

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT : MECANIQUE



**Projet de Fin d'études**  
Pour l'obtention du diplôme de Master  
**Option : Optimisation des systèmes énergétiques**

*Thème*

*Etude de la climatisation  
d'un bâtiment électrique*

**Présenté par :**

- MOKHTARI Madani Walid
- GHERABLI Hocine

**Dirigé par :**

**Promoteur :**

Dr. HAMID Abdelkader

**Co-promoteur :**

Mr. ZELMAT Abd Rahmen

Juin 2017

## REMERCIEMENTS

*Nous rendons avant tout grâce à DIEU le tout puissant qui nous a permis de réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions nos parents qui nous ont aidés par leur présence, leurs encouragements, leur soutien et surtout leur patience.*

*Nous tenons à remercier notre Co-promoteur Mr Zelmat Abd Rahmen et son collègue Mr Laatat Mourad pour leurs très bon accueil, leurs précieuse aide, conseils et orientations, tout en nous faisons part de leurs connaissances diverses dans le domaine.*

*Nos sincères remerciements à notre promoteur Pr Abd Hamid pour ses conseils et commentaire précieux, qui nous ont permis de surmonter les difficultés et de progresser et finaliser notre mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont aussi à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'examiner notre mémoire et de juger notre travail.*

*Enfin, nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

## DEDICACE

*Je dédie ce mémoire en priorité à ma mère qui est la source de ma naissance, à mon père qui est l'origine de mon existence. Ils sont les plus chers au monde car ils ont sacrifiés toute leur vie pour faire de  
Moi ce que je suis aujourd'hui ;*

*À mes chers frères : Raouf et Youcef ;*

*À tous les membres de ma famille qui me sont très chères ;*

*Ainsi qu'à tous mes amis (e) et toutes personnes qui tiennent une place importante dans mon cœur.*

*Walid*

# DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail comme preuve d'amour et de reconnaissance à toute ma famille.*

*A mes très chers parents qui m'ont tout donné pour réussir avec tant d'amour et d'encouragements durant toute ma vie.*

*A mon cher frère : Abdellah.  
A mes chères sœurs*

*Ainsi qu'à toute personne qui tiennent une place importante dans mon cœur, à tous mes amis (e) et à tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*

*Hocine*

## ***Résumé***

Notre travail a porté sur l'étude de la climatisation d'un bâtiment électrique situé à Batna. Pour atteindre notre objectif, nous avons utilisé la méthode ASHREA pour les Calculs thermiques qui, nous a permis de déterminer toutes les grandeurs nécessaires telles que les bilans thermiques estival et hivernal, les puissances frigorifiques et calorifiques mises en jeu, les dimensionnements des réseaux aérauliques, et enfin le choix du système de climatisation, ainsi que les équipements de notre système.

## ***Abstract:***

Our work focused on the study of the air conditioning of an electrical building located in Batna. In order to achieve our objective, we used the Ashrea method for thermal calculations, which allowed us to determine all the necessary quantities such as the summer and winter thermal balances, the refrigeration and heating capacities involved, the dimensioning of the aeraulic networks, And finally the choice of air conditioning and equipment of our system

## **ملخص**

تركز عملنا على هذا على دراسة تكييف الهواء لمبنى كهربائي يقع في باتنة ولتحقيق هدفنا استخدمنا طريقة (Ashrea) لإجراء العمليات الحسابية الحرارية، والتي سمحت لنا بتحديد جميع المعلومات الضرورية مثل موازين الحرارة في الصيف والشتاء، قدرات التبريد والتدفئة المعنية، وتحجيم شبكات التهوية وأخيرا اختيار نظام تكييف الهواء والمعدات اللازمة له.

# SOMMAIRE

Introduction générale .....	1
<b>Chapitre 1 : Généralité sur la climatisation</b>	
1.1 Historique .....	2
1.2 Notions fondamentales de la climatisation .....	2
<b>Chapitre 2 Présentation du projet</b>	
2.1 Introduction .....	5
2.2 Présentation de l'entreprise d'accueil.....	5
2.3 Présentation du projet.....	5
2.4 CONTEXTE DU PROJET .....	6
2.5 Caractéristiques du bâtiment électrique.....	6
2.6 Plan architectural.....	7
2.7 Exigences et données de l'étude.....	8
2.7.1 Caractéristiques de bases externes.....	8
2.7.2 Caractéristiques de bases internes .....	8
2.8 Paramètres thermiques .....	9
2.8.1 Coefficient Global de Transmission de Chaleur U.....	9
2.8.2 Coefficient U des parois opaques :.....	9
2.8.3 Résultats des coefficients Uété et Uhiver des parois .....	9
2.9 Conclusion.....	12
<b>Chapitre 3 : Le Bilan Thermique</b>	
3.1 Introduction .....	13
3.2 Méthodes de calcul de bilan thermique.....	13
3.2.1 Présentation d'ASHREA .....	13
3.3 Base de calcul.....	14
3.3.1 Les caractéristiques géographiques .....	14
3.3.2 Les caractéristiques géométriques .....	14
3.3.3 Les caractéristiques climatiques .....	15
3.4 Le bilan thermique Eté .....	16
3.4.1 Les apports de chaleur dus à la charge intérieure.....	16
3.4.1.a Apports dus aux occupants .....	16
3.4.1.b Apports dus à l'éclairage .....	17
3.4.1.c Apports de chaleur due aux machines .....	18
3.4.2 Les apports de chaleur dus à la charge extérieure .....	19

3.4.2.a	Les apports de chaleur par les parois opaques .....	19
3.4.2.b	Les apports de chaleur par le toit .....	21
3.4.2.c	Les apports de chaleur dus au vitrage .....	21
3.4.2.d	Les apports de chaleur par le plancher .....	24
3.4.3	Les apports de chaleur par infiltration .....	25
3.5	L'heure critique .....	27
3.6	Résultats pour une seule salle .....	28
3.7	Le bilan thermique Eté pour l'ensemble des locaux .....	28
3.7.1	Premier étage .....	28
3.7.2	Rez de chaussée .....	29
3.8	Le bilan thermique (hiver) .....	31
3.8.1	Les déperditions .....	31
3.8.2	Les déperditions par transmission .....	31
3.8.2.a	Les déperditions linéiques "ponts thermiques" .....	31
3.8.2.b	Les déperditions surfaciques par transmission .....	32
3.8.3	Les déperditions de chaleur par infiltration .....	34
3.9	Le bilan thermique Hiver pour l'ensemble des locaux .....	36
3.9.1	Premier étage .....	36
3.9.2	Rez de chaussée .....	36
3.10	Conclusion .....	36

#### **Chapitre 4 : L'évolution de l'air**

4.1	Introduction : .....	37
4.2	L'évolution de l'air : .....	37
4.3	Dimensionnement de la CTA n°1 .....	38
4.3.1	Régime ETE .....	38
4.3.2	Régime hiver .....	43
4.4	Dimensionnement de la CTA n°2 .....	46
4.4.1	Régime ETE .....	46
4.4.2	Régime hiver .....	51
4.5	Conclusion .....	53

#### **Chapitre 5 : Dimensionnement Aéraulique**

5.1	Introduction .....	54
5.2	Représentation unifilaire du réseau aéraulique .....	54
5.3	Les caractéristiques de réseau de distribution .....	55
5.4	Perte De Charges .....	55
5.4.1	Perte de charge linéaire .....	56

5.4.2 Les Pertes De charges Singulières.....	62
5.5 Le calcul des pertes de charge du réseau aéraulique .....	64
5.5.1 Détermination du tronçon de gaines le plus défavorable .....	64

## **Chapitre 6 : Choix du système et des équipements**

6.1 Introduction.....	66
6.2 Différents type de systèmes.....	66
6.3 Critères du choix du système.....	66
6.4 Choix du système .....	66
6.6 Systèmes centralisés.....	67
6.6.1 Définition.....	67
6.6.2 Utilisation .....	67
6.7 La composition de la centrale de traitement d'air.....	68
6.7.1 Le caisson de mélange.....	68
6.7.2 Le caisson de filtration .....	69
6.7.3 La batterie chaude .....	69
6.7.4 La batterie froide .....	70
6.7.5 L'humidificateur .....	70
6.7.6 Le ventilateur.....	71
6.8 Choix des équipements.....	72
6.8.1 Groupe d'eau glacée.....	72
6.8.2 Centrales de traitement d'air .....	73
6.8.3 Ventilation.....	74
6.8.4 Filtration .....	75
6.8.5 Choix des grilles de reprise et soufflage.....	75
6.9 Conclusion.....	76
Conclusion Générale.....	77

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## Liste des tables

Tableau 2.1 Caractéristiques Rez de chaussée .....	6
Tableau 2.2 Caractéristiques 1 <sup>er</sup> étage .....	6
Tableau 2.3 coefficients U du mur .....	10
Tableau 2.4 coefficients U du plancher .....	11
Tableau 2.5 coefficients U du Toit .....	11
Tableau 3.1 Données géométriques .....	14
Tableau 3.2 Conditions climatiques externes .....	15
Tableau 3.3 Conditions climatiques internes .....	15
Tableau 3.4 récapitulatif des apports de chaleur dus à l'occupation .....	17
Tableau 3.5 récapitulatif des apports de chaleur dus à l'éclairage .....	18
Tableau 3.6 récapitulatif des apports de chaleur dus aux machines .....	18
Tableau 3.7 récapitulatifs des apports de chaleur à travers les murs extérieurs .....	20
Tableau 3.8 récapitulatifs des apports de chaleur à travers le toit .....	21
Tableau 3.9 récapitulatifs des apports de chaleur par conduction à travers les vitres .....	22
Tableau 3.10 récapitulatifs des apports de chaleur par rayonnement .....	23
Tableau 3.12 récapitulatifs des apports de chaleur à travers le plancher .....	24
Tableau 3.13 des coefficients qui dépendent de la perméabilité des parois du local .....	26
Tableau 3.14 nombre de changement d'air (été) .....	26
Tableau 3.15 débit massique de l'air infiltré (été) .....	26
Tableau 3.16 apports de chaleur par infiltration (été) .....	27
Tableau 3.17 résultat total salle de commande .....	28
Tableau 3.18 résultat total premier étage (été) .....	28
Tableau 3.19 résultat total Rez de chaussée (été) .....	29
Tableau 3.20 déperditions par transmissions (murs) .....	32
Tableau 3.21 déperditions par transmissions (vitres) .....	33
Tableau 3.22 déperditions par transmissions (Toit) .....	33
Tableau 3.23 déperditions par transmissions (plancher) .....	33
Tableau 3.24 des coefficients qui dépendent de la perméabilité des parois du local .....	34
Tableau 3.25 nombre de changement d'air (Hiver) .....	34
Tableau 3.26 débit massique de l'air infiltré (Hiver) .....	35
Tableau 3.27 apports de chaleur par infiltration (Hiver) .....	35
Tableau 3.28 résultat total premier étage (Hiver) .....	36
Tableau 3.29 résultat total Rez de chaussée (Hiver) .....	36
Tableau 4.1 conditions climatique été .....	38

Tableau 4.2 facteur de chaleur sensible CTA n°1 .....	39
Tableau 4.3 conditions climatique hiver.....	43
Tableau 4.4 facteur de chaleur sensible hiver CTA n°1 .....	43
Tableau 4.5 conditions climatique été .....	46
Tableau 4.6 facteur de chaleur sensible été CTA n°2.....	46
Tableau 4.7 conditions climatique hiver.....	51
Tableau 4.8 facteur de chaleur sensible hiver CTA n°2 .....	51
Tableau 5.1 Pertes de charges linéaires 1 <sup>er</sup> étage.....	59
Tableau 5.2 Pertes de charges linéaires 1 <sup>er</sup> étage (suite) .....	60
Tableau 5.3 Pertes de charges linéaires Rez de chaussée.....	61
Tableau 5.4 pertes de charges Singulières 1 <sup>er</sup> étage .....	63
Tableau 5.5 pertes de charges Singulières Rez de chaussée.....	64
Tableau 6.1 caractéristique Groupes d'eau glacée .....	72
Tableau 6.2 caractéristique CTA 1 .....	73
Tableau 6.3 caractéristique CTA 2.....	73
Tableau 6.4 caractéristique du ventilateur CTA 1 .....	74
Tableau 6.5 caractéristique du ventilateur CTA 2.....	74
Tableau 6.6 caractéristique ventilateur.....	75
Tableau 6.7 caractéristique diffuseur 1 .....	75
Tableau 6.8 caractéristique diffuseur 2 .....	76

## Liste des Figures

Fig 2.1 plan rez de chaussée .....	7
Fig 2.2 plan 1 <sup>er</sup> étage .....	7
Fig 2.3 Mur double cloison .....	10
Fig2.4 plancher .....	10
Fig 2.5 Toit.....	11
Fig. 3.1 charge total .....	30
Fig. 4.1 L'évolution de l'air .....	37
Fig. 4.2 Diagramme psychrométrique été CTA 1 .....	41
Fig. 4.3 Diagramme psychrométrique hiver CTA n1 .....	45
Fig. 4.4 Diagramme psychrométrique été CTA n2 .....	49
Fig. 4.5 Diagramme psychrométrique hiver CTA n2 .....	53
Fig. 5.1 Représentation du réseau aéraulique 1 <sup>er</sup> étage.....	54
Fig. 5.2 Représentation du réseau aéraulique Rez de chaussée.....	55
Fig. 5.3 diagramme de Moody .....	58
Fig. 6.1 Systèmes centralisés.....	67
Fig. 6.2 centrale de traitement d'air .....	68
Fig. 6.3 caisson de mélange.....	69
Fig. 6.4 batterie chaude .....	69
Fig. 6.5 batterie froide .....	70
Fig. 6.6 ventilateur.....	71

