

PM 011/95
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

Genie Mecanique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Chauffage et climatisation du
complexe machinisme agricole
PMA de Sidi Bel Abbes*

1 PLANCHE

Proposé par :

P M A

Etudié par :

N. KHELOUFI
R. RACHEDI

Dirigé par :

M. JOLIS

PROMOTION

Septembre 95

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Je dédie ce mémoire à:

Ma mère et Mon père

Mes frères et sœurs

Mes chers amis (es).

Kheloufi Noureddine

Je dédie ce mémoire :

A mes chers Parents pour tout l'amour qu'ils ont donné et les sacrifices qu'ils ont dû faire pour nous élever

A mes frères et sœurs pour leur soutien inestimable

A mes amis intimes pour leur aide et encouragements durant les moments difficiles.

Rachedi Redouane

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre vive reconnaissance à tous nos enseignants de l'Ecole Nationale Polytechnique pour leur contribution à notre formation et plus particulièrement notre promoteur M^r N. Younsi qui nous a suivis durant l'élaboration de ce mémoire. Nous remercions également tous ceux qui nous ont porté aide au sein du P.M.A de Sidi Bel Abbès; et spécialement dans les départements suivants:

- Département de maintenance.
- Département d'informatique.
- Département hygiène et sécurité.

N. Kheloufi & R. Rachedi

Abrégé.....	3
1. Généralités	4
1.1. Introduction	4
1.2. Techniques de chauffage, ventilation et climatisation	4
1.2.1. Accélérateurs et pompes	13
1.2.2. Ventilateurs	13
1.2.3. Tuyauterie	13
1.2.4. Gaines	14
1.2.5. Filtres	14
2. Besoins calorifiques	17
2.1. Introduction au calcul	17
2.1.1. Données de base	17
2.1.2. Détermination des coefficients de transmission globaux	18
2.1.3. Bilan calorifique	22
3. Besoins frigorifiques	31
3.1. Procédures et méthodes de calcul	31
3.1.1. Charge frigorifique	31
3.2. Données relatives à la climatisation	33
3.3. Introduction au calcul	34
3.3.1. Hypothèse de calcul	34
3.3.2. Quelques exemples de calcul	34
4. Etude de l'installation de chauffage et de climatisation	43
4.1. Généralités	43
4.2. Choix de l'appareillage	43
4.2.1. Principe	43
4.2.2. Choix des appareils de chauffage et de climatisation	43
4.2.3. Le ventilo convecteur	44
4.2.4. Le radiateur	44
4.3. Calcul du réseau de tuyauterie	44
4.3.1. Introduction	44
4.3.2. Conduite de calcul	46
4.3.3. Les pompes de chauffage et de climatisation	47
4.4. Etude du circuit d'eau chaude sanitaire	49
4.4.1. Chaudières	50

4.4.2. Conduite de fumée	50
4.5. Etude de l'échangeur de couplage	52
4.5.1. Calcul de la surface d'échange de chauffage	52
4.6. Détails pratiques de l'installation	54
4.6.1. La dilatation des tuyauteries	54
4.6.2. Vase d'expansion	55
4.6.3. Purge d'air	55
4.6.4. Calorifuges	56
4.7. Traitement des eaux	57
4.7.1. Entartrage	58
4.7.2. Corrosion	58
4.7.3. Mesures de protection	59
5. Traitement d'air	74
5.1. La ventilation	74
5.2. Traitement de l'air	74
Conclusion Générale.....	79
Index 1: Listing du Programme du Bilan Frigorifique.....	80
Index 2: Listing du Programme du Bilan Calorifique.....	86
Index Bibliographique.....	90

Chapitre Un :

Généralités

Abrégé :

Le but de ce projet est de vérifier le dimensionnement de l'installation de chauffage et de climatisation du complexe industriel des machines agricoles situé à Sidi Bel Abbès (P.M.A). Cette installation a été mise en service avec l'inauguration de l'usine en 1975, mais par la suite elle a été modifiée, suite à des pannes survenues sur certains appareils.

ملخص:

نهدف من هذه الدراسة إلى التحقق من أبعاد هيكل التدفئة والتكييف لمركب إعتاد لفلاحي الواقع ببلدية سيدي بلعباس. يشتغل هذا الهيكل منذ سنة 1975 وقد تعرض لعدة تعديلات بسبب تعطل بعض أجزاءه.

Abstract:

The object of our study is the verification of dimensions of heating and air conditioning installation in agricole machines factory situated at Sidi Bel Abbes. There were many problems in different devises of this installation.

1. Généralités

1.1. Introduction

La lutte de l'homme pour maîtriser le climat qui l'entoure a commencé depuis longtemps, déjà l'homme de la préhistoire utilisait le feu pour produire la chaleur nécessaire à son confort .

En 1902, le conditionnement de l'air prit naissance sous l'impulsion de H. WILLIS CARRIER. Depuis, cette technique utilisée en de nombreux endroits est très largement expérimentée.

Dans les habitations, le but des installations de chauffage et de climatisation est de créer dans les salles de séjour et de travail, le climat nécessaire et confortable pour ses occupants.

La notion de climat comprend aussi bien des paramètres thermiques, comme la température de l'air et des parois , que des caractéristiques et grandeurs physiques de l'air telles que la pureté, l'humidité et la vitesse d'écoulement de l'air.

Toutefois, il existe deux types de conditionnement d'air: le conditionnement d'air industriel qui consiste à créer à l'intérieur des ateliers, des entrepôts et des bâtiments industriels les conditions les plus favorables selon le type d'activité et le conditionnement d'air domestique qui consiste en le maintien de certains facteurs atmosphériques agissants sur le confort des individus.

1.2. Techniques de chauffage, ventilation et climatisation

Tout système de conditionnement d'air peut être classé dans l'une des quatre catégories principales:

- Systèmes tout air: C'est un système où on utilise que de l'air comme fluide caloporteur.
- Systèmes air-eau: Dans ce système , il y a un échange de chaleur entre l'air et l'eau.
- Systèmes tout eau: Ce système n'utilise comme fluide caloporteur que de l'eau.
- Systèmes à détente directe: Ce système se base sur le principe que la détente d'un gaz est accompagnée d'un refroidissement et par suite d'une absorption de chaleur.

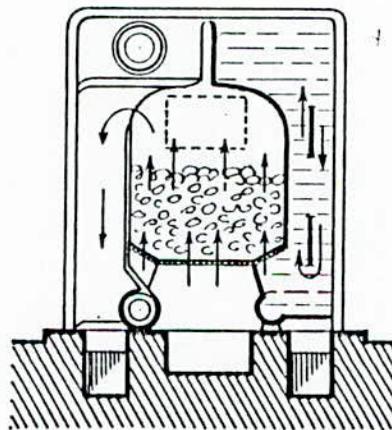
Chaque système présente ses avantages fonctionnels et économiques et ses inconvénients.

Il est clair que la méthode la plus simple pour chauffer une pièce est d'employer un poêle. Cette méthode est conseillée de préférence dans les pièces qui ne sont à chauffer que par intermittence ou indépendamment des pièces voisines. Les poêles sont classés suivant le matériau employé dans leur construction (carreaux de faïence, tôle ou fonte) et aussi suivant l'énergie à laquelle il fait appel (charbon, gaz, fuel, électricité...). Cette méthode est appelée **chauffage individuel**.

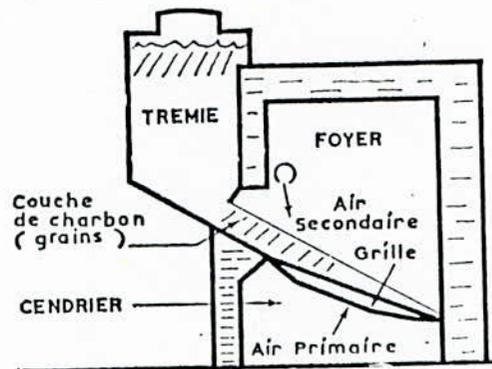
Le deuxième mode est le chauffage central où la chaleur est produite en un seul endroit, puis véhiculée par un fluide caloporteur qui peut être l'eau chaude, la vapeur ou l'air. Ce mode offre plusieurs avantages tels que l'efficacité, le contrôle de chauffage central, chaudières utilisées qui sont de plusieurs types.

- Générateurs à foyer

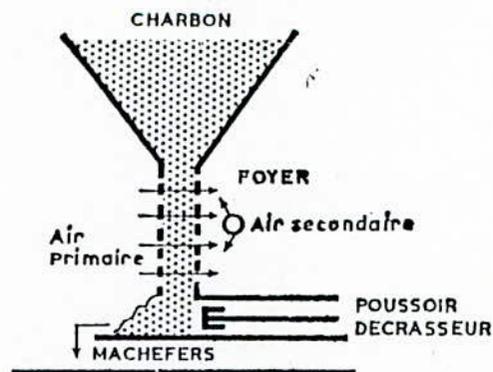
- Chaudière en fonte: ces chaudières sont bien connues parce que fort ancienne et très répandues, leur puissance peut aller jusqu'à 550000 Kcal/h. [7] .



• Chaudières automatiques à grains maigres: l'inconvénient des chaudières en fonte à charbon est que le charbon brûle la plupart du temps sous forte épaisseur. Or une forte épaisseur de charbon en combustion est incompatible avec un bon rendement. Or les chaudières automatiques à grains maigres brûlent le charbon sous faible épaisseur, ce qui permet d'améliorer le rendement, leur puissance s'étend jusqu'à environ 2300 kW.



• Chaudières à grilles verticales: Elles ont les mêmes qualités que les chaudières automatiques à grains maigres, leur puissance peut atteindre 2 ou 3 millions de Watt.



Ces types cités entrent dans la catégorie des générateurs à foyer en dépression, et il y a celles qui ont le foyer en surpression, celles-ci sont récentes et ont pour principale particularité d'avoir une pression à l'intérieur du foyer plus élevée que celle de l'air dans la chaufferie.

- Surfaces de chauffe

On appelle ainsi les appareils destinés à transmettre dans les locaux, la chaleur produite par les générateurs .

Nous indiquons ci-dessous les différentes surfaces de chauffe employées en chauffage central.

• Radiateurs

Il y a plusieurs sortes qui diffèrent entre eux par leurs compositions, leurs efficacité et leurs utilisations, on peut citer les radiateurs en fonte, les radiateurs en acier ou en aluminium.

• Tuyaux lisses

Ce sont les surfaces de chauffe les plus simples.

• Tuyaux à ailettes

Ce sont des tubes lisses munis d'ailettes destinées à augmenter les surfaces d'échange.(Figure 1-1).

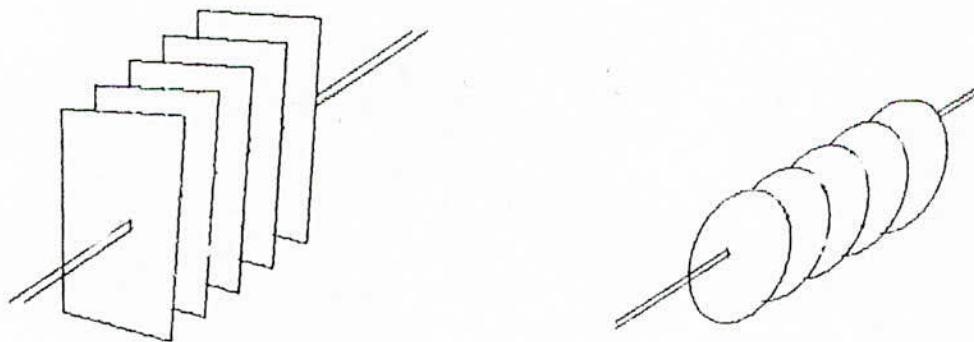


Figure 1-1: Tuyaux à ailettes

•Convecteurs

Ils sont constitués par deux, trois ou quatre tubes avec des ailettes communes rectangulaires.

Ils sont disposés dans l'épaisseur du mur dans des niches spécialement prévues ou en allège dans un habillage métallique. (Figure 1-2)

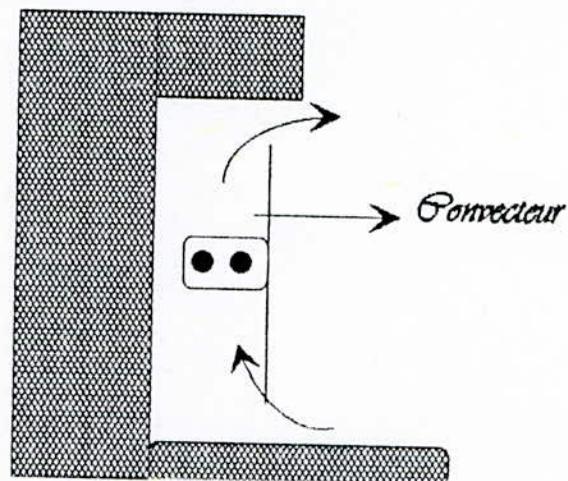


Figure 1-2: Convecteur

• Plinthes chauffantes

Elles comportent un ou plusieurs tubes à ailettes habillés par une carrosserie en tôle de faible hauteur (15 cm environ). (Figure 1-3).

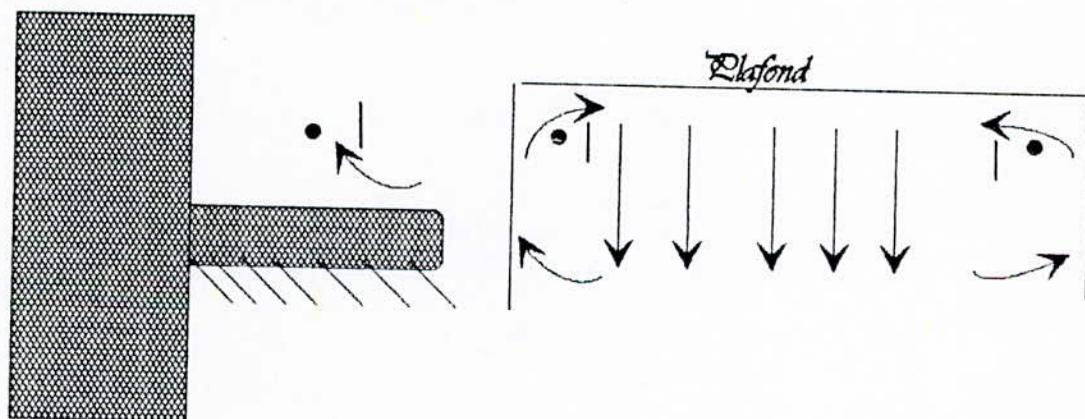
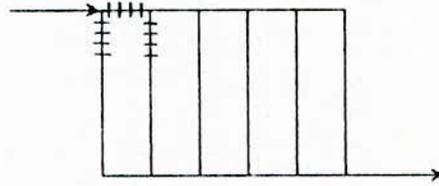


Figure 1-3: Plinthe chauffante

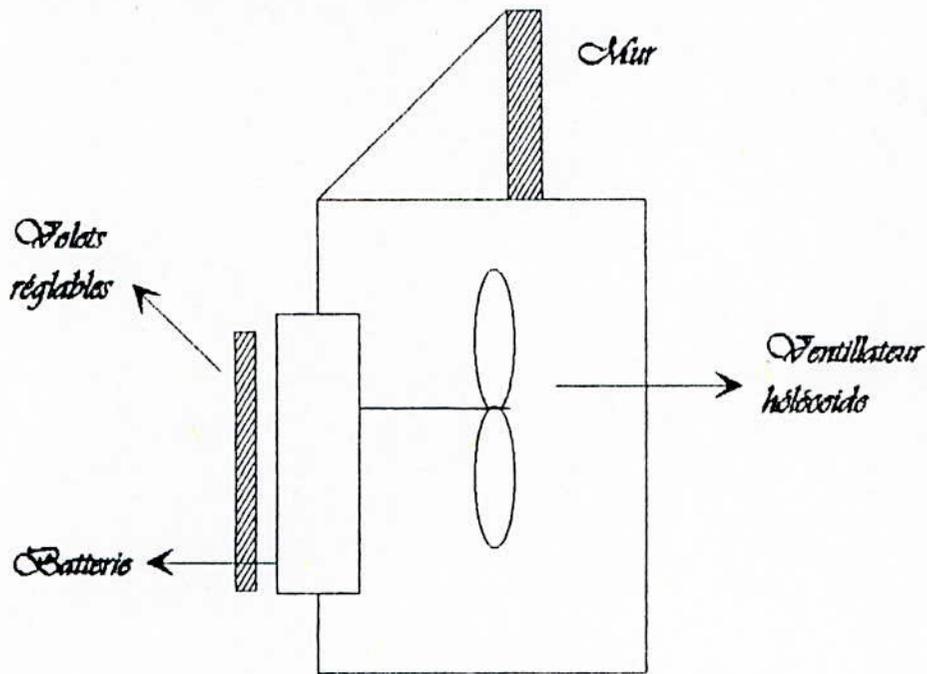
• Batteries

Les batteries servent à réchauffer l'air le plus souvent accéléré par un ventilateur lors de son passage sur les surfaces chauffantes. (Figure 1-4)

**Figure 1-4: Batterie****• Aérothermes**

L'aérotherme comporte une batterie et un ventilateur hélicoïde et des volets réglables qui dirigent l'air vers l'endroit désiré. Il existe de nombreuses formes d'aérothermes, on distingue en particulier:

- Les aérothermes muraux (Figure 1-5)

**Figure 1-5: Aérotherme mural**

- Les aérothermes verticaux (Figure 1-6)

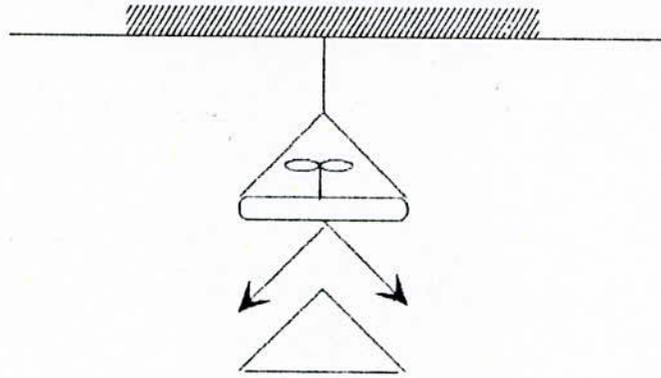


Figure 1-6: Aérotherme vertical

On utilise souvent des aérothermes avec prise d'air au sol (Figure 1-7)

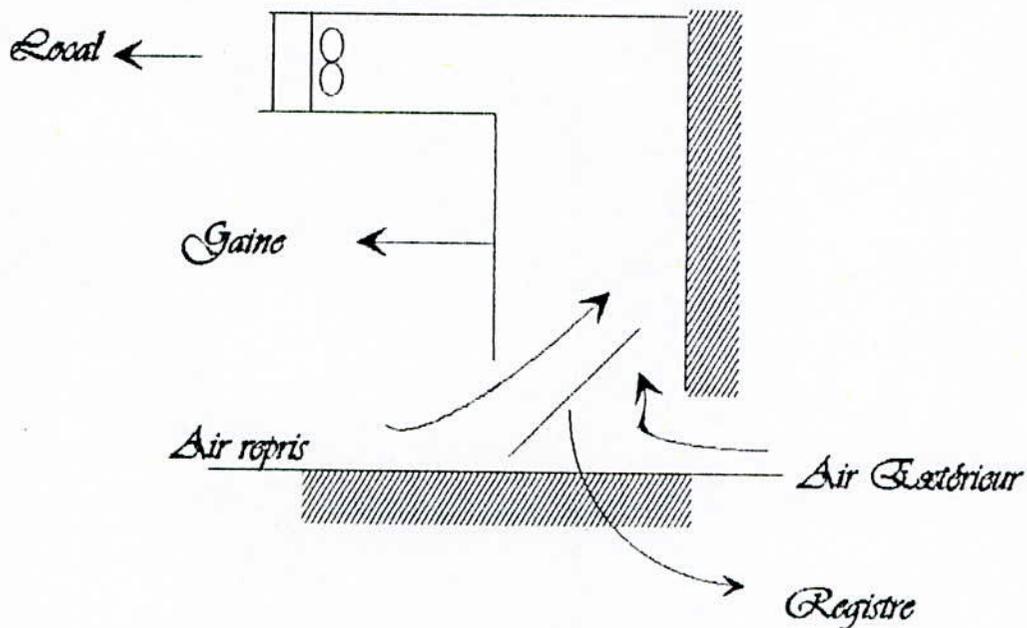


Figure 1-7: Aérotherme avec prise d'air au sol

Les caractéristiques courantes des appareils existants sont les suivantes:

- Puissance.....7000 à 175000 W
- Débit.....900 à 8000 M³/h
- Vitesse de sortie.....6 à 10 m/s
- Portée.....6 à 12 m/s
- Température de soufflage.....30 à 60 °c

• Dalles pleines chauffantes

Elles sont composées de tubes dans lesquels circule de l'eau à faible température (inférieure à 50°C) Figure (1-8).

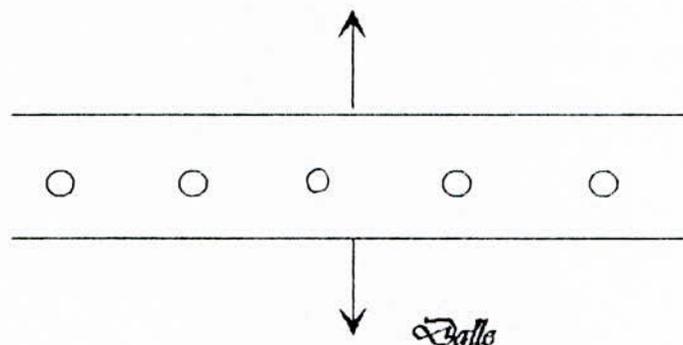


Figure 1-8: Dalle chauffante

- Sol chauffant

Il est constitué par des tubes alimentés également par de l'eau à faible température noyés dans le plancher. Figure (1-9)

Le grand inconvénient de ces deux derniers procédés est le risque de fissures qui peuvent se produire dans les dalles rapportées.

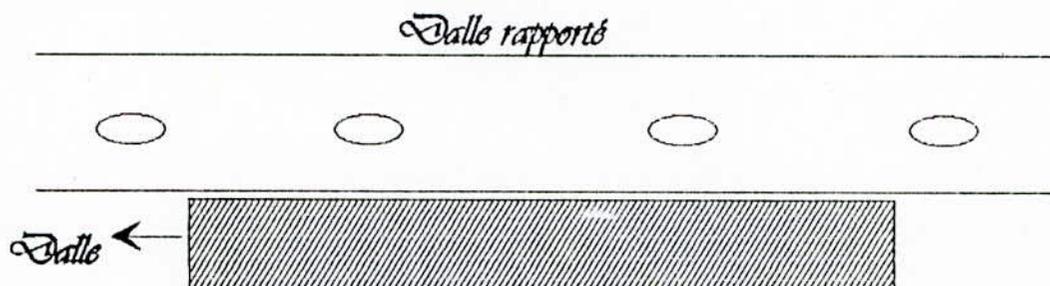


Figure 1-9: Sol Chauffant

- Plafond chauffant

Ce sont des tubes alimentés en eau, qui sont disposés en serpentins dans des plafonds.

