"	4.5
116	"	4.5
117	"	4.5
118	"	4.5
119	"	4.5
120	"	4.5
121	"	4.5
122	Idem que (89)	0.5
123	"	0.5
124	"	0.5
125	"	0.5
126	"	0.5
127	"	0.5
128	"	0.5
129	"	0.5
130	"	0.5
131	Idem que (87)	4.5
132	"	4.5
133	"	4.5
134	"	4.5
135	"	4.5
136	"	4.5
137	"	4.5
138	Idem que (89)	0.5
139	"	0.5
140	"	0.5
141	"	0.5
142	"	0.5
143	"	0.5
144	"	0.5

rétrécissements de la conduite. La perte de charge leur correspondant est :

$$Z = \sum \xi \frac{w^2}{2} \rho$$

$\xi$  : coefficient de résistance.

c. perte de charge totale.

Elle est égale à la somme de la perte de charge linéaire et la perte de charge particulière.

$$H = RL + Z = \frac{\lambda L}{d^5} \frac{\dot{M}^2}{\rho} \frac{8}{\pi^2} + \xi \frac{w^2}{2} \rho$$

Pour plusieurs tronçons on aura :

$$H = \sum RL + \sum Z$$

Dans la pratique on admet généralement les parts approximatives des résistances particulières. Cette méthode consiste à évaluer la part des résistances particulières, elle convient parfaitement aux conduites à distance, elle donne des résultats meilleurs dans les réseaux dont la quote-part des résistances particulières est d'environ 33%.

On désigne par  $a$  la quote part des résistances particulières.

On aura  $Z = a(p_1 - p_2) = \xi \frac{w^2}{2} \rho$

$$RL = (1-a)(p_1 - p_2) = \frac{\lambda L}{d^5} \frac{\dot{M}^2}{\rho} \frac{8}{\pi^2}$$

## 2. Conduite des calculs.

On commencera à déterminer le réseau le plus long, ainsi que toutes les résistances particulières et les raccordements aux corps de chauffe. Ensuite on supposera une perte de charge au mètre linéaire  $R$  de l'ordre de 10 mm CE/m, qui pour des conditions normales nous donnera des diamètres



économiques.

### a. Conduites d'eau chaude

Les chauffages à eau chaude sont souvent prévus pour des différences de température de l'ordre de  $20^{\circ}\text{C}$  ( $90^{\circ} - 70^{\circ}$ )  
On déterminera le débit de chaleur dans chaque tronçon et on utilisera la planche 4 du Rietschel en essayant de se rapprocher le plus possible de  $R = 10 \text{ mm CE/m}$ .  
Ainsi on aura, connaissant le débit de chaleur, la valeur de  $R$ , la vitesse  $w$  du fluide et le diamètre du tuyau du tronçon considéré. On pourra ensuite déterminer la valeur de  $RL$  et celle de  $Z$ . Pour cette dernière on utilisera la planche 5 qui nous donnera la pente de pression  $Z$  pour des valeurs de  $Z\beta$  variant de 1 à 9 et de l'eau à  $80^{\circ}\text{C}$ .

### b. Conduites d'eau froide.

Le calcul sera le même pour les conduites d'eau froides, néanmoins des facteurs de corrections interviennent du fait que la température de l'eau est au voisinage de  $10^{\circ}\text{C}$ .

La charge totale sera égale à :

$$H = f(RL) + Z\beta$$

$f$  : facteur de correction pour pertes linéaires

$\beta$  : " " " " " " particulières

Les valeurs de  $f$  et  $\beta$  seront données à l'Annexe

# RÉSEAUX D'EAU CHAUDE (90°-70°)

Tronçon N°	Débit de Chaleur $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Débit d'eau $\frac{\text{kg}}{\text{h}}$	Longueur du Tronçon L m	d Diamètre mm	W Vitesse $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	R Perte de charges par m.l $\frac{\text{mm}}{\text{CE}}$	RL Résistances de frottement mm CE	Z Modules de résistances	Z Résistances particulières mm CE	RL+Z Résistances totales mm CE
1-26	2398	119.9	7	10	0.28	12.4	86.8	6	23.3	110
2-25	4416	220.8	7	15	0.32	10.8	75.6	1.5	7.5	83
3-24	6336	316.8	5	20	0.25	4.7	23.5	1.5	4.7	28
4-23	8256	412.8	5	20	0.33	7.7	38.5	1.5	8.1	47
5-22	10176	508.8	8	20	0.41	11.4	91.2	1.5	12.5	104
6-21	13042	652.1	8	25	0.32	5.6	44.8	2.5	12.7	58
7-20	15150	757.5	7	25	0.37	7.4	51.8	1.5	10.2	62
8-19	16852	842.6	5	25	0.42	9	45	1.5	13	58
9-18	18554	927.7	7	25	0.47	10.6	74.2	1.5	16.5	91
10-17	20592	1024.6	7	25	0.50	12.7	88.9	1.5	18.6	106
11-16	23040	1152	14	25	0.6	16	224	2.5	44.6	269
12-15	40488	2024.4	8	32	0.57	11.3	90.4	3	53	143
13-14	76567	3828.4	12	50	0.55	6	72	7.7	115	187
27-42	17448	872.4	11	25	0.43	9.5	105	2.5	14	119
28-41	14890	744.5	7	25	0.36	7.1	49.7	1.5	9.6	59
29-40	12752	637.6	7	25	0.32	5.4	37.8	1.5	7.5	45
30-39	10614	530.7	7	20	0.42	12.2	85.4	1.5	13	98
31-38	8500	425	32	20	0.34	8.2	262.4	2.5	14.3	277
32-37	6608	330.4	5	20	0.26	5.2	26	1.5	5.1	31
33-36	4716	235.8	7	15	0.35	12.2	85.4	1.5	17	102
34-35	2732	136.6	7	10	0.34	16	112	6	34.4	146
43-62	20120	1006	14	25	0.50	12.3	172.2	2.5	31	203
44-61	17792	889.6	7	25	0.44	9.8	68.6	1.5	14.4	83
45-60	16034	801.7	5	25	0.40	8	40	1.5	12	52
46-59	14276	713.8	7	25	0.36	6.8	47.6	1.5	9.6	57
47-58	12234	611.7	7	20	0.5	16	112	1.5	18.6	131
48-57	10430	521.5	14	20	0.43	11.8	165.2	2.5	14	179
49-56	7872	393.6	7	20	0.32	7.2	50.4	1.5	7.5	58