## Nomenclature

Symbole	Signification	Unité
$\Sigma R_i$	Somme des résistances thermiques des différents matériaux.	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / w$
$1/h_e + 1/h_i$	Somme des résistances d'échanges superficiels.	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / w$
$\lambda$	Conductivité thermique	$\lambda$
$Q_m$	gain de chaleur à travers une surface opaque	W
$U_m$	conductance thermique globale du mur.	$W/m^2 \cdot K$
$A_m$	surface des murs	$m^2$
CLTDc	différence de $T^\circ$ équivalente corrigée	K
CLTD	différence de $T^\circ$ équivalente	K
K	Facteur de correction de la teinte des murs	/
$T_i$	$T^\circ$ interne	$^\circ\text{C}$
$T_e$	$T^\circ$ externe	$^\circ\text{C}$
$Q_t$	gain de chaleur à travers les toits	W
$U_t$	conductance thermique globale du toit	$W/m^2 \cdot K$
$A_t$	surface du toit	$m^2$
$f$	coefficient de correction	/
$Q_{vs}$	gain de chaleur à travers les vitres par rayonnement solaire	W
SC	facteur d'ombre	/
SHFG	facteur de gain solaire maximum ; dépend de l'orientation, du mois et de la latitude	$W/m^2$
latitude $W/m^2$	latitude $W/m^2$	latitude $W/m^2$
CLF	Facteur d'amortissement	/
$A_{ens}$	surface du vitrage ensoleillée	$m^2$
$A_{omb}$	surface du vitrage ombragée	$m^2$
$Q_{vc}$	gain de chaleur à travers les vitres par conduction et convection	W
$U_v$	Conductance thermique globale du vitrage	$W/m^2 \cdot K$
$A_v$	Surface des vitres	$m^2$
CLTDv	$\Delta T$ fictif pour vitrage	K
$Q_v$	$Q_v$ Gain de chaleur à travers les vitres W	W
$Q_{s \text{ inf}}$	Gain de chaleur sensible	W
$Q_{l \text{ inf}}$	Gain de chaleur latente	W
$q_{\text{inf}}$	débit d'infiltration	$m^3/h$
$W_e$	humidité absolue à l'extérieur	Kge/Kgai
$W_i$	humidité absolue à l'intérieur	Kge/Kgai
$\Delta T$	différence de $T^\circ$	$^\circ\text{C}$
V	Volume du local	$m^3$
$q_v$	débit d'air infiltré	$m^3/h$
SHG	SHG gain de chaleur sensible par personne	
$N_p$	nombre de personnes	/
LHG	gain de chaleur latente par personne	W
$W_e$	puissance électrique total installée pour l'éclairage	W
$F_u$	facteur d'utilisation	/
P	puissance d'une machine	W
$Q_{\text{trans réel}}$	dépensements par transmission réel à travers les parois	W
$Q_{\text{inf}}$	dépensements par infiltration	W
Zh	majoration pour l'orientation du local	/
Zd	majoration en %.	/
S env	surface d'enveloppe du local	$m^2$
F	coefficient de perte de chaleur de la dalle	$W/m \text{ } ^\circ\text{C}$
P	une partie du périmètre du local en contact avec le sol	m
$h_L$	enthalpie de l'air au point local	$Kj/Kg_{\text{as}}$

hs	enthalpie de l'air au point soufflage	Kj/K <sub>gas</sub>
q <sub>mas</sub>	Débit d'air soufflé	Kg/S
H <sub>été</sub>	Total apports été	W
w <sub>L</sub>	humidité absolue de l'air au point local	g/K <sub>gas</sub>
w <sub>S</sub>	humidité absolue de l'air au point de soufflage	g/K <sub>gas</sub>
ρ	masse volumique de l'eau	Kg/m <sup>3</sup>
D diamètre m	D diamètre m	D diamètre m
R	coefficient des pertes de charge linéaire	Pa/m
L	longueur de circuit	m
d <sub>i</sub>	diamètre intérieure de la conduite	m
v <sub>r</sub>	vitesse réelle d'écoulement d'eau	m/s
ζ	coefficient de perte de charge singulière	/
D <sub>n</sub>	diamètre normalisé	m
ΔP <sub>L</sub>	perte de charge linéaire	Pa
ΔP <sub>s</sub>	perte de charge singulière	Pa
ΔP <sub>T</sub>	perte de charge totale	Pa
CTA	Centrale de Traitement d'Air	/
DTR	Document Techniques Réglementaire	/

# Introduction générale

---

La climatisation contrôle l'environnement intérieur d'un espace (sa température, son humidité, la circulation de l'air et sa pureté), à des fins industrielles, d'hygiène ou de confort. Que ça soit pour les occupants ou les matériaux industriels qui y sont manipulés ou stockés. Elle assure donc plusieurs fonctions que l'on peut regrouper sous l'appellation « maîtrise de la qualité de l'ambiance », qui comprend la qualité thermique, hygrothermique et la qualité de l'air. La maîtrise hygrothermique regroupe le chauffage, le rafraîchissement et le contrôle de l'humidité de l'air, alors que la filtration de l'air sera obtenue grâce au traitement de ce dernier. Ce traitement se fait grâce au renouvellement de l'air, à l'évacuation des polluants et leurs assainissements, au contrôle de la circulation de l'air dans l'espace et, enfin, à l'homogénéisation de la qualité de l'air dans le local. On distingue actuellement deux axes de développement de la climatisation :

- la climatisation individuelle, appliquée plutôt au tertiaire existant, avec comme interlocuteurs : installateurs et clients.

- La climatisation centralisée (ou semi centralisée), intégrée le plus souvent aux objets du tertiaire neuf, avec comme interlocuteurs : maîtres d'ouvrage, promoteurs, architectes, bureaux d'études, constructeurs et installateurs.

Cependant, le terme climatisation est souvent appliqué improprement au refroidissement de l'air. Dans ce cas, les dispositifs de « climatisation » sont simplement des unités de réfrigération équipées d'un ventilateur, qui fournissent uniquement un débit d'air froid filtré. Par contre, le terme « climatisation » offre un contrôle complet de chauffage, de refroidissement et de ventilation. Les conditions climatiques à obtenir dans les locaux doivent être favorables toute l'année, à la vie des occupants, leur santé, leur bien-être ou leur mieux être.

Notre Projet de Fin d'Etude porte sur « la climatisation d'un bâtiment qui comporte des machines électriques situé à la wilaya de Batna » A cet effet, notre mémoire comportera les chapitres et une conclusion générale suivants :

- **Le premier chapitre** : généralités nécessaires sur la climatisation
- **Le deuxième chapitre** sera consacré à la présentation du thème de notre Projet, la présentation de la société et de l'immeuble étudié avec ses plans, les paramètres géographiques et climatiques ainsi que les conditions de base, et enfin le calcul du coefficient de transmission de chaleur des différentes parois mises en jeu dans notre projet.
- Au **troisième chapitre** seront présentés les calculs des bilans thermiques (été, hiver), et les puissances frigorifiques et calorifiques mises en jeu.
- Le **quatrième** traitera l'évolution de l'air.
- Le **cinquième chapitre** aura pour sujet le dimensionnement du réseau aéraulique.
- Le **sixième chapitre** fera l'objet choix du système et des équipements

Enfin, nous terminerons notre mémoire par une conclusion générale.

# Chapitre 1

Généralité sur  
la climatisation

## 1.1 Historique :

Depuis toujours le confort et le bien-être ont représenté les soucis les plus importants de l'homme quel que soit sa civilisation et son monde de vie.

Depuis la préhistoire l'homme utilise le feu pour produire la chaleur pour se réchauffer.

Pour améliorer ses conditions de vie et de travail il a constamment cherché à développer les outils et les procédés de fabrication nécessaires à l'amélioration des moyens de chauffage.

En 1902 dans une usine de New York, l'ingénieur américain Willis Carrier met au point, afin d'éviter les effets néfastes de l'humidité sur les feuilles imprimées, un dispositif utilisant un condenseur pour contrôler l'humidité. C'est le premier appareil de conditionnement de l'air. Depuis ce jour-là, Willis Carrier est considéré comme le père de la climatisation. Aujourd'hui le conditionnement de l'air est devenu un véritable marché mondial et qui est utilisé dans plusieurs domaines.

En 1929 l'association américaine des ingénieurs du chauffage et ventilation définit le conditionnement de l'air comme étant le procédé de traitement d'air assurant la maîtrise simultanée (température, humidité, pureté et répartition).

## 1.2 Notions fondamentales de la climatisation :

### Température :

La température d'un local ou d'un corps reflète l'agitation moléculaire de la matière le constituant. Cette agitation peut se communiquer à la matière environnante selon trois processus « Echange de chaleur » :

- La conduction, par simple contact entre deux corps solides.
- La convection processus d'échange entre un corps solide et un fluide liquide ou gazeux.
- Le rayonnement qui est un processus mettant en jeu des ondes électromagnétiques et qui s'accroît avec la température.

La température sèche : valeur indiquée au thermomètre ordinaire, à l'abri du rayonnement (vitesse d'air : 2 m/s).

Température humide : valeur indiquée au thermomètre mouillé à l'abri du rayonnement (vitesse d'air : 2 m/s).

Température de rosée : température à laquelle apparaissent des gouttelettes d'eau lors d'un refroidissement à pression constante.

### Humidité :

Vapeur d'eau de l'air. Il y a deux types d'humidité :

- **Absolute** (teneur en eau) : masse de vapeur d'eau dans l'unité de masse d'air sec.

- **Relative** : rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air à la pression partielle de saturation à la même température sèche.

**Energie :**

Il n'est guère possible de définir l'énergie autrement que par des considérations « philosophiques ». Nous noterons simplement qu'elle est protéiforme, c'est à dire qu'elle peut être mécanique, chimique, nucléaire, calorifique, etc....

**Enthalpie :**

Quantité d'énergie nécessaire pour modifier l'air en température ou humidité.

**Chaleur :**

Forme d'énergie échangée entre deux corps. Il existe deux formes de chaleur :

- **Sensible** : quantité de chaleur qui a une influence sur la température.
- **Latente** : quantité de chaleur requise pour modifier les propriétés physiques d'un corps sans modifier sa température.

**Chaleur massique** : Quantité de chaleur d'un corps nécessaire pour élever d' $1(C^{\circ})$  la température d'une unité de masse de ce corps exprimée en (Joules / kg.  $C^{\circ}$ ).

**Volume massique :**

Volume d'air humide contenant la masse unité d'air sec, exprimé en ( $m^3$  / kg).

**Puissance :**

Puissance d'un émetteur de chaleur (radiateur par exp) est la quantité de chaleur qu'il peut produire en une seconde, exprimée en (Watts).

**Le chauffage :**

Consiste à maintenir à une certaine température une enceinte plongée dans une ambiance extérieure plus froide et à température variable.

**La ventilation :**

Seule ou combinée à un système de climatisation, contrôle à la fois l'alimentation et l'évacuation de l'air à l'intérieur d'espaces fermés, afin d'éliminer les odeurs et de fournir suffisamment d'oxygène aux occupants de ces espaces.

**Le refroidissement :**

Consiste à abaisser et maintenir la température d'une enceinte plongée dans une ambiance extérieure plus chaude et à température variable.

**L'humidification :**

Consiste à augmenter la teneur en eau de l'air c'est-à-dire augmenter la quantité de la vapeur d'eau dans l'air ambiant pour éviter le sentiment de sécheresse.

**La déshumidification :**

Consiste à abaisser la teneur en eau de l'air ambiant pour éviter le sentiment de la surcharge de la vapeur d'eau. Cela peut se faire avec une batterie froide ou un déshumidificateur.

**La climatisation :**

Contrôle l'environnement intérieur d'un espace, c'est-à-dire sa température, son humidité, la circulation de l'air et sa pureté selon le type d'application, pour les occupants ou les matériaux industriels qui y sont manipulés ou stockés.

Les bâtiments sont climatisés pour les raisons suivantes :

- Pour satisfaire des exigences de confort, "de confort thermique", dans les conditions climatiques les plus diverses. Ces exigences de confort sont satisfaites par les capacités d'utilisation suivantes :
  - Température de l'air : réchauffer, refroidir.
  - Humidité de l'air : humidifier, déshumidifier.
  - Qualité de l'air : aérer, ventiler.
  - Hygiène de l'air: filtrage.
- Pour assurer une production, un stockage dans meilleures conditions possibles.

# Chapitre 2

Présentation du projet

## **2.1 Introduction :**

Ce chapitre traitera de quelques généralités nécessaires telles que le thème de notre Projet, la présentation de la société et de l'immeuble étudié avec ses plans, les paramètres géographiques et climatiques, les conditions de base, et enfin le calcul du coefficient de transmission de chaleur des différentes parois mises en jeu dans notre projet

## **2.2 Présentation de l'entreprise d'accueil :**

Notre stage pratique a été effectué au sein de L'entreprise Sonelgaz située à Gué de Constantine (Alger), C'est une entreprise à caractère industriel et commercial sa création remonte a 1969, elle a plusieurs filiales dont une filiale qui est spécialisée dans l'étude, la conception et la réalisation de tous les types d'installations dans les domaines de la Climatisation.

## **2.3 Présentation du projet :**

Chaque bâtiment a son propre climat, avec sa température, ses rayonnements, ses vitesses de courants d'air et ses degrés d'humidité spécifiques. Ce climat dépend de nombreux facteurs, tels que la présence de personnes et de leurs activités dans un espace, le processus de production, les machines, les moteurs ou les appareils, l'éclairage, la chaleur provenant du soleil et d'autres sources de chaleur.