- Panneaux rayonnants d'ateliers

Ces panneaux sont constitués par des tubes sur lesquels est fixée une plaque métallique formant un réflecteur. Une couche de calorifuge évite la surchauffe de la partie supérieure du local. (Figure 1-10)

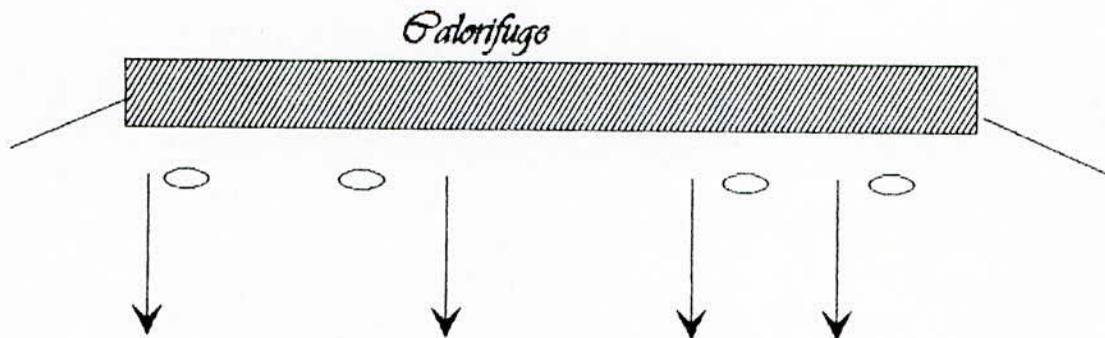


Figure 1-10: Panneaux rayonnant

- **Ventilo-convecteurs**

Ils sont disposés en allège et servent à réchauffer ou refroidir l'air. Ils sont composés d'un ventilateur et d'une batterie. L'air repris dans la pièce est réchauffé (en hiver) et refroidi (en été) par passage à travers la batterie qui est alimentée l'hiver en eau chaude et l'été en eau froide.

- **Ejecto-convecteurs**

Ils sont disposés également en allège et comme les ventilo-convecteurs, ils servent à réchauffer ou refroidir l'air. Cet appareil est raccordé à une installation de traitement d'air par gaines par lesquelles l'air traité est envoyé à grande vitesse. L'appareil dispose d'une prise d'air sur cette gaine. L'air primaire ainsi soufflé crée une dépression qui aspire l'air de la pièce et l'appareil souffle un mélange d'air primaire et d'air repris dans la pièce. (Figure 1-11)

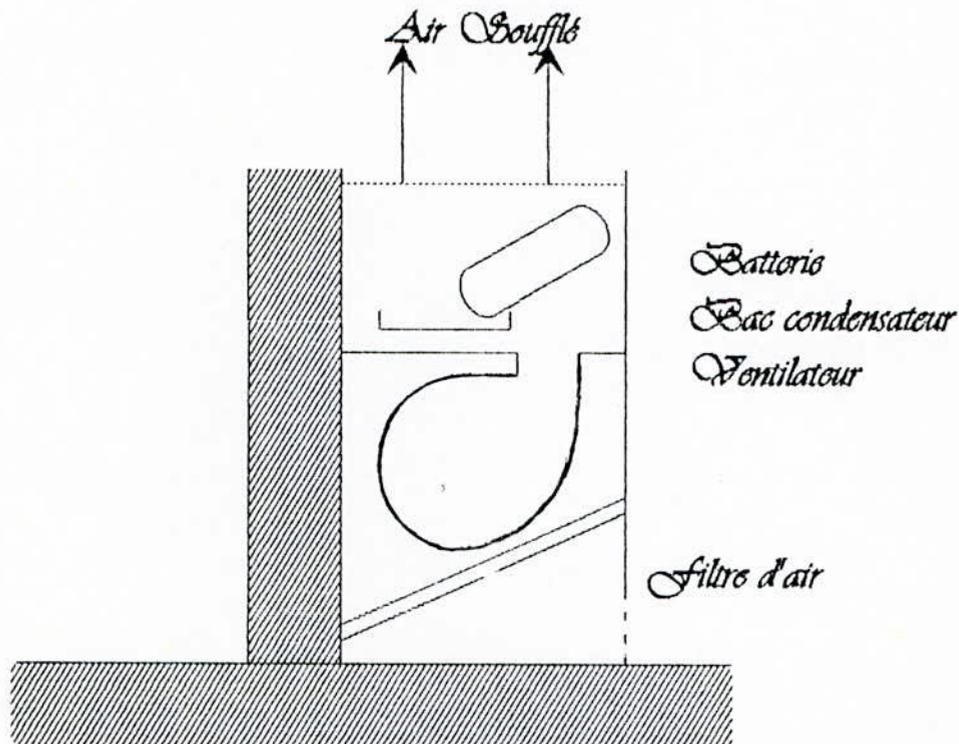


Figure 1-11: Ejecto- convecteur

1.2.1. Accélérateurs et pompes

On distingue les accélérateurs des pompes. Les accélérateurs conviennent pour des installations petites ou moyennes. Les pompes conviennent pour des installations plus importantes, elles permettent d'obtenir de fortes pressions (en chauffage central, le maximum de pression est de l'ordre de 20 mCE).

1.2.2. Ventilateurs

Un ventilateur est un appareil qui assure la circulation de l'air d'un point à un autre, soit par l'intermédiaire de gaines, soit directement.

On distingue les ventilateurs hélicoïdes dans lesquels l'air ne change pas de direction dans la traversée de l'appareil et des ventilateurs centrifuges dans lesquels l'air change de direction et rejeté radialement.

Certains ventilateurs qu'on peut appeler hélicocentrifuge participent aux qualités des deux précédents.

1.2.3. Tuyauterie

On utilise en général deux sortes de tube:

Le tube soudé par rapprochement (tarifs 1,2 et 9).

Le tube sans soudure (tarifs 3 et 10).

Les premiers sont employés en général pour les installations de chauffage, le tarif 1 jusqu'aux diamètres 50/60 . Le tarif 10 pour les diamètres supérieurs.

En dehors des tubes d'acier, on utilise également des tubes de cuivre dans le cas de chauffage de pavillon, d'appartement et pour les petites installations.

1.2.4. Gaines

Le transfert de l'air d'un point à un autre se fait par le biais de gaines.

Ça peut être de l'air de soufflage ou de l'air repris, chaud en hiver, froid en été ou de l'air évacué à l'extérieur (air vicié).

Les gaines peuvent être construites en différents matériaux. (briques, plâtre, tôle noire ou galvanisée, plastique, Fibro- ciment amiante...).

Dans tous les cas, la gaine doit être homogène sur ses quatre faces. Dans le cas contraire, les dilatations différentielles amèneraient des fissures et des fuites d'air.

1.2.5. Filtres

Avec toute installation d'air (air conditionné ou ventilation mécanique) il est nécessaire de prévoir des appareils retenant les poussières, quelque soit l'origine de l'air, air extérieur ou air repris.

Il existe d'autres éléments et accessoires utilisés dans les installations de chauffage tel que la robinetterie qui comporte plusieurs types:

-Robinet à boisseau (Figure 1-12)

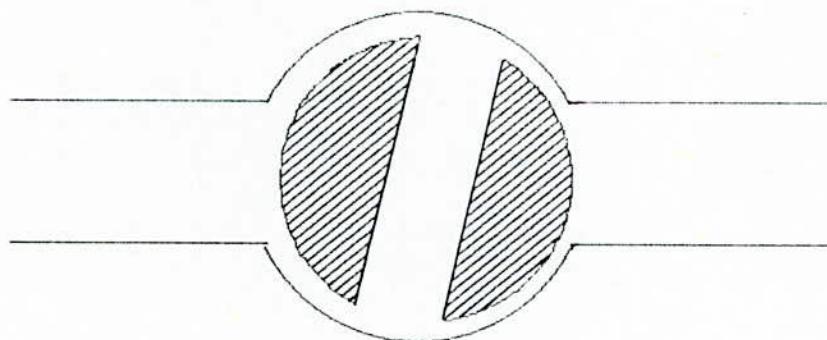


Figure 1-12: Robinet à boisseau

- Robinet <<valves>> ou <<clapet>>. (Figure 1-13).

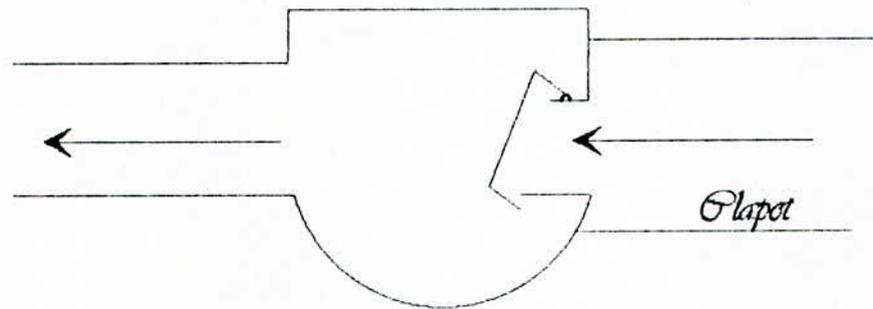


Figure 1-13: Clapet

- Robinets à soupapes: comportants un corps et une tête sur laquelle se visse l'obturateur (soupape), ils sont utilisés chaque fois qu'une bonne étanchéité est nécessaire. (fig 1-14-a)

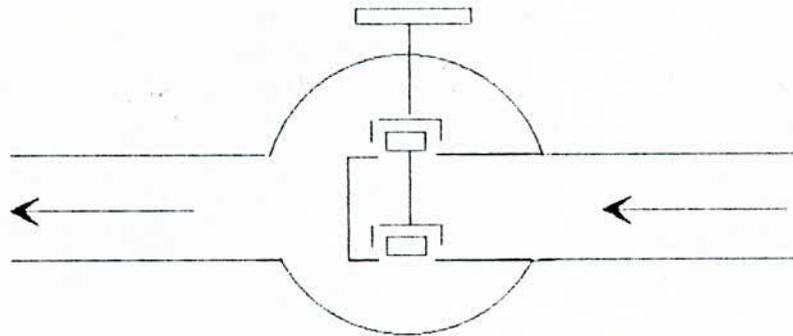


Figure 1-14-a : Robinet à soupape

- Robinets vannes: ce sont le plus couramment employés dans les installations de chauffage central et dans les installations industrielles.

-Vannes papillons: Les vannes papillons sont utilisées dans les cas où une fermeture étanche n'est pas indispensables. Un quart de tour suffit pour ouvrir ou fermer la vanne. (fig 1-14-b)

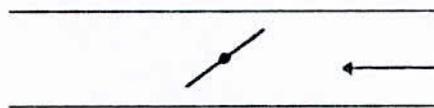


Fig 1-14-b : Vanne papillon

- Vannes à trois voies (Figure 1-15)

Les vannes à trois voies sont surtout employées en régulation. Par exemple, pour mélanger des eaux de départ et de retour.

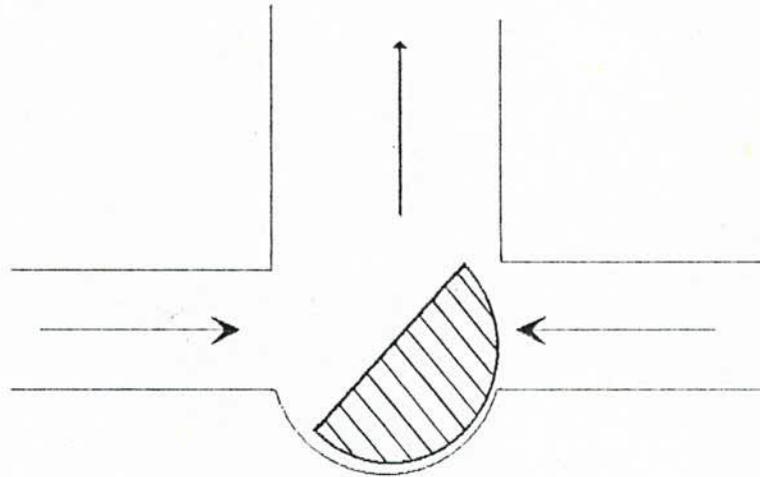
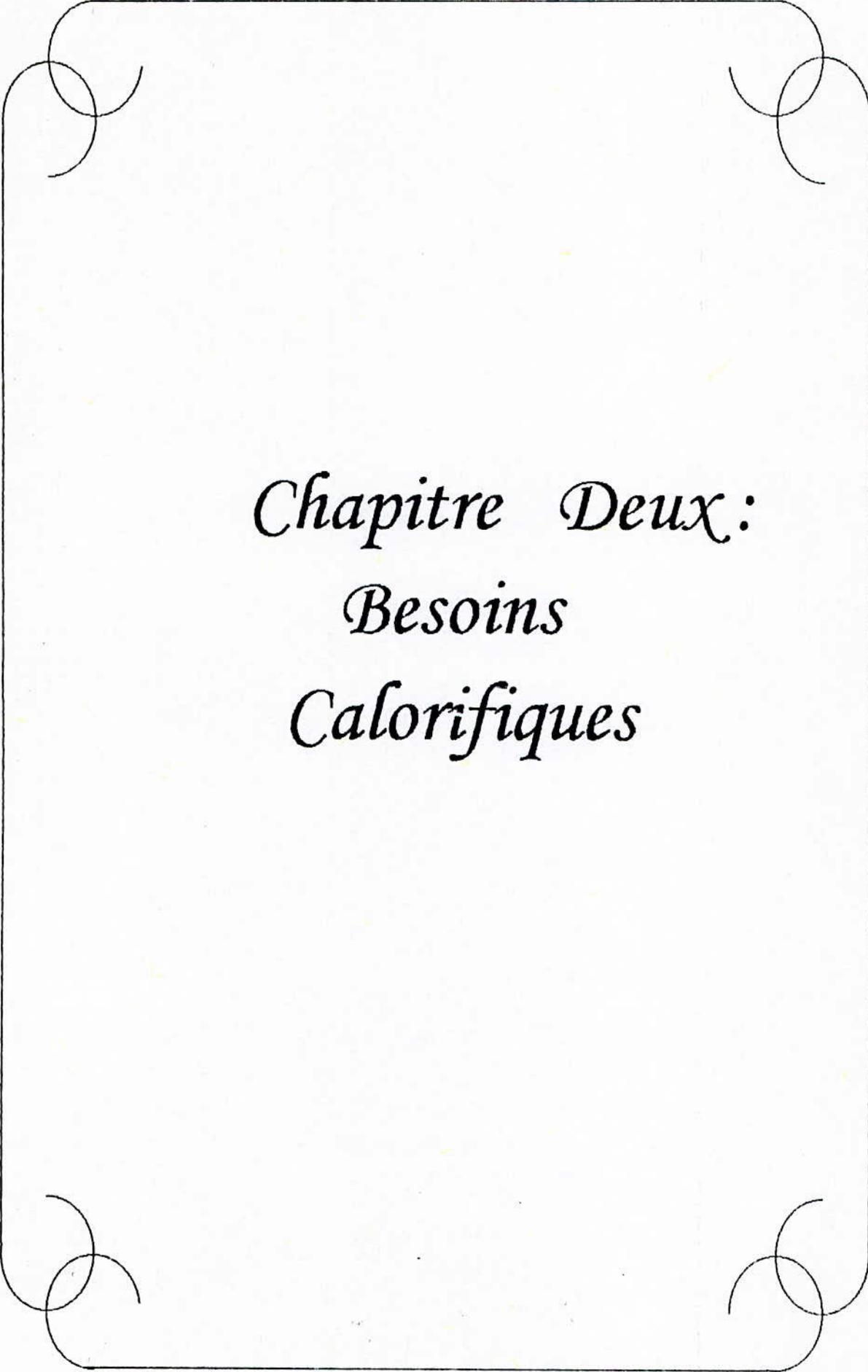


Figure 1-15: Vanne à trois voies



Chapitre Deux:
Besoins
Calorifiques

2. Besoins calorifiques

2.1. Introduction au calcul

2.1.1. Données de base

2.1.1.1. Situation géographique du site

Le complexe de machines agricoles (CMA) est situé au sud de la ville de Sidi Bel Abbès dont les coordonnées sont données ci- après:

- Altitude: 486 m.
- Latitude: 35°11' nord.
- Longitude: 0°39' W.
- Site: découvert.

2.1.1.2. Données climatiques

On retient les températures et humidité extérieures suivantes:

$$\text{Hiver : } \left\{ \begin{array}{l} t_e = -3 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \varphi_e = 90\% \end{array} \right. \quad \text{Eté : } \left\{ \begin{array}{l} t_e = 33 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \varphi_e = 36\% \end{array} \right.$$

La température extérieure retenue pour l'hiver est la moyenne sur 25 ans des minima pour le mois le plus froid (Janvier) et pour l'été la moyenne des maxima pour le mois le plus chaud (juillet).

Pour l'humidité relative, on a retenu la valeur maximale des mois les plus humides en hiver (Décembre- Janvier).

Ces données sont extraites du cahier d'information de l'usine.

2.1.1.3. Conditions intérieures

Ces conditions de base sont un compromis entre les besoins de confort thermique à obtenir et le soucis d'économie.

Elles sont fonction de l'utilisation des locaux. On les donne dans le cahier des charges du client. Pour notre cas, on retient les valeurs ci-après :

Saison	Bureau	Vestibule	W-C	Douches	Vestiaire	Infirmierie
Hiver	20	15	15	22	15	22
Été	25	28	28	-	28	28

Choc thermique admis: c'est l'écart de température qui existe entre l'intérieur et l'extérieur des locaux, il est donné comme suit:

hiver: 12 → 20°C

été: 6 → 10°C

Pour l'humidité, il est conseillé de garder la valeur de 35 à 65 pour cent en hiver et de 40 à 60 pour cent en été.

2.1.2. Détermination des coefficients de transmission globaux

Pour une paroi plane, on donne le coefficient de transfert global par la relation:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{e_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e} \quad (2-1)$$

α_i : coefficient de transmission superficielle à l'intérieur du local.

α_e : coefficient de transmission superficielle à l'extérieur du local.

e_j : épaisseur de la $j^{\text{ème}}$ couche.

λ_j : coefficient de conduction thermique de la $j^{\text{ème}}$ couche.

Pour les coefficients de transmission superficielle, on prend: [2]

$$\alpha_i = 7 \text{ kcal/h.}^\circ\text{C.m}^2 \quad \text{soit } 8,1 \text{ W/}^\circ\text{C.m}^2$$

$$\alpha_e = 20 \text{ kcal/h.}^\circ\text{C.m}^2 \quad \text{soit } 23,2 \text{ W/}^\circ\text{C.m}^2$$

Pour une paroi avec lame d'air, le coefficient global est donné par la relation:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{e_j}{\lambda_j} + R_{air} + \frac{1}{\alpha_e} \quad (2-2)$$

L'équation fondamentale de la transmission de chaleur est donnée par:

$$Q = K.S.\Delta T \quad (2-3)$$

Avec k: coefficient de transmission globale.

S: surface de la paroi.

ΔT : différence de température entre les deux milieux.

Après avoir relevé les valeurs des coefficients λ_j de tous les matériaux [2] et les épaisseurs des différents murs et parois à partir des plans architecturaux de l'usine, on dresse les tableaux suivants:

• MURS EXTERIEURS

Lame d'air

Béton creux

Enduit au ciment

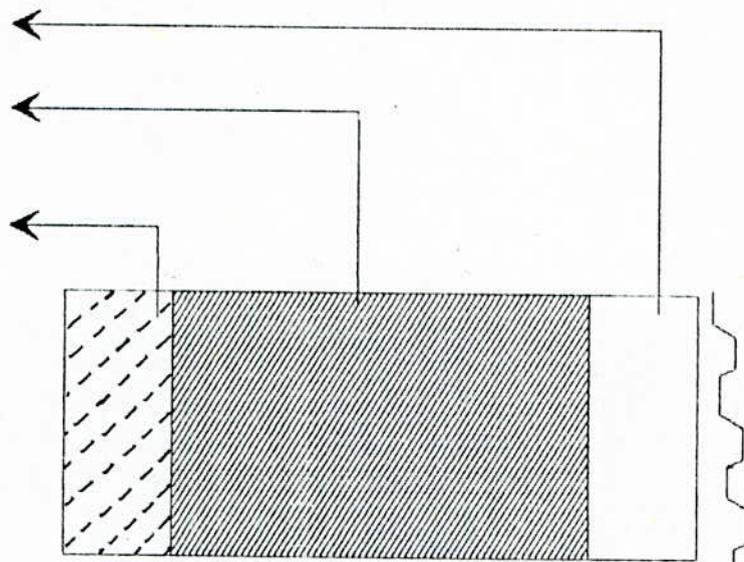


Figure 2-2: Mur extérieur

N°	Matériaux	e(m)	λ Kcal/h.m .°C
1	Enduit au ciment	0.02	1.20
2	Béton creux	0.2	0.45
3	Lame d'air	0.03	0.14
4	Tôle ondulée	0,0003	6,83

$$\frac{1}{K} = 0,19 + \sum_{j=1}^n \frac{e_j}{\lambda_j}$$

$$K = 1,16 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{°C}$$

• MURS INTERIEURS.