Tronçon N°	Debit de chaleur	Debit d'eau	Longueur du tronçon L	d	W	Perte de charge par m.L R	Résistances RL de frottement	Σ Z Modules de résistances	Σ Z Résistances particulières	RL + Z Résistances totales
50.55	5884	294.2	7	20	0.24	4.3	30.1	1.5	43	34
51.54	4056	202.8	7	15	0.31	9.3	65.1	1.5	8	73
52.53	2228	111.4	9	10	0.28	10.9	98.1	6	23.3	121
63.78	15960	798	11	25	0.40	8	88	2.5	20	108
64.77	13872	693.6	5	25	0.36	6.8	34	1.5	9.6	16
65.76	11784	589.2	7	20	0.48	15	105	1.5	17.1	32
66.75	9856	492.8	7	20	0.39	10.7	74.9	1.5	8.7	19
67.74	7912	395.6	30	20	0.32	7.1	213	2.5	12.7	20
68.73	6004	300.2	5	20	0.24	4.6	23	1.5	4.3	9
69.72	4096	204.8	7	15	0.31	9.4	65.8	1.5	8.1	74
70.71	2328	116.4	9	10	0.28	11.8	106.2	6	23.3	130
79.89	2018	100.9	1.5	10	0.24	8.9	13.4	5	14.3	28
80.90	1920	96	1.5	10	0.24	8.2	12.3	5	14.3	27
81.91	1920	96	1.5	10	0.24	8.2	12.3	5	14.3	27
82.92	1920	96	1.5	10	0.24	8.2	12.3	5	14.3	27
83.93	2866	143.3	1.5	15	0.34	16	24	5	28.7	53
84.94	2108	105.4	1.5	10	0.25	9.7	14.5	5	15.5	30
85.95	1702	85.1	1.5	10	0.21	6.7	10.05	5	11	21
86.96	1702	85.1	1.5	10	0.21	6.7	10.05	5	11	21
87.97	2038	101.9	1.5	10	0.24	9	13.5	5	14.3	28
88.98	2448	122.4	1.5	10	0.3	13	19.5	5	22.3	42
99.106	1984	99.2	1.5	10	0.24	8.6	12.9	5	14.3	27
100.107	1892	94.6	1.5	10	0.24	8	12	5	14.3	26
101.108	1892	94.6	1.5	10	0.24	8	12	5	14.3	26
102.109	2114	105.7	1.5	10	0.26	9.8	14.7	5	16.8	32
103.110	2138	106.9	1.5	10	0.26	10	15	5	16.8	32
104.111	2138	106.9	1.5	10	0.26	10	15	5	16.8	32
109.112	2558	127.9	1.5	10	0.32	14	21	5	25.4	46

Tronçon N°	Débit de chaleur $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Débit d'eau $\frac{\text{kg}}{\text{h}}$	longueur du tronçon $l$ m	Diamètre $\phi$ mm	Vitesse $W$ m/s	Perte de charges par m.l. $R$ $\frac{\text{mmCE}}{\text{m}}$	Resistances de frottement $R_L$ mmCE	Modules de resistances $\Sigma R$	Resistances particulières $Z$ mmCE	Resistances totales $R_L + Z$ mmCE
113.122	1828	91.4	2	10	0.22	7.5	15	5	12	27
114.123	1828	91.4	2	10	0.22	7.5	15	5	12	27
115.124	1988	99.4	2	10	0.24	8.7	17.4	5	14.3	32
116.125	2558	127.9	2	10	0.32	14	28	5	25.4	53
117.126	1804	90.2	2	10	0.22	7.5	14.6	5	12	27
118.127	2042	102.1	2	10	0.24	9.1	18.2	5	14.3	33
119.128	1758	87.9	2	10	0.22	7	14	5	12	26
120.129	1758	87.9	2	10	0.22	7	14	5	12	26
121.130	2328	116.4	2	10	0.28	11.7	23.4	5	19.4	43
131.138	1768	88.4	2	10	0.22	7	14	5	12	26
132.139	1908	95.4	2	10	0.24	8	16	5	14.3	30
133.140	1908	95.4	2	10	0.24	8	16	5	14.3	30
134.141	1944	97.2	2	10	0.24	8.3	16.6	5	14.3	31
135.142	1928	96.4	2	10	0.24	8.2	16.4	5	14.3	31
136.143	2088	104.4	2	10	0.25	9.5	19	5	15.5	35
137.144	2088	104.4	2	10	0.25	9.5	19	5	15.5	35