L'objectif de la maîtrise de ce climat est de créer un environnement de travail sain et confortable.

Des recherches ont démontrés que les employés ont un meilleur rendement, moins d'absences et moins d'accidents en travaillant dans des conditions optimales. Ces conditions sont directement liées à l'état de l'air environnant.

De par sa situation géographique, et son climat environnant, le bâtiment électrique de Ain djasser wilaya de Batna à des charges électrique et présence personnelle importantes, d'où la nécessité d'une puissante de climatisation et de prévoir un système qui nous apportera le confort tout au long de l'année.

Afin de climatiser le bâtiment de la manière la plus écologique possible et d'éviter la surconsommation énergétique qui se banalise de nos jour il nous faudra procéder à des calculs approfondies sur les charges du bâtiment. Nous avons fait le choix d'appliquer la méthode américaine Cooling Load Temperature Difference Calculation (CLTD), qui est une méthode d'ASHRAE.

## 2.4 CONTEXTE DU PROJET :

Notre projet consiste en l'étude de chauffage et climatisation, d'un bâtiment électrique situé à Ain djasser la wilaya de Batna.

Le bâtiment électrique – Parties Communes est réparti architecturalement d'un rez de chaussée avec salle équipement électriques, salles des batteries, et d'un premier étage avec la Salle de Contrôle, la salle des Appareillages Electroniques, les bureaux, la salle de réunion, tisanerie, et sanitaire.

## 2.5 Caractéristiques du bâtiment électrique :

Tableau 2.1 Caractéristiques Rez de chaussée

Rez de chaussée			
Local	Salle d'équipement électriques	Salle des batteries	Couloire
Surface m <sup>2</sup>	292	49	48.32
Volume m <sup>3</sup>	1226.4	205.8	202.94
Hauteur m	4.2	4.2	4.2

Tableau 2.2 Caractéristiques 1<sup>er</sup> étage

Premier étage								
Local	Salle de Comman de	Salle électronique	Bureau chef de tour	Bureau	Salle de réunion	Tisanerie	Sanitaire	Couloir
Surface m <sup>2</sup>	165	68.1	11	11	20	10.5	35	48.3
Volume m <sup>3</sup>	858	354.4	57.2	57.2	104	54.6	182	251.16
Hauteur m	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2

## 2.6 Plan architectural :

Rez de chaussée :

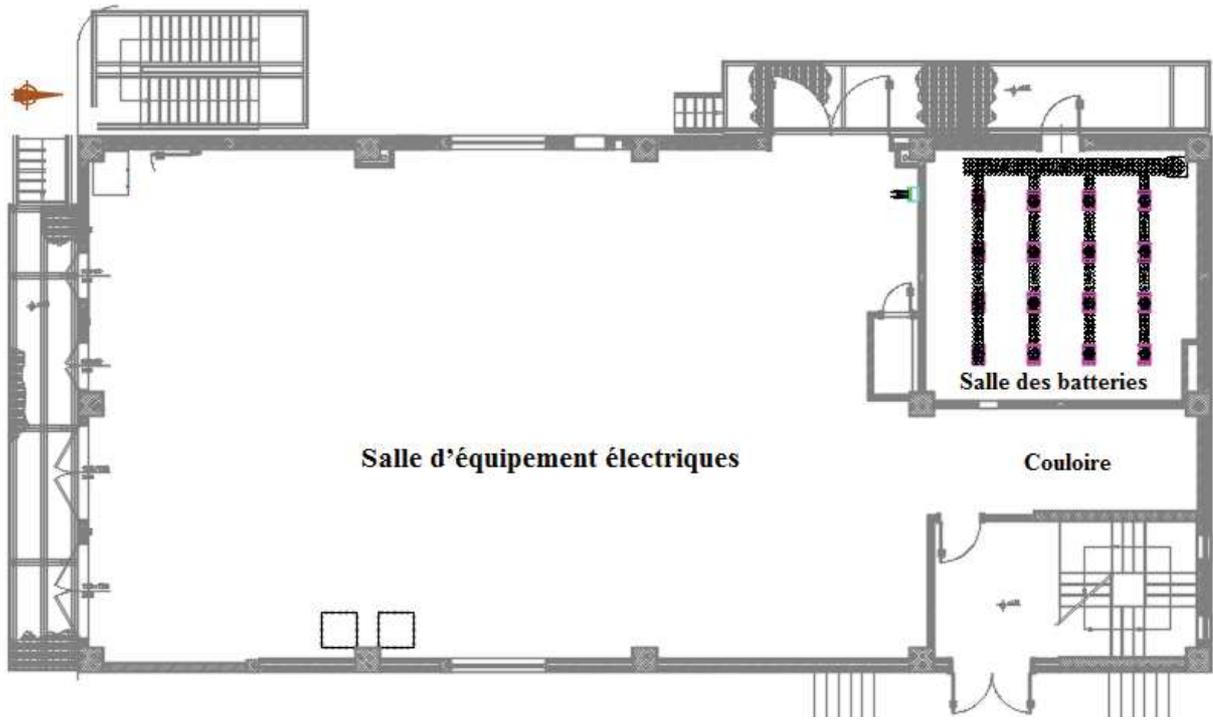


Fig 2.1 plan rez de chaussée

Premier étage :

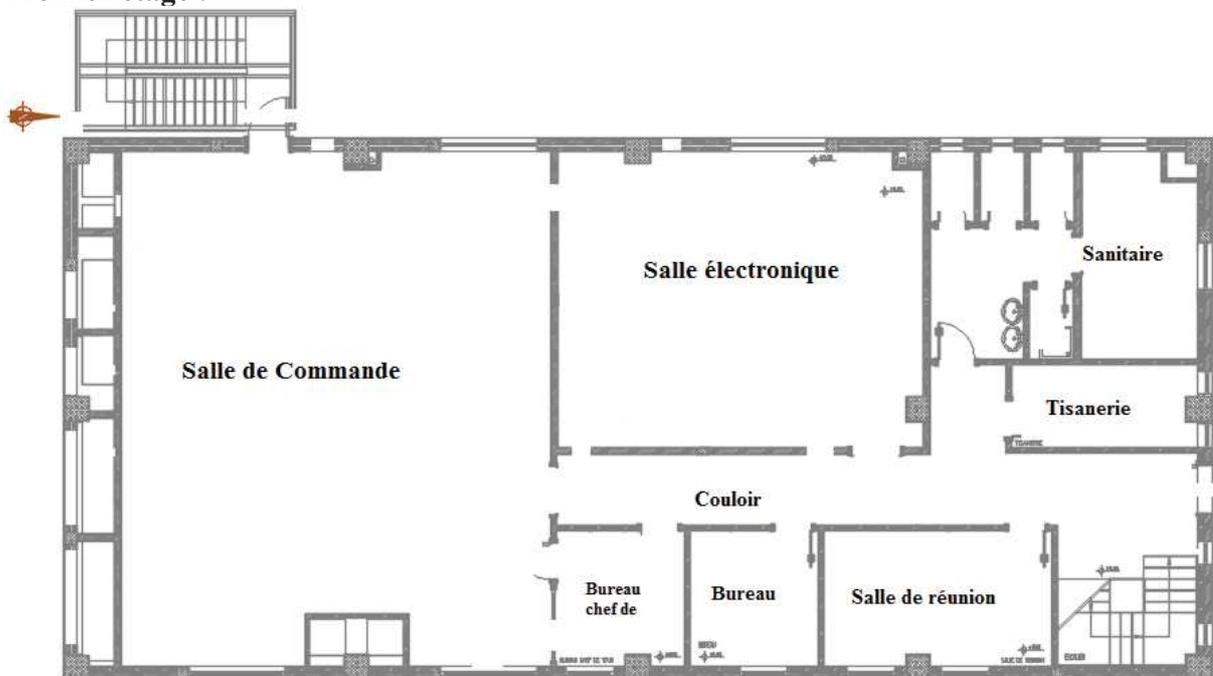


Fig 2.2 plan 1<sup>er</sup> étage

## 2.7 Exigences et données de l'étude :

On entend par conditions climatiques externes de base le comportement moyen du climat, en un lieu ou sur un territoire, pour une certaine période de l'année. Les valeurs moyennes résultent de l'analyse statique des observations météorologiques pour un grand intervalle de temps (de 5 à 10 ans). Ces conditions sont généralement : la température, l'humidité, le vent, etc.....) Selon les services météorologiques et le D.T.R. C 3-4 (Document Techniques Réglementaire), la ville de Batna se situe dans la zone présentée par les caractéristiques suivantes :

### 2.7.1 Caractéristiques de bases externes :

Les calculs des bilans estival et hivernal sont basés sur les conditions extérieures de base pour les périodes d'été et hiver.

- Zone climatique : C
- Température sèche de bases extérieure  $TS_{b,e}$  : 39.5(°C)
- Humidité spécifique  $HS_{b,e}$  : 8.5(gvap/kgas )
- Ecart diurne : 20(°C)
- Température sèche moyenne : 27(°C)
- Température base extérieure hiver : -2(°C)

### 2.7.2 Caractéristiques de bases internes :

Tous les locaux seront conditionnés a une température sèches, et une humidité relative. Ces conditions sont les exigences du cahier de charge qui doit être respecté.

Pour l'été :

- Température sèche TS : 24(°C)
- Humidité relative : 50%

Pour l'hiver :

- Température sèche TS : 21(°C)
- Humidité relative : 50%

## 2.8 Paramètres thermiques :

### 2.8.1 Coefficient Global de Transmission de Chaleur U:

U est un coefficient (donc une mesure) du transfert de chaleur entre les matériaux. Cet échange(ou transfert) de chaleur est dû aux différences de T° intérieures et extérieures, le coefficient U est utilisé donc pour décrire la perte de chaleur au travers du matériau. Techniquement, il représente la quantité de chaleur passant à travers une surface de 1 m<sup>2</sup>, quand il y a une différence de 1°K entre l'intérieur et l'extérieur.

### 2.8.2 Coefficient U des parois opaques :

Il est donné par la relation suivante :

$$1/U = \sum R_i + (1/h_e + 1/h_i)$$

- $\sum R_i$  : Somme des résistances thermiques des différents matériaux. (m<sup>2</sup> °c /w)
- (1/h<sub>e</sub> + 1/h<sub>i</sub>) : Somme des résistances d'échanges superficiels. (m<sup>2</sup> °c /w) (Donné par DTR).

**Remarque :** la Résistance thermique d'une paroi est donnée par la relation suivante :

$$R_i = e_i / \lambda_i$$

- R<sub>i</sub> : Résistance thermique de la couche « i ». (m<sup>2</sup>c/w).
- e<sub>i</sub> : Epaisseur de la couche du matériau. [m].
- λ<sub>i</sub> : Conductivité thermique de matériaux. [w/m<sup>2</sup>c].

- Quant à la résistance thermique de la lame d'air, elle est donnée par le D.T.R.

### 2.8.3 Résultats des coefficients U<sub>été</sub> et U<sub>hiver</sub> des parois :

Les différentes parois mises en jeu dans nos calculs sont du type : Murs extérieurs, Toitures, et plancher

Les calculs et résultats concernant les coefficients U<sub>été</sub> et U<sub>hiver</sub> de ces différentes parois sont résumés dans les tableaux suivant :

**Murs extérieurs :**

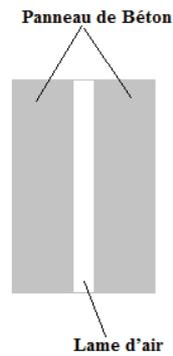


Fig 2.3 Mur double cloison

Tableau 2.3 coefficients U du mur

U <sub>été</sub> et U <sub>hiver</sub> : Mur double cloison de 30 cm								
Désignation	e (m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	$\Sigma R$	Eté		hiver	
					(1/he+1/h)	U (W/mC)	(1/he+1/hi)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Panneau de Béton	0.15	0.33	0.45	0.86	0,140	1	0.17	0.97
Lame d'air	0.05	-	0.11					
Panneau de Béton	0.1	0.33	0.3					

**Plancher :**

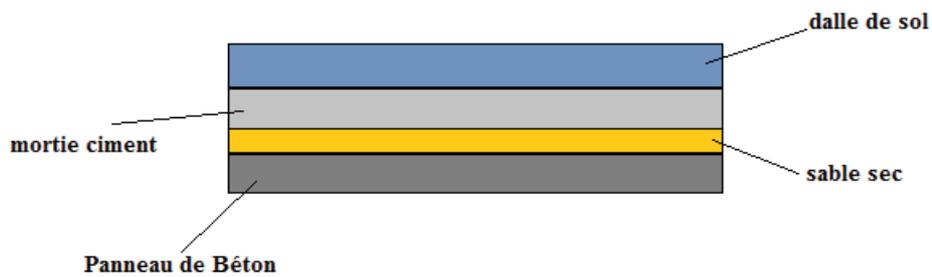


Fig2.4 plancher

Tableau 2.4 coefficients U du plancher

U <sub>été</sub> et U <sub>hiver</sub> : plancher								
Désignation	e (m)	λ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	ΣR	Eté		hiver	
					(1/he+1/h)	U (W/mC)	(1/he+1/hi)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Dalle de sol	0,005	1	0.005	0.164	0,140	2.994	0.34	1.697
Mortier ciment	0,015	1.4	0.01					
Sable sec	0,015	0.6	0.025					
Panneau de Béton	0.18	1.45	0.124					

Toitures :

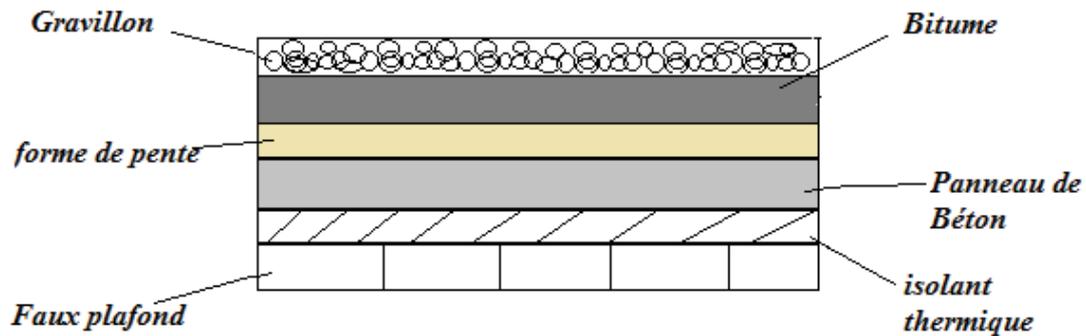


Fig 2.5 Toit

Tableau 2.5 coefficients U du Toit

U <sub>été</sub> et U <sub>hiver</sub> : Toiture								
Désignation	e (m)	λ (W /m°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	ΣR	Eté		Hiver	
					(1/he+1/hi)	U (W/m <sup>2</sup> °C)	(1/he+1/hi)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Gravillon	0,04	2,4	0,017	1.086	0,17	0.796	0,34	0.701
Bitume	0,015	0,23	0,065					
Forme de pente	0,05	1,75	0,029					
Panneau de Béton	0.18	0.33	0,545					
Isolant thermique	0,02	0.058	0,344					
Faux plafond	0,03	0,35	0,086					

## **2.9 Conclusion :**

Ce chapitre nous a servi à faire connaître le thème de notre Projet, la société, l'édifice étudié, ainsi que les paramètres géographiques, climatiques et thermiques de base nécessaires pour la suite de nos calculs.