- Cloison de séparation constituée de murs en plâtre avec revêtement en carton bitumé avec une épaisseur de 10 cm.

$$K = 1.63 \text{ Kcal/h. m}^2 \cdot \text{°C} [2]$$

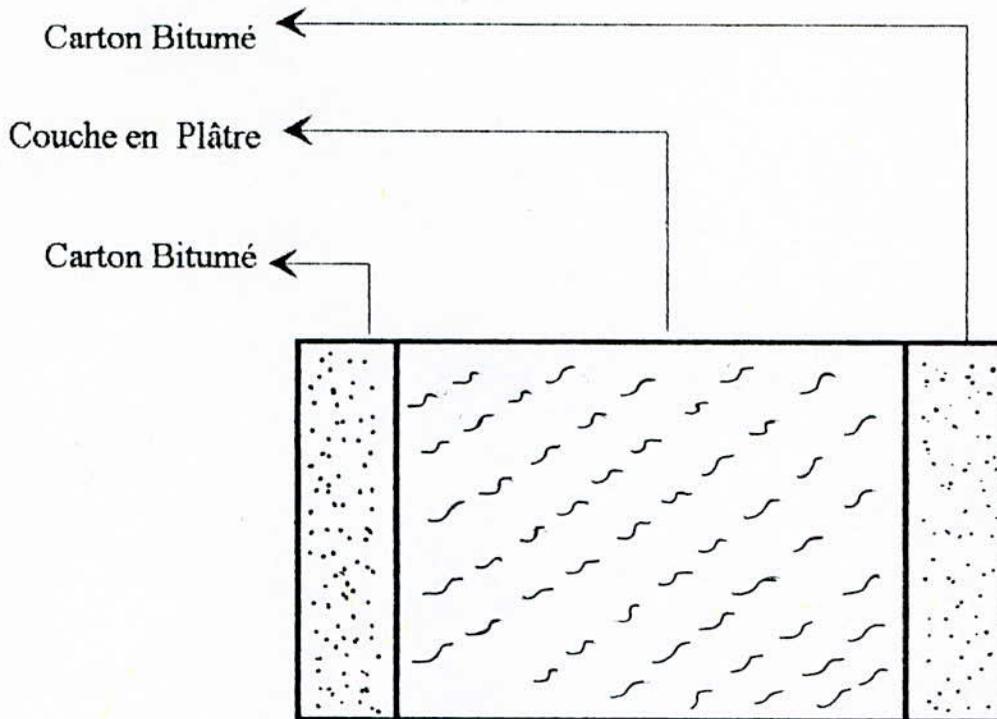


Figure 2-3: Mur intérieur

- Murs porteurs

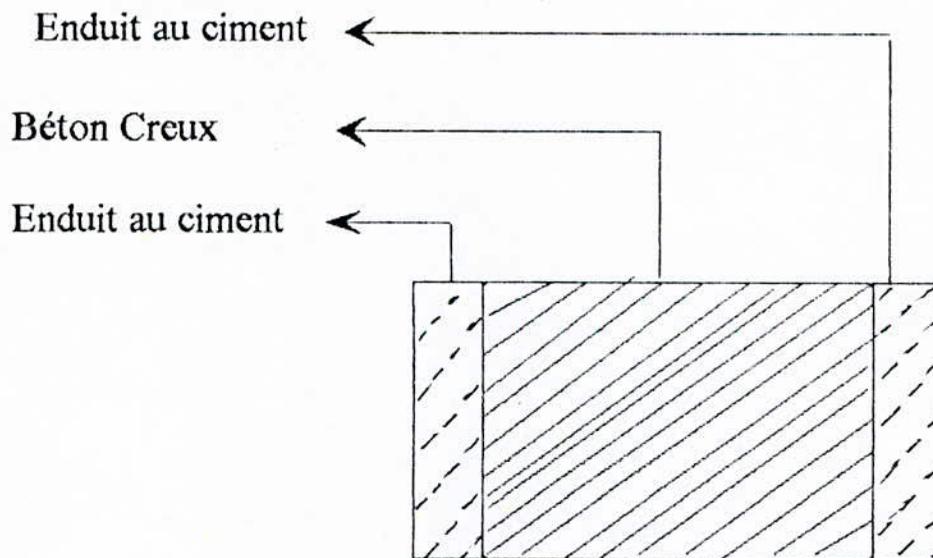


Figure 2-4: Mur Porteur

N°	Matériaux	e(m)	λ ([Kcal/h.m.°C])
1	Enduit au ciment	0.01	1.20
2	Béton creux	0.2	1.30
3	Enduit au ciment	0.01	1.20

$$\frac{1}{K} = 0.14 + 0.14 + \frac{0.2}{1.3} + \frac{0.01}{1.2} + \frac{0.01}{1.2} = 0.45 \text{ [h.m}^2\text{°C / kcal]}$$

$$\Rightarrow K = 2.22 \text{ [Kcal / h.m}^2\text{°C]}$$

- TERRASSE.

On a une terrasse en dalle de béton avec un coefficient de transmission de $K_d = 0,90$ [2] avec un plafond suspendu comprenant une couche d'isolation de linoléum de 1,5 cm d'épaisseur. La dalle et le plafond sont séparés par un vide d'air de 60 cm.

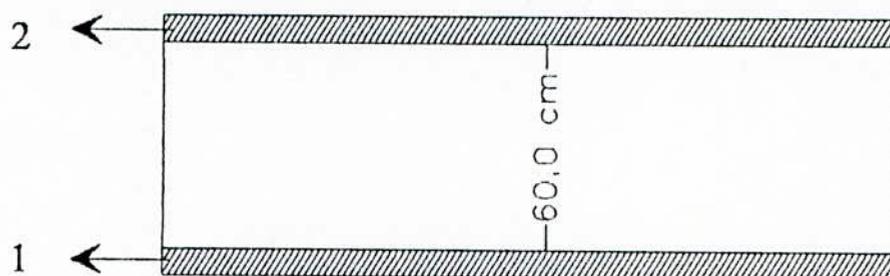


Figure 2-5: Terrasse

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{0,9} + \frac{0,015}{0,16} + 0,14 + 0,14 = 1,48$$

$$\Rightarrow K = 0,67 \text{ [Kcal / h.m}^2\text{°C]}$$

N°	Composants	e(m)	λ (Kcal/h.m°C)
1	Plafond suspendu de linoléum	0.015	0.16
2	Dalle en béton	-----	-----

- Plancher.

Dans les bâtiments de la CMA, il n'y a pas de vide sanitaire sous les planchers, on distingue alors entre la chaleur cédée à l'air extérieur par la couche du sol contiguë et la chaleur qui s'écoule vers la nappe phréatique.

La première laquelle se calcule sur la base d'une valeur m équivalente au coefficient de transmission global.

Cette valeur dépend du rapport des cotés L/b , des dimensions de la surface du sol S et de la profondeur Z de la nappe phréatique [2].

La chaleur totale s'écoulant à travers le plancher peut s'écrire:

$$Q_0 = S.m.(t_i - t_a) + S.\frac{\lambda_s}{Z}(t_i - t_B) = K.S.(t_i - t_a) \quad (2-4)$$

où S représente toutes les surfaces touchant le sol, donc

$$S = L.b + U.h$$

Avec L: longueur du sol en mètres.

b :largeur du sol en mètres.

U: périmètre de la surface du sol est donné par

$$U = 2(l+b) \text{ en mètre.}$$

h: profondeur de la surface du sol au-dessous du niveau de la terre, dans notre cas h est nul.

A partir de l'équation (2-4), on obtient:

$$K = m + \frac{\lambda_s}{Z} \cdot \frac{(t_i - t_B)}{(t_i - t_a)} \quad (2-5)$$

Avec: t_a une température extérieure qui tient compte du décalage dans le temps avec lequel la température du sol suit les températures extérieures. Selon la zone climatique du site, on a $t_a = 4^\circ\text{C}$. [3]

t_e est la température de la terre au niveau de la nappe phréatique, on donne

$$t_e = 11.5^\circ\text{C}. \quad [3]$$

λ_s : est la conductibilité du sol, on la prend égale à 1 Kcal/m.h.°C.[1].

On prend $Z = 2$ m.(C'est la profondeur de la nappe phréatique sous le sol du site)

Pour différentes proportions L/b des locaux traités, on détermine la valeur de m de chaque local, puis on calcule les différentes valeurs de k d'après l'équation (2-5).

Ces valeurs sont reportées dans les tableaux du bilan calorifique.

2.1.3. Bilan calorifique

Les besoins calorifiques d'un local dépendent essentiellement de la construction.

Ils sont identiques à la somme de toutes les déperditions de chaleur à travers l'enveloppe extérieure du local.

On distingue deux sortes de déperditions de chaleur:

- Les déperditions par transmission qui sont dues aux pertes de chaleur à travers les murs, les planchers, portes.
- Les déperditions par infiltration d'air.

a) Déperditions par transmission.

Elles sont données par l'équation:

$$q_0(i) = K.S.(t_i - t_e) \quad (2-6)$$

dont les coefficients ont été déjà définis.

Les déperditions totales par transmission du local sont données par:

$$Q_0 = \sum_{i=1}^n q_0(i) \quad (2-7)$$

Pour calculer les besoins calorifiques, on multiplie ces pertes par un coefficient de majoration Z qui contient certaines majorations partielles

La formule de base pour le calcul de ces besoins est:

$$Q_t = Q_0 \cdot (1 + Z_U + Z_A + Z_H) \quad (2-8)$$

- Les coefficients de majorations partielles sont calculées de la manière suivante:

- Majoration pour compensation des parois froides Z_A . [2]

Cette majoration dépend essentiellement du coefficient D défini comme suit:

$$D = \frac{Q_0}{S_{tot}(t_i - t_e)} \quad (2-9)$$

S_{tot} : surface totale de toutes les enveloppes du local.

- Majoration pour interruption d'exploitation Z_U .

Pour notre cas l'installation fonctionne avec interruption journalière de fourniture de chaleur d'une durée de 12 à 16h. Z_U est donnée dans le calcul

- Le groupement de Z_U et Z_A donne Z_D : $Z_D = Z_U + Z_A$

- Majoration pour orientation Z_H .

Cette majoration prend trois valeurs: 5%; 0; -5% selon l'orientation.

b) Déperdition par infiltration:

Les infiltrations dans un local constituent fréquemment une source importante de gain ou de déperdition de chaleur. Le débit d'air d'infiltration varie suivant l'étanchéité des portes et fenêtres, de la vitesse du vent et de la hauteur de l'immeuble.

Les besoins calorifiques pour compenser les pertes d'infiltration peuvent être calculées par l'équation:

$$Q_i = \sum (a.L).R.H.(t_i - t_e).Z_e \text{ [kcal / h]} \quad (2-10)$$

Où : L est la longueur des joints des fenêtres et portes au vent, exprimée en m³/h,
R est la caractéristique du local.

H est la caractéristique d'immeuble.

Z_e est le facteur de majoration pour les fenêtres d'angle.

Pour notre cas, $R = 0.9$ [2].

On prend $H = 0.41$ [2].

Z_e est pris égal à 1.

Les besoins calorifiques d'un local sont donnés par l'équation:

$$Q_{tot} = Q_c + Q_L = (\sum q_0).Z + \sum (a.L)R.H.(t_i - t_e).Z_e \quad (2-11).$$

Les valeurs des besoins calorifiques des différents locaux sont donnés dans les tableaux ci-après.

Tableau 1: Besoins calorifiques du Bâtiment N° 6

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoin calorifique (Kcal/h)</i>
1	61,42	1630,76
2	122,85	3196,07
3	61,42	1600,07
4	61,42	1600,07
5	567,00	9458,29
6	61,42	1475,57
7	61,42	1475,57
8	61,42	1475,57
9	61,42	1622,41
11	184,27	3121,96
12	61,42	1475,57
13	61,42	1475,57
14	122,85	3306,64
15	184,27	5129,68
16	61,42	1600,07
17	61,42	1600,07
18	61,42	1600,07
19	61,42	1630,76
20	61,42	1848,94
21	491,40	4308,90
22	122,85	314,86
26	122,85	1304,32
101	61,42	1848,94
102	122,85	2463,18
103	122,85	2463,18
104	61,42	1233,62
105	122,85	2987,61
106	122,85	2756,31
107	61,42	1139,66
108	122,85	2337,80
109	61,42	1139,66

Local	Volume (m ³)	Besoins calorifiques (kcal/R)
110	61,42	1848,94
111	61,42	1264,31
112	61,42	1233,62
113	184,27	3852,94
114	567,00	6425,02
115	122,85	2463,18
116	61,42	1139,66
117	61,42	1139,66
118	122,85	2337,80
119	61,42	1233,62
120	61,42	1233,62
121	188,04	1496,60
126	122,85	408,41
202	122,85	2169,55
203	122,85	2169,55
204	61,42	1639,29
205	567,00	6197,48
206	61,42	1511,52
207	122,85	2403,86
208	61,42	1898,11
209	61,42	1539,65
210	122,85	2403,86
211	122,85	2403,86
212	61,42	1511,52
213	567,00	6197,48
214	184,00	4526,25
215	61,42	1639,29
216	61,42	1669,98
217	61,42	1264,31
218	61,42	1264,31
221	123,26	1513,42
223	122,85	3189,38
226	122,85	727,95

Besoins Calorifiques (Bâtiment 07)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoin calorifiques (Kcal/h)</i>
46	104,27	2744,91
45	17,32	394,18
42	50,64	1624,17
40	757,68	23702,34
39	1478,40	27491,44
38	197,12	2728,98
37	1108,80	16979,26
33	58,24	1404,16
31	62,37	1460,91
27	108,99	3064,80
25	70,37	983,78
20	70,37	1037,83
19	28,35	821,45
15	23,52	582,50
14	24,95	533,39
13	49,43	1068,90
12	53,69	1755,07
11	20,37	1271,81
8	19,87	2954,55
7	19,96	1286,54
6	105,76	2156,77
5	31,72	1979,64
4	19,96	1286,54
3	61,42	2387,18
2	82,82	3341,45
1	69,03	2526,42

Besoins calorifiques (Bâtiment 15)

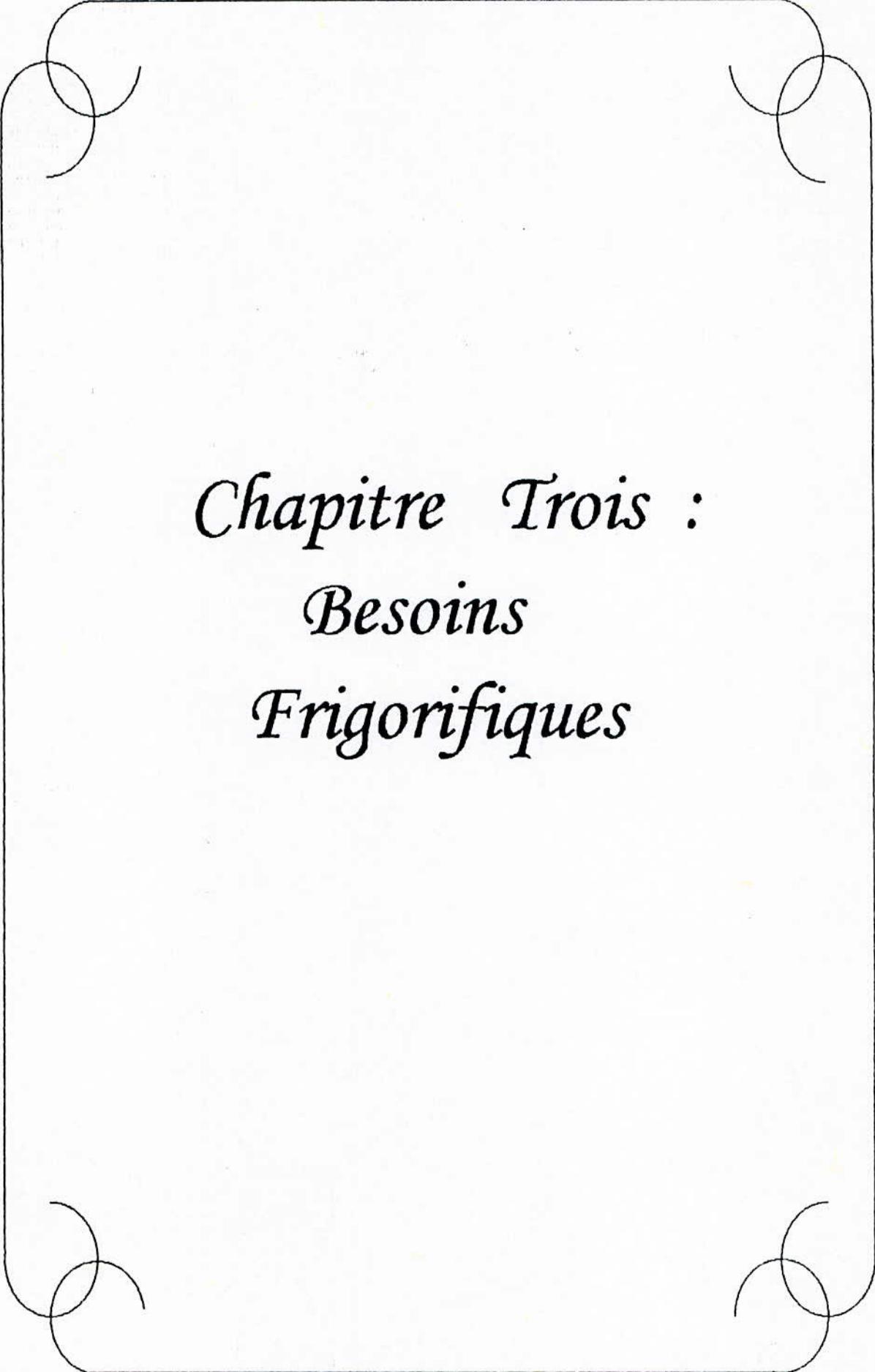
<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoin calorifiques (Kcal/h)</i>
31	140,00	4130,60
30	69,89	1706,12
29	140,00	3413,44
28	140,00	3413,44
27	69,89	1706,12
26	140,00	3413,44
25	69,89	1706,12
24	140,00	3413,44
19	140,00	1482,78
18	498,75	75,57
17	215,14	5556,43
16	143,50	3445,93
15	143,50	3445,93
14	143,50	3445,93
13	143,50	3445,93
12	143,50	3445,93
11	143,50	4181,01
10	661,87	4354,51
9	772,01	5079,17
6	175,00	998,53
5	441,88	5518,77
2	175,00	998,53
1	1433,89	10318,16

Besoins calorifiques (Bâtiment 16)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoin calorifiques (Kcal/h)</i>
1	140,00	2785,84
2	69,89	1608,48
3	140,00	2785,84
4	140,00	2785,84
5	69,89	1608,48
6	140,00	2785,84
7	140,00	3004,91
8	140,00	1254,18
9	69,89	1136,35
12	441,88	5518,77
13	140,00	1254,18
16	69,89	1827,55
17	140,00	2785,84
18	209,89	4178,66
19	140,00	2785,84
20	140,00	2785,84
21	262,36	5139,14
22	437,36	7861,89
23	87,50	2516,50
24	87,50	2516,50
25	612,36	10444,95
26	87,50	2702,98
27	140,00	1482,78
32	140,00	3413,44
33	69,89	1706,12
34	140,00	3413,44
35	140,00	3413,44
36	437,36	8388,51
37	87,50	3205,33

Besoins calorifiques (Bâtiment 20)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoin calorifiques (Kcal/h)</i>
1	930,18	8026,96
2	409,06	13797,55
3	136,46	3528,60
4	272,60	6936,03
5	409,06	10075,71
6	409,06	10366,30
8	409,06	7502,39
20	546,88	11699,22
21	84,65	2818,60
22	169,10	5698,25
23	169,10	5698,25
24	84,65	2991,35
14	87,50	3215,50
15	87,50	2875,55
16	175,00	1849,50



Chapitre Trois :
Besoins
Frigorifiques

3. Besoins frigorifiques

3.1. Procédures et méthodes de calcul

3.1.1. Charge frigorifique

Pour le calcul de la charge frigorifique, deux gains de chaleur interviennent:

- Les gains de chaleur intérieurs Q_i .
- Les gains de chaleur extérieurs Q_e .

- Gains de chaleur intérieurs.

Ces gains sont essentiellement composés de la quantité de chaleur dégagée par les occupants (Q_{oc}) et de celle dégagée par les machines (Q_m), sont données par l'équation :

$$Q_i = Q_{oc} + Q_m \quad (3-1)$$

- Chaleur dégagée par les occupants Q_{oc} .

Q_{oc} se calcule à partir du nombre de personnes occupants la salle d'une façon permanente et de la chaleur dégagée par personne.

Q_{oc} est la somme de deux quantités de chaleur, latente et sensible.

$$Q_{oc} = Q_{lat} + Q_s \quad (3-2)$$

- Chaleur dégagée par les machines.

Dans notre cas, on néglige les chaleurs dégagées par les machines car on considère que leur existence dans les locaux est presque nulle.

On ne tient compte que de la chaleur dégagée par l'éclairage Q_{ec} .

- Gains par éclairage et occupants.

- Coefficient de simultanéité [2]

Il est assez rare que toutes les charges calorifiques d'un local se produisent à la même heure; c'est pourquoi des coefficients de simultanéité sont appliqués aux puissances frigorifiques.

En général, les coefficients peuvent être appliqués aux gains dus aux occupants et l'éclairage.

Il y a en effet peu de chance pour que tous les occupants soient présents et que tout l'éclairage soit en fonction au moment des gains maximaux.

Pour cela, on prend en compte des coefficients de simultanéité.

- C_{amec} : pour l'éclairage.

- C_{oc} : pour les occupants.

On aura donc:

$$Q_{ec} = P_u \cdot C_{amec} \cdot S_p \cdot 1,25 \cdot 0,86 \quad (3-3)$$

$$Q_{oc} = (Q_{lat} + Q_{sens}) \cdot C_{oc} \cdot n_{oc} \quad (3-4)$$

où le coefficient 1.25 tient compte d'une majoration de 25 % supplémentaire correspondant à la puissance absorbée dans le ballast [8], S_p est la surface du plancher.

- Gains de chaleur par infiltration

On ne tiendra pas compte de ces gains de chaleur car les locaux sont en légère surpression.

- Gains de chaleur extérieurs

Les gains externes comprennent:

- Les gains de chaleur à travers les surfaces vitrées.
- Les gains de chaleur à travers les parois non vitrées.

Gains de chaleur à travers les surfaces vitrées:

Ils sont composés des gains de chaleur par transmission Q_0 et des gains de chaleur par rayonnement Q_s

- Gains par transmission:

ils sont donnés par l'équation: $Q_0 = K \cdot S \cdot \Delta\theta_{ev,to} \cdot C_{al} \cdot C_{la} \quad (3-5)$

avec K coefficient de transmission global

S : surface d'échange thermique (Ouverture totale pratiquée dans le mur où est logée la surface vitrée).

$\Delta\theta_{Ev,to}$: écart virtuel pour la température T_0 désirée.

$$\Delta\theta_{Ev,to} = \Delta\theta_{ev,t} + K(T - T_0) \quad (3-6)$$

Avec $\Delta\theta_{ev,t}$ est l'écart virtuel pour une température T donnée [4].

C_{al} : facteur de correction de l'altitude .[4]

C_{la} : facteur de correction de latitude [4]

•Gains de chaleur par rayonnement: ils sont donnés par l'équation:

$$Q_s = I_{Max} \cdot S_v \cdot C_{ecr} \cdot C_{ens} \cdot C_{ros} \cdot C_{enc} \cdot C_{al} \quad (3-7)$$

Avec S_v : Surface vitrée ensoleillée (m²)

Pour le mois et l'heure considérés, pour l'orientation et la latitude données:

I_{Max} : Valeur maximale du rayonnement total (direct et diffus).

C_{ecr} : Coefficient pour l'écran solaire [4]

C_{ens} : Coefficient d'amortissement pour ensoleillement [4].

C_{ros} : Coefficient du point de rosée [4]

C_{enc} : Coefficient d'encadrement [4] .

1.2. Données relatives à la climatisation

- Gains maximums instantanés I_{max} (vitres ordinaires 35° latitude nord).

Orientation	Ouest	Est	Sud	Nord
Date	Juillet	Septembre	Juin	Août
d'ensoleillement max	16 h	8h	12 h	18 h
I_{max} (Kcal/m ² .h)	444	444	331	50

- Coefficient d'amortissement pour gains par ensoleillement C_{ens} [4]

- Construction moyenne.
- 12 h de fonctionnement
- Température intérieure constante

Heure	16 h	8 h	12 h	18 h
Orientation	Ouest	Est	Sud	Nord
Coefficient d'amortissement	0.72	0.73	0.79	0.98

- Coefficient d'amortissement pour éclairage C_{amec} [4].