### 3. Charge motrice

La charge motrice  $H$  d'un chauffage par pompe se compose de  $H_p$ : charge produite par la pompe

$H_s$ : pression due à la gravité

On admettra que l'effet de gravité est négligeable par rapport à la pression de la pompe

$$H = H_p + H_s$$

$$H = \sum Z + \sum (eR)$$

Pour la conduite principale  $H = 1346 \text{ mm CE}$

## RÉSEAUX D'EAU FROIDE (7°-12°C)

Tronçon N°	Débit de chaleur $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	Débit d'eau $\text{kg/h}$	longueur du tronçon L m	d Diamètre mm	v Vitesse $\text{m/s}$	Perte de charges par . m . L R $\frac{\text{mmCE}}{\text{m}}$	(R) f Résistances de frottement mm CE	$\Sigma f$ Modules de résistances	$\Sigma B$ Résistances particulières mm CE	fRL + $\Sigma B$ Résistances totales mm CE
1-26	2147	429.4	7	20	0.32	7.8	68.3	6	29.6	98
2-25	4190	838	7	25	0.41	8.4	73.5	1.5	12.1	86
3-24	6494	1298.8	5	25	0.64	19	115	1.5	20.7	136
4-23	8798	1760	5	32	0.5	9	56.3	1.5	18	74
5-22	11102	2220	8	40	0.58	10	96	1.5	26.8	123
6-21	14998	3000	8	40	0.60	11	107.4	2.5	43.2	151
7-20	17128	3426	7	40	0.72	14	115.6	1.5	39.1	155
8-19	18953	3790	5	40	0.8	17	99.4	1.5	47.6	147
9-18	20778	4156	7	50	0.62	8	67.2	1.5	43.2	110
10-17	22847	4570	7	50	0.65	9	75	1.5	20.7	96
11-16	25020	5004	14	50	0.7	10.2	167	2.5	60.7	228
12-15	39199	7840	8	60	0.75	9	85	3	81	166
13-14	72614	14523	12	65	1.08	16	230	7.7	446	676
27-42	14179	2836	11	40	0.6	9.8	128.3	2.5	43.2	172
28-41	12235	2459	7	40	0.6	10.6	88.3	1.5	26	114
29-40	10523	2105	7	32	0.58	11.4	95	1.5	26.8	122
30-39	8745	1749	7	32	0.5	8.4	71.7	1.5	18	90
31-38	7099	1420	32	32	0.4	5.5	216.5	2.5	19.4	236
32-37	5426	1085	5	25	0.55	14.4	85.7	1.5	21.8	107
33-36	3753	751	7	25	0.37	7	59.8	1.5	9.9	70
34-35	2114	423	7	20	0.33	7.5	65.6	6	31.4	97
43-62	19869	3974	14	50	0.56	7	116.6	2.5	36.3	153
44-61	17954	3591	7	40	0.75	15	122.8	1.5	40.6	163
45-60	16371	3274	5	40	0.7	12.2	71.9	1.5	35.3	107
46-59	14788	2958	7	40	0.6	11	92.4	1.5	26	116
47-58	12795	2559	7	40	0.62	11	93.2	1.5	25.9	119
48-57	11121	2224	14	32	0.63	13.2	218	2.5	31.5	249
49-56	7325	1465	7	32	0.42	6	51.7	1.5	12.2	64



Tronçon N°	Débit de chaleur	Débit d'eau	longueur du tronçon L	d	Vitesse W	Perte de charge par m.l R	Résistances (RL) f de frottement	Modules de résistances Zf	Résistances particulières ZB	Résistances totales fRL + ZB
50.55	5474	1095	7	25	0.55	14	118.6	1.5	21.8	140
51.54	3681	736	7	25	0.37	7	61.3	1.5	9.9	71
52.53	1888	378	9	20	0.3	6.4	72.6	6	26	99
63.78	13546	2710	11	40	0.65	11	142.8	2.5	50.4	193
64.77	11922	2384.	5	40	0.55	9	52.7	1.5	21.8	74
65.76	10298	2060	7	32	0.55	11	92.4	1.5	21.8	114
66.75	8771	1754	7	32	0.5	8.4	70.6	1.5	18	89
67.74	7376	1475	30	32	0.42	6	220	2.5	51	271
68.73	5191	1038	5	25	0.55	14.4	87.2	1.5	21.8	109
69.72	3006	601	7	20	0.47	14	119.6	1.5	16	136
70.71	1659	332	9	20	0.26	4.8	55.7	6	19.5	75
79.89	2043	409	1.5	20	0.32	7	13.2	5	24.6	28
80.90	2304	461	1.5	20	0.36	8.6	16.1	5	31.1	47
81.91	2304	461	1.5	20	0.36	8.6	16.1	5	31.1	47
82.92	2304	461	1.5	20	0.36	8.6	16.1	5	31.1	47
83.93	3896	780	1.5	25	0.38	7.5	13.4	5	34.7	48
84.94	2130	426	1.5	20	0.33	7.5	14	5	26.3	40
85.95	1825	365	1.5	20	0.28	5.5	10.5	5	18.8	29
86.96	1825	365	1.5	20	0.28	5.5	10.5	5	18.8	29
87.97	2069	414	1.5	20	0.33	7	13.1	5	26.3	39
88.98	2173	435	1.5	20	0.34	7	13.1	5	27.8	41
99.106	1639	328	1.5	20	0.26	4.8	9.3	5	16.3	26
100.107	1673	335	1.5	20	0.26	4.8	9.3	5	16.3	26
101.108	1673	335	1.5	20	0.26	4.8	9.3	5	16.3	26
102.109	1646	329	1.5	20	0.26	4.8	9.3	5	16.3	26
103.110	1778	356	1.5	20	0.28	5.5	10.6	5	18.8	29
104.111	1772	354	1.5	20	0.28	5.5	10.6	5	18.8	29
105.112	1884	377	1.5	20	0.3	6.2	10.6	5	21.6	32