# Chapitre 3

## Le Bilan Thermique

### 3.1 Introduction :

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation. Les éléments entrant en compte dans ce calcul sont nombreux, il faudra connaître la composition, l'exposition et surface des murs, des parois vitrées, des plafonds, des sols, ces éléments étant multipliés par des coefficients variables selon l'altitude et la localisation géographique. D'autres éléments doivent être pris en compte comme le renouvellement d'air naturel ou mécanique, les divers ponts thermiques ainsi que les apports qui pondéreront le calcul par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers...Etc.

### 3.2 Méthodes de calcul de bilan thermique :

Pour le calcul des Bilans thermiques, nous avons utilisé la méthode ASHRAE spécialisé dans le calcul des bilans, en procédant comme suit :

Pour le calcul des apports à travers les parois on a retiré la composition des murs, les vitrages, et les dimensions, depuis les plans d'architectures livré par le bureau d'étude.

Pour l'apport due à l'éclairage, on a pris les valeurs recommandées par ASHRAE.

Pour les apports de chaleurs dus aux divers appareils et machines électrique, on a retiré les équipements du plan d'aménagement livré au bureau d'étude

Pour le calcul des débits d'air neuf nécessaire pour chaque type de local et leur utilisation, on a utilisé les valeurs recommandées par ASHREA, avec le nombre d'occupants pour chaque espace.

#### 3.2.1 Présentation d'ASHREA :

L'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (plus connue sous le sigle ASHRAE) est une organisation internationale technique Fondée en 1894 spécialisé dans le domaine des génies thermiques et climatiques (chauffage, ventilation, air climatisé, production de froid).

### 3.3 Base de calcul :

#### 3.3.1 Les caractéristiques géographiques :

- Lieu d'installation : Batna (Algérie)
- Altitude : 822 m s.n.m.
- Latitude : 35,45°
- Longitude : -6,19°
- Pression atmosphérique : 0,924 MPa
- Milieu Industriel
- Vent Vmax 90 Km/h

#### 3.3.2 Les caractéristiques géométriques :

Les surfaces et les volumes de chaque local sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 Données géométriques

Données géométriques										
	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	Surfaces des murs (m <sup>2</sup> )				Surfaces des vitres (m <sup>2</sup> )			
			E	N	W	S	E	N	W	S
Salle de commande	165	858	57.64	-	60.54	66.42	5.8	-	2.9	4.3
Salle électronique	68.1	354.4	-	-	44.6	-	-	-	2.9	-
Bureau	11	57.2	15.4	-	-	-	1.4	-	-	-
Bureau chef de tour	11	57.2	16.8	-	-	-	1.4	-	-	-
Couloir 1 <sup>er</sup> étage	48.3	251.16	20.54	27.5	-	-	-	3.06	-	-
Salle de réunion	20	104	26.9	-	-	-	2.9	-	-	-
Tisanerie	10.5	54.6	-	10.7	-	-	-	0.7	-	-
Sanitaire	35	182	-	26	32.2	-	-	1.4	2.5	-
Salle batterie	49	205.8	-	28.35	27	-	-	-	-	-
Couloir rez de chaussé	48.32	202.944	24.47	27.47	-	-	-	1.4	-	-
Salle d'équipement électrique	292	1226.4	87.1	-	87.1	48.33	2.8	-	2.8	8.86

- S (m<sup>2</sup>) : la surface en (m<sup>2</sup>).
- V (m<sup>3</sup>) : le volume en (m<sup>3</sup>).

### 3.3.3 Les caractéristiques climatiques :

Les caractéristiques climatiques Eté et Hiver de la Wilaya de BATNA figurant sur le tableau suivant :

Tableau 3.2 Conditions climatiques externes

<i>Conditions climatiques externes</i>							
	ts(c°)	th(c°)	ζ(%)	ω(g/kgas)	ϑ(m3/kg)	h(kj/kg)	hfg(kj/kg)
<i>Eté</i>							
<b>8h</b>	24.1	16.4	45.5	8.5	0,854	45.5	2445,21
<b>9h</b>	26.9	17.4	38.5	8.5	0,862	60.43	2438,11
<b>10h</b>	29.9	18.4	32.4	8.5	0,87	61.67	2431
<b>11h</b>	32.5	19.3	27.9	8.5	0,878	62.91	2425,06
<b>12h</b>	35.3	20.1	23.9	8.5	0,886	68.44	2418
<b>13h</b>	28.16	17.8	35.7	8.5	0,894	64.81	2411,9
<b>14h</b>	39.5	21.4	19	8.5	0,898	64.75	2408,39
<b>15h</b>	39.5	21.4	19	8.5	0,898	64.74	2408,39
<b>16h</b>	39.5	21.4	19	8.5	0,898	66.58	2408,39
<b>17h</b>	38.56	21.1	19.9	8.5	0,895	65.99	2410,78
<i>Hiver</i>							
	-2	-2	100	3.2	0.772	6	2503.09

Tableau 3.3 Conditions climatiques internes

<i>Conditions climatiques internes</i>						
	ts(c°)	th(c°)	ζ(%)	ω(g/kgas)	ϑ(m3/kg)	h(kj/kg)
<i>Eté</i>						
<b>Local</b>	24	17.1	50	9.3	0.854	47.8
<i>Hiver</i>						
<b>Local</b>	21	14.6	50	7.7	0.844	40.7

### 3.4 Le bilan thermique Été :

Ce bilan de charges est une somme d'apports (gains) élémentaires internes et externes, auxquels s'ajoute le traitement de l'air neuf.

Les apports calorifiques d'un local représentent la somme des apports de chaleurs sensible et latente, provenant d'une source intérieure du local, pour des conditions extérieures déterminées. Ce bilan nous permettra de trouver le maximum d'apports survenant à une certaine heure, dite « heure critique ». Ce qui nous permettra de déterminer la puissance frigorifique de la machine à installer.

Vu le nombre important de locaux étudiés, les calculs effectués étaient évidemment, à la fois, longs et répétitifs. Aussi, nous allons présenter les résultats de la méthode de travail utilisée d'un seul exemple de local, à savoir la Salle de Commande (au 1<sup>er</sup> étage), à toutes les heures pour l'été et l'hiver.

Pour les autres locaux, la même méthodologie est suivie. Les résultats finaux (par local) seront donnés dans les Annexes.

Pour déterminer l'heure critique, nous traiterons le mois d'aout (mois le plus chaud).

Tous les calculs concernant cette partie du mémoire seront effectués sur la base de la formulation donnée par ASHRAE.

Ces apports de chaleur se divisent en deux catégories :

#### 3.4.1 Les apports de chaleur dus à la charge intérieure :

##### 3.4.1.a Apports dus aux occupants :

Les occupants dégagent de la chaleur sensible par rayonnement et convection ainsi que de l'humidité par transpiration et respiration. Ces apports sont liés à l'activité des personnes ainsi qu'au climat interne.

➤ Chaleur sensible :  $Q_{sp} = SHG \times CLF \times N_p$  (W)

Avec :

- $Q_{sp}$  : Quantité de chaleur sensible dégagée par les occupants.
- $SHG$  : gain de chaleur sensible par personne. (W) (Annexes Table 1).
- $CLF$  : Facteur d'amortissement qui dépend de la durée d'occupation et du temps écoulé entre l'entrée des occupants et l'heure à laquelle on fait le bilan (Annexes Table 2).
- $N_p$  : nombre de personnes.

➤ Chaleur latente :  $Q_{lp} = LHG \times N_p$  (W)

Avec :

- $Q_{lp}$  : Quantité de chaleur latente dégagée par les occupants
- $LHG$  : gain de chaleur latente par personne. (W) (Annexes Table 1).
- $N_p$  : nombre de personnes.

➤ La somme des gains :  $Q_p = Q_{sp} + Q_{lp}$  (W)

Les résultats de calculs sont dans le tableau suivant :

Tableau 3.4 récapitulatif des apports de chaleur dus à l'occupation

Local	Np (occupant)	SHG	CLF	LHG	Qs (w)	Ql (w)	Qt occupation
Salle de contrôle commande	10	61	1	52	610	520	1130
Salle électronique	2	61	1	52	122	104	226
Bureau chef de tour	2	61	1	52	122	104	226
Bureau	2	61	1	52	122	104	226
Salle de réunion	6	61	1	52	366	312	678
Tisanerie	2	61	1	52	122	104	226
Sanitaire	7	61	1	52	427	364	791
Couloire 1 <sup>er</sup> étage	2	61	1	52	122	104	226
Salle équipement électrique	4	61	1	52	244	208	452
Salle des batteries	-	-	-	-	-	-	-
Couloire rez de chaussé	2	61	1	52	122	104	226

### 3.4.1.b Apports dus à l'éclairage :

Les appareils d'éclairage représentent une source de chaleur sensible qui est dégagée par convection et par rayonnement. Cet apport de chaleur dépend de la puissance absorbée par ces appareils.

L'éclairage utilisé dans ce bâtiment est de type fluorescent encastré qui dégage une chaleur sensible durant 24h par jour avec ou sans occupation. Pour cela on applique la formule suivante :

$$Q_e = W_e * CLF \quad \text{Avec} \quad W_e = P * S$$

- **Q<sub>e</sub>** : apport de chaleur par éclairage en Watts (W).
- **CLF** : facteur de correction du coefficient d'amortissement (pour l'éclairage) dépend du type d'éclairage et de la durée de l'éclairage (Annexes Table 3).
- **W<sub>e</sub>** : puissance électrique installée pour l'éclairage pour toute la surface en (W)
- **P** : la puissance de l'éclairage recommandée par l'unité de surface (W/m<sup>2</sup>) (Donné par le constructeur).
- **S** : Surface (m<sup>2</sup>).

Les résultats de calculs sont dans le tableau suivant :

Tableau 3.5 récapitulatif des apports de chaleur dus à l'éclairage

<i>Local</i>	<i>S (m<sup>2</sup>)</i>	<i>P (w/m<sup>2</sup>)</i>	<i>CLF</i>	<i>Qe (w) Eclairage</i>
Salle de contrôle commande	165	30	1	4950
Salle électronique	68.1	30	1	2043
Bureau chef de tour	11	30	1	330
Bureau	11	30	1	330
Salle de réunion	20	30	1	600
Tisanerie	10.5	30	1	315
Sanitaire	35	30	1	1050
Couloire 1er étage	48.3	20	1	966
Salle équipement électrique	292	30	1	8760
Salle des batteries	49	30	1	1470
Couloire rez de chaussé	48.32	20	1	966.4

### 3.4.1.c Apports de chaleur due aux machines :

Les machines dégagent une chaleur sensible due aux résistances intégrées dans ces machines. Ce qui influe sur le bilan thermique. Dans notre cas voici le Tableau récapitulatif des apports de chaleur dus aux machines : (Donné par le bureau d'étude).

Tableau 3.6 récapitulatif des apports de chaleur dus aux machines

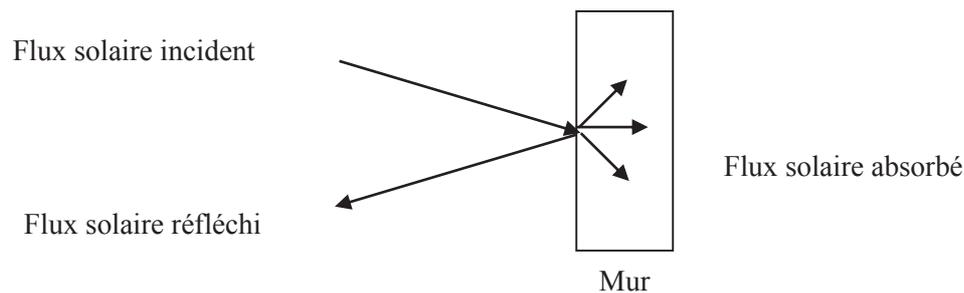
<i>Local</i>	<i>Qs (w) machines</i>
Salle de contrôle commande	11050
Salle électronique	6200
Bureau chef de tour	500
Bureau	500
Salle de réunion	500
Tisanerie	1000
Sanitaire	500
Couloire 1er étage	500
Salle équipement électrique	22000
Salle des batteries	-
Couloire rez de chaussée	500

### 3.4.2 Les apports de chaleur dus à la charge extérieure :

#### 3.4.2.a Les apports de chaleur par les parois opaques :

Selon le sens du flux thermique les parois apportent ou retirent de la chaleur sensible au local. Les parois opaques extérieures sont celles qui sont en contact direct avec l'air extérieur (parois verticales ou horizontales).