10 heures d'éclairage, début d'allumage 8 h.

	Nombre d'heures écoulées depuis l'allumage									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Coefficient d'amortissement	0.5	0.89	0.91	0.92	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96

3.3. Introduction au calcul

Pour mieux comprendre la méthode utilisée, nous donnons dans ce paragraphe les calculs préliminaires pour chaque cas de figure relatif à l'orientation de la façade vitrée, et pour chaque type de local .

3.3.1. Hypothèse de calcul

- Le fonctionnement de l'installation de climatisation commence à partir de Juin jusqu'à Septembre.

- Le bâtiment est considéré de construction moyenne ($m = 500 \text{ kg/m}^2$), il en sera tenu compte pour la détermination des gains maximums instantanés par ensoleillement (I_{max}), des coefficients d'amortissement pour gains par ensoleillement et des gains par éclairage.

3.3.2. Quelques exemples de calcul

On définit: $q = Q/S \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$

Orientation Nord:

$I_{\text{max}} = 50 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{°C}$ au mois d'Août à 18h.

Terrasse:

$\alpha = 0.7$ (couleur claire); $\Delta\theta_{ev,25} = 20,32 \text{ °C}$.

$$q_t = K \cdot \Delta\theta_{Ev,25} \cdot C_{al} \cdot C_{la}$$

$$= 0,67 \cdot 20,32 \cdot 1,01 \cdot 1,19 = 16,36 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

Vitrage transmission

$\Delta\theta_{ev,25} = 3,1 \text{ °C}$

$$q_v = K \cdot \Delta\theta_{ev,25} \cdot C_{al} \cdot C_{la}$$

$$= 5,0 \cdot 3,1 \cdot 1,01 \cdot 1,19$$

$$= 18,62 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

Vitrage ensoleillement

Coefficient d'amortissement $C_{ens} = 0,99$

$$q_s = I_{Max} \cdot C_{ens} \cdot C_{enc} \cdot C_{ecr} \cdot C_{ros} \cdot C_{la}$$

$$= 50 \cdot 0,99 \cdot 1,17 \cdot 0,75 \cdot 1,02 \cdot 1,19$$

$$q_s = 52,72 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

Mur extérieur

 $\alpha = 0.5$ (couleur claire).

$$\Delta\theta_{Ev,25} = 7,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$q_{me} = K \cdot \Delta\theta_{ev,25} \cdot C_{al} \cdot C_{la}$$

$$= 1,16 \cdot 7,5 \cdot 1,01 \cdot 1,13$$

$$q_{me} = 10,45 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{].}$$

Cas particulier

Local 1 du bâtiment 20.

Ce local présente un vitrage sur la façade nord et un autre sur la façade Ouest.

L'heure à laquelle les gains par ensoleillement seront maximums, n'est pas toujours apparente, ainsi est souvent obligé de faire le calcul pour les mois et des heures différentes.

Donc les gains maximums instantanés par ensoleillement sont atteints en Juin à 17 h.

$$\text{Ouest: } I_{Max} = 489 \text{ Kcal/h.m}^2$$

$$\text{Nord: } I_{max} = 50 \text{ Kcal/h.m}^2.$$

1- Terrasse

 $\alpha = 0.7$ (couleur sombre).

$$\Delta\theta_{Ev,25} = 20,23 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_i = 20,23 \cdot 0,67 \cdot 1,01 \cdot 1,19$$

$$Q_i = 16,3 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

2- Vitrage (Transmission)

$$\Delta\theta_{ev,25}=3,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_v=5,0.3,1.1,01.1,19 = 18,63 \text{ Kcal/h.m}^2$$

3- Vitrage ensoleillement

$$\text{Coefficient } C_{ens} = 0,99$$

$$q_s = 50.0,99.0,20.1,17.1,02.1,13$$

$$q_s = 13,35 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

4- Mur extérieur

$$\alpha=0,5 \text{ (Couleur sombre)}$$

$$\Delta\theta_{ev,25}=7,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_{me} = 7,5.1,16.1,01.1,19 = 10,45 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

Ouest

1- Terrasse

$$\alpha=0,7 \text{ (Couleur sombre).}$$

$$\Delta\theta_{Ev,25} = 7,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_t = 7,9.0,67.1,08.1,19 = 6,8 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

2-Vitrage transmission

$$\Delta\theta_{ev,25} = 6,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_t = 5,0.6,0.1,01.1,19 = 36,05 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

3- Vitrage ensoleillement

$$\text{Coefficient d'ensoleillement } C_{ens}=0,72$$

$$q_s = 489.0,72.0,20.1,17.1,01.1,19$$

$$q_s = 99 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

4- Mur extérieur

$$\alpha = 0,5 \text{ (Couleur sombre)}$$

$$\Delta\theta_{ev,25} = 25,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_{me} = 1,16.25,5.1,01.1,19$$

$$q_{me} = 35,5 \text{ [Kcal/h.m}^2\text{]}$$

Dans ce qui suit, nous retrouvons les tableaux illustrants les besoins frigorifiques des différents locaux :

Besoins frigorifiques des locaux (Bâtiment 06)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoins frigorifiques(Kcal/h)</i>
01	61,42	663,17
02	122,85	4001,19
03	61,42	2508,39
04	61,42	649,65
05	567,00	8188,99
06	61,42	1253,99
07	61,42	1876,21
08	61,42	1876,21
09	61,42	2515,21
11	184,27	2516,95
12	61,42	1872,40
13	61,42	1872,73
14	122,85	4126,10
15	184,27	2449,74
16	61,42	692,42
17	61,42	693,37
18	61,42	694,32
19	61,42	710,63
20	61,42	820,70
21	491,40	3446,93
22	122,85	-40,42
26	122,85	1743,25
101	61,42	1002,38
102	122,85	1974,02
103	122,85	1976,02
104	61,42	990,04
105	122,85	2364,53
106	122,85	4707,60
107	61,42	2204,09
108	122,85	4441,59
109	61,42	1915,82
110	61,42	711,89

Local	Volume (m ³)	Besoins frigorifiques (Kcal/h).
111	61,42	712,87
112	61,42	698,52
113	184,27	2094,53
114	567,00	8997,60
115	122,85	4482,57
116	61,42	2243,44
117	61,42	2244,59
118	122,85	4632,48
119	61,42	990,33
120	61,42	991,36
121	188,04	5378,00
122	251,16	683,98
126	122,85	977,79
202	122,85	2229,17
203	122,85	2228,88
204	61,42	1115,31
205	567,00	12639,30
206	61,42	2519,86
207	122,85	5038,37
208	61,42	2608,92
209	61,42	2677,35
210	122,85	5182,97
211	122,85	5041,14
212	61,42	2521,94
213	567,00	7534,79
214	184,00	3427,17
215	61,42	1184,07
216	61,42	1159,55
217	61,42	1159,70
218	61,42	1159,84
221	123,26	5427,36
222	289,86	1081,78
223	116,30	2406,57
226	122,85	1765,93

Besoins frigorifiques (Bâtiment 07)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoins frigorifiques (Kcal/h)</i>
01	69,03	2051,45
02	82,82	3293,51
03	61,42	1940,00
04	19,96	3060,80
05	31,72	980,80
06	105,76	860,45
07	19,96	538,60
08	19,87	544,50
11	20,37	601,00
12	53,69	640,20
13	49,43	720,51
14	24,95	430,65
15	23,52	419,00
19	28,35	378,00
20	70,37	690,55
25	70,37	780,45
27	108,99	820,10
31	62,37	640,30
33	58,24	515,00
37	1108,80	1251,56
38	197,12	915,00
39	1478,40	1508,85
40	757,68	1300,00
42	50,64	980,00
45	17,32	645,00
46	104,27	455,00

Besoins frigorifiques (Bâtiment 15)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoins frigorifiques (Kcal/h)</i>
1	1433,89	41650,07
2	175,00	646,36
5	441,88	4654,90
6	175,00	3097,18
9	772,01	12669,04
10	661,87	10918,41
11	143,50	3105,16
12	143,50	2892,40
13	143,50	2893,96
14	143,50	2895,54
15	143,50	2897,14
16	143,50	2898,76
17	215,14	4543,53
18	498,75	450,11
19	140,00	2102,30
24	140,00	2869,99
25	69,89	1434,79
26	140,00	2873,37
27	69,89	1436,49
28	140,00	2876,81
29	140,00	2878,55
30	69,89	1439,11
31	140,00	3478,01

Besoins frigorifiques (Bâtiment 16)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoins frigorifiques (Kcal/h)</i>
1	140,00	1174,29
2	69,89	917,79
3	140,00	1177,95
4	140,00	1179,80
5	69,89	590,86
6	140,00	1183,57
7	140,00	1955,49
8	140,00	549,94
9	140,00	549,94
11	140,00	3210,20
12	441,88	4757,18
13	140,00	1301,78
16	69,89	1036,92
17	140,00	1857,83
18	209,89	2789,29
19	140,00	1861,94
20	140,00	4757,18
21	262,36	2814,47
22	437,36	7263,67
23	140,00	1677,15
24	140,00	1678,95
25	612,36	10937,72
26	87,50	2192,73
27	140,00	2115,59
32	140,00	2876,84
33	69,89	1438,24
34	140,00	2880,35
35	140,00	2882,13
36	437,36	8890,50
37	140,00	2350,66

Besoins frigorifiques (Bâtiment 20)

<i>Local</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Besoins frigorifiques (Kcal/h)</i>
1	140,00	3251,57
2	409,06	19035,07
3	136,46	2141,33
4	272,60	4296,24
5	409,06	6505,60
6	409,06	6651,41
8	409,06	11703,00
14	87,50	1543,20
15	87,50	1543,20
16	175,00	2560,35
20	546,88	9647,72
21	84,65	3199,93
22	169,10	6434,03
23	169,10	6435,65
24	84,65	3202,37

Chapitre Quatre :

*Etude de l'installation
de chauffage
et
de climatisation*

4. Etude de l'installation de chauffage et de climatisation

4.1. Généralités

Le fluide caloporteur le plus utilisé est l'eau; il se prête particulièrement à ce service, en raison d'une part de son abondance et d'autre part *de sa relativement* grande chaleur spécifique. On l'emploie de plus en plus pour transporter la chaleur, sans lui faire subir de changement d'état.

Le choix de l'équipement nécessaire pour la climatisation des bâtiments nécessite une étude technico-économique très attentive, que ce soit à court terme, qui se traduit par les frais et les coûts de l'installation ou à long terme, qui se traduit par les frais d'exploitation et d'entretien. Il dépend essentiellement de l'étendue de l'installation, des volumes des locaux, de leurs usages et de leurs situations dans les immeubles.

Vu l'étendue du complexe, on a utilisé le chauffage à eau chaude pulsée. L'installation est composée d'une centrale de chauffage, qui distribue le fluide caloporteur vers une centrale de répartition située au centre de gravité du complexe, et qui sert à distribuer cette eau vers tous les bâtiments. Et d'une centrale de climatisation qui utilise la même centrale de répartition.

4.2. Choix de l'appareillage

4.2.1. Principe

La puissance d'un corps de chauffe installé sans habillage dépend principalement de sa forme, de ses dimensions et de la différence de température entre le fluide chauffant et l'air du local. Elle est déterminée dans des chambres d'essai closes aménagées à cet effet et ayant les dimensions courantes des pièces d'habitation.

Pour caractériser le dimensionnement des corps de chauffe des locaux, il est dans le cas échéant, plus indiqué de se baser sur la quantité cédée non pas par mètre de longueur; tels que les corps de chauffe tubulaires ou plats ou pour les convecteurs. Pour les radiateurs, c'est la quantité de chaleur cédée par élément qui est donnée.

4.2.2. Choix des appareils de chauffage et de climatisation

Le but de notre étude est d'assurer le chauffage en hiver et la climatisation en été des bureaux et des laboratoires des cinq bâtiments administratifs. Pour les bureaux, les salles de réunion et les laboratoires, les appareils de climatisation utilisés sont des

ventilo-convecteurs, pour les sanitaires et les vestibules qui n'exigent pas un tel confort, les corps de chauffe utilisés sont les radiateurs.

Les corps de chauffe sont placés en dérivation entre une canalisation de départ et celle de retour.

4.2.3. Le ventilo convecteur

Il a la forme d'une armoire, mais large et plus bas, il est installé sous les fenêtres avec raccordement sur l'air extérieur. Il a le même effet favorable d'un chauffage avec radiateur, et très efficace pour la climatisation.

Dans notre cas, les charges calorifiques et frigorifiques sont homogènes d'où on a utilisé les ventilo-convecteurs à deux tuyaux. Il est constitué essentiellement de deux parties:

- D'une batterie susceptibles d'être alimentée en eau chaude ou froide suivant les saisons.

- D'un système de pulsion d'air, constitué de l'ensemble moteur-ventilateur. Le ventilateur est du type centrifuge à cage à double oies.

Pour avoir une répartition uniforme du flux de chaleur, le nombre de ventilo-convecteurs est donné suivant la largeur de la façade extérieure du local.

4.2.4. Le radiateur

Cet appareil peut nous assurer uniquement le chauffage. Il est peu encombrant et son prix de revient est très modéré.

L'idée principale a été d'assembler les unes aux autres des parties identiques appelées éléments et de constituer des radiateurs de différentes puissances selon le nombre d'éléments.

L'emplacement le plus favorable de ces appareils et celui qui est le plus près des zones froides telles que fenêtres et portes.

4.3. Calcul du réseau de tuyauterie

4.3.1. Introduction

Dans un réseau de tuyauterie, la vitesse de circulation du fluide n'étant pas uniforme, il est donc nécessaire de le diviser en tronçons partiels pour le calcul de la chute de pression totale. Donc un tronçon partiel est une partie du réseau à vitesse de

circulation et de diamètres constants, il peut avoir des résistances localisées et des changements de direction, mais non des dérivations.

La chute de pression est donnée par :

$$P_1 - P_2 = R.L + Z \quad (4-1)$$

Tel que:

$$R.L = \lambda \left(\frac{L}{d} \right) \left(\frac{\omega^2 \rho}{2} \right) = \lambda \left(\frac{1}{d^5} \right) \left(\frac{M^2}{\rho} \right) \left(\frac{8}{\pi^2} \right) \quad (4-2)$$

$$\text{et} \quad Z = \xi \left(\frac{\omega^2 \rho}{2} \right) \quad (4-3)$$

R.L: étant la perte de charge du tronçon de longueur L, d étant son diamètre

ω : la vitesse du fluide

λ : le coefficient de frottement dans le tube

M :le débit du fluide , ρ est sa masse volumique

Z étant le taux de résistance particulière, ξ étant le coefficient de résistance.

Ces équations sont très importantes pour la compréhension de tous les phénomènes de circulation dans la tuyauterie puisqu'elles clarifient les rapports existants entre la perte de charge et le débit d'une part et la perte de charge et le diamètre d'autre part.

On peut remarquer que l'influence du diamètre est très importante sur la perte de pression.

Dans le cas général du chauffage à eau chaude 90°C /70°C, l'équation permettant de calculer R devient:

$$R = 16,4/d^5 \text{ mmCE/m} \quad (4-4)$$

Les variations de R sont présentées sous forme d'abaques par Rietschel [5].

Pour le chauffage pulsé que nous avons adopté, la charge motrice est donnée par:

$$H = H_p + H_s \quad (4-5)$$

où H: Pression totale

H_p : pression produite par la pompe.

H_s : pression due à la gravité. (Effet thermosiphon)

On admet dans la théorie relative à ce mode de distribution que l'effet de gravité est négligeable par rapport à la pression de la pompe.

4.3.2. Conduite de calcul

Comme déjà cité précédemment, l'appareil de climatisation utilisé est le ventilo-convecteur à une seule batterie, utilisé à la fois pour le chauffage et le refroidissement; on adoptera le procédé de calcul suivant:

Les diamètres des conduites choisis seront ceux de l'installation de refroidissement, cela peut causer des vitesses d'eau chaude relativement basse, mais qui sont acceptables, parce que l'eau utilisée est une eau traitée, donc pas de risque d'entartrage.

le calcul du réseau s'effectuera de la manière suivante:

1- Recherche des circuits principaux: On dispose dans notre cas d'un chauffage à distance, donc il existe cinq circuits principaux reliant les bâtiments à la sous-station. Cette étape consiste à localiser les ventilo-convecteurs les plus défavorisés.

2- Diviser ces circuits en tronçons .

3- Numéroté les tronçons en partant des tronçons liés aux ventilo-convecteurs les plus défavorisés jusqu'aux pompes (situées dans la sous-station).

4- On inscrit sur chaque tronçon la quantité de chaleur ou le débit à véhiculer [7]..

5- A l'aide de [7], on détermine les différents diamètres des tronçons, tout en vérifiant les conditions suivantes:

a)- La vitesse de circulation d'eau ne dépassera pas 0.5 m/s à l'intérieur des bâtiments, on acceptera cependant des vitesses légèrement supérieures à 0.5 m/s dans les canalisations extérieures.

b)- La perte de charge par unité de longueur dans les tronçons ne doit pas dépasser une valeur de 10 mmCE/m, pour limiter les pertes de charge linéaires ce qui nous évitera d'utiliser des pompes de grande puissance.

6- Pour le calcul de la chute de pression globale ($P_2 - P_1$) dans le cas de climatisation, on est amené à corriger les pertes de charge linéaires et singulières par des facteurs de correction F et β , respectivement, pour une température d'eau supposée à 10°C . La valeur de β sera égale à 0.97 [2], la valeur de F se détermine en fonction du débit et du diamètre [2]. La charge motrice nécessaire pour la circulation de l'eau froide est donnée par la formule:

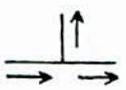
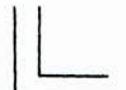
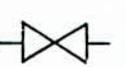
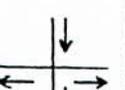
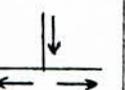
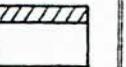
$$H = \beta(\sum R) + \sum (F \cdot \Delta h_f \cdot L) \quad (4-5)$$

Pour le cas de chauffage, après le calcul des pertes de charge linéaire R_c , la charge motrice nécessaire pour la circulation de l'eau chaude sera donnée par la formule:

$$H = \sum R_c + \sum (\Delta h_c \cdot L) \quad (4-6)$$

Z est fonction des résistances particulières ξ [7].

les coefficients de résistance ξ pour différentes formes sont données comme suit:

Forme							
ξ	0.75	1.20	1.12	4.00	2.00	3.00	Corps de chauffe. 2.50

1.3.3. Les pompes:

Les installations de chauffage et de climatisation d'un certain développement horizontal sont munies des pompes destinées à assurer la circulation de l'eau. Le plus souvent, ce sont des pompes centrifuges. La pompe est accouplée directement à la machine d'entraînement, en général, un moteur électrique. Souvent on lui adjoint une deuxième pompe identique servant de secours.

Le chauffage et la climatisation par pompes offrent les avantages suivants:

- Utilisation d'une même centrale pour plusieurs bâtiments.
- Le diamètre des tuyauteries est plus petit, et le réseau de distribution moins coûteux.

- Les poches d'air sont absorbés et les troubles de circulation sont plus rares.
- Les possibilités de réglage sont meilleures , par suite du plus grand débit d'eau.
- Une mise en régime plus rapide.

Il ne faut toutefois utiliser que des appareils très silencieux et faire en sorte que le bruit, qui ne peut être entièrement évité ne se transmette au réseau de tuyauterie et aux bâtiments.

Une pompe de circulation est définie par son débit et par sa hauteur manométrique.

Dans le paragraphe précédent , on a pu déterminer les débits d'eau nécessaires au chauffage et à la climatisation, et les pertes de charge que les pompes doivent vaincre.

Le tableau suivant donne les paramètres nécessaires à la détermination des pompes de circulation.

<i>Bâtiment</i>	<i>Type</i>	<i>Débit minimal (Kg/h) de la pompe</i>	<i>Hauteur manométrique (mmCE)</i>
06	<i>Chauffage</i>	6789	146
	<i>Climatisation</i>	47723	3494,17
07	<i>Chauffage</i>	1309	1716
	<i>Climatisation</i>	3310,59	3091,16
15	<i>Chauffage</i>	2507	1841
	<i>Climatisation</i>	8654	2092,16
16	<i>Chauffage</i>	3044	1240,52
	<i>Climatisation</i>	11476,52	2753,27
20	<i>Chauffage</i>	4456	196
	<i>Climatisation</i>	16002	1130,32

4.4. L'étude du circuit d'eau chaude sanitaire

Pour notre cas, les postes d'eau chaude sont nombreux et dispersés, un poste central d'eau chaude a été prévu. Comme en général, les dispositifs sont installés par l'entreprise de chauffage, il convient de dimensionner certains paramètres de cette installation.

Dans tous les genres des bâtiments, les besoins en eau chaude sont très variables dans le temps, mais à certaines heures, il se produit des pointes de consommation en fonction desquelles le réseau de distribution doit être établie.

La température de chauffage de l'eau ne doit pas dépasser 60 °C, car au delà de cette température, le calcaire se dépose et les appareils, entartés et corrodés sont rapidement hors d'usage, la température d'eau froide sera supposé égale à 10 °C.

Les pointes de consommation pour notre cas sont les moments de sortie des travailleurs, et qu'un nombre approximatif de 400 personnes prennent leurs douches. Pour une douche, il faut un volume moyen de 50 l; 25 l d'eau chaude et 25 l d'eau froide.

On devra donc avoir une réserve de $25 \times N$, dans le ballon d'eau chaude sanitaire, tel que N est le nombre de douches. Le volume du ballon d'eau chaude sera égal à:

$$V = 25 \cdot 100 = 2500 \text{ l.}$$

Le réchauffage de l'eau nécessite une quantité de chaleur:

$$Q_v = V \cdot \Delta T = 2500(60-10) = 125000 \text{ Kcal.}$$

Le ballon d'eau chaude doit être calorifugé, la chaleur réelle fournie sera:

$$Q_r = (125000/0.8) = 155000 \text{ Kcal}$$

Si nous comptons une durée d'une heure pour a mise en service, la puissance calorifique nécessaire sera égale à 155000 Kcal/h.

Calcul du circuit d'eau chaude: Le circuit d'eau chaude part du ballon d'eau chaude et se retourne après avoir desservi les robinets de puisage. Les circuits de retour sert à éviter l'eau de stationner et de refroidir, ce qui a comme avantage d'économiser l'eau pure et le temps que ferait l'eau chaude pour arriver aux consommateurs.

Le calcul se fait exactement comme le circuit de chauffage, il faut d'abord calculer les débits d'eau que doit assurer ces circuits. Le débit d'eau que l'on doit fournir pour chaque douche est limité à 10 l/mn [1].

Il faut ensuite calculer les pertes de charge. Ce calcul peut se faire avec les mêmes données du circuit de chauffage. Connaissant les débits et le gradient de pression, le tableau utilisé pour le chauffage à eau chaude donne les diamètres convenables.