Tronçon N°	Debit de chaleur	Debit d'eau	longueur du tronçon L	Diamètre $\phi$	Vitesse W	Perte de charge par. m.L R	Résistances de frottement (R)/f	Modules de résistances $\Sigma f$	Résistances particulières $\Sigma R$	Résistances totales $fR + \Sigma R$
113-122	1793	359	2	20	0.28	5.5	14	5	18.8	33
114-123	1793	359	2	20	0.28	5.5	14	5	18.8	33
115-124	1851	361	2	20	0.28	5.5	14	5	18.8	33
116-125	3796	759	2	25	0.38	7.5	19.4	5	34.7	53
117-126	1674	335	2	20	0.26	5	14	5	16.3	30
118-127	1993	399	2	20	0.32	7	17.6	5	24.6	42
119-128	1583	317	2	20	0.26	4.8	12.6	5	16.3	29
120-129	1583	317	2	20	0.26	4.8	12.6	5	16.3	29
121-130	1915	383	2	20	0.3	6.2	15.6	5	21.6	37
131-138	1347	269	2	20	0.21	3.5	9	5	10.7	20
132-139	2185	437	2	20	0.33	7.5	18.9	5	26.3	45
133-140	2185	437	2	20	0.33	7.5	18.9	5	26.3	45
134-141	1395	279	2	20	0.22	3.5	8.8	5	11.6	20
135-142	1527	306	2	20	0.24	4.2	10.8	5	13.8	24
136-143	1624	325	2	20	0.26	4.8	12.4	5	16.3	29
137-144	1624	325	2	20	0.26	4.8	12.4	5	16.3	29

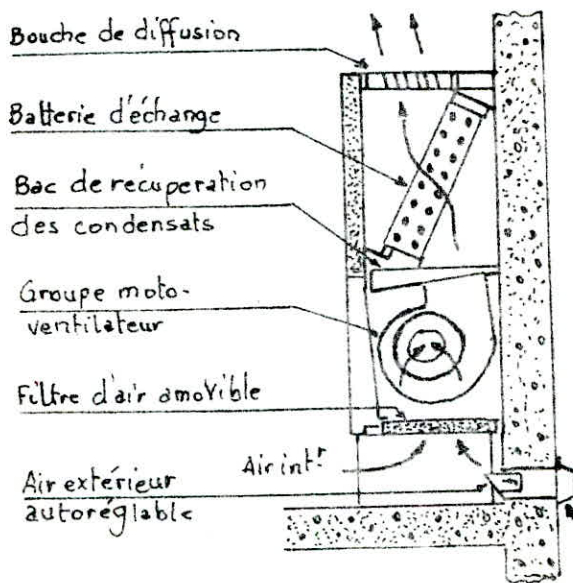


## IX Installations

### 1. Ventilateurs-convecteurs.

#### a. Principe de fonctionnement.

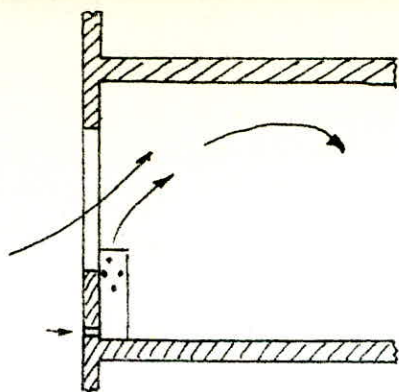
Un ventilateur-convecteur est un élément terminal d'une installation de climatisation. Il aspire l'air extérieur (ou intérieur) à travers un filtre et le refoule grâce au ventilateur à travers une batterie d'échange. L'air soufflé réchauffe ou refroidit et déshumidifie l'air du local où il se trouve, suivant qu'il soit alimenté en eau chaude ou en eau froide. Il permet une régulation de température facile et individuelle puisqu'il est doté d'un moteur à 3 vitesses.



#### b. Emplacement.

Les ventilateurs-convecteurs sont construits en version verticale ou horizontale. Cette dernière est utilisée en plafond ou en faux plafond, mais les résultats en fonctionnement chauffage sont de qualité moyenne. La version verticale qui est de loin la plus employée se place comme un radiateur de chauffage central.

On doit placer les ventilateurs-convecteurs en allège, juste sous la fenêtre pour ne pas contrarier le mouvement de l'air d'infiltration.



Exemple d'installation du ventilo convecteur.

### c. Choix des ventilo-convecteurs.

Nous n'avons pas choisi une quelconque marque de ventilo-convecteurs du fait que les catalogues qu'on a pu avoir sous la main ne satisfaisaient nos besoins calorifiques ou frigorifiques. A chaque reprise, l'une des deux valeurs étaient trop grandes. Aussi, nous laissons le soin à la SNS de lancer un avis d'appel d'offre, en se basant sur les puissances du tableau récapitulatif, en vue d'obtenir les ventilo-convecteurs adéquats.