**Remarque :** Le mot « opaque » signifie tout ce qui est d'une nature qui ne laisse pas pénétrer la lumière.



En Été un mur opaque absorbe une quantité de chaleur ce qui entraîne l'augmentation de la température superficielle de la face externe du mur.

Pour un mur on calcule les apports par la formule suivante :

➤  $Q_m = U * A * CLTD_c$

- $Q_m$  : Quantité de chaleur générée par les murs en (Watts).
- $U$  : Coefficient de transfert thermique en (Watts / m<sup>2</sup>.C°)
- $A$  : la surface du mur en (m<sup>2</sup>)
- $CLTD_c$  : CLTD corrigé.

Avec :

➤  $CLTD_c = CLTD * K + (25 - T_{in}) + (T_{ex} - 29)$

- $CLTD$  : (Cooling Load Temperature Difference) un facteur donné par les documents ASHRAE qui dépend du type de mur (composition, masse surfacique et chaleur massique), l'heure solaire et l'orientation (Annexes Table 4).

- **K** : coefficient de correction qui tient compte de la couleur du mur.
  - couleur clair  $K = 0.65$ .
  - couleur moyenne  $K = 0.83$ .
  - couleur foncée  $K = 1$ .
- **tin** : température ambiante de l'intérieur.
- **tex** : température ambiante de l'extérieur.

**Remarque :** Cette formule tient compte du transfert thermique par ensoleillement et par conduction.

Tableau 3.7 récapitulatifs des apports de chaleur à travers les murs extérieurs

CHALEUR GENEREES PAR LES MURS EXTERIEURS																
Salle de commande	t(c°)	U(w/m². c°)	S(m²)			CLTD			K	CLTDc			Qm(w)			Qm(w)T
			Est	West	Sud	Est	West	Sud		-	Est	West	Sud	Est	West	
8h	24,1	1	57,64	60,54	66,42	9	6	1	1	5,1	2	-2,9	293,964	-115,026	-192,618	-13,68
9h	26,9	1	57,64	60,54	66,42	16	10	2	1	14,9	2	0,9	858,836	54,486	59,778	973,1
10h	29,9	1	57,64	60,54	66,42	21	15	4	1	22,9	3	5,9	1319,956	296,646	391,878	2008,48
11h	32,5	1	57,64	60,54	66,42	24	18	7	1	28,5	4	11,5	1642,74	514,59	763,83	2921,16
12h	35,3	1	57,64	60,54	66,42	25	20	11	1	32,3	6	18,3	1861,772	805,182	1215,486	3882,44
13h	38,16	1	57,64	60,54	66,42	24	21	15	1	34,16	8	25,16	1968,9824	1099,4064	1671,1272	4739,516
14h	39,5	1	57,64	60,54	66,42	22	21	19	1	33,5	11	30,5	1930,94	1362,15	2025,81	5318,9
15h	39,5	1	57,64	60,54	66,42	20	20	21	1	31,5	16	32,5	1815,66	1664,85	2158,65	5639,16
16h	39,5	1	57,64	60,54	66,42	19	19	22	1	30,5	22	33,5	1758,02	2028,09	2225,07	6011,18
17h	38,56	1	57,64	60,54	66,42	18	18	21	1	28,56	27	31,56	1646,1984	2273,8824	2096,2152	6016,296

**3.4.2.b Les apports de chaleur par le toit :***Tableau 3.8 récapitulatifs des apports de chaleur à travers le toit*

<i>Toit</i>	<i>U (w/m<sup>2</sup>.C°)</i>	<i>S toit (m<sup>2</sup>)</i>	<i>CLTD toit</i>	<i>K</i>	<i>CLTDc</i>	<i>Qm (Watts)</i>
<b>8h</b>	0,796	165	4	1	0,1	13,134
<b>9h</b>	0,796	165	4	1	2,9	380,886
<b>10h</b>	0,796	165	4	1	5,9	774,906
<b>11h</b>	0,796	165	6	1	10,5	1379,07
<b>12h</b>	0,796	165	9	1	16,3	2140,842
<b>13h</b>	0,796	165	12	1	22,16	2910,4944
<b>14h</b>	0,796	165	16	1	27,5	3611,85
<b>15h</b>	0,796	165	20	1	31,5	4137,21
<b>16h</b>	0,796	165	24	1	35,5	4662,57
<b>17h</b>	0,796	165	27	1	37,56	4933,1304

**3.4.2.c Les apports de chaleur dus au vitrage :**

Comme toutes les parois opaques les apports thermiques sont dus au rayonnement et conduction. Les fenêtres aluminium de ce bâtiment comportent un simple vitrage de 6 mm d'épaisseur de type absorbant.

- **Les apports de chaleur par conduction :**

Cet apport est donné par la formule suivante :

$$\text{➤ } Q_{vc} = U_v * A_v * \Delta t$$

- **Q<sub>vc</sub>** : Quantité de chaleur transmise par conduction à travers les vitres en (Watts).
- **U<sub>v</sub>** : coefficient de transfert thermique de la vitre en (Watts / m<sup>2</sup>.c°) (Annexe Table 6).
- **A<sub>v</sub>** : la surface de la vitre en (m<sup>2</sup>).
- **Δt** : la différence de température en (C°).

Tableau 3.9 récapitulatifs des apports de chaleur par conduction à travers les vitres

<b>CONDUCTION</b>					
<i>Salle de contrôle commande</i>	<i>tex(c°)</i>	<i>Δt (c°)</i>	<i>Uv (w/m². c°)</i>	<i>A(m²)</i>	<i>Qvc(w)</i>
8h	24,1	0,1	4	13	5,2
9h	26,9	2,9	4	13	150,8
10h	29,9	5,9	4	13	306,8
11h	32,5	8,5	4	13	442
12h	35,3	11,3	4	13	587,6
13h	38,16	14,16	4	13	736,32
14h	39,5	15,5	4	13	806
15h	39,5	15,5	4	13	806
16h	39,5	15,5	4	13	806
17h	38,56	14,56	4	13	757,12

- **Les apports de chaleur par rayonnement :**

Le rayonnement solaire constitue un apport de chaleur sensible souvent pré dominant. Les gains de chaleur qui traversent la vitre par ensoleillement sont donnés par la formule suivante :

$$\text{➤ } Q_{\text{ven}} = \text{SHGF} * \text{SC} * \text{CLF} * A_v$$

- **Q<sub>ven</sub>** : Quantité de chaleur transmise par ensoleillement à travers la vitre.
- **SHGF** : (Facteur de gain solaire maximum), il varie en fonction de la latitude, le mois et la position de vitre, il est donné en (Watts / m²) (Annexes Table 7).
- **SC** : Facteur d'ombre qui tient compte du vitrage et du store vénitien (Annexes Table8).
- **CLF** : Facteur d'amortissement de la chaleur absorbée par le verre et qui sera transféré à l'air libre par conduction et par convection. Il est fonction de l'orientation du vitrage et de l'heure solaire (Annexes Table 9).

Tableau 3.10 récapitulatifs des apports de chaleur par rayonnement :

<i>salle de contrôle commande</i>										
<i>Est</i>						<i>West</i>				
	<i>SC</i>	<i>CLF</i>	<i>SHGF(w/m<sup>2</sup>)</i>	<i>A vitre(m<sup>2</sup>)</i>	<i>Qv ens(w)</i>	<i>SC</i>	<i>CLF</i>	<i>SHGF(w/m<sup>2</sup>)</i>	<i>A vitre(m<sup>2</sup>)</i>	<i>Qv ens(w)</i>
8h	0,4	0,8	688	5,8	1276,928	0,4	0,1	688	2,9	79,808
9h	0,4	0,76	688	5,8	1213,0816	0,4	0,13	688	2,9	103,7504
10h	0,4	0,62	688	5,8	989,6192	0,4	0,15	688	2,9	119,712
11h	0,4	0,41	688	5,8	654,4256	0,4	0,16	688	2,9	127,6928
12h	0,4	0,27	688	5,8	430,9632	0,4	0,17	688	2,9	135,6736
13h	0,4	0,24	688	5,8	383,0784	0,4	0,31	688	2,9	247,4048
14h	0,4	0,22	688	5,8	351,1552	0,4	0,53	688	2,9	422,9824
15h	0,4	0,2	688	5,8	319,232	0,4	0,72	688	2,9	574,6176
16h	0,4	0,17	688	5,8	271,3472	0,4	0,82	688	2,9	654,4256
17h	0,4	0,14	688	5,8	223,4624	0,4	0,81	688	2,9	646,4448
<i>Sud</i>										
	<i>SC</i>	<i>CLF</i>	<i>SHGF(w/m<sup>2</sup>)</i>	<i>A vitre(m<sup>2</sup>)</i>	<i>Qv ens(w)</i>					
8h	0,4	0,23	688	4,3	272,1728					
9h	0,4	0,38	688	4,3	449,6768					
10h	0,4	0,58	688	4,3	686,3488					
11h	0,4	0,75	688	4,3	887,52					
12h	0,4	0,83	688	4,3	982,1888					
13h	0,4	0,8	688	4,3	946,688					
14h	0,4	0,68	688	4,3	804,6848					
15h	0,4	0,5	688	4,3	591,68					
16h	0,4	0,35	688	4,3	414,176					
17h	0,4	0,17	688	4,3	29.172					

- **Les gains totaux à travers les vitres :**

Le tableau suivant représente tous les apports de chaleur (conduction et rayonnement) à travers les vitres pour la Salle de contrôle commande :

Tableau 3.11 récapitulatifs des apports de chaleur à travers les vitres

<i>chaleur générée par les vitres pour chaque local</i>										
<i>Salle de commande</i>										
	<b>8h</b>	<b>9h</b>	<b>10h</b>	<b>11h</b>	<b>12h</b>	<b>13h</b>	<b>14h</b>	<b>15h</b>	<b>16h</b>	<b>17h</b>
<b>Conduction</b>	5,2	150,8	306,8	442	587,6	736,32	806	806	806	757,12
<b>Rayonnement</b>	1628,90	1766,50	1795,68	1669,63	1548,82	1577,17	1578,82	1485,52	1339,94	1071,07
<b>TOTAL (w)</b>	1634,10	1917,30	2102,48	2111,63	2136,42	2313,49	2384,82	2291,52	2145,94	1828,19

### 3.4.2.d Les apports de chaleur par le plancher :

Dans notre cas le niveau en dessous n'est pas climatisé sur toute la surface des locaux, donc il faudra prendre en compte la chaleur transmise par conduction à travers le plancher.

➤  $Q_{pcher} = U_{pcher} * A_{local} * \Delta t$

- **Q<sub>pcher</sub>** : Quantité de chaleur transmise par le plancher en (Watts).
- **U<sub>pcher</sub>** : Coefficient de transfert de chaleur du plancher étage en (Watts / m<sup>2</sup>.C°).
- **A<sub>local</sub>** : la surface du local en (m<sup>2</sup>).
- **Δt = T<sub>Linf</sub> – T<sub>int</sub>** : la différence de température entre l'air ambiant et la température du sous-sol et l'intérieure qu'il faudra calculer.

Les résultats de calculs pour la Salle d'équipement électrique sont dans le tableau suivant :

Tableau 3.12 récapitulatifs des apports de chaleur à travers le plancher

Salle d'équipement électrique	U (w/m <sup>2</sup> .C°)	A local (m <sup>2</sup> )	T local inf (C°)	(T Linf - Tint) (C°)	Q plancher (Watts)
8h	2,994	292	44	20	17484,96
9h	2,994	292	44	20	17484,96
10h	2,994	292	44	20	17484,96
11h	2,994	292	44	20	17484,96
12h	2,994	292	44	20	17484,96
13h	2,994	292	44	20	17484,96
14h	2,994	292	44	20	17484,96
15h	2,994	292	44	20	17484,96
16h	2,994	292	44	20	17484,96
17h	2,994	292	44	20	17484,96

### 3.4.3 Les apports de chaleur par infiltration :

Les infiltrations représentent une source importante de gains de la chaleur.

Le débit d'air infiltré varie selon l'étanchéité du local, de la vitesse du vent et de la différence de densité de l'air entre l'intérieur et l'extérieur.

Les infiltrations sont des sources de chaleur sensible et latente.

Apports sensibles :

$$\text{➤ } Q_{\text{sinf}} = \dot{m}_{\text{inf}} * c_p * \Delta t$$

- $Q_{\text{sinf}}$  : gains de chaleur sensible par infiltration en (kilo Watts).
- $\dot{m}_{\text{inf}}$  : débit massique de l'air infiltré en (kg / s).
- $C_p$  : chaleur massique de l'air humide en (kj / kg.c°).
- $\Delta t$  : ( $t_e - t_i$ ) :
  - $t_e$  : température de l'air à l'extérieur en (c°).
  - $t_i$  : température de l'air à l'intérieur en (c°).