4.4.1. Chaudières

Pour pouvoir choisir le type de la chaudière, il suffit de déterminer la puissance calorifique nécessaire \dot{Q}_k . Cette puissance est égale aux besoins calorifiques de l'usine majorés d'un coefficient Z_R tenant compte des pertes de l'installation.

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

\dot{Q} représente la somme des besoins calorifiques de chauffage et d'eau chaude sanitaire, et des besoins calorifiques d'eau chaude utilisée dans l'industrie (Peinture...).

la somme des besoins calorifiques de chauffage des bâtiments administratifs et de l'eau chaude sanitaire et de l'ordre de :

$$\dot{Q}'_k = \dot{Q}_{\text{tot}} + \dot{Q}_{\text{BCS}} = 362115 + 155000 = 0.517 \text{ Gcal/h}$$

$$\text{d'où } \dot{Q}'_k = 0.517(1 + Z_R)$$

On prendra une valeur de $Z_R = 0.1$, donnée par RIETSHEL tenant compte des pertes dans les tuyauteries, et de l'étendue de l'installation.

$$\text{D'où: } \dot{Q}'_k = 0.522 \text{ Gcal/h}$$

La puissance calorifique de la chaudière sera égale à la somme de \dot{Q}'_k et des autres besoins calorifiques de l'usine.

Sachant que \dot{Q}'_k représente 1/10 de \dot{Q}_k d'où

$$\dot{Q}_k = 0.36 \text{ Gcal/h}$$

4.4.2. Conduit de fumée

La cheminée sert à conduire à l'air libre des produits gazeux de la combustion d'un foyer et à assurer la dépression nécessaire dans le foyer pour faire entrer l'air de combustion et vaincre la résistance du circuit. La construction des cheminées doit vérifier certains points, on cite les suivants:

- Les cheminées doivent être montées jusqu'à un niveau assez élevé pour que les gaz de combustion se dégagent normalement plus haut que les bâtiments voisins et sans leur causer aucune gêne.

- Le refroidissement des gaz de combustion doit être le plus faible possible dans la cheminée pour cela il faut autant que possible éviter de monter les cheminées dans les murs extérieurs.

- la cheminée doit être étendue de telle façon qu'il ne puisse se produire ni entrée d'air parasite, ni pénétration de fumées dans la chaufferie en cas de surpression.

- Pour diminuer la résistance au passage du flux gazeux, la surface interne de la cheminée doit être le plus lisse possible.

Calcul des cheminées: Il est impossible de calculer les cheminées avec toute la précision à laquelle la technique s'efforce toujours et cela dû principalement aux conditions atmosphériques, aux problèmes d'étanchéité et à son inertie thermique. Il est judicieux dans ces conditions d'utiliser pour le calcul des cheminées des formules approchées dont les résultats sont éprouvés par des expériences pratiques.

La hauteur de cheminée est déterminée de telle sorte qu'elle dépasse la hauteur du bâtiment d'au moins un mètre.

Pour le calcul de la section de la cheminée, on utilise l'équation de Redtenbacher, donnée ci- dessous:

$$s = \frac{1}{n} \cdot \frac{G_h}{\sqrt{h}}$$

dans laquelle:

- s: est la section libre de la cheminée en m².
- G_h: est la masse horaire de gaz de combustion à évacuer en Kg/h.
- h: est la hauteur de la cheminée en m.
- n: est un coefficient dont la valeur varie de 900 à 1800.

Les chaudières à gaz de grande puissance sont munies de brûleurs à ventilation qui peuvent fonctionner avec une surpression dans le foyer. La section de la cheminée peut être plus petite, d'où une vitesse des gaz plus grande à la sortie; ce qui d'une part diminue l'influence des conditions atmosphériques (température, vent..) sur le

fonctionnement de la chaudière, et d'autre part amoindrit le risque de pollution dans le voisinage.

Si la cheminée a une hauteur de 15 m, on pourra utiliser une section circulaire de diamètre 60 cm ou une section carrée de 53 cm de côté [1].

4.4. L'étude de l'échangeur de couplage

Un échangeur de chaleur, comme son nom l'indique est un appareil destiné à transmettre la chaleur d'un fluide à un autre. Les deux fluides sont séparés par une paroi à travers de laquelle les échanges se font par conduction, la transmission de chaleur fluides- paroi relevant essentiellement de la convection. Le rayonnement n'intervient de manière sensible que s'il existe des différences de température très importantes entre un fluide semi transparent et la paroi. Il est donc possible de ne pas en tenir compte.

Dans les centrales des installations de chauffage importantes, il faut souvent pour véhiculer dans un réseau à distance la chaleur produite par les chaudières, transformer l'eau surchauffée en eau chaude par exemple. On utilise dans ce but des échangeurs de chaleur.

Dans notre cas, l'échangeur de couplage est installé dans la sous-station. Il sert à produire l'eau chaude à 90 °C qui va servir en chauffage des bâtiments administratifs. Il est du type à contre-courant (à faisceau en épingle de cheveux [1]).

Ne disposant d'aucun renseignement sur cet échangeur, on considérera un dimensionnement permettant de limiter la surface à des valeurs raisonnables.

4.4.1. Calcul de la surface d'échange de chauffage

Le flux de chaleur Q'_{tot} transmis du fluide chaud au fluide froid à travers la surface de l'échangeur s'écrit:

$$\begin{aligned} Q'_{tot} &= m_f \cdot C_{Pf} (t_{fs} - t_{fe}) \quad \text{fluide froid} \\ &= m_T \cdot C_{PT} (T_{ce} - T_{cs}) \quad \text{fluide chaud} \end{aligned}$$

On suppose que la chaleur massique de l'eau reste constante et égale à 1 Kcal/Kg.°C.

Le débit d'eau froide (70° / 90°), m_f est donnée par la formule:

$$\dot{m}_t = \frac{\dot{Q}'_{tot}}{C_p \cdot \Delta t} = \frac{398326}{1.20} = 19916 \text{ Kg / h}$$

Pour dimensionner l'échangeur, on applique la méthode du nombre d'unité de transfert. Le flux de chaleur transmis du fluide chaud vers le fluide froid s'écrit sous la forme:

$$\dot{Q}'_{tot} = E \cdot C_{\min} \cdot (T_{ce} - T_{fe})$$

Ne connaissant pas le débit d'eau chaude d'où:

$$C_{\min} = \frac{\dot{Q}'_{tot}}{E \cdot (T_{ce} - T_{fe})}$$

Il est clair qu'en augmentant la température d'entrée de l'eau chaude, son débit diminue, ce qui diminue le coût de l'installation. C'est pour cela l'eau primaire est chauffée jusqu'à 180° d'où:

$$C_c = C_{\min} = \frac{398326}{0.8(180 - 70)} = 4526,43 \text{ Kcal / h.}^\circ\text{C}$$

et d'autre part:

$$C_f = C_{\max} = \dot{m}_t \cdot C_{pt} = 19916 \text{ Kcal/h.}^\circ\text{C}$$

La valeur du groupement sans dimension $NUT = \frac{k \cdot s}{C_{\min}}$ se détermine en fonction

de l'efficacité de l'échangeur et du rapport $\frac{C_{\min}}{C_{\max}}$ qui est égal à 0.23 [5].

Donc pour une efficacité de 0.80, le nombre d'unité de transfert NUT prend la valeur de 2.25.

Si l'on prend la valeur du coefficient de transmission estimée à 1000 Kcal/m².h.°C [2]., on déduit la surface d'échange:

$$s = \frac{NUT \cdot C_{\min}}{k} = \frac{2,25 \cdot 4526,43}{1000} = 10,16 \text{ m}^2$$

La température de sortie d'eau chaude de l'échangeur est donnée par la formule:

$$T_{cc} = T_{cs} - \frac{Q_{tot}}{\dot{m}_T \cdot C_{pT}}$$

$$T_{cc} = 180 - \frac{398326}{1.4526,43} \approx 90^\circ C$$

$$T_{cc} = 90^\circ C$$

4.5. Détails pratiques de l'installation

Les problèmes physiques les plus fréquents dans une installation sont en général, la dilatation, l'expansion du liquide, les poches d'air, l'entartrage, la condensation, l'échange thermique et la corrosion.

Le fonctionnement correct de l'installation résulterait non seulement de l'exactitude du calcul et du soin d'exécution mais aussi du respect de certains détails qui prendront en compte ces problèmes physiques.

4.5.1. La dilatation des tuyauteries

On peut admettre d'une manière approchée que l'allongement d'une conduite de l'eau chaude de longueur 1 m e et de 1 mm.

La dilatation thermique des tuyaux doit autant que possible être compensée par un tracé approprié (compensation naturelle). A cet effet, on peut avantageusement poser une conduite entre deux points, non suivant le plus court chemin, c'est à dire une droite mais avec plusieurs changements de direction.

Pour notre cas, les effets de dilatation d'un réseau de tuyauterie ne peuvent être absorbés naturellement, surtout dans les parties rectilignes de grande longueur et de gros diamètre, il faut prévoir ses organes spéciaux de compensation tel que le compensateur à double cintrage en *forme* de U.

Celles-ci se caractérisent par une parfaite sûreté de fonctionnement. L'inconvénient qu'elles présentent l'encombrement qui ne permet pas de les employer sur les tuyauteries en caniveau.

Il faudra aussi que le rapport des conduites soient constituées de tel façon que les tuyaux puissent se dilater aussi librement que possible dans la direction de leurs axes. Pour cette raison, la tuyauterie doit être supportée entre deux points fixes par des supports glissants. Les points fixes sont destinés à neutraliser les efforts résultant

dilatation et du frottement. Ce sont des supports fixant le tube à un ouvrage en maçonnerie ou à un élément du caniveau.

4.6.2. Vase d'expansion

Avant la mise en marche de la chaudière, l'ensemble de l'installation est plein d'eau froide. au cours de la montée en température de cette eau, il se produit une expansion du volume d'eau ce qui engendrerait une force importante qui pourrait causer des ruptures si le réseau est fermé. On utilise à cet effet un vase d'expansion.

On utilise comme vase d'expansion des récipients fermés cylindriques ou parallélépipédiques en tôle d'acier, leur capacité doit être égale à environ deux fois l'augmentation de volume due à la dilatation de toute l'eau contenue dans l'installation. Les dimensions principales des vases d'expansion cylindriques sont normalisées.

Dans tous les cas, le vase et les tuyauteries qui y aboutissent doivent être soigneusement calorifugés et autant que possible, disposés en un endroit protégé de la gelée, par exemple au voisinage de la cheminée.

Il existe deux types de vases d'expansion:

- Ouvert à l'air libre: réservoir placé à la partie haute de l'installation qui communique avec l'extérieur par un trop plein.
- Fermé: c'est une enceinte cylindrique en acier étanche, séparée en deux parties par une membrane en caoutchouc placée à mi-hauteur.

D'un côté de l'enceinte, l'eau pénètre librement et repousse la membrane en se dilatant. De l'autre côté de l'enceinte, un gaz inerte (de l'azote) équilibre la pression et tend à repousser l'eau quand elle se contracte.

L'avantage de ce type de vase qui, est couramment utilisé est d'empêcher l'air de l'atmosphère de se mélanger au fluide de chauffage et le rendre nocif.

4.6.3. Purge d'air

Il existe toujours une certaine quantité d'air en solution dans l'eau. Lors d'un chauffage, le coefficient de dilatation de l'air étant très supérieur à celui de l'eau, il se dégage sous forme de bulles et la teneur de l'eau en air diminue progressivement. Ces bulles d'air sont très gênantes: elles s'accumulent dans les parties hautes de l'installation nuisant la bonne circulation de l'eau.

Il est donc recommandé de placer dans les parties hautes de l'installation , un purgeur , c'est à dire une cavité ,qu'un clapet s'ouvre automatiquement quant la pression d'air est trop forte.

4.6.4. Calorifuges

Dans une installation de chauffage et de climatisation , toutes les tuyauteries de distribution doivent être protégés contre toute perte de chaleur par un calorifuge efficace.

Hormis , sa faible conductivité thermique, un bon isolant doit posséder les qualités suivantes:

- Résistance à la chaleur pour le cas de chauffage, et autant que possible à l'humidité ou être protégé efficacement contre celle-ci.
- Résistance mécanique aux vibrations et chocs.
- Facilité de pose et de réparation.
- Etre inattaquant par les insectes ou les rongeurs.

Dans le choix de l'épaisseur de l'isolant d'une tuyauterie interviennent aussi bien des considérations d'exploitation que d'économie.

Il est bien évident que plus le calorifuge est épais, plus l'économie de chaleur est importante mais aussi les dépenses augmentent. Il existe une épaisseur au delà de laquelle l'économie réalisée en diminuant la chaleur perdue, sera inférieure au supplément de prix (amortissement compris) du calorifuge.

Diamètre intérieur du tube(mm)	Epaisseur de calorifuge (mm)
10 à 30	20
30 à 70	30
70 à 100	40

Les principaux matériaux de base classés selon origine en trois types:

- Matières minérales: tel que le "kieselguhr", les carbonates de magnésium, l'amiante, soies et laines minérales et béton cellulaire. Ces isolants sont imputrescibles, inflammables(sous réserve du liant synthétique dans les fibres minérales) très résistibles

au feu. Par contre leur structure les rend parfois perméables à la vapeur d'eau qui s'écoule à travers les fibres ou les cellules communicantes.

- Matières organiques: La plupart des fibres végétales et animales sont de bons isolants mais leur résistance et leur durée de vie sont faibles. Le plus favorable parmi eux est bien le liège pour les températures inférieures à 100 °C.

- Isolants de synthèse [6]: tel que le polymère expansé, béton à perles de polystyrène , polychlorure de vinyle...

Dans l' installation de chauffage, ce sont surtout les matières minérales qui sont employées. Dans l'installation de climatisation, on emploie aussi les matières minérales, mais on préfère le polystyrène ou le polyuréthane, et aussi le caoutchouc expansé.

4.7. *Traitement des eaux*

La qualité d'eau qui doit alimenter une installation de chauffage et de climatisation, constitue un élément essentiel de bon fonctionnement , on devrait donc s'en procurer avant toute utilisation.

Les eaux naturelles , quelque soit leur provenance, mer , fleuve, source souterraine etc.... ont toujours en un long contact avec le sol , roches de toute nature, terres meubles et ont arrachés des débris. Il en résulte qu'avant tout traitement , une eau contient:

- Des débris solides, tombant par gravité, et qu'il est aisé d'éliminer par filtration.
- Une boue trop légère pour se déposer par gravité , formée essentiellement de débris organiques et provoquant la turbidité (défaut de transparence) de l'eau.
- Des gaz dissous, oxygène, azote et le plus important pour les transformations chimiques qu'il entraîne, le bioxyde de carbone CO_2 .
- Des sels dissous, comme le calcium (Ca) est un élément très répandu dans l'écorce terrestre, les sels le plus souvent rencontrés sont les carbonates alcalino- terreux (carbonate de calcium CO_3Ca , carbonate de magnésium (CO_3Mg), le sulfate de calcium ou gypse CaSO_4).

Ces différents éléments présents sont à l'origine des réactions chimiques , au sein du liquide et à la surface du métal qui le contient et provoquent l'entartrage ou la corrosion.

4.7.1. Entartrage

Les sels dissous, sous l'effet du réchauffage, se déposent en partie, sous forme soit d'incrustations dures (tartre des chaudières) soit de boues.

Lorsque la teneur de l'eau en bioxyde de carbone est faible, le bicarbonate de calcium $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ou de magnésium soluble, se décompose en donnant du carbonate de calcium CaCO_3 ou de magnésium soluble, qui se dépose au fond des récipients sous forme d'une croûte blanchâtre. L'eau est alors dite incrustante ou entartrante. S'il y a au contraire excès de bioxyde de carbone, l'eau est dite acide ou agressive.

Le dépôt de tartre sur les surfaces d'échange (de réchauffage ou de refroidissement) entrave la transmission de la chaleur, augmente les pertes de charge dans les tuyauteries et provoque de la partie des parois en état ferreux sous-jacente à la couche de tartre, des tensions supplémentaires qui peuvent amener la rupture.

La présence de boues peut obstruer certaines parties de l'installation et s'opposer à la circulation de fluides.

Les boues peuvent aussi se carboniser sur les parois en métal ferreux et former du tartre dur. Si le dépôt se fait sur des parties en acier, il se produit souvent à ces endroits des amorces de corrosion.

4.7.2. Corrosion

Il se produit des corrosions surtout dans les tuyauteries et dans les ballons des installations de production d'eau chaude sanitaire, mais aussi dans les chauffages à eau chaude quand ceux-ci sont mal conduits.

La corrosion se produit de façons très diverses, la destruction du matériau est essentiellement due à des phénomènes électrolytiques, et ce lorsque en deux points, il n'y a pas d'hétérogénéité, soit dans le métal soit dans l'eau qui le baigne. Or, les soudures, chauffages intermittents, écrouissage, entraînent des différences structurales dans le réseau cristallin d'un même métal. D'autre part, des différences de vitesse dans l'écoulement de l'eau, des tourbillons aux coudes, entraînant la formation des zones plus ou moins aérées, d'où formation possible de petites piles avec amorce de corrosion. Les dangers d'entartrage et de corrosion sont d'autant plus grands que l'immeuble alimenté est plus important.

En effet les différences de vitesses, de pression, les changements de métal (Robinetteries diverses branchées sur les conduits) sont d'autant plus importants que la canalisation est plus étendue.

4.7.3. Mesures de protection

Pour limiter pratiquement tous ces risques, l'eau de remplissage et d'adduction ainsi que l'eau de chaudière et de circulation doivent présenter certaines caractéristiques qui peuvent être obtenues d'une manière simple et la mieux contrôlable par des traitements physiques et chimiques.

Il existe aujourd'hui différentes méthodes qui ont un rôle préventif contre les corrosions, les dépôts et l'action microbiologique.

L'ENMPA dispose d'une installation conçue pour effectuer l'analyse et le traitement de l'eau en passant par les étapes suivantes:

- L'eau brute (eau de ville) arrive jusqu'au bassin à travers une conduite. On y injecte de l'air comprimé grâce à un compresseur, pour l'oxydation du fer

- L'eau du bassin est pompée vers une série de filtres sous pression, en lui ajoutant de l'acide sulfurique, qui oxyde les métaux lourds, avant qu'elle y pénètre.

- Dans ces filtres l'eau est séparée des sels qu'elle contient.

L'eau traverse ensuite le dégazeur où l'air est fortement ventilé pour lui enlever les gaz(CO₂).

- Avant que l'eau arrive au bassin "eau traité", on lui ajouterait de la soude caustique pour l'élévation de son pH au cas où celui-ci se trouve inférieur à 7, et du chlore pour l'élimination des odeurs.

Enfin, l'eau traitée est pompée vers les différentes installations.

Bâtiment 06 (Chauffage)

	Debit (Kg/h)	ϕ (mm)	V (m/s)	Δh mmCE/m	2.L (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	38,73	15/21	0,06	0,48	4,35	8,74	2,09	0,48	2,57
2	77,47	20/27	0,065	0,40	3,75	2,4	1,5	0,5	2
3	116,20	26/34	0,06	0,26	-	-	0,97	0,44	1,41
4	154,94	26/34	0,08	0,45	-	-	1,69	0,76	2,45
5	192,66	26/34	0,095	0,60	-	-	2,25	1,08	3,33
6	230,38	33/42	0,065	0,22	-	-	0,82	0,5	1,32
7	268,1	33/42	0,075	0,28	-	-	1,05	0,67	1,72
8	305,82	33/42	0,085	0,36	-	-	1,35	0,86	2,21
9	343,54	33/42	0,10	0,45	-	-	1,69	1,20	2,89
10	381,26	33/42	0,11	0,55	-	-	2,06	1,44	3,5
11	422,23	33/42	0,12	0,65	-	-	2,44	1,68	4,12
12	463,21	33/42	0,13	0,75	-	-	3,37	2,02	5,39
13	504,96	33/42	0,15	0,90	-	-	3,75	2,64	6,39
14	546,71	33/42	0,16	1,00	-	-	2,06	3,02	5,08
15	578,32	40/49	0,12	0,55	-	-	2,25	1,68	3,93
16	609,93	40/49	0,13	0,60	-	-	2,55	2,02	4,57
17	649,80	40/49	0,14	0,60	-	-	2,81	2,30	5,11
18	689,67	40/49	0,15	0,75	7,75	20,1	5,81	22	27,81
19	729,54	40/49	0,15	0,8	3,75	2,4	1,13	2,64	3,77
20	769,41	DN50	0,10	0,3	-	-	1,12	1,20	2,32
21	801,02	DN50	0,11	0,35	-	-	1,31	1,44	2,75
22	832,63	DN50	0,11	0,36	-	-	1,35	1,44	2,73
23	859,75	DN50	0,12	0,38	2,00	-	0,76	1,68	2,44
24	1286,29	DN60	0,12	0,28	21	4,64	5,88	3,36	9,24
25	2505,21	DN60	0,13	0,26	9,20	7,24	2,39	6,1	8,49
26	3234,01	DN100	0,12	0,16	30	2,4	4,8	1,68	6,48
27	3904,48	DN100	0,14	0,23	4	12,64	0,92	13	13,92
28	6789,2	DN150	0,11	0,09	300	28,16	0,27	8	8,27

Bâtiment 06 (Climatisation)

	Debit (Kg/h)	ϕ (mm)	V (m/s)	Δh mmCE/m	2.L (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	182,24	15/21	0,26	7,5	4,35	8,74	32,62	29	
2	364,52	20/27	0,30	6,0	3,75	2,4	22,5	10,6	
3	549,76	26/34	0,28	4,0	-	-	15	19,36	
4	729,04	26/34	0,36	7,0	-	-	26,25	11,54	
5	841,44	26/34	0,42	9	-	-	33,75	21,02	
6	953,84	33/42	0,28	9,8	-	-	36,75	9,36	
7	1066,24	33/42	0,30	3,3	-	-	12,37	10,8	
8	1178,64	33/42	0,34	4,0	-	-	15	12,80	
9	1291,04	33/42	0,38	5,0	-	-	18,75	17,18	
10	1403,48	33/42	0,41	5,75	-	-	21,56	19,7	
11	15160	33/42	0,44	6,5	-	-	24,37	23,04	
12	1628,56	33/42	0,46	7,5	-	-	28,12	25,2	
13	1742,64	33/42	0,49	8,5	-	-	31,87	28,6	
14	1856,68	33/42	0,50	9,5	-	-	35,62	30,95	
15	1970,76	40/49	0,43	5,3	-	-	19,87	22,14	
16	2084,8	40/49	0,45	5,6	-	-	21	24,08	
17	2198,52	40/49	0,47	6,4	-	-	24	26,72	
18	2312,2	40/49	0,50	7,0	7,75	20,1	155,77	250	
19	2425,92	40/49	0,50	7,5	3,75	2,4	28,12	30,95	
20	2539,64	DN50	0,36	2,8	-	-	10,5	14,54	
21	2666,08	DN50	0,36	3,0	-	-	11,25	14,54	
22	2767,76	DN50	0,37	3,2	-	-	12	16,08	
23	2876,24	DN50	0,39	3,5	2,00	-	7	19,28	
24	5112,8	DN60	0,45	3,5	21	4,64	73,5	40,68	
25	9722,64	DN60	0,5	3,3	9,20	7,24	30,36	89,62	
26	12350,8	DN100	0,44	1,9	30	2,4	57	23,04	
27	14321,4	DN100	0,50	2,50	4	12,64	10	78,5	
28	47723,0	DN150	0,75	3,3	300	28,16	990	780	