## 2. Principaux incidents du réseau.

Dans un réseau de tuyauteries utilisant de l'eau chaude, on se trouve confronté à plusieurs problèmes à savoir :

### a. Dilatation de l'eau.

Sous l'effet du chauffage, l'eau a tendance à se dilater. Cela serait dangereux si le circuit était fermé, pour éviter qu'il y ait rupture du circuit on prévoit un vase d'expansion pour "absorber" la dilatation de l'eau.

### b. Dilatation du réseau.

La dilatation maximale au mètre courant est, pour les conduites d'eau chaude, de 1mm. Il arrive souvent que les changements de longueur des tuyauteries puissent être absorbés par la seule élasticité des tubes. Néanmoins il y a lieu de prévoir des Lyres



de dilatation pour éviter tout problème de déformation de la tuyauterie.

### c. Entartrage

Si on chauffe de l'eau, il s'ensuit une décomposition du bicarbonate de calcium. Si la montée en température est rapide, il se dépose sous forme de boue, par contre si elle est lente, il se dépose sous forme d'incrustation. La présence de tartre peut entraîner l'obturation des orifices, la surchauffe de la paroi, la diminution de chaleur transmise. Pour cela on prévoit un adoucisseur d'eau au niveau de l'entrée de l'eau froide dans la chaudière.

### d. Poches d'air.

On prévoit généralement une pente pour les conduites, afin de leur permettre de se purger lors du remplissage. L'air se trouve ainsi canalisé au niveau des ventilo-convecteurs. Ces derniers sont munis de purgeur d'air que l'on ouvre lors du remplissage de l'installation.

### e. Condensation.

La déshumidification s'accompagne généralement d'une condensation d'eau. Les ventilo-convecteurs sont dotés de bacs de récupération de condensat. On reliera ces bacs à une tuyauterie allant de ces derniers jusqu'au réseau d'évacuation des eaux.

## 3. Isolation de la tuyauterie.

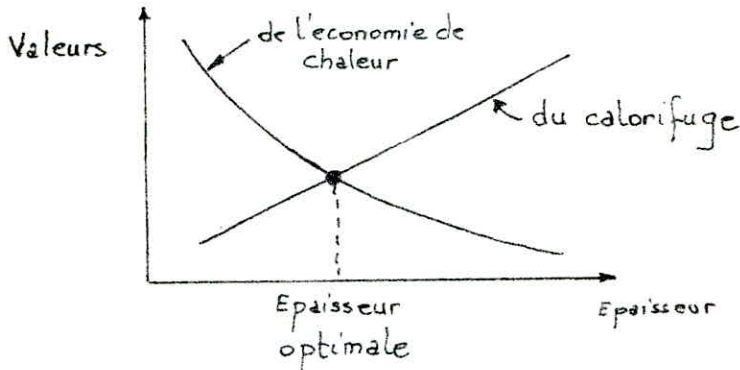
### a. Généralités

Un calorifuge est, par définition, un corps qui est placé sur une paroi lorsque l'on recherche soit une diminution des pertes de chaleur (ou de froid), soit une température limite de surface.

Un bon calorifuge doit avoir un coefficient de conduction à le plus faible possible.

## b. Epaisseur de l'isolant

Il est bien évident que plus le calorifuge est épais, plus l'économie de chaleur est importante mais la dépense augmente aussi. Donc il faut trouver une épaisseur optimale nous permettant d'économiser sur les frais et les pertes de chaleur (ou gain de chaleur pour le froid). Le tableau ci-dessous illustre l'épaisseur optimale :



En pratique on utilisera pour des diamètres :

$$10 < d < 30$$

$$e = 20 \text{ mm}$$

$$30 < d < 70$$

$$e = 30 \text{ mm}$$

L'isolant utilisé est soit du plâtre, soit de la laine de verre, soit de l'aggloméré de liège ou du raban de toile.

## 4. Vase d'expansion.

On utilise comme vase d'expansion des récipients fermés, cylindriques ou parallélépipédiques. Leur capacité doit être égale à environ 2 fois l'augmentation de volume due à la dilatation de toute l'eau contenue dans l'installation.

### a. Vase d'expansion à l'air libre

Il est placé au point le plus haut de l'installation et il communique avec l'air extérieur. Néanmoins, il présente un inconvénient ; le mélange de l'air extérieur et le fluide de chauffe pourrait parfois être nocif.



## b. Vase d'expansion sous pression.

Il est de forme cylindrique séparé en deux parties par une membrane en caoutchouc placée en mi-hauteur. L'une est remplie de gaz inerte ( $N_2$ ), l'autre est reliée au volume d'eau de la chaudière par le tube de sûreté sans interposition d'aucune vanne.

## c. Choix du vase d'expansion.

Nous opterons pour un vase d'expansion sous pression que nous placerons dans le local technique. Il serait préférable qu'il soit dans un endroit chauffé pour éviter le risque de gel, sinon on devra le calorifuger.

Son volume sera estimé la méthode suivante

$$\text{volume } V = 1,5 \text{ litres pour } 1000 \text{ kcal/h}$$

$$\text{d'où } V = 1,5 \cdot \frac{76567}{1000} \approx 115 \text{ L} \quad \Rightarrow \quad V \approx 115 \text{ l}$$

## 5. Chaufferie

Notre chaufferie est implantée au même niveau que le rez-de-chaussée à l'extérieur du bloc administratif.