Apports latents :

$$\text{➤ } Q_{\text{linf}} = \dot{m}_{\text{inf}} * h_{fg} * \Delta w$$

- $Q_{\text{linf}}$  : gains de chaleur latente par infiltration en (k Watts).
- $\dot{m}_{\text{inf}}$  : débit massique de l'air infiltré en (kg / s).
- $H_{fg}$  : chaleur latente d'évaporation à la température de l'extérieur en (kj / kg).
- $\Delta w$  : ( $w_e - w_i$ ) :
  - $w_e$  : humidité absolue de l'air à l'extérieur en (kg eau / kg air sec).
  - $w_i$  : humidité absolue de l'air à l'intérieur en (kg eau / kg air sec).

**Le calcul du débit massique de l'air infiltré :**

$$\text{➤ } \dot{m}_{\text{inf}} = (N * V) / (\vartheta_e * 3600)$$

- $V$  : volume du local en (m<sup>3</sup>).
- $\vartheta_e$  : volume massique de l'air externe en (m<sup>3</sup> / kg).
- $N$  : nombre de changement d'air par heure en (volume / h).

$N$  est calculé par la formule suivante :

$$\text{- } N = a + b * V_{\text{air}} + c * \Delta t$$

- $V_{\text{air}}$  : vitesse de l'air à l'extérieur en (m / s), en Eté 3.4 (m / s).
- $a, b$  et  $c$  sont des coefficients qui dépendent de la perméabilité des parois du local.

Ils sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3.13 des coefficients qui dépendent de la perméabilité des parois du local

Type de construction	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Peu perméable	0.15	0.01	0.007
Perméabilité moyenne	0.2	0.015	0.014
Perméable	0.25	0.02	0.022

Dans notre bâtiment la perméabilité de construction sera considérée comme peu perméable.

Les résultats de calcul de *N* sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3.14 nombre de changement d'air (été)

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Vair (m/s)	<i>te - ti</i>	<i>N</i> (vol/h)
8h	0,15	0.01	0,007	3,4	0,1	0,4907
9h	0,15	0.01	0,007	3,4	2,9	0,5103
10h	0,15	0.01	0,007	3,4	5,9	0,5313
11h	0,15	0.01	0,007	3,4	8,5	0,5495
12h	0,15	0.01	0,007	3,4	11,3	0,5691
13h	0,15	0.01	0,007	3,4	14,16	0,58912
14h	0,15	0.01	0,007	3,4	15,5	0,5985
15h	0,15	0.01	0,007	3,4	15,5	0,5985
16h	0,15	0.01	0,007	3,4	15,5	0,5985
17h	0,15	0.01	0,007	3,4	14,7	0,5929

Les résultats de calculs du débit d'air pour chaque heure d'occupation :

Tableau 3.15 débit massique de l'air infiltré (été)

<b>DEBIT MASSIQUE D'INFILTRATION</b>				
	<i>N</i> (vol/h)	<i>V</i> (m <sup>3</sup> )	$\vartheta\varepsilon$ (m <sup>3</sup> /kg)	<i>minf</i> (kg / s)
8h	0,4907	858	0,854	0,136
9h	0,5103	858	0,862	0,141
10h	0,5313	858	0,87	0,145
11h	0,5495	858	0,878	0,149
12h	0,5691	858	0,886	0,153
13h	0,58912	858	0,894	0,157
14h	0,5985	858	0,898	0,158
15h	0,5985	858	0,898	0,158
16h	0,5985	858	0,898	0,158
17h	0,5929	858	0,895	0,157

**Les résultats récapitulatifs des apports de chaleur par infiltration :**

Tableau 3.16 apports de chaleur par infiltration (été)

<b>CHALEUR GENEREE PAR INFILTRATION</b>								
<i>Salle de commande</i>	<i>m inf(kg/s)</i>	<i>cp(kj/kg)</i>	<i>hfg(kj/kg)</i>	<i>(te-ti) (c°)</i>	<i>(we-wi) (kg/kgas)</i>	<i>Qs (kw)</i>	<i>Ql (kw)</i>	<i>Qt (kw)</i>
<b>8h</b>	0,136	1,004	2445,21	0,1	-0,0008	0,013	-0,267	-0,254
<b>9h</b>	0,141	1,004	2438,11	2,9	-0,0008	0,410	-0,275	0,135
<b>10h</b>	0,145	1,004	2431	5,9	-0,0008	0,862	-0,283	0,579
<b>11h</b>	0,149	1,004	2425,06	8,5	-0,0008	1,272	-0,289	0,983
<b>12h</b>	0,153	1,004	2418	11,3	-0,0008	1,736	-0,296	1,440
<b>13h</b>	0,157	1,004	2411,9	14,16	-0,0008	2,232	-0,303	1,929
<b>14h</b>	0,158	1,004	2408,39	15,5	-0,0008	2,471	-0,306	2,165
<b>15h</b>	0,158	1,004	2408,39	15,5	-0,0008	2,471	-0,306	2,165
<b>16h</b>	0,158	1,004	2408,39	15,5	-0,0008	2,471	-0,306	2,165
<b>17h</b>	0,157	1,004	2410,78	14,56	-0,0008	2,308	-0,304	2,003

### 3.5 L'heure critique :

Le contrôle de l'environnement intérieur des locaux à climatiser ne peut être efficace que si la puissance de l'installation est apte à compenser à chaque instant aussi bien les charges intermédiaires que les charges maximales.

L'estimation de la charge maximale doit se faire pour l'heure où les gains atteignent simultanément leur maximum, le bilan thermique Été sera évalué en se basant sur les données de cette heure.

Donc nous allons sommer tous les apports de chaleur interne et externe dans tous les locaux à chaque heure d'occupation pour avoir la critique pour chaque local où les apports atteignent leurs valeurs maximales.

3.6 Résultats pour une seule salle :

Tableau 3.17 résultat total salle de commande

Salle de commande													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	Ql (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDUC	(w)	(w)	Qs (w)	Ql (w)	QsT(w)	QlT (w)	Q T (w)
8h	610	520	4950	11050	1628,90	5,2	-13,68	13,13	13,74	-267,88	18257,31	252,11	18509,426
9h	610	520	4950	11050	1766,50	150,8	973,1	380,88	410,80	-275,19	20292,09	244,80	20536,900
10h	610	520	4950	11050	1795,68	306,8	2008,48	774,90	862,16	-283,06	22358,03	236,93	22594,971
11h	610	520	4950	11050	1669,63	442	2921,16	1379,07	1272,94	-289,38	24294,81	230,61	24525,434
12h	610	520	4950	11050	1548,82	587,6	3882,44	2140,84	1736,80	-296,13	26506,51	223,86	26730,383
13h	610	520	4950	11050	1577,17	736,32	4739,51	2910,49	2232,79	-303,04	28806,29	216,95	29023,251
14h	610	520	4950	11050	1578,82	806	5318,9	3611,85	2471,94	-306,04	30397,51	213,95	30611,465
15h	610	520	4950	11050	1485,52	806	5639,16	4137,21	2471,94	-306,04	31149,84	213,95	31363,792
16h	610	520	4950	11050	1339,94	806	6011,18	4662,57	2471,94	-306,04	31901,63	213,95	32115,591
17h	610	520	4950	11050	1071,07	757,12	6016,296	4933,13	2308,01	-304,50	31695,63	215,49	31911,135

3.7 Le bilan thermique Eté pour l'ensemble des locaux :

3.7.1 Premier étage :

Tableau 3.18 résultat total premier étage (été)

	Salle de commande	Salle électronique	Bureau chef de tour	Bureau	Salle de réunion	Tisanerie	Sanitaire	Couloire	Total (w)	Total (kw)
8h	18509,42	9345,48	1427,25	1427,25	2525,60	1549,90	2170,39	1465,17	38420,5	38,420
9h	20536,90	10158,89	1628,94	1628,94	2881,59	1657,04	2713,25	2003,74	43209,32	43,209
10h	22594,97	11055,99	1770,84	1770,84	3121,38	1771,73	3354,15	2532,90	47972,83	47,972
11h	24525,43	11983,06	1857,97	1857,97	3256,84	1890,42	3924,83	3026,66	52323,21	52,323
12h	26730,38	12769,47	1959,49	1959,49	3427,55	2023,63	4598,92	3534,49	57003,45	57,003
13h	29023,25	13717,49	2076,51	2076,51	3639,39	2168,35	5428,90	4038,91	62169,34	62,169
14h	30611,46	14360,61	2128,64	2128,64	3734,86	2256,94	6064,96	4312,32	65598,46	65,598
15h	31363,79	14672,65	2125,16	2125,16	3728,77	2307,75	6634,42	4426,45	67384,19	67,384
16h	32115,59	14993,40	2133,22	2133,22	3741,61	2346,58	7153,55	4529,74	69146,96	69,146
17h	31911,13	14868,56	2093,74	2093,74	3667,69	2340,77	7320,68	4464,07	68760,43	68,760

## 3.7.2 Rez de chaussée :

Tableau 3.19 résultat total Rez de chaussée (été)

	Salle d'équipement électrique	Salle des Batteries	Couloire	Total (w)	Total (kw)
<b>8h</b>	49836,19	4236,09	2058,25	56130,55	56,130
<b>9h</b>	51474,89	4515,71	2515,353	58505,96	58,505
<b>10h</b>	53120,88	4847,48	2947,10	60915,48	60,915
<b>11h</b>	54427,02	5147,36	3297,03	62871,42	62,871
<b>12h</b>	55678,67	5499,13	3620,09	64797,91	64,797
<b>13h</b>	56804,38	5890,30	3930,81	66625,5	66,625
<b>14h</b>	57441,65	6134,80	4040,41	67616,87	67,616
<b>15h</b>	57666,99	6331,50	4043,89	68042,4	68,042
<b>16h</b>	57984,93	6527,85	4042,48	68555,28	68,555
<b>17h</b>	57725,33	6575,93	3961,40	68262,68	68,262

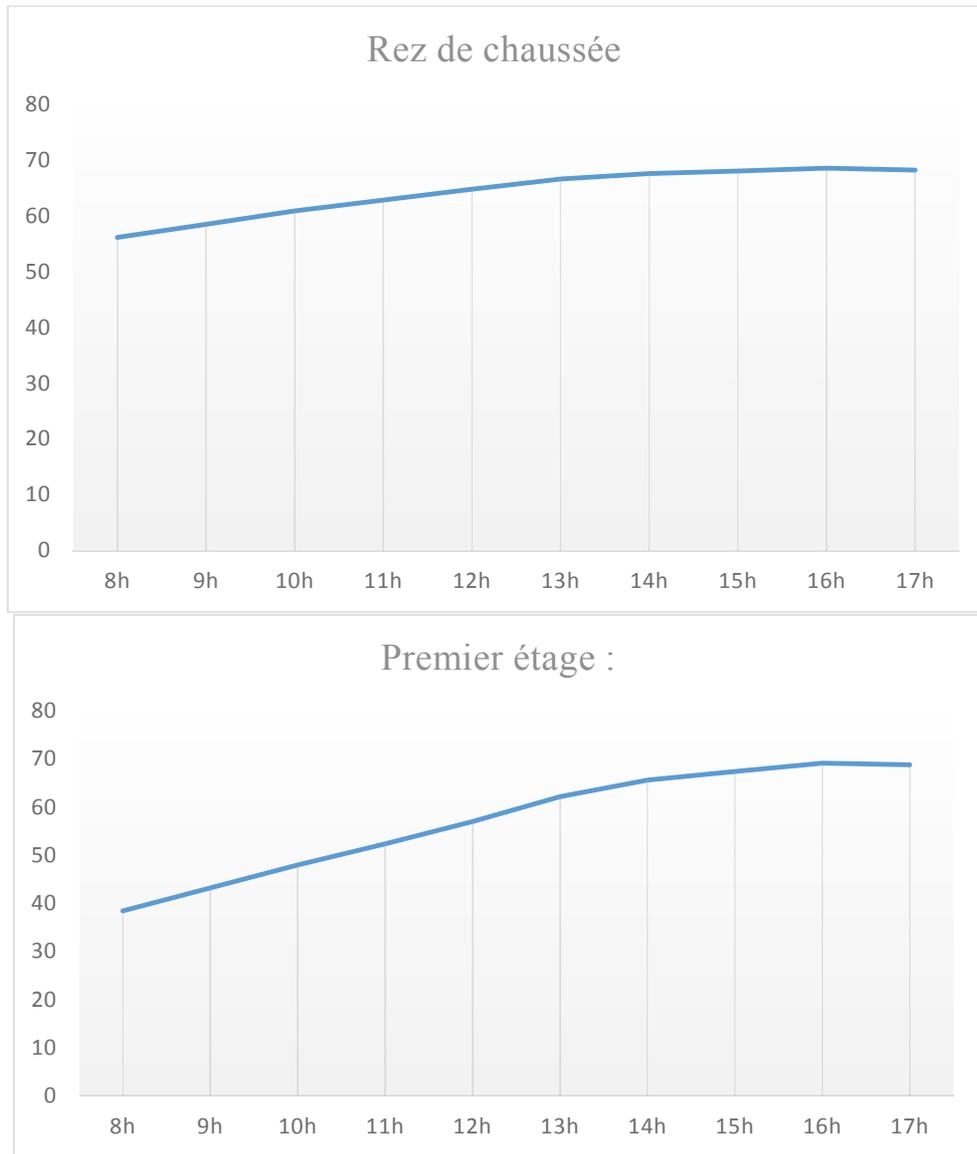


Fig. 3.1 charge total

Le calcul des charges de climatisation en été consiste à rechercher la valeur maximale de la somme de toutes ces charges.

On voit clairement que l'heure critique est à 16 h avec une charge totale de 69,14 KW pour le 1er étage et 68,55 kW pour le rez de chaussée.