Bâtiment 07 (Chauffage)

	\dot{m} (Kg/h)	ϕ (mm)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	42,98	12/17	0,1	1,9	4,9	13,8	3,31	3,5	
2	116,99	15/21	0,17	3,4	6,6	2,4	22,44	3,46	
3	191,99	-	0,28	8,5	6,6	-	56,1	9,36	
4	265,01	20/27	0,22	3,4	8,4	-	28,56	5,76	
5	339,02	-	0,28	5,5	8,4	-	46,2	9,36	
6	413,03	-	0,32	7,75	8,2	-	63,55	12,2	
7	478,04	26/34	0,24	3,3	8,4	-	27,72	6,06	
8	561,05	-	0,28	4,0	8,4	-	33,6	9,36	
9	635,06	-	0,32	5,5	6,6	-	36,3	12,2	
10	709,07	-	0,36	6,5	6,6	-	42,5	15,46	
11	783,08	-	0,40	8,0	4,9	-	39,2	19,06	
12	826,06	-	0,42	9,0	25	3,52	225	30,65	
13	895,33	-	0,44	10	20	2,4	200	23,04	
14	964,6	33/42	0,28	2,8	5	3,52	14	13,6	
15	973,16	-	0,28	2,9	4	2,4	11,6	9,36	
16	981,72	-	0,28	2,9	3	-	8,8	9,36	
17	990,28	-	0,28	2,9	3	-	8,7	9,36	
18	998,84	-	0,28	2,9	2,2	-	6,38	9,36	
19	1012,8	-	0,30	3,1	2,2	-	6,82	10,7	
20	1038,6	-	0,30	3,2	4,5	-	14,4	-	
21	1058,7	-	0,30	3,2	4,5	-	14,4	-	
22	1078,9	-	0,32	3,5	6	-	21	12,2	
23	1099,0	-	0,32	3,6	3	-	10,5	-	
24	119,1	-	0,32	3,7	3	-	11,1	-	
25	1126,1	-	0,32	3,7	3	-	11,1	-	
26	1133,2	-	0,32	3,7	5,2	-	19,24	-	
27	1143,1	-	0,34	3,8	5,2	-	19,76	13,9	
28	1153,1	-	0,34	3,9	5,2	-	20,28	-	
29	1157,4	-	0,34	4,0	5,2	-	20,8	-	
30	1161,7	-	0,34	4,0	5,2	-	20,8	-	
31	1165,9	-	0,34	4,0	5,2	-	20,8	-	
32	1170,2	-	0,34	4,0	5,2	3,52	20,8	20,05	
33	1239,5	-	0,36	4,5	20	2,4	30	15,46	
34	1308,7	-	0,38	5,0	25	8,52	125	17,2	

Bâtiment 07 (Climatisation)

	\dot{m} (Kg/h)	ϕ (mm)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	Δh mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	248,95	20/27	0,2	3,0	5,8	12,74	17,4	25,42	
2	490,28	26/34	0,24	3,3	5,6	2,4	18,48	6,06	
3	727,5	26/34	0,36	7,0	8,3	-	58,1	15,46	
4	964,72	33/42	0,28	2,8	8,3	-	23,24	9,36	
5	1096	33/42	0,32	3,6	5,2	-	18,72	12,2	
6	1317,6	33/42	0,38	5,0	4,7	-	23,5	17,2	
7	1539,2	33/42	0,44	6,5	4,7	-	30,55	23,04	
8	1760,8	33/42	0,49	8,5	4,7	-	39,95	28,04	
9	1966,6	40/49	0,43	5,2	6,3	-	32,76	28,06	
10	2172,5	40/49	0,47	6,2	6,3	-	39,06	21,78	
11	2378,1	40/49	0,50	7,25	6,3	-	45,67	26,30	
12	2613,9	40/49	0,55	9,0	5,6	-	50,4	29,76	
13	2849,8	DN50	0,39	3,4	5,6	-	19,04	36	
14	3080,2	DN50	0,44	3,8	5,6	-	21,28	36	
15	3310,6	DN50	0,46	4,5	5,6	13,12	25,2	23,12	
16	3480,6	DN50	0,46	4,60	3	-	13,8	137,4	
17	3500,0	40/49	0,48	4,75	3	-	14,25	100,5	
18	3520,7	33/42	0,49	4,80	2,2	-	10,76	94,05	
19	3604,0	33/42	0,51	4,90	2,2	-	22,27	90,05	
20	3050,0	26/34	0,52	4,85	4,5	-	24,75	75,00	
21	3780,0	26/34	0,53	5,5	4,5	-	34,5	35,00	
22	3850,0	26/34	0,53	5,75	6	-	19,5	33,5	
23	3817,0	33/42	0,58	6,35	3	-	20,25	85,0	
24	3858	33/42	0,35	6,5	3	-	35,80	75,0	
25	3890,5	20/27	0,34	6,75	3	-	37,7	60,5	
26	3900,5	26/34	0,30	6,90	5,2	-	40,82	55,5	
27	4050,0	26/34	0,28	7,25	5,2	-	43,42	50,0	
28	4200,0	33/42	0,23	7,85	5,2	-	44,2	40,0	
29	4250,0	33/42	0,32	8,35	5,2	3,52	45,5	35,0	
30	4275,0	DN50	0,40	8,50	5,2	2,4	46,28	31,0	
31	4325,0	DN50	0,42	8,75	5,2	-	46,8	28,5	
32	4400,0	DN50	0,41	8,90	5,2	-	19,6	28,0	
33	4428,0	40/49	0,40	9,00	20	-	243,75	27,0	

Bâtiment 15 (Chauffage)

	\dot{m} (Kg/h)	ϕ (pouce)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	52,26	1/2"	0,07	0,72	3,5	12,74	2,52	12,00	
2	104,53	3/4"	0,08	0,58	-	2,4	2,03	3,6	
3	156,79	3/4"	0,12	1,2	-	-	4,20	2,5	
4	209,05	1	0,10	6,5	-	-	22,75	2,8	
5	252,12	1	0,12	9,5	-	-	33,25	3,5	
6	295,12	1	0,15	1,3	-	-	4,50	4,2	
7	338,27	1-1/4	0,09	0,38	-	-	1,33	5,2	
8	381,35	1-1/4	0,11	0,5	-	-	1,75	6,3	
9	424,42	1-1/4	0,12	0,62	-	-	2,17	7,9	
10	467,50	1-1/4	0,7	0,13	-	-	0,45	8,5	
11	510,57	40	0,12	0,55	-	-	1,92	9,2	
12	553,69	1-1/4	0,16	1,00	-	-	3,50	10,00	
13	596,72	40	0,14	0,72	-	-	2,52	10,2	
14	682,87	1	0,34	6,00	-	-	21,00	10,3	
15	725,94	40	0,17	1,00	-	-	3,50	10,45	
16	769,01	40	0,18	1,20	-	-	4,20	11,00	
17	812,08	40	0,19	1,30	-	-	4,55	11,20	
18	855,15	1-1/2	0,18	1,10	-	-	3,85	11,35	
19	898,22	1-1/2	0,19	1,20	-	-	4,2	11,45	
20	941,29	1-1/2	0,20	1,3	-	-	4,55	11,50	
21	984,36	50	0,14	6,5	-	-	1,75	12,00	
22	1027,4	50	0,14	0,55	-	-	1,92	13,2	
23	1070,5	50	0,15	0,65	-	-	2,27	13,6	
24	1113,6	1	1,55	14,00	-	-	49	13,8	
25	1159,9	1-1/2	0,24	1,90	-	-	6,65	14,5	
26	1206,2	1	0,60	15,00	-	-	52,5	14,6	
27	1252,5	1-1/4	0,36	4,50	-	-	15,75	14,75	
28	1298,7	1-1/4	0,37	5,00	-	-	17,50	15,00	
29	1345,0	50	0,19	0,80	-	3,5	2,80	15,20	
30	1391,3	1-1/2	0,30	2,70	-	2,4	9,45	15,6	
31	1403,3	1-1/2	0,32	2,80	-	-	9,80	16,00	
32	1428,4	1-1/2	0,34	2,95	-	3,5	10,32	16,2	
33	1446,9	1-1/4	0,42	6,00	-	2,4	21,0	16,45	
34	1465,5	1-1/2	0,38	3,20	-	2,40	11,2	16,85	
35	1508,1	1-1/4	0,44	6,50	-	-	22,75	17,00	
36	1550,8	1-1/4	0,47	6,90	-	-	24,15	17,45	
37	1593,5	1-1/4	0,49	7,20	-	-	25,20	17,50	
38	1636,2	1-1/4	0,50	7,40	-	-	26,00	17,60	
39	1678,8	1-1/4	0,51	7,50	-	-	26,25	17,75	
40	1721,5	1-1/4	0,52	7,80	-	-	27,3	17,95	

	m (kg/h)	ϕ (pouce)	V (m/s)	ΔP mmCE/m	L ₂ (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE
41	1764,2	1-1/4	0,52	7,84	-	-	27,44	18,201
42	1806,8	1-1/4	0,53	7,90	-	-	27,65	19,20
43	1849,5	1-1/4	0,51	8,00	-	-	28,00	19,30
44	1892,2	1-1/4	0,51	8,20	-	5,4	28,70	19,75
45	1934,9	1-1/4	0,52	8,40	-	2,4	29,4	20,20
46	1977,5	1-1/4	0,52	8,60	-	-	30,10	20,45
47	2020,2	1-1/4	0,53	8,75	-	-	30,62	20,55
48	2062,9	1-1/2	0,42	3,80	-	-	13,3	23,00
49	2105,5	1-1/2	0,44	4,10	-	-	14,35	23,50
50	2148,2		0,28	1,80	-	-	6,30	23,75
51	2190,9	1-1/4	0,54	9,50	-	-	33,25	24,00
52	2233,6	40	0,28	1,86	-	-	6,30	25,65
53	2276,2	40	0,50	7,56	-	-	26,25	25,85
54	2318,9	40	0,52	7,85	-	-	27,47	26,00
55	2361,6	40	0,52	7,95	-	-	27,82	26,80
56	2404,2	40	0,51	8,00	-	-	28,00	26,9
57	2455,9	40	0,53	9,00	-	-	31,5	27,9
58	2507,5	40	0,53	9,50	5,60	3,15	37,25	33,00

Bâtiment 15 (Climatisation)

	m' (Kg/h)	ϕ (pouce)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	235,24	1/2''	0,28	9,00	3,5	12,74	31,5	12,60	
2	310,52	3/4''	0,23	3,90	-	2,4	13,6	3,6	
3	456,76	3/4	0,37	9,40	-	-	32,9	2,3	
4	621,04	1	0,32	5,20	-	-	18,2	4,8	
5	762,08	1	0,36	7,00	-	-	24,5	7,2	
6	903,12	1	0,45	10,00	-	-	35,0	3,2	
7	1044,2	1-1/4	0,31	3,50	-	-	12,25	4,00	
8	1185,2	1-1/4	0,33	3,60	-	-	13,3	5,2	
9	1326,3	1-1/4	0,36	4,65	-	-	16,27	6,7	
10	1467,4	1-1/4	0,43	,50	-	-	22,75	7,8	
11	1611,2	40	0,42	5,60	-	-	19,6	9,00	
12	1749,5	1-1/4	0,48	8,00	-	-	28,0	11,5	
13	1890,6	40	0,46	6,50	-	-	22,75	14,3	
14	2031,8	1	0,24	3,25	-	-	11,37	5,7	
15	2172,9	40	0,50	7,50	-	-	26,25	7,8	
16	2340,0	40	0,53	8,25	-	-	28,87	8,2	
17	2455,2	40	0,58	10,00	-	-	35,00	8,9	
18	2596,3	1-1/2	0,55	8,24	-	-	28,84	10,2	
19	2737,5	1-1/2	0,57	9,00	-	-	31,5	11,5	
20	2878,8	1-1/2	0,60	10,00	-	-	35	123	
21	3020,0	50	0,44	4,25	-	-	14,87	13,4	
22	3161,2	50	0,45	4,50	-	-	15,75	15,9	
23	3302,4	50	0,47	5,00	-	-	17,5	16,8	
24	3443,7	1	0,50	8,00	-	-	28	17,5	
25	3591,4	1-1/2	0,42	7,50	-	-	26,25	19,2	
26	3739,0	1	0,46	9,00	-	-	31,5	21,0	
27	3886,8	1-1/4	0,37	3,88	-	-	13,50	7,2	
28	4034,4	1-1/4	0,42	6,20	-	-	21,70	7,8	
29	4264,9	50	0,20	7,60	-	3,5	26,6	9,00	
30	4495,5	1-1/2	0,48	4,75	-	2,4	16,62	9,00	
31	4726,0	1-1/2	0,45	4,25	-	-	14,87	11,5	
32	4956,5	1-1/2	0,37	4,75	-	3,5	16,62	12,5	
33	5096,1	1-1/4	0,62	5,20	-	2,4	18,20	14,3	
34	5235,8	1-1/2	0,85	6,00	-	2,40	21,50	13,5	
35	5375,3	1-1/4	0,39	5,40	-	-	18,9	15,5	
36	5515	1-1/4	0,40	5,50	-	-	19,25	15,9	
37	5654,5	1-1/4	0,41	5,75	-	-	20,12	16,00	
38	5794,1	1-1/4	0,42	6,25	-	-	21,87	17,5	
39	5933,8	1-1/4	0,43	6,40	-	-	22,4	18,3	

	\dot{m} (Kg/h)	ϕ (pou ce)	V (m/s)	ΔR mm CE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mm CE	Z mm CE
40	6073,5	1-1/4	0,42	6,20	-	-	21,7	17,5
41	6213,2	1-1/4	0,44	6,75	-	-	23,62	19,2
42	6352,9	1-1/4	0,45	7,00	-	-	24,5	20,5
43	6492,5	1-1/4	0,46	7,50	-	-	26,25	21,00
44	6632,2	1-1/4	0,48	8,00	-	5,4	28,00	22,8
45	6172	1-1/4	0,50	8,25	-	2,4	28,87	24,8
46	6911,8	1-1/4	0,51	8,35	-	-	29,22	25,00
47	7051,6	1-1/4	0,52	8,50	-	-	29,75	25,3
48	7191,4	1-1/2	0,53	9,00	-	-	31,5	26,1
49	7331,2	1-1/2	0,54	9,20	-	-	32,2	27,0
50	7451,0	50	0,55	9,50	-	-	33,25	30,0
51	7610,9	1-1/4	0,55	10,00	-	-	35,00	30,0
52	7750,7	40	0,46	6,50	-	-	22,75	21,0
53	7890,5	40	0,47	6,75	-	-	23,62	22,0
54	8030,3	40	0,48	7,00	-	-	24,5	22,8
55	8186,2	40	0,50	7,50	-	-	26,25	24,8
56	8142,2	40	0,52	8,00	-	-	28,5	25,3
57	8498,1	40	0,53	8,50	-	-	29,75	26,1
58	8654,0	40	0,55	9,00	5,60	3,15-	31,5	30,0

Bâtiment 16 (Chauffage)

	m' (Kg/h)	ϕ (Pouce)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mmCE/	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	40,07	1/2"	0,15	3,70	3,5	12,74	12,95	10,50	
2	80,13	1/2	0,14	3,40	-	2,4	11,9	11,00	
3	120,26	3/4	0,12	3,20	-	-	11,82	11,25	
4	160,27	3/4	0,22	4,75	-	-	13,42	12,75	
5	212,7	3/8	0,24	5,60	-	-	16,68	13,20	
6	265,13	3/4	0,27	6,60	-	-	19,50	13,25	
7	317,56	3/4	0,28	7,40	-	-	26,22	14,00	
8	369,95	1-1/2	0,29	8,50	-	-	29,7	14,25	
9	444,4	1-1/2	0,30	6,40	-	-	19,25	14,50	
10	474,85	40	0,311	8,90	-	-	31,15	11,50	
11	527,28	40	0,32	9,00	-	-	31,5	10,25	
12	579,71	DN50	0,50	10,00	-	-	35	9,75	
13	632,15	DN50	0,50	11,00	-	-	38,5	8,18	
14	684,57	3/4	0,55	10,20	5,20	3,56	35,7	8,50	
15	737,00	1/2	0,45	13,00	3,50	2,4	10,5	12,00	
16	789,43	1-1/2	0,40	4,5	-	-	15,75	13,00	
17	841,86	1-1/2	0,38	4,75	-	-	16,625	14,00	
18	894,3	3/8	0,39	5,15	-	-	18,37	14,50	
19	546,70	3/8	0,29	6,75	-	-	23,62	16,00	
20	99,15	3/4	0,27	7,25	-	-	28,30	17,00	
21	1051,6	3/4	0,28	8,25	-	-	26,00	18,50	
22	1104,0	40	0,47	8,00	-	-	31,5	19,20	
23	1156,4	1-1/2	0,48	9,00	-	-	7	19,25	
24	1208,9	1-1/2	0,52	2,00	-	-	42	20,25	
25	1261,3	1/2	0,43	12,00	-	-	35,35	20,50	
26	1313,7	1/2	0,45	10,10	4,60	-	12,25	20,75	
27	1366,2	3/4	0,48	3,50	3,50	-	30,62	21,25	
28	1418,6	3/4	0,37	8,75	-	-	30,97	22,75	
29	1471,0	3/8	0,18	8,65	-	-	34,82	23,00	
30	1523,4	1/8	0,19	9,58	-	3,50	25,00	24,00	
31	1575,9	1-1/2	0,29	10,00	-	2,4-	29,75	25,25	
32	1628,3	1/2	0,39	9,50	-	33,25	13,11	22,00	
33	1680,7	1-1/2	0,34	3,75	-	13,12	23,75	21,00	
34	1733,2	1-1/2	0,35	8,45	-	-	32,37	19,75	
35	1785,6	1-1/2	0,36	9,25	-	-	34,12	18,75	
36	1838,0	3/4	0,37	9,75	-	-	32,37	18,5	
37	1890,5	3/4	0,19	9,25	-	-	35,52	17,75	
38	1942,9	1	0,20	10,15	-	-	30,62	14,20	
39	1995,3	1	0,25	8,75	-	-	33,25	19,75	

	m (kg/h)	ϕ (pouce)	V (m/s)	Δh (mm CE/m)	$l \cdot z$ (m)	ξ	ΔH (mm CE)	z (mm CE)
40	2047,7	1	0,27	10,25	-	-	35,87	14,00
41	2100,1	3/8	0,28	10,75	-	-	37,62	15,00
42	2154,6	3/8	0,28	10,65	-	-	37,38	16,00
43	2205,0	3/4	0,35	9,20	5,20	3,5	32,2	15,25
44	2257,5	3/4	0,36	9,35	3,50	2,4	32,7	14,75
45	2304	1-1/2	0,37	9,45	-	-	33,0	13,75
46	2362,3	1-1/2	0,38	9,75	-	-	34,1	13,25
47	2414,8	1/2	0,42	9,90	-	-	34,65	12,75
48	2467,2	1/2	0,43	12,0	-	-	42	10,75
49	2519,6	1-1/2	0,44	12,25	-	-	42,87	9,75
50	2572,0	8/4	0,45	12,75	-	-	44,62	9,95
51	2624,5	3/4	0,46	13,25	-	-	46,37	8,75
52	2676,9	3/8	0,42	14,00	-	-	49,00	12,75
53	2729,3	3/8	0,43	14,25	-	-	49,87	13,25
54	2781,8	1-1/2	0,44	14,75	-	-	51,62	12,50
55	2834,2	1-1/4	0,45	16,75	-	-	58,62	11,50
56	2886,6	1-1/4	0,46	17,00	-	-	59,5	11,25
57	2939,0	1-1/4	0,48	18,00	5,60	-	63	10,25
58	2991,5	1/2	0,52	19,00	-	-	66,5	9,75
59	3043,9	1/2	0,35	12,00	-	-	42	8,75

Bâtiment 16 (Climatisation)

	m' (Kg/h)	ϕ (Pouce)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mmCE'	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	27,79	1/2"	0,07	3,00	3,5	12,74	10,5	12,00	
2	55,58	1/2	0,08	3,2	-	2,4	11,2	12,52	
3	83,37	3/4	0,1	3,5	-	-	12,25	13,54	
4	111,16	3/4	0,12	3,65	-	-	12,77	14,70	
5	279,17	3/8	0,12	3,62	-	-	11,2	9,00	
6	447,16	3/4	0,10	3,90	-	-	10,5	8,75	
7	615,19	3/4	0,15	3,42	-	-	11,97	9,25	
8	783,2	1-1/2	0,27	4,50	-	-	15,75	13,50	
9	951,21	1-1/2	0,25	4,20	-	-	14,70	14,00	
10	1119,2	40	0,28	4,65	-	-	16,27	13,25	
11	1175,2	40	0,28	4,68	-	-	16,38	12,75	
12	1231,2	DN50	0,28	4,68	-	-	16,38	11,00	
13	1268,1	DN50	0,29	4,75	-	-	16,62	10,50	
14	1305,0	3/4	0,31	5,20	5,20	3,56	18,2	13,40	
15	1341,9	1/2	0,32	5,55	3,50	2,4	19,42	14,20	
16	1378,8	1-1/2	0,33	5,55	-	-	19,42	14,50	
17	1415,7	1-1/2	0,55	5,75	-	-	20,12	15,50	
18	1451,6	3/8	0,56	5,75	-	-	20,12	16,50	
19	1483,5	3/8	0,40	5,65	-	-	19,77	17,00	
20	1526,4	3/4	0,41	5,70	-	-	19,95	17,25	
21	1563,3	3/4	0,39	5,60	-	-	19,70	17,35	
22	160,5	40	0,52	5,70	-	-	19,95	17,75	
23	1637,1	1-1/2	0,27	5,60	-	-	16,1	18,20	
24	1674,0	1-1/2	0,28	4,68	-	-	16,36	18,50	
25	1710,9	1/2	0,29	4,70	-	-	116,45	18,775	
26	1747,8	1/2	0,15	3,68	4,60	-	12,86	19,00	
27	1784,7	3/4	0,14	3,40	3,50	-	11,5	13,60	
28	1821,6	3/4	0,13	3,25	-	-	11,37	19,75	
29	1858,5	3/8	0,12	3,20	-	-	11,29	20,50	
30	1895,2	1/8	0,11	3,10	-	3,50	10,85	21,00	
31	1922,9	1-1/2	0,1	3,00	-	2,4-	10,5	22,00	
32	1350,5	1/2	0,16	3,75	-	33,25	12,95	23,00	
33	1978,1	1-1/2	0,18	3,8	-	13,12	13,3	23,10	
34	200,57	1-1/2	0,19	3,82	-	-	13,37	24,20	
35	2060,6	1-1/2	0,20	3,85	-	-	2,97	25,75	
36	2115,5	3/4	0,21	3,90	-	-	13,72	26,75	
37	2170,4	3/4	0,23	3,92	-	-	13,82	27,80	
38	225,3	1	0,27	3,95	-	-	16,27	28,90	
39	2280,2	1	0,28	4,65	-	-	16,36	29,00	