### a. Chaudière.

La puissance  $\dot{Q}_c$  que doit fournir la chaudière est :

$$\dot{Q}_c = \dot{Q} (1 + Z_R)$$

$Z_R$  : majoration pour les pertes calorifiques dans la tuyauterie  
Dans le cas d'installation dans laquelle les tuyauteries sont protégées colonnes montantes le long des murs intérieurs.  $Z_R = 0.05$

$$\text{D'où } \dot{Q}_c = 76567 (1 + 0.05) \approx 80000 \text{ kcal/h}$$

$$\boxed{\dot{Q}_c = 80000 \text{ kcal/h}}$$

Notre chaudière sera alimentée en gaz naturel puisque ce combustible nous permet d'avoir :

- Une grande propreté et facilité de conduite.
- Facilité de mise en route.
- Facilité de régulation.
- Prix de revient modéré.

Le pouvoir calorifique du gaz naturel est :

$$P_{ci} = 8450 \text{ kcal/kg}$$

$$\rho = 0,66 \text{ kg/m}^3$$

La consommation horaire de combustible sera donc de :

$$C = \frac{\dot{Q}_c}{P_{ci} \cdot \rho} = \frac{80000}{8450 \cdot 0,66} = 14,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C = 14,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

Soit à déterminer le conduit de fumée de la chaudière, la section du conduit est d'après la formule de Mongolfier :

$$S = \frac{\dot{Q}_c}{10^6 \sqrt{h}}$$

On supposera que la hauteur de la cheminée dépasse la construction de 1m, d'où  $h = 9\text{m}$

$$S = \frac{80000}{10^6 \sqrt{9}} \approx 0,0266 \text{ m}^2 \Rightarrow S = 266 \text{ cm}^2$$

La cheminée sera donc de  $16,3 \times 16,3$  (cm)

## b. Pompe de circulation

La pompe et la chaudière sont placés dans la chaufferie.

Le vase d'expansion est placé en aval de la chaudière pour qu'il absorbe sans résistances la dilatation de l'eau et permette l'échappement de la vapeur qui pourrait se former.

Pour choisir la pompe il faut connaître le débit d'eau et



La hauteur manométrique.

$$H = H_p + H_c$$

$H_p$ : pertes de charges dans le réseau.

$H_c$ : résistances dues à la chaudière.

$$H \approx 1400 \text{ mm CE}$$

Le débit de la pompe est de:  $\dot{V} = \frac{Q_c}{\rho C_p \Delta T} = \frac{80000}{10^3 \cdot 1.20} = 4 \text{ m}^3/\text{h}$

$$H = 1400 \text{ mm CE}$$

$$V = 4 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 6. Centrale eau glacée.

### a. Groupe frigorifique.

Le groupe frigorifique est constitué principalement d'un compresseur, d'un condenseur et d'un évaporateur. La température de l'eau à la sortie du groupe est de  $7^\circ\text{C}$  et celle de retour =  $12^\circ\text{C}$

Le refroidissement du condenseur peut être à air ou à eau. Nous opterons le refroidissement à air pour éviter le problème posé par l'eau et qu'il faut un important débit d'eau.

### b. Puissance du groupe.

$$\dot{Q}_f = Q(1 + Z)$$

$Z$ : facteur de majoration

$$\dot{Q}_f = 72614 (1 + 0.07) \approx 78000 \text{ fg/h}$$

### c. Pompe de circulation.

$$H = H_p + H_{sc} \approx 2300 \text{ mm CE}$$

$$\dot{V} = \frac{78000}{10^3 \cdot 1.5} = 15.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

## X. Régulation

### 1. But de la régulation.

La régulation a pour objectif essentiel le maintien de la température à l'intérieur des locaux quelque soit la température extérieure. Elle a tendance à diminuer les interventions du personnel qui est généralement peu qualifié.

### 2. Régulation individuelle.

Tous les ventilo-convecteurs sont équipés d'un variateur de vitesse (2 ou 3 vitesses différentes). Selon les besoins du local on peut agir sur celui-ci et avoir les conditions voulues.

### 3. Régulation centrale.

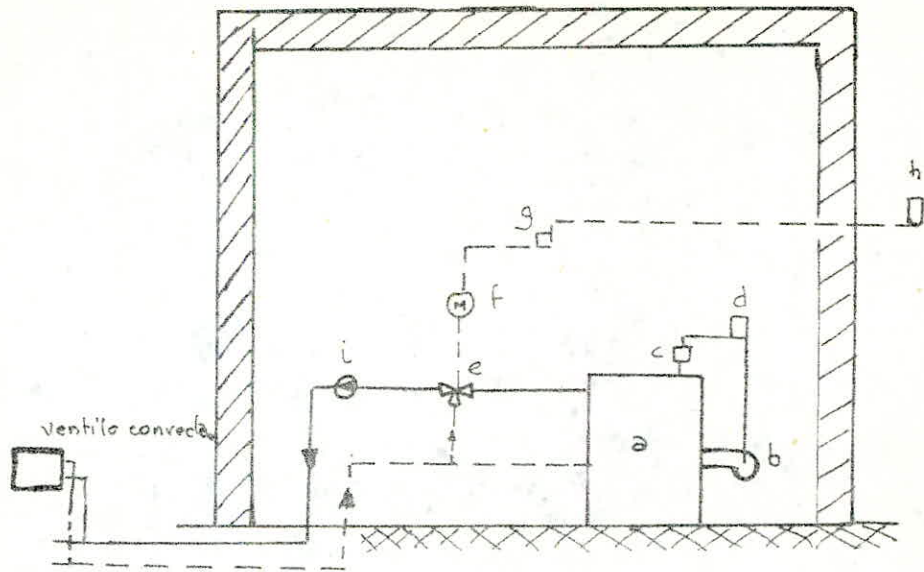
On agit sur la température de départ de l'eau de chauffage ou refroidissement. Ces dernières sont proportionnelles à la différence de température extérieure et intérieure.