### 3.8 Le bilan thermique (hiver) :

#### 3.8.1 Les déperditions :

La détermination des pertes thermiques d'un volume donné, dépend simultanément des conditions climatologiques essentiellement concrétisées par la température extérieure de base et de la température intérieure, de la nature des parois et du renouvellement d'air. La puissance d'une installation de chauffage doit donc couvrir ces besoins.

➤ **Principe de calcul :**

Les déperditions de base d'un local comprennent :

- Les déperditions par transmission de chaleur à travers les parois, (déperditions par conduction).
- Les déperditions par infiltrations d'air.

#### 3.8.2 Les déperditions par transmission :

Les déperditions par conduction comprennent :

- Les déperditions linéiques.
- Les déperditions surfaciques.

##### 3.8.2.a Les déperditions linéiques "ponts thermiques" :

Tous les bâtiments sont composés de plusieurs parois, les liaisons à travers la jonction de ces parois (extérieures ou intérieures), et les liaisons entre les murs et les menuiseries appelées communément ponts thermiques, sont à l'origine de désordres dans la construction car ces liaisons font friser la continuité des parois et provoquer des fuites de chaleur à travers ces liaisons.

Donc les déperditions à travers une liaison ou pont thermique **D<sub>li</sub>** sont données par la formule suivante.

➤  $D_{li} = U_i * L * \Delta t$

- **U<sub>i</sub>** : représente le coefficient de transmission linéique de la liaison en (Watts/ m.C°).
- **L** : représente la longueur intérieure de la liaison en (m).
- **Δt** : différence de température entre l'intérieur et l'extérieur en (C°).

**Remarque :**

Généralement les déperditions linéiques ne doivent pas dépasser 5% de la déperdition totale par transmission.

**3.8.2.b Les déperditions surfaciques par transmission :**

Les déperditions surfaciques par transmissions sont égales à la somme des pertes de chaleur pour les différentes parois extérieures qui constituent un local considéré.

On entend par paroi extérieure un mur, un plancher, une terrasse, les portes et fenêtres en contact direct avec l'extérieur.

La formule suivante donne les déperditions de chaleur par transmission pour tous les types des parois (murs, vitres et planchers) dans notre cas :

$$\triangleright Q_p = U * A * \Delta t$$

- $Q_p$  : quantité de chaleur transmise par une paroi en (Watts).
- $U$  : coefficient de transfert thermique en hiver qui dépend de la nature et du type de la paroi (murs, vitres et planchers) en (Watts / m<sup>2</sup>.C°).
- $A$  : la surface de la paroi en (m<sup>2</sup>).
- $\Delta t$  : la différence de température entre l'air à l'extérieur et l'intérieur en (C°).

**Résultats de calculs des déperditions de chaleur par transmission à travers les murs :**

Tableau 3.20 déperditions par transmissions (murs)

<b>DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (MURS)</b>				
<b>Local</b>	<b>U(w/m<sup>2</sup>.c°)</b>	<b>A(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(ti-te) (c°)</b>	<b>Qm(w)</b>
Salle de commande	0.97	184,6	-23	-4118,426
Salle électronique	0.97	44,6	-23	-995,026
Bureau chef de tour	0.97	15,4	-23	-343,574
Bureau	0.97	15,4	-23	-343,574
Salle de réunion	0.97	26,9	-23	-600,139
Tisanerie	0.97	10,7	-23	-238,717
Sanitaire	0.97	58,2	-23	-1298,442
Couloire 1er étage	0.97	48,04	-23	-1071,772
Salle d'équipement électrique	0.97	222.53	-23	-4964,644
Batterie	0.97	55,35	-23	-1234,858
Couloire rez de chaussé	0.97	51,94	-23	-1158,781

**Résultats de calculs des déperditions de chaleur par transmission à travers les vitres :**

Tableau 3.21 déperditions par transmissions (vitres)

<b>DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (vitres)</b>				
Local	$U(w/m^2. c^{\circ})$	$A(m^2)$	$(ti-te) (c^{\circ})$	$Qv(w)$
Salle de commande	4	13	-23	-1196
Salle électronique	4	2,9	-23	-266,8
Bureau chef de tour	4	1.4	-23	-128,8
Bureau	4	1,4	-23	-128,8
Salle de réunion	4	2,9	-23	-266,8
Tisanerie	4	0.7	-23	-64,4
Sanitaire	4	3.9	-23	-358,8
Couloire 1er étage	4	3.06	-23	-281,52
Salle d'équipement électrique	4	14,46	-23	-1330,32
Batterie	4	55,35	-23	-
Couloire rez de chaussé	4	1.4	-23	-128,8

**Résultats de calculs des déperditions de chaleur par transmission à travers le Toit :**

Tableau 3.22 déperditions par transmissions (Toit)

<b>DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (Toit)</b>				
Local	$U(w/m^2. c^{\circ})$	$A(m^2)$	$(ti-te) (c^{\circ})$	$Qt(w)$
Salle de commande	0.701	165	-23	-2660,295
Salle électronique	0.701	68,1	-23	-1097,976
Bureau chef de tour	0.701	11	-23	-177,353
Bureau	0.701	11	-23	-177,353
Salle de réunion	0.701	20	-23	-322,46
Tisanerie	0.701	10,5	-23	-169,291
Sanitaire	0.701	35	-23	-564,305
Couloire 1er étage	0.701	48,3	-23	-778,740

**Résultats de calculs des déperditions de chaleur par transmission à travers le plancher :**

Tableau 3.23 déperditions par transmissions (plancher)

<b>DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (plancher)</b>				
Local	$U(w/m^2. c^{\circ})$	$A(m^2)$	$(ti-te) (c^{\circ})$	$Qp(w)$
Salle d'équipement électrique	1.697	292	-23	-11397,052
Batterie	1.697	49	-23	-1912,519
Couloire rez de chaussé	1.697	48.32	-23	-1885,977

### 3.8.3 Les déperditions de chaleur par infiltration :

Les infiltrations représentent une part importante des déperditions de chaleur sensible et latente en Hiver comme en Eté, elles sont fonction de plusieurs paramètres (température, teneur en eau et débit massique de l'air infiltré). Ce mode d'échange thermique est par convection.

➤ **Le calcul du débit masse d'infiltration :**

Le débit massique d'infiltration est calculé par la formule suivante :

➤  $\dot{m}_{inf} = (N * V) / (\vartheta_e * 3600)$

- **V** : volume du local en (m<sup>3</sup>).
- **ϑ<sub>e</sub>** : volume massique de l'air externe en (m<sup>3</sup> / kg).
- **N** : nombre de changement d'air par heure en (volume / h).

N est calculé par la formule suivante :

➤  $N = a + b * V_{air} + c * \Delta t$

- **V<sub>air</sub>** : vitesse de l'air à l'extérieur en (m / s), en Hiver 6.7 (m / s).
- a, b et c sont des coefficients qui dépendent de la perméabilité des parois du local. donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3.24 des coefficients qui dépendent de la perméabilité des parois du local

Type de construction	a	b	c
Peu perméable	0.15	0.01	0.007
Perméabilité moyenne	0.2	0.015	0.014
Perméable	0.25	0.02	0.022

Dans notre bâtiment la perméabilité de construction est peu perméable comme il est déjà mentionné, les résultats du calcul N sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3.25 nombre de changement d'air (Hiver)

HIVER	a	b	c	v air (m/s)	te - ti	N (vol/h)
	0,15	0,01	0,007	6,7	-23	0,056

Les résultats de calculs du débit d'air pour chaque heure d'occupation :

Tableau 3.26 débit massique de l'air infiltré (Hiver)

<b>Débit massique d'infiltration</b>				
	$N(\text{vol/h})$	$V (\text{m}^3)$	$\varnothing_e$	$\dot{m} \text{ inf}(\text{kg/s})$
Salle de commande	0,056	858	0,772	0,0172
Salle électronique	0,056	354,4	0,772	0,0071
Bureau chef de tour	0,056	57,2	0,772	0,0011
Bureau	0,056	57,2	0,772	0,0011
Salle de réunion	0,056	251,16	0,772	0,0050
Tisanerie	0,056	202,944	0,772	0,0040
Sanitaire	0,056	104	0,772	0,0020
Couloire 1er étage	0,056	54,6	0,772	0,0011
Salle d'équipement électrique	0,056	205,8	0,772	0,0041
Batterie	0,056	182	0,772	0,0036
Couloire rez de chaussé	0,056	1226,4	0,772	0,0247

Les résultats récapitulatifs des apports de chaleur par infiltration :

Tableau 3.27 apports de chaleur par infiltration (Hiver)

<b>Déperditions par infiltration</b>								
	$\dot{m} \text{ inf}(\text{kg/s})$	$cp(\text{kJ/kg})$	$hfg(\text{kJ/kg})$	$(t_e-t_i)$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$(w_e-w_i)$ ( $\text{kg/kgas}$ )	$Q_s (\text{kw})$	$Q_l (\text{kw})$	$Q_t(\text{kw})$
Salle de commande	0,0172	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,399	-0,194	-0,593
Salle électronique	0,0071	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,164	-0,080	-0,245
Bureau chef de tour	0,0011	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,026	-0,0129	-0,039
Bureau	0,0011	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,026	-0,0129	-0,039
Salle de réunion	0,0050	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,116	-0,057	-0,173
Tisanerie	0,0040	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,094	-0,046	-0,140
Sanitaire	0,0020	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,048	-0,023	-0,071
Couloire 1er étage	0,0011	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,025	-0,012	-0,037
Salle d'équipement électrique	0,0041	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,095	-0,046	-0,142
Batterie	0,0036	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,084	-0,041	-0,125
Couloire rez de chaussé	0,0247	1,004	2503,09	-23	-0,0045	-0,570	-0,278	-0,848

### 3.9 Le bilan thermique Hiver pour l'ensemble des locaux

#### 3.9.1 Premier étage :

Tableau 3.28 résultat total premier étage (Hiver)

Local	$Q_{sT}(w)$	$Q_I(w)$	Total (w)
Salle de commande	-8373,945	-194,735	-8568,680
Salle électronique	-2524,703	-80,436	-2605,139
Bureau chef de tour	-676,341	-12,982	-689,324
Bureau	-676,341	-12,982	-689,324
Salle de réunion	-1306,262	-57,004	-1363,267
Tisanerie	-566,837	-46,061	-612,898
Sanitaire	-2269,937	-23,604	-2293,542
Couloire 1er étage	-2157,438	-12,392	-2169,830

#### 3.9.2 Rez de chaussée :

Tableau 3.29 résultat total Rez de chaussée (Hiver)

Local	$Q_{sT}(w)$	$Q_I(w)$	Total (w)
Salle d'équipement électrique	-17787,774	-46,709	-17834,483
Batterie	-0,046	-41,307	-41,354
Couloire rez de chaussé	-0,046	-278,348	-278,394

### 3.10 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de faire l'évaluation des charges thermiques (hivernales et estivales).

Il faut noter que c'est l'une des étapes les plus importantes dans la conception et le dimensionnement de notre système de climatisation, car de ces calculs et de leur justesse dépendront les bons choix de nos équipements.

# Chapitre 4

L'évolution de l'air

### 4.1 Introduction :

Une installation de climatisation a pour rôle de maintenir à des conditions fixées à l'avance l'état de l'air dans le local que l'on veut conditionner, on utilise des procédés pour chauffer, refroidir, humidifier et déshumidifier l'air.

Pour faciliter la représentation des transformations de l'air et le calcul des différents éléments de l'installation de climatisation on utilise le "diagramme psychrométrique" de l'air humide.

Un tel diagramme précise, pour tous les états que peut occuper l'air humide, ses caractéristiques physiques.

Après avoir représenté les différents états de l'air, cette étude nous permet de déterminer les débits nécessaires, la charge frigorifique totale ainsi que la puissance des batteries.

En se basant sur les charges hivernales et estivales obtenues, ainsi que sur la forme architecturale du bâtiment électrique de Batna, nous avons fait le choix d'utiliser 2 centrales de traitements d'air que nous dimensionnerons ci-dessous.

### 4.2 L'évolution de l'air :

Pour dessiner l'évolution de l'air dans le diagramme psychrométrique on va choisir un local témoin pour désigner les points de l'intérieur, l'extérieur, mélange et le soufflage, ces points se distinguent par les caractéristiques de l'air humide (températures sèche, humide et rosée les humidités relative et absolue, l'enthalpie et le volume spécifique).