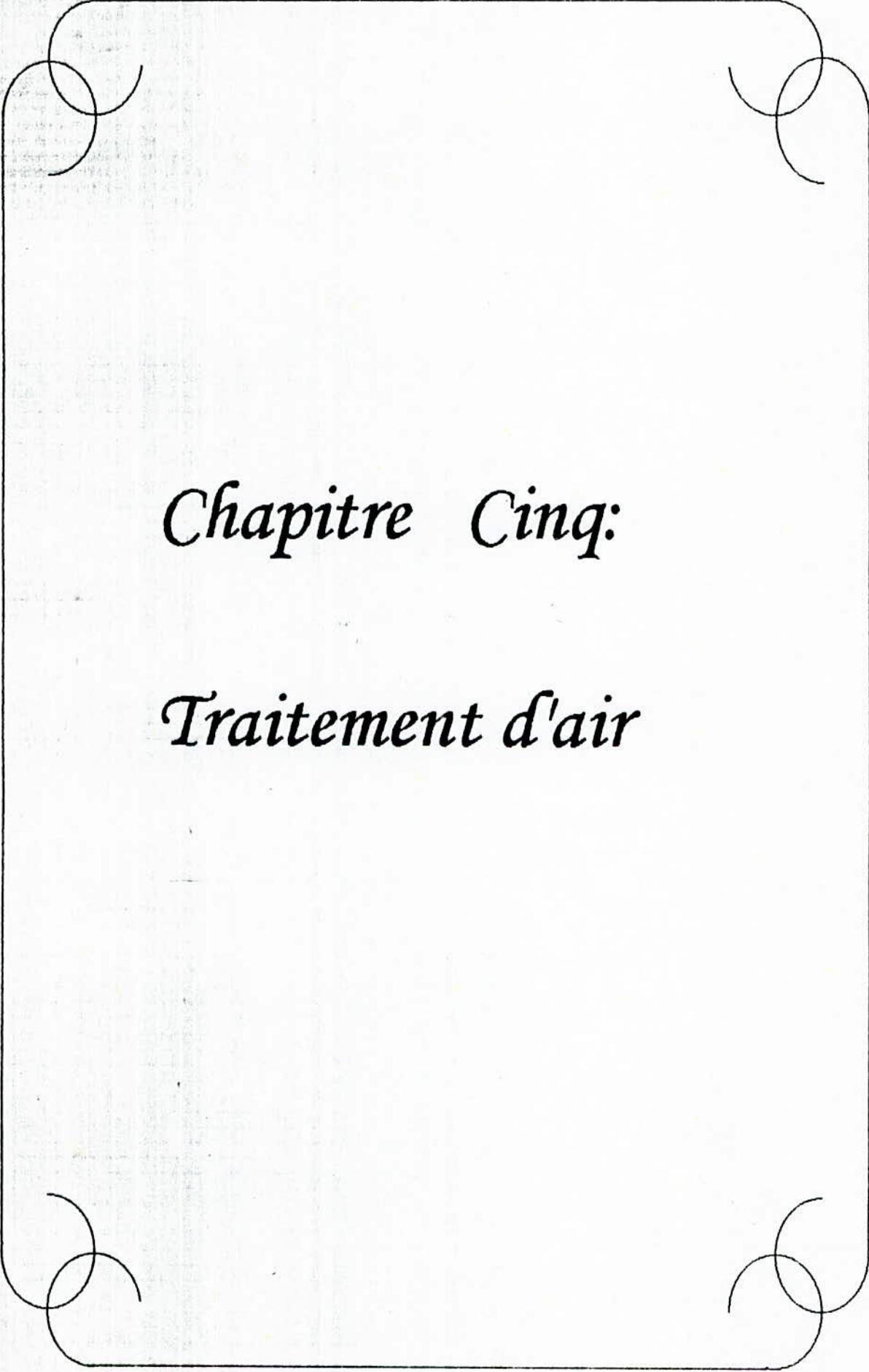
	m (kg/lr)	ϕ (Pouce)	V (mts)	ΔR (mm C \bar{E} /m)	$l.2$ (m)	ξ	ΔH (mm C \bar{E})	Z (mm C \bar{E})
40	2335,1	1	0,29	4,68	-	-	19,32	30,15
41	2390,0	3/8	0,32	5,52	-	-	20,12	30,25
42	2444,9	3/8	0,57	5,75	-	-	18,34	30,50
43	2493,8	3/4	0,50	5,45	5,20	3,5	27,82	31,25
44	2554,7	3/4	0,49	5,35	3,50	2,4	27,56	32,75
45	2575,6	1-1/2	0,48	5,3	-	-	27,30	33,25
46	2596,6	1-1/2	0,52	5,25	-	-	16,78	34,25
47	3617,6	1/2	0,42	5,15	-	-	26,52	35,00
48	2638,6	1/2	0,38	5,10	-	-	30,68	36,00
49	2659,5	1-1/2	0,37	5,90	-	-	24,96	37,00
50	2680,5	8/4	0,16	4,80	-	-	24,7	30,00
51	2701,4	3/4	0,35	4,75	-	-	16,9	34,00
52	2722,4	3/8	0,27	3,25	-	-	16,38	31,00
53	2743,4	3/8	0,25	3,15	-	-	12,48	11,00
54	2764,3	1-1/2	0,14	2,4	-	-	11,7	6,5
55	2785,3	1-1/4	0,13	2,25	-	-	10,4	5,6
56	2806,2	1-1/4	0,12	2,00	-	-	15,6	11,2
57	2827,2	1-1/4	0,10	2,00	-	-	20,8	12,00
58	2848,2	1/2	0,42	4,00	-	-	24,44	13,50
59	2869,1	1/2	0,31	4,70	-	-		

Bâtiment 20 (Chauffage)

	\dot{m} (Kg/h)	ϕ (m.m)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	86,38	20/27	0,07	0,5	8,37	4,37	2,18	2,01	
2	172,77	26/34	0,085	0,5	2,4	4,17	2,08	2,01	
3	259,16	-	0,13	1,1	-	-	4,59	2,02	
4	345,16	33/42	0,1	0,45	-	-	1,66	1,22	
5	431,93	-	0,12	0,65	-	-	2,71	1,68	
6	518,31	-	0,15	0,9	-	-	3,75	2,64	
7	602,27	-	0,17	1,2	-	-	5,0	3,46	
8	686,23	40/49	0,15	0,75	-	-	3,13	2,64	
9	770,19	-	0,16	0,9	-	-	3,75	3,22	
10	854,15	DN50	0,12	0,38	-	-	1,58	1,68	
11	938,11	-	0,13	0,45	-	-	1,86	2,02	
12	1022,0	-	0,14	0,55	-	-	2,29	2,30	
13	1108,8	-	0,15	0,6	-	-	2,55	2,64	
14	1195,8	-	0,16	0,7	-	-	2,92	3,22	
15	1282,2	DN60	0,12	0,28	-	-	1,17	1,68	
16	1368,9	-	0,12	0,30	-	-	1,25	1,68	
17	1457,1	-	0,13	0,35	-	-	1,46	2,02	
18	1545,3	-	0,14	0,38	-	-	1,58	2,30	
19	1631,5	-	0,14	0,42	-	-	1,75	2,30	
20	1717,7	-	0,15	0,47	-	-	1,96	2,64	
21	1803,9	DN65	0,13	0,33	-	8,5	2,8	2,02	
22	1890,2	-	0,14	0,36	-	4,17	1,5	3,4	
23	1976,4	DN80	0,10	0,175	3,52	-	0,73	1,20	
24	2062,7	-	0,11	0,19	2,4	-	0,79	1,44	
25	2148,9	-	0,11	0,20	-	-	0,83	1,44	
26	2235,1	-	0,12	0,22	-	-	0,92	1,68	
27	2321,4	-	0,13	0,24	-	-	1	2,02	
28	2407,6	-	0,13	0,25	-	4,37	1,1	2,02	
29	2482,4	DN100	0,09	0,1	-	4,17	0,42	0,96	
30	2557,1	-	0,09	0,1	-	-	0,42	0,96	
31	2628,4	-	0,095	0,11	-	-	0,46	1,08	
32	2699,6	-	0,10	0,12	-	-	0,5	1,2	
33	2770,8	-	0,10	0,125	-	-	0,52	1,2	
34	2842,0	-	0,10	0,13	-	-	0,54	1,2	
35	2913,3	-	0,11	0,135	-	-	0,56	1,44	
36	2984,53	-	0,11	0,14	-	-	0,58	1,44	
37	3055,8	-	0,11	0,15	-	-	0,62	1,44	
38	3126,9	-	0,12	0,16	-	-	0,67	1,68	
39	3197,4	-	0,12	0,16	-	-	0,67	1,68	
40	3267,9	-	0,12	0,17	-	-	0,71	1,68	
41	3852,9	-	0,14	0,23	-	-	0,96	2,30	
42	4456,3	DN110	0,12	0,16	13,12	125	20	17,4	

Bâtiment 20 (Climatisation)

	\dot{m} (Kg/h)	ϕ (mm)	V (m/s)	Δh mmCE/m	$l.2$ (m)	ξ	ΔH mmCE	Z mmCE	ΔH_{tot} mmCE
1	262,28	20/27	0,22	3,3	8,37	4,37	14,42	19,72	
2	524,57	26/34	0,26	3,6	2,4	4,17	15,07	8,02	
3	786,85	-	0,40	7,8	-	-	32,52	19,06	
4	1049,14	33/42	0,30	3,3	-	-	13,76	10,7	
5	1311,42	-	0,38	5,0	-	-	20,85	17,2	
6	1573,7	-	0,44	7,0	-	-	29,19	23,04	
7	1830,6	-	0,50	9,0	-	-	37,53	29,76	
8	2088	40/49	0,46	5,7	-	-	23,77	25,2	
9	2345,3	-	0,50	7,0	-	-	29,19	29,76	
10	2602,0	DN50	0,36	2,9	-	-	12,09	15,46	
11	2859,9	-	0,38	3,4	-	-	14,18	17,2	
12	3117,3	-	0,42	4,0	-	-	16,68	21,02	
13	3372,6	-	0,48	4,7	-	-	19,6	27,40	
14	3672,6	-	0,50	5,5	-	-	22,94	29,76	
15	3627,8	DN60	0,35	2,1	-	-	8,76	14	
16	3883,0	-	0,38	2,4	-	-	10,01	17,2	
17	4138,3	-	0,38	2,6	-	-	10,84	17,2	
18	4392,8	-	0,41	2,9	-	-	12,09	19,72	
19	4647,3	-	0,46	3,6	-	-	15,01	25,2	
20	5141,4	-	0,5	4,0	-	-	16,68	29,76	
21	5635,4	DN65	0,44	3,1	-	8,5	26,35	23,04	
22	6129,5	-	0,5	3,6	-	4,17	15,01	43,2	
23	6623,5	DN80	0,38	1,8	3,52	-	7,51	17,2	
24	7117,6	-	0,40	2,1	2,4	-	8,76	19,06	
25	7611,7	-	0,44	2,4	-	-	10,01	23,04	
26	8105,7	-	0,46	2,6	-	-	10,84	25,2	
27	8599,8	-	0,48	2,8	-	-	11,68	27,4	
28	9093,6	-	0,50	3,2	-	4,37	13,90	29,7	
29	9587,9	DN100	0,35	1,25	-	4,17	5,21	14	
30	9923,8	-	0,36	1,3	-	-	5,42	15,46	
31	10259	-	0,38	1,4	-	-	4,84	17,2	
32	10596	-	0,40	1,5	-	-	6,25	19,06	
33	10934	-	0,40	1,6	-	-	6,67	09,06	
34	11271	-	0,42	1,7	-	-	7,09	21,02	
35	11608	-	0,43	1,75	-	-	7,3	21,78	
36	11945	-	0,44	1,85	-	-	7,71	23,04	
37	12282	-	0,45	1,95	-	-	8,13	24,4	
38	12620	-	0,46	2,0	-	-	8,34	25,2	
39	12957	-	0,48	2,2	-	-	9,17	27,4	
40	13293	-	0,48	2,3	-	-	9,59	27,4	
41	13628	-	0,55	3,0	-	-	3,75	198	
42	16002	DN110-			13,12	125			



Chapitre Cinq:

Traitement d'air

5. Traitement d'air

5.1. La ventilation

Il est nécessaire de prévoir un certain débit d'air extérieur dans les locaux conditionnés, de façon à permettre la dilution des odeurs dues aux occupants, au tabac ou à d'autres sources.

Le taux de renouvellement nécessaire varie principalement avec le nombre d'occupants, la hauteur sous plafond, et le nombre de fumeurs.

On distingue deux procédés de ventilation:

- Ventilation libre: le renouvellement d'air est obtenu par la différence de densité entre l'air extérieur et intérieur par, l'action du vent ou par l'effet de cheminée.
- Ventilation forcée: le renouvellement d'air est dû à un ventilateur. Ce procédé autorise de grands débits, élimine avec certitude les vapeurs d'eau et les mauvaises odeurs.

Pour notre cas, le deuxième type de ventilation est choisie. Cela nous permettra un contrôle précis du débit d'air que nous nous sommes fixés.

L'installation est dotée en plus d'un dispositif d'extraction mécanique. Le débit d'air extérieur doit alors être au moins égale au débit d'air extrait, pour ne pas favoriser les infiltrations.

Le taux de renouvellement d'air est dans notre cas de l'ordre de 30 m³/h par personne. [4]

5.2. Traitement de l'air

C'est un ensemble de transformations successives que l'on fait subir à l'air pour l'amener d'un état initial (point du mélange) à un état final (point de soufflage) tant en se préoccupant du fait que les transformations envisagées doivent être pratiquement réalisables .

Fonctionnement en été :

Le débit d'air total provient en partie de l'extérieur et en partie du recyclage. L'évolution du traitement de l'air sur le diagramme (h,x) commencera à partir de l'état de l'air repris , il faut donc déterminer le point de mélange .

Si L_r et h_r sont respectivement le débit et l'enthalpie de l'air repris, L_e et h_e respectivement le débit et l'enthalpie de l'air extérieur on peut écrire :

$$L_e \cdot h_e + L_r \cdot h_r = (L_e + L_r) \cdot h_m \quad (5-1)$$

où h_m est l'enthalpie de l'air du mélange.

La somme $(L_e + L_r)$ est égale au débit d'air du mélange qui est égal au débit d'air soufflé. L_r est égal au débit d'air à renouveler et qui est donné par la formule :

$$L_r = 30 \cdot n \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (5-2)$$

Tel que n est le nombre d'occupants du local.

On prendra comme exemple pour le calcul des paramètres thermodynamique de l'air dans différents points du cycle, le local n°11 du bâtiment 15.

Les données relatives au calcul seront citées ci-dessous :

- Besoin frigorifique : $Q_f = 3105,16 \text{ [Kcal/h]}$

$t_e = 33^\circ\text{C}$, $\phi_e = 36 \%$.

$t_i = 25^\circ\text{C}$, $\phi_i = 50 \%$.

nombre d'occupants : $n = 2$.

La quantité d'eau à extraire par personne: $m = 50 \text{ g/h}$.

La Température de soufflage (t_s) est définie pour des raisons de confort par l'impératif que la différence de température entre l'air du local et l'air soufflé soit comprise entre 6 et 8°C, on prendra alors $t_s = 18^\circ\text{C}$.

Le débit d'air extérieur sera donc:

$$L_e = 30 \cdot 2 = 60 \text{ m}^3/\text{h} \quad (5-3)$$

On peut lire sur le diagramme (h,x) les enthalpies h_e et h_r , et l'humidité absolues x_e et x_r .

D'où: $h_e = 63.5 \text{ Kj/Kg}$, $h_r = 50.5 \text{ Kj/Kg}$.

$X_e = 0.0116 \text{ Kg/Kg d'air}$, $x_r = 0.0100 \text{ Kg/Kg d'air}$.

• Paramètres du point de soufflage

La charge frigorifique du local peut être écrite sous la forme:

$$Q_f = L_s \cdot (h_r - h_s) \quad (5-4)$$

Où on peut tirer le débit d'air soufflé:

$$\dot{L}_s = \frac{Q_f}{h_r - h_s} = 359 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (5-5)$$

Le débit d'air repris sera donc:

$$\dot{L}_r = \dot{L}_s - L_e \quad (5-6)$$

$$\dot{L}_r = 359 - 60 = 299 [\text{m}^3 / \text{h}]$$

b- Paramètres du point de mélange.

L'enthalpie du point de mélange est donnée par la formule:

L'enthalpie du point de mélange est donnée par la formule:

$$h_m = \frac{L_e \cdot h_e + L_r \cdot h_r}{L_s} = 52.67 [\text{Kcal} / \text{h}] \quad (5-7)$$

Le débit d'air du mélange est le même que celui de l'air soufflé, donc:

$$\dot{L}_m = 359 [\text{m}^3 / \text{h}]$$

On pourra ensuite déterminer l'humidité absolue et la température sèche directement du diagramme(h,x), ou bien peuvent être calculés par les formules:

$$x_m = \frac{L_r \cdot x_r + L_e \cdot x_e}{L_s} \quad (5-8)$$

d'où $x_m = 0.01$ Kj/Kg d'air.

$$t_{ms} = \frac{L_e \cdot t_e + L_r \cdot t_r}{L_s} \quad (5-9)$$

d'où $t_{ms} = 26.33$ °C.

- le débit d'eau condensée.

La quantité d'eau à éliminer pour chaque killograme d'air est:

$$\Delta x = x_m - x_s = 0.01 - 0.0091 = 0.9 \text{ g/Kg d'air.}$$

Le débit d'eau à éliminer: $m = 50.2 = 100 \text{ g/h.}$

Une canalisation a été prévue, pour évacuer l'eau condensée sur la batterie de chaque ventilo-convecteur.

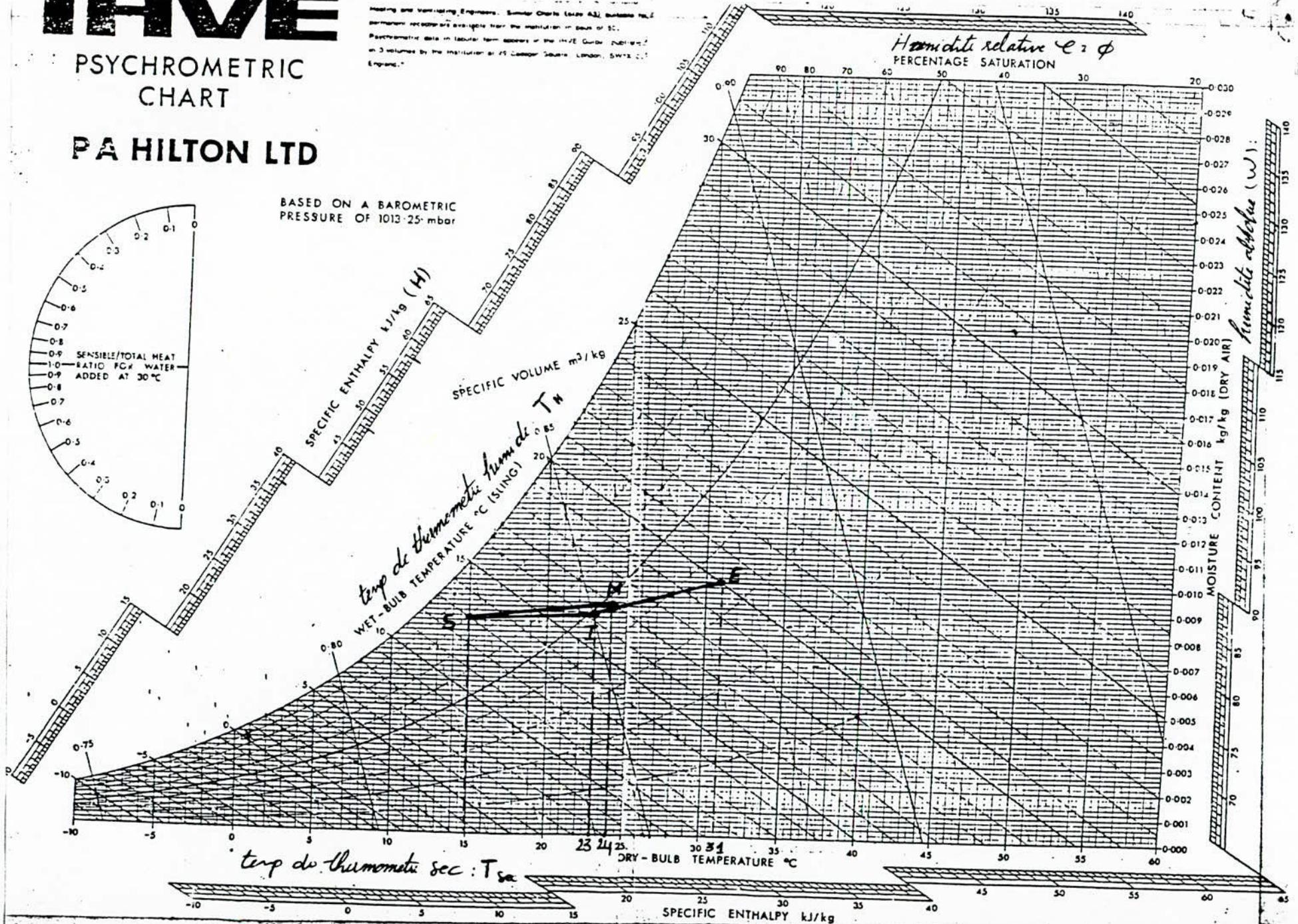
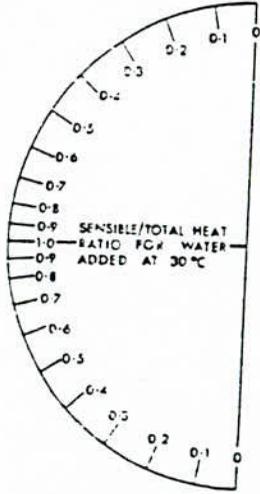
IHVE