Afin de réduire les frais de l'installation nous utiliserons la régulation centrale qui nous permet d'avoir une température moyenne de l'eau correspondant à une température intérieure d'un local constante.

On utilisera une vanne 3 voies mélangeuse à débit constant et température variable.



## Schema de regulation centrale



- a. chaudière
- b. brûleur
- d-g régulateurs électriques
- c. thermostat de chaudière
- e. vanne trois voies
- f. servo-moteur
- h. thermostat d'ambiance
- l. pompe

Le principe de regulation pour le groupe frigorifique sera semblable à celui ci-dessus, à la différence que l'on a un compresseur à la place du brûleur.

## Conclusion

L'étude sur le conditionnement d'air dans le domaine du bilan thermique est de nature répétitive. En réalité, on devrait calculer (pour le bilan été), heure par heure les besoins des locaux et déterminer les maxima. Dans notre étude -ci présente, on ne s'est contenté que de 15 h (supposé être le moment le plus chaud).

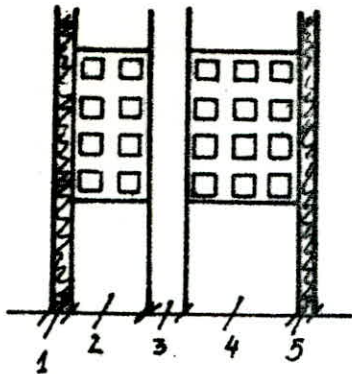
Si on avait fait notre calcul heure par heure, ces modestes pages n'aurait pas été suffisant.



# Annexe

## Coefficients K pour les différentes parois

### Murs extérieurs

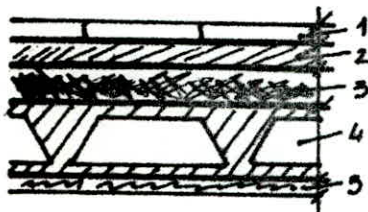


Parois	Nature	e (cm)	R $\frac{m^2 \cdot h}{kcal}$	$\lambda \frac{kcal}{hm^2 \cdot c}$
1	enduit plâtre	1	/	0.301
2	brique 8 trous	10	0.232	
3	Lame d'air	3	0.186	
4	brique 12 trous	15	0.348	
5	enduit plâtre	1,5		0.301

$$\frac{1}{K} = \frac{0.01}{0.301} + 0.232 + 0.186 + 0.348 + \frac{0.015}{0.301} + 0.20$$

$$K = 0.96 \frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot c}$$

### Plancher

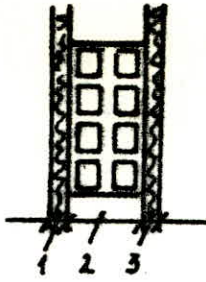


Parois	Nature	e (cm)	R $\frac{m^2 \cdot h}{kcal}$	$\lambda \frac{kcal}{hm^2 \cdot c}$
1	Carrelage granito	2		3.01
2	Mortier de ciment	2		0.99
3	Béton armé	5		1.50
4	Corps creux	15	0.255	
5	Enduit plâtre	1		0.301

$$\frac{1}{K} = \frac{0.02}{3.01} + \frac{0.02}{0.99} + \frac{0.05}{1.50} + 0.255 + \frac{0.01}{0.301} + 0.40$$

$$K = 1.34 \frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot c}$$

## Murs intérieurs

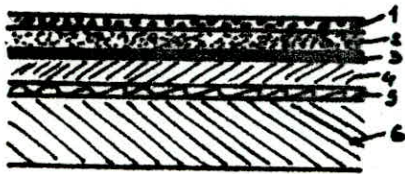


Parois	Nature	e (cm)	R ( $\frac{m^2 \cdot h}{kcal}$ )	d ( $\frac{kcal}{m^2 \cdot h}$ )
1	enduit platre	1		0.301
2	brique 8 trous	10	0.232	
3	enduit platre	1		0.301

$$\frac{1}{K} = \frac{0.01}{0.301} + 0.232 + \frac{0.01}{0.301} + 0.26$$

$$K = 1.80 \frac{kcal}{hm^2 \cdot ^\circ C}$$

## Toitures



Parois	Nature	e (cm)	R ( $\frac{m^2 \cdot h}{kcal}$ )	d ( $\frac{kcal}{m^2 \cdot h}$ )
1	protection gravilles	2		0.7
2	sable	2		1.43
3	étoffe multicouche	0.5		0.20
4	béton léger	4		0.301
5	isolant thermique	5		0.09
6	plancher lourd	25	0.29	

$$\frac{1}{K} = \frac{0.02}{0.7} + \frac{0.02}{1.43} + \frac{0.005}{0.20} + \frac{0.04}{0.301} + \frac{0.05}{0.09} + 0.29 + 0.17$$

$$K = 0.81 \frac{kcal}{hm^2 \cdot ^\circ C}$$

## Coefficients k pour les menuiseries

La menuiserie est :

- en bois pour toutes les portes intérieures
- en profilé d'aluminium pour les fenêtres et châssis donnant à l'extérieur, ainsi que pour les rampes d'escaliers intérieures.