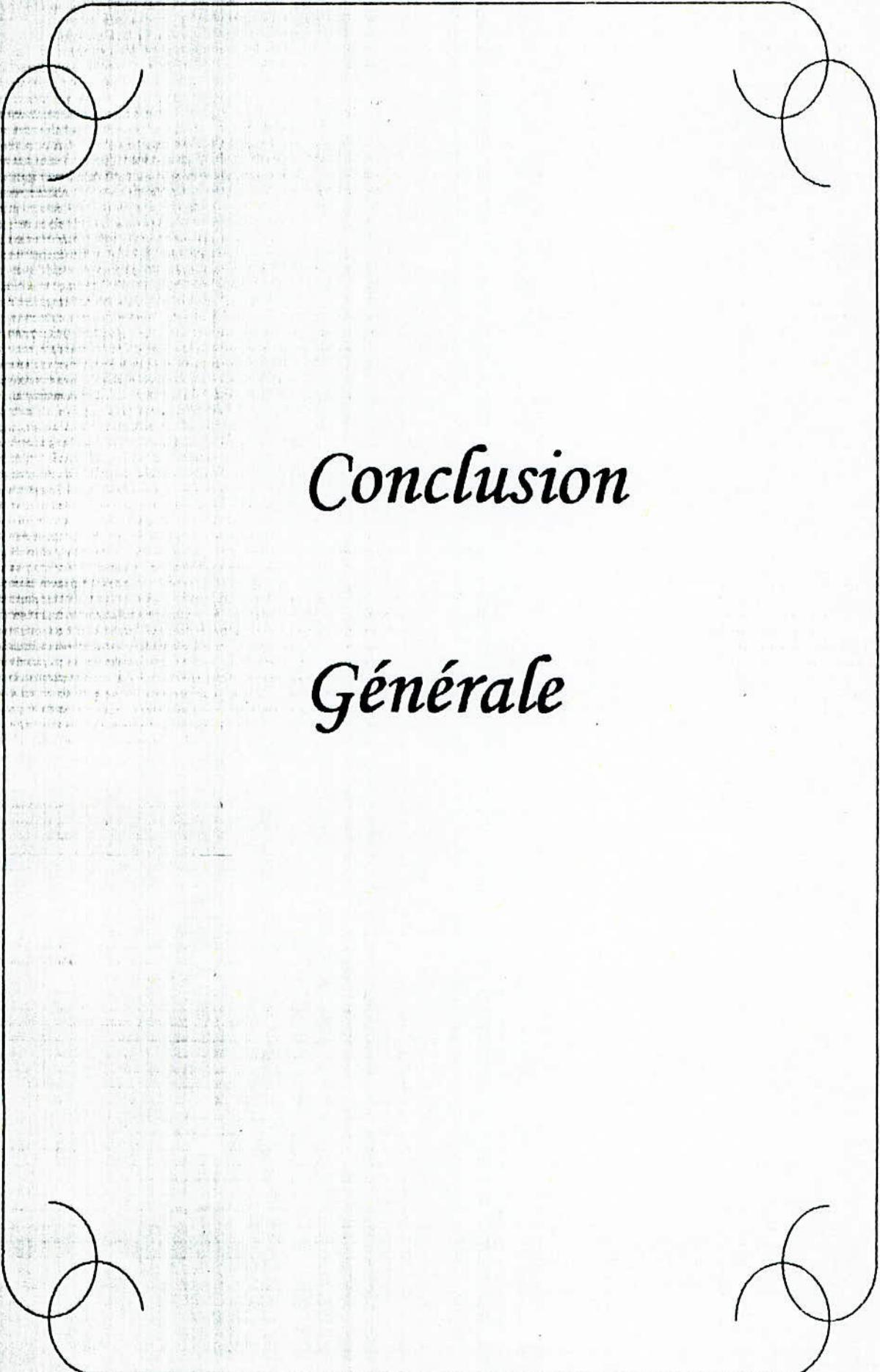
PSYCHROMETRIC CHART

PA HILTON LTD

Heating and Ventilating Engineers, Summer Office (Level A3), Suite 101, 2, Bernhart Street, London, E.C. 4.
Psychrometric data in tabular form appears in the I.H.V.E. Guide, published in 3 volumes by the Institution at 25, Cannon Square, London, S.W.12, 2, England.

BASED ON A BAROMETRIC PRESSURE OF 1013.25 mbar





Conclusion

Générale

Conclusion Générale

Notre présente étude a été faite de la même manière que ce qui se fait actuellement dans un bureau d'étude, et nous estimons l'avoir mené à bien. De plus, vu l'étendu de l'installation, nous avons élaboré deux programmes permettant le calcul des besoins calorifiques et frigorifiques des locaux. Ces programmes pourront par la suite être améliorés et permettre de faire les calculs en une courte durée pour n'importe quelle habitation.

Notre travail a consisté à redimensionner l'installation modifiée, et vérifier si ces modifications n'auraient pas des effets indésirables sur l'installation.

Par cause de négligence de l'entretien de cette installation, la plus grande partie de la tuyauterie placée en caniveaux inaccessibles a été entartée et corrodée. Par conséquent celle-ci a été remplacée, mais par une autre placée à l'extérieur, causant ainsi des pertes calorifiques en hiver et frigorifiques en été.

Suite à des pannes survenues dans les échangeurs et les batteries des aérothermes des ateliers, ces derniers ont été supprimés. A présent, la chaudière travaille à faible charge (1,5 bar et 105°C), mais cela a un effet néfaste sur l'installation (encrassement des parois de la chaudière et de la cheminé). Pour remédier à ce problème, deux solutions se présentent:

- soit de changer la chaudière avec une autre ayant une puissance un peu plus grande de 1Gcal/h.
- soit de réparer les pannes et de faire fonctionner la chaudière à un rendement maximal.

Index

Index 1: Listing du Programme

- Bilan Frigorifique-

Index 2: Listing du Programme

- Bilan Calorifique

Index Bibliographique

PAGE 1 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000WED, JUN 28, 1995, 1:53 PM (C)

```

1 *****
2 *
3 *   PROJET DE FIN D'ETUDE                               94-95   *
4 *
5 *   CALCUL DU BILAN FRIGORIFIQUE                       *
6 *
7 *   DIRIGE PAR:                                         FAIT PAR:   *
8 *   N.YOUNSI                                           -R.RACHEDI  *
9 *                                                       -N.KHELLOUFI *
10 *
11 *****
12 PROGRAM REDFRIG
13 CHARACTER B*10
14 real lon,lar,k
15 dimension lon(7),lar(7),s(7),rh(7)
16 dimension k(7),s1(7),s2(7),dt(3)
17 real imax
18 dimension imax(4),cens(4),qfo(7),ev(4,7)
19 integer bt,p,ter
20 open (2,file='donnef',status='old' )
21 open (1,file='resf',status='OLD' )
22 C*****
23 C
24 C   LESCONSTANTES
25 C
26 C*****
27 IMAX(1)=444
28 IMAX(2)=444
29 IMAX(3)=331
30 IMAX(4)=50
31 CENS(1)=.72
32 CENS(2)=.73
33 CENS(3)=.79
34 CENS(4)=.98
35 CAMEC=.96
36 CSIMEC=.80
37 do 15 L=1,4
38 DO 10 J=1,7
39 ev(L,j)=0.
40 10 CONTINUE
41 15 CONTINUE
42 EV(1,5)=14.2
43 EV(2,5)=2.81
44 EV(3,5)=7.02
45 EV(4,5)=10.5
46 dt(1)=2
47 dt(2)=3
48 dt(3)=5
49 cal=1.01
50 COC=0.80
51 Cenc=1.17
52 Cros=1.02
53 Cecr=.75
54 Pu=16.
55 qfrig=0.
56 C*****
57 C

```

PAGE 2 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000WED, JUN 28, 1995, 1:53 PM (C)

```

58      C          FICHER DONNEES
59      C
60      C*****
61      qftot=0.
62      do M=1,136
63      read(2,*)bt,niv,no,noc,n,p,ter
64      read(2,*)(lon(i),i=1,7)
65      read(2,*)(lar(i),i=1,7)
66      read(2,*)(rh(i),i=1,7)
67      READ(2,*)(K(I),I=1,7)
68      read(2,*)idt
69      C*****
70      C
71      C          CALCUL
72      C
73      C*****
74      qfot=0.
75      C*****LES SURFACES*****
76      do i=1,7
77      s1(i)=lon(i)*rh(i)
78      s2(i)=lar(i)*rh(i)
79      s(i)=s1(i)+s2(i)
80      if(s(i).le.0) then
81      s(i)=lon(i)*lar(i)
82      endif
83      end do
84      if (N.EQ.3) then
85      se1=s1(1)*0.60
86      else
87      se1=s1(1)
88      endif
89      if (P.EQ.3) then
90      se2=s2(1)*0.60
91      else
92      se2=s2(1)
93      endif
94      SE=se1+se2
95      s(5)=s(5)-s(3)-s(1)
96      s(6)=s(6)-s(4)-s(2)
97      stot=2*(rh(5)*(lon(7)+lar(7))+lon(7)*lar(7))
98      C***** LE VOLUME *****
99      v=rh(5)*lon(7)*lar(7)
100     C***** GAINS PAR TRANSMISSION *****
101     if (ter.eq.1) then
102     EV(1,7)=26.3
103     EV(2,7)=4.3
104     EV(3,7)=11.9
105     EV(4,7)=20.32
106     endif
107     if(n.eq.0) then
108     ev(n,5)=0.
109     endif
110     if (p.NE.0) then
111     ev(n,5)=(s2(5)*ev(n,5)+s1(5)*ev(p,5))/s(5)
112     endif
113     do 20 j=1,7
114     ev(n,j)=ev(n,j)*cal

```

PAGE 3 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000WED, JUN 28, 1995, 1:53 PM (C) H

```

115 20 continue
116 ev(N,1)=8.
117 ev(N,3)=8.
118 if (idt.GE.0) then
119 if (idt.eq.0) then
120 DT(idt)=0
121 endif
122 EV(n,2)=DT(idt)
123 EV(n,4)=DT(idt)
124 EV(n,6)=DT(idt)
125 endif
126 if (idt.lt.0) then
127 EV(n,2)=-DT(-idt)
128 EV(n,4)=-dt(-idt)
129 EV(n,6)=-DT(-idt)
130 endif
131 do 35 i=1,7
132 qfo(i)=k(i)*s(i)*ev(n,i)
133 qfot=qfot+qfo(i)
134 35 continue
135 C***** GAINS PAR OCCUPANTS *****
136 qfLoc=float(52*noc)*COC
137 qfSoc=float(61*noc)*COC
138 C***** GAINS PAR ENSOLEILLEMENT *****
139 qfs=Imax(n)*SE*cens(n)*cecr*cenc*cai*cro
140 C***** GAINS PAR ECLAIRAGE ET MACHINES *****
141 qfe=CAMEC*pu*.86*1.25*s(7)*CSIMEC
142 ***** GAIN TOTAL *****
143 qftot=qfot+qfLoc+qfSoc+qfs+qfe
144 qfrig=qfrig+qftot
145 do 36 i=1,7
146 if(int(qfo(i)).eq.0) then
147 lon(i)=0.
148 lar(i)=0.
149 rh(i)=0.
150 S(I)=0.
151 k(i)=0.
152 ev(n,i)=0.
153 endif
154 36 continue
155 C*****
156 c
157 c le fichier resultat
158 c
159 C*****
160 B="_____|"
161 write(1,40)bt,niv
162 40 format(6(/),1x,'Batiment:',i2,40x,'Niveau:',i1,/)
163 write(1,41)no,v
164 41 format(1x,'Numero:',i3,35x,'Volume=',f8.2,/)
165 write(1,49)noc
166 49 format(1x,'Nombre d''occupants=',i2,/)
167 write(1,22)
168 22 format(1x,76('_'))
169 write(1,101)
170 101 format('|',6x,'|',7(9x,'|'))
171 write(1,48)(B,I=1,7)

```

PAGE 4 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000WFD, JUN 28, 1995, 1:53 PM (C) H

```

72      48      format('|',6X,'| VE',6X,'| VI',6X,'| PE',6X,'| PI',6X
173      '$| ME',6X,'| MI',6X,'| H',7X,'|',/,,'|',6(' '),'|',7(10A))
74      write(1,101)
75      write(1,51)(lon(i),i=1,7)
176      51      format('| LON   |',8(f8.2,' |'))
177      write(1,21)(b,i=1,7)
178      write(1,101)
79      write(1,52)(lar(i),i=1,7)
180      52      format('| LAR   |',8(f8.2,' |'))
181      write(1,21)(b,i=1,7)
182      write(1,101)
183      write(1,53)(rh(i),i=1,7)
184      53      format('| HAUT  |',8(f8.2,' |'))
185      write(1,21)(b,i=1,7)
186      write(1,101)
187      write(1,54)(s(i),i=1,7)
188      54      format('| S     |',8(f8.2,' |'))
189      write(1,21)(b,i=1,7)
190      write(1,101)
191      write(1,55)(k(i),i=1,7)
192      55      format('| K     |',8(f8.2,' |'))
193      write(1,21)(b,i=1,7)
194      write(1,101)
195      write(1,56)(ev(n,i),i=1,7)
196      56      format('| &Tev |',8(f8.2,' |'))
197      write(1,21)(b,i=1,7)
198      write(1,101)
199      write(1,57)(qfo(i),i=1,7)
200      57      format('| Qo    |',8(f8.2,' |'))
201      21      format('|_____ |',7(10A))
202      write(1,21)(b,i=1,7)
203      23      format('|',11(' '),'|',64(' '),'|')
204      write(1,24)
205      24      format('|',11x,'|',64x,'|')
206      write(1,25)
207      25      format('| GAINS   |',64x,'|')
208      write(1,50)qfot,qfs
209      50      format('| EXTERNES | Qtrans=',f8.2,19x,'Qens=',f8.2,15x,'|')
210      write(1,23)
211      write(1,24)
212      write(1,60)qfLoc,qfSoc
213      60      format('| OCCUPANTS | Qlat=',f8.2,13x,'Qsens=',f8.2,22x,'|')
214      write(1,23)
215      write(1,24)
216      write(1,61)qfe
217      61      format('| ECLAIRAGE | Qec=',f8.2,50x,'|')
218      write(1,23)
219      write(1,24)
220      write(1,80)qftot
221      80      format('| Q TOTALE |',33x,' Qtot=',f8.2,1x,'kcal/h',10x,
222      '$|')
223      write(1,23)
224      write(1,300)
225      300      format(9(/))
226      end do
227      write(1,90)qfrig
228      90      format(1x,'Q frigorifique =',f12.2,1x,'kcal/h')

```

PAGE 5 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000WED, JUN 28, 1995, 1:53 PM (C) H

229
230
231
232

```
C*****  
C  
    stop  
    end
```

Batiment:15

Niveau:0

Numero: 1

Volume= 1433.89

Nombre d'occupants= 6

	VE	VI	PE	PI	ME	HI	H
LON	.00	.00	.00	.00	10.00	.00	.00
LAR	36.72	.00	.00	.00	40.62	.00	.00
HAUT	1.90	.00	.00	.00	3.53	.00	.00
S	69.77	.00	.00	.00	108.92	.00	.00
K	5.00	.00	.00	.00	1.16	.00	.00
&Tev	8.00	.00	.00	.00	18.61	.00	.00
Qo	2790.72	.00	.00	.00	2351.21	.00	.00
GAINS EXTERNES	Qtrans= 5141.93				Qens= .00		
OCCUPANTS	Qlat= 249.60		Qsens= 292.80				
ECLAIRAGE	Qec= 5365.74						
Q TOTALE	Qtot=11050.07 kcal/h						

AGE 1 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000JED, JUN 28, 1995, 1:25 PM (C)

```

1 *****
2 *
3 *   PROJET DE FIN D'ETUDE                               94-95   *
4 *
5 *   CALCUL DU BILAN CALORIFIQUE                         *
6 *
7 *   DIRIGE PAR:                                         FAIT PAR:   *
8 *   N.YOUNSI                                           -R.FACHEDI  *
9 *                                                       -N.KHELLOUFI *
10 *
11 *****
12 PROGRAM REDCAL1
13 CHARACTER B*9
14 real lon,lar,s,rh,k,qo,dt
15 dimension lon(8),lar(8),s(8),rh(8)
16 dimension k(8),qo(8),dt(8),qdeb(20),debit(20)
17 real v,qot,qt,ql,qtot,qc,stot,d
18 integer bt,n,niv,zd,zh
19 real z,l
20 real h
21 open (2,file='donne',status='old' )
22 open (1,file='res',status='OLD' )
23 c*****
24 c
25 c   LESCONSTANTES
26 c
27 c*****
28 c   qc=0.
29 c   do M=1,162
30 c     r=0.9
31 c     h=0.41
32 c     ze=1
33 c     a=1.5
34 c     c=r*h*ze*a
35 c*****
36 c
37 c   FICHER DONNEES
38 c
39 c*****
40 c   read(2,*)bt,niv,n,zh
41 c   read (2,*)(lon(i),i=1,8)
42 c   read(2,*)(lar(i),i=1,8)
43 c   read(2,*)(rh(i),i=1,8)
44 c   read(2,*)(k(i),i=1,8)
45 c   read(2,*)(dt(i),i=1,8)
46 c   read(2,*)l
47 c*****
48 c
49 c   CALCUL
50 c
51 c*****
52 c   qot=0.
53 c*****LES SURFACES*****
54 c   do i=1,8
55 c     s(i)=(lon(i)+lar(i))*rh(i)
56 c     if(s(i).le.0) then
57 c       s(i)=lon(i)*lar(i)

```

PAGE 2 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000WED, JUN 28, 1995, 1:25 PM (C)

```

58     endif
59     end do
60     s(5)=s(5)-s(3)-s(1)
61     s(6)=s(6)-s(4)-s(2)
62     do I=1,8
63     qo(i)=k(i)*s(i)*dt(i)
64     qot=qot+qo(i)
65     end do
66     stot=2*(rh(5)*(lon(5)+lar(5))+lon(5)*lar(5))
67     c*****LE VOLUME*****
68     v=rh(5)*lon(8)*lar(8)
69     c*****PERTES PAR TRANSMISSION*****
70     d=qot/(stot*dt(5))
71     if (d .lt. 0.3) then
72     zd=20
73     else
74     zd=15
75     endif
76     z=1+(float(zd+zh))/100
77     qt=qot*z
78     c*****PERTES PAR VENTILATION*****
79     ql=c*1*dt(5)
80     c*****DEPERDITION TOTALE*****
81     qtot=qt+ql
82     qc=qc+qtot
83     do i=1,8
84     if(int(qo(i)).eq.0) then
85     lon(i)=0.
86     lar(i)=0.
87     rh(i)=0.
88     s(i)=0.
89     k(i)=0.
90     dt(i)=0.
91     endif
92     end do
93     c*****
94     c
95     c           le fichier resultat
96     c
97     c*****
98     B="_____|"
99     write(1,40)bt,niv
100    40    format(6(/),1x,'Batiment:',i2,40x,'Niveau:',i1,/)
101    write(1,41)n,v
102    41    format(1x,'Numero:',i3,35x,'Volume=',f8.2,/)
103    write(1,22)
104    22    format(1x,78('_'))
105    write (1,101)
106    101   format('|',6x,'|',8(8x,'|'))
107    write(1,48)(B,i=1,8)
108    48    format('|',6X,'| VE',5X,'| VI',5X,'| PE',5X,'| PJ',5X
109    $'| ME',5X,'| MI',5X,'| H',6X,'| B',6X,'|',
110    $/, '|',6('_'),'|',8(9A))
111    write(1,101)
112    write(1,51)(lon(i),i=1,8)
113    51    format('| LON_ |',8(f7.2,' |'))
114    write(1,21)(b,i=1,8)

```

PAGE 3 HEWLETT-PACKARD 32201A.07.17 EDIT/3000WED, JUN 28, 1995, 1:25 PM (C)

```

115      write(1,101)
116      write(1,52)(lar(i),i=1,8)
117      52  format('| LAR   |',8(f7.2,' |'))
118      write(1,21)(b,i=1,8)
119      write(1,101)
120      write(1,53)(rh(i),i=1,8)
121      53  format('| HAUT  |',8(f7.2,' |'))
122      write(1,21)(b,i=1,8)
123      write(1,101)
124      write(1,54)(s(i),i=1,8)
125      54  format('| S     |',8(f7.2,' |'))
126      write(1,21)(b,i=1,8)
127      write(1,101)
128      write(1,55)(k(i),i=1,8)
129      55  format('| K     |',8(f7.2,' |'))
130      write(1,21)(b,i=1,8)
131      write(1,101)
132      write(1,56)(DT(i),i=1,8)
133      56  format('| DT   |',8(f7.2,' |'))
134      write(1,21)(b,i=1,8)
135      write(1,101)
136      write(1,58)(qo(i),i=1,8)
137      58  format('| Qo   |',8(f7.2,' |'))
138      21  format('|_____|',8(9A))
139      write(1,21)(b,i=1,8)
140      23  format('|',15('_'),'|',62('_'),'|')
141      write(1,24)
142      24  format('|',15x,'|',62x,'|')
143      write(1,28)zd,zh,z
144      28  format('| MAJORATIONS   | Zd=',i2,18x,'Zh=',i3,18x,'Z=',
145      $f4.2,7X,'|')
146      write(1,23)
147      write(1,24)
148      write(1,50)qt,q1
149      50  format('| DEPERDITIONS   | Qt=',f8.2,22x,'Q1=',f8.2,16x,'|')
150      write(1,23)
151      write(1,24)
152      write(1,80)qtot
153      80  format('| Q TOTALE',6x,'|',30x,' Qtot=',f9.2,1x,'kcal/h',10x,'|')
154      write(1,23)
155      write(1,300)
156      300  format(13(/))
157      end do
158      write(1,91)qc
159      91  format(30x,'Qcalorifique   =',f12.2,1x,'kcal/h',/)
160      c*****
161      c
162      stop
163      end

```

Batiment: 15

Niveau: 1

Numero: 11

Volume = 143.50

	VE	VI	PE	PI	HE	HI	H	B
LOH	.00	.00	.00	.00	8.20	.00	8.20	8.20
LAR	5.65	.00	.00	.88	6.25	6.25	6.25	6.25
HAUT	1.90	.00	.00	2.08	2.80	2.80	.00	.00
S	10.73	.00	.00	1.83	39.72	15.67	54.35	54.35
K	5.00	.00	.00	2.00	1.16	1.63	.67	1.23
DT	23.00	.00	.00	5.00	23.00	5.00	23.00	5.00
Qo	1234.52	.00	.00	18.30	793.06	127.71	789.76	320.3
MAJORATIONS		Zd=15			Zb = 5		Z=1.20	
DEPERDITIONS		Qt= 3940.41				Q1= 240.61		
Q TOTALE						Qtot= 4181.02 kcal/h		

[1]- H.RIETSHELL

Traité de Chauffage et de Climatisation (tome 1).

[2]- H.RIETSHELL

Traité de Chauffage et de Climatisation (tome 2).

[3]- *Cahier des informations de l'usine.*

[4]- *Manuel CARRIER (tome 1).*

[5]- SACADURA

Transfert thermique

[6]- S.BELAKHOWSKY

Chauffage et climatisation

[7]- H.RIETSHELL

Traité de Chauffage et de Climatisation (tome 2).

Les planches

[7] - D.COUILLARD et R.BOUIGE

Chauffage, Ventilation, et Climatisation

[8] - A.MISSENERD et R.CADIERGUES

Le chauffage, La ventilation, Le conditionnement d'air

P.F.E 79