Coefficients de transmission	K kcal m <sup>2</sup> h°C
Portes intérieures en bois	2
Portes extérieures	3
Fenêtres extérieures simple dans cadre métallique	5

### Perméabilité des joints (a)

		a (m <sup>3</sup> )
Portes extérieures	non étanches	1.5
	étanches	1.5
Fenêtres métalliques	non étanches	1.5
	avec étanchéités garanties	1.2
Portes intérieures	non étanches (sans seuil)	4.0
	étanches (avec seuil)	1.5

### Majorations groupées $Z_D = Z_u + Z_n$ %

Mode d'exploitation	Coefficient D	0.1 à 0.29	0.3 à 0.69	0.7 à 1.49	1.5
I	exploitation réduite	7	7	7	7
II	Interruption de 9 à 12 h de durée	20	15	15	15
III	Interruption de 12 à 16 h de durée	30	25	20	15

$$D = \frac{Q}{S_{bt}(t_i - t_e)}$$

$S_{bt}$  = somme de toutes les surfaces intérieures (plancher, plafond, fenêtres et murs)

### Majorations $Z_n$ pour orientation %

Orientation	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Majoration $Z_n$	-5	-5	0	5	5	5	0	-5

## Caractéristiques de maison H

		Maison d'alignement	Maison individuelle
Région normale	Site protégé	0.24	0.34
	Site découvert	0.41	0.58
	Site partiellement découvert	0.60	0.84

## Caractéristiques de local R

Rapport de surface	Fenêtres métalliques Portes intérieures		Caractéristique de maison
	étanches	non étanches	
$S_e/S_p$	< 2,5	< 6	$R = 0.9$
$S_e/S_p$	2,5 - 6	6 - 20	$R = 0.7$

$S_e$ : surface des fenêtres et portes extérieures au vent.  
 $S_p$ : surface des portes sous le vent.

## Valeurs de $\Delta T_{es}$

Orienteation	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N
$\Delta T_{es}$	6.1	7.2	11.7	13.9	13.3	10.6	5.5	4.4

## Valeurs de $R_m$

Orienteation	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horizontal
$R_m \frac{kcal}{h.m^2}$	40	360	439	301	146	301	439	360	642

## Valeurs de $R_s$

Orienteation	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horizontal
$R_s \frac{kcal}{h.m^2}$	35	35	35	35	70	339	390	179	463



## Gains par ensoleillement

Orientation	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horizontal
$I_{max} \frac{kcal}{h.m^2}$	40	344	444	339	187	339	444	344	631

## Coefficients d'amortissement

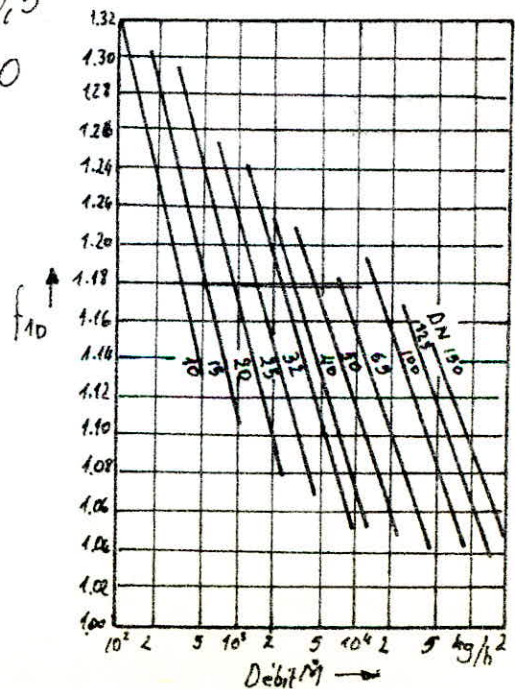
Orientation	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N
$a$	0.26	0.31	0.44	0.68	0.62	0.43	0.30	0.95

## Résistances particulières $\xi$

Coude à 90°	0,5
Corps de chauffe	2,5
Robinet de corps de chauffe	1,5
Té de séparation	1,5
Pièce coudée	0,5
Té contre courant	3
Collecteur	1
Vanne de réglage	0,2
Chaudière	2,5
Distributeur	0,5
Té passage direct	0

## Valeurs de $f$ et $\beta$

$$\beta = 0.97$$



# Bibliographie

- H. Rietschel et W. Raiss  
Traité de chauffage et climatisation Tome 1 et 2 Ed. Dunod
- René BOUIGE et Daniel COUILLARD  
Traité pratique de chauffage Ed. J.B Bailliére
- Yves GUENAND  
La climatisation et les pompes à chaleur Ed. Desforges
- Co. S.T.I.C  
Manuel des industries thermiques Tome 1 et 2 Ed. Dunod
- Roger W. HAINES  
Technique de régulation en génie climatique Pyc. édition
- G. Andréieff de Notbeck  
Manuel du conditionnement d'air Tome 2 et 3 Ed. Pyc
- Marcel ROUBINET  
La climatisation Ed. Que sais-je?