#### Calcul des débits :

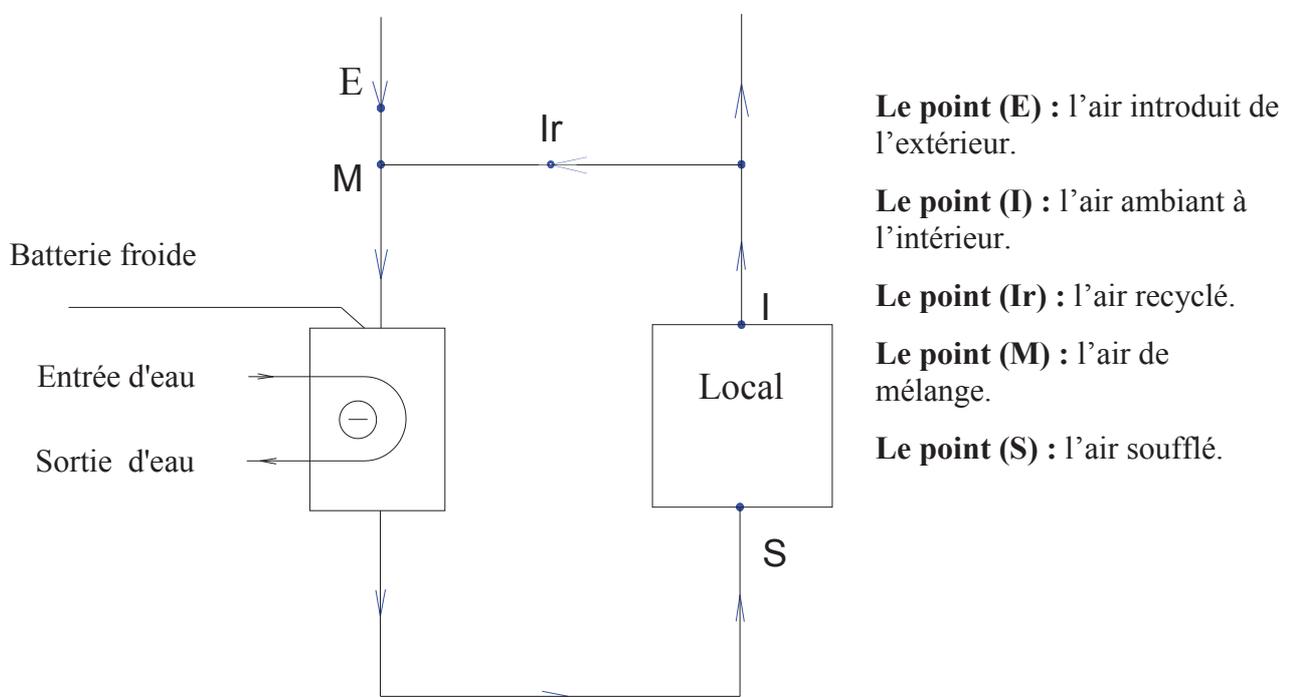


Fig. 4.1 L'évolution de l'air

### 4.3 Dimensionnement de la CTA n°1 :

Cette centrale distribuera son débit aux salles suivantes :

- Salle de contrôle commande
- Salle électronique
- Bureau chef de tour
- Bureau
- Salle de réunion
- Sanitaire
- Tisanerie
- Couloire 1<sup>er</sup> étage

❖ Chaleur sensible :  $Q_s = 68,12\text{KW}$

❖ Chaleur latente :  $Q_L = 1,032\text{KW}$

*Tableau 4.1 conditions climatique été*

Conditions thermiques	extérieures	D'ambiance
Température du bulbe sec (°C)	39.5	24
Humidité relative (%)	19	50

#### 4.3.1 Régime ETE :

**Le point (E) :**

Le calcul du SHF (Sensible Heat Facteur) ou facteur de chaleur sensible, c'est un facteur qui tient compte de la chaleur sensible et la chaleur totale (sensible et latente) :

$$\text{SHF} = Q_s / Q_t$$

(Ou)

$$\text{SHF} = Q_s / (Q_s + Q_l)$$

Le tableau suivant présente les résultats du calcul de l'SHF (Eté) pour tous les locaux du 1<sup>er</sup> étage :

Tableau 4.2 facteur de chaleur sensible CTA n°1

FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE		
Q <sub>s</sub> (kw)	Q <sub>t</sub> (kw)	SHF
68,12	69,15	0,985

Q<sub>l</sub> : gains de chaleur latente.

Q<sub>s</sub> : gains de chaleur sensible.

Q<sub>t</sub> : gains de chaleur totale.

On a : SHF = 0,985

L'heure critique est à 16h

Donc : T<sub>e</sub> = 39.5 C°, H<sub>r</sub> = 19 %

V<sub>e</sub> (th) = 33 x 25 (m<sup>3</sup>/h) (33 occupants).

$\dot{m}_e$  (th) = V<sub>e</sub> (th) / ρ<sub>e</sub> = 825 (m<sup>3</sup>/h) / 0.898 (m<sup>3</sup>/kg) / 3600.

➤  $\dot{m}_e$  (th) = 0,255 (kg/s).

V<sub>e</sub> (th) : Débit volume d'air neuf recommandé en (m<sup>3</sup>/h).

$\dot{m}_e$  (th) : Débit masse d'air neuf (kg/s).

ρ<sub>e</sub> : volume massique en (m<sup>3</sup>/kg).

### Le point (I):

T<sub>i</sub> = 24 C°, H<sub>r</sub> = 50%.

Le calcul du débit d'air soufflé ( $\dot{m}_s = \dot{m}_i$ ) :

On a :

$$Q_s = \dot{m}_s \times c_p \times (T_i - T_s)$$

On va supposer que la température de soufflage est ts = 12 C°

$$\dot{m}_s = Q_s / (c_p \times (T_i - T_s))$$

Q<sub>s</sub> : chaleur sensible générée par le local en (kw).

V<sub>s</sub> : Débit de soufflage en (m<sup>3</sup>/h).

ρ<sub>i</sub> : volume massique de l'air à l'intérieur du local en (m<sup>3</sup>/kg).

C<sub>p</sub> : chaleur sensible de l'air en (kj/kg).

$\dot{m}_s$  : le débit massique de l'air soufflé en (kg/s).

$$\dot{m}_s = 68,12 / (1.004 \times 10) = 6,784 \text{ (kg/s)}$$

$$V_s = 6,784 \times v_i = 6,784 \times 0.854 = 5,794 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$\triangleright V_s = 20857,938 \text{ (m}^3\text{/h)}.$$

### Le point (M) :

Il faut calculer les caractéristiques de l'air du mélange :

Ces caractéristiques sont l'enthalpie spécifique et l'humidité absolue

### Le bilan énergétique:

$$\dot{m}_m \times h_m = \dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir} \rightarrow h_m = (\dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir}) / \dot{m}_m$$

$$\text{Avec : } \dot{m}_m = \dot{m}_s \text{ et } \dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$$

$$h_m = 48,32 \text{ (kJ/kg)}.$$

$h_{ir}$  : enthalpie massique de l'air recyclé en (kg/kj).

$w$  : humidité absolue de l'air recyclé en (kg eau/kg air sec).

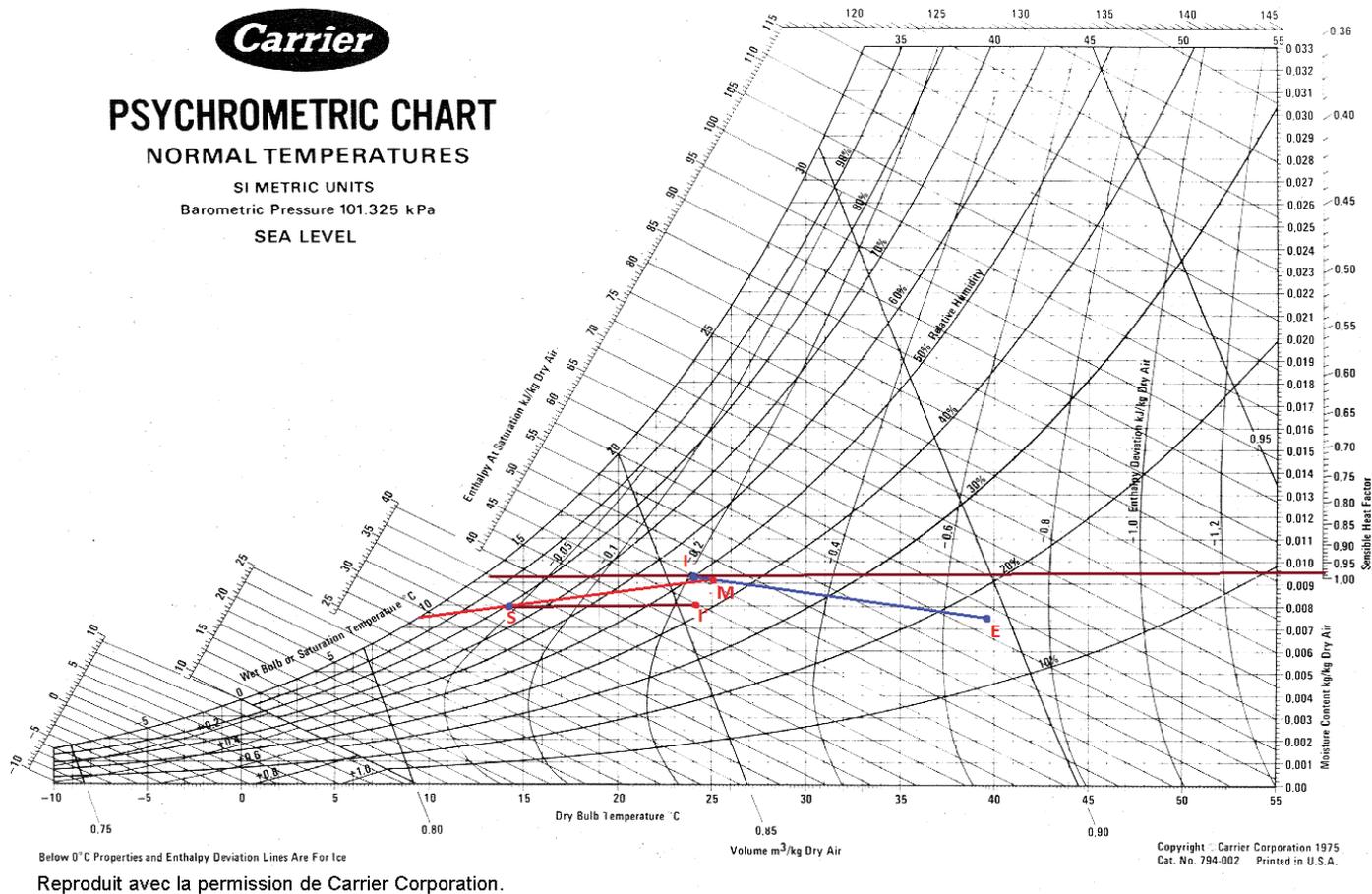
### Le bilan massique:

$$\dot{m}_m \times w_m = \dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir} \rightarrow w_m = (\dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir}) / \dot{m}_m$$

$$\text{Avec : } \dot{m}_m = \dot{m}_s \text{ et } \dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$$

$$w_m = 9,27 \text{ (g eau /kg air sec)}.$$

Avec ces deux caractéristiques on définit le point de mélange et on détecte les autres caractéristiques dans le diagramme psychrométrique suivant :



Reproduit avec la permission de Carrier Corporation.

Fig. 4.2 Diagramme psychrométrique été CTA 1

En dessinant l'évolution on a décalé le point (I) qui désigne l'air ambiant de l'intérieur pour qu'on puisse avoir une température  $t$  de  $9.5\text{ C}^\circ$  qui correspond à une température de batterie froide à eau qui fonctionne avec un régime d'eau ( $7.12\text{ C}^\circ$ )

Ce qui veut dire  $7\text{C}^\circ$  est la température de l'eau arrivante et  $12\text{C}^\circ$  de départ, ce régime est utile et économique.

**Le calcul de la puissance frigorifique théorique :**

$$P_f = \dot{m}_s \times (h_m' - h_s')$$

$$P_f = 6,784 \text{ (kg/s)} \times (48.32 - 34.4) \text{ (kJ/kg)}$$

➤  $P_f = 94,58 \text{ (kW)}$ .

**Le calcul du débit du condensât :**

La condensation de la vapeur d'eau se fait en contact avec la paroi froide, le débit d'eau condensé se calcule avec la formule suivante :

$$\dot{m}_{\text{eau}} = \dot{m}_s \times (w(I) - w(I'))$$

Avec :

- $\dot{m}_s$  : débit d'air soufflé en (kg/s).
- $w(I)$  : l'humidité absolue de point (I) en (kg eau / kg air sec).
- $w(I')$  : l'humidité absolue de point (I') en (kg eau / kg air sec).
- $\dot{m}_{\text{eau}}$  : débit massique d'eau de condensation.

$$\dot{m}_{\text{eau}} = 6,784 \text{ (kg/s)} \times (0,0093 - 0,008) \text{ (kg eau / kg air sec)}$$

➤  $\dot{m}_{\text{eau}} = 0,00882 \text{ (kg/s)} = 31,75 \text{ (kg/h)}$ .

### 4.3.2 Régime hiver :

Pour le régime hiver les conditions de base sont :

Tableau 4.3 conditions climatique hiver

Conditions thermiques	extérieures	D'ambiance
Température du bulbe sec (°C)	-2	21
Humidité relative (%)	100	50

Tableau 4.4 facteur de chaleur sensible hiver CTA n°1

FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE		
$Q_s$ (kw)	$Q_t$ (kw)	SHF
18,55	18,99	0,976

$Q_l$  : gains de chaleur latente.

$Q_s$  : gains de chaleur sensible.

$Q_t$  : gains de chaleur totale.

On a : SHF = 0,976

**L'heur critique est à 16h**

Donc :  $T_e = -2\text{ C}^\circ$ ,  $H_r = 100\%$

$V_e$  (th) = 33 x 25 (m3/h)

$V_e$  (th) : Débit volume d'air neuf recommandé en (m3/h).

$\dot{m}_e$  (th) : Débit masse d'air neuf recommandé en (kg/s).

$v_e$  : volume massique en (m3/kg).

$\dot{m}_e$  : Débit d'air neuf réel en (kg/s).

$\dot{m}_e$  (th) =  $V_e$  (th) /  $v_e = 825$  (m3/h) / 0.772 (m3/kg) / 3600.

➤  $\dot{m}_e$  (th) = 0,296 (kg/s).

**Le point (S):**

➤ On a le débit de soufflage  $\dot{m}_s = 6,784$  (kg / s).

$T_i = 21$  C°,  $H_r = 50\%$ .

Le calcul du débit d'air soufflé ( $\dot{m}_s = \dot{m}_i$ ) :

On a :

$$Q_s = \dot{m}_s \times c_p \times (T_i - T_s)$$

Implique :

$$T_s = Q_s / (\dot{m}_s \times c_p) + T_i$$

$$T_s = 18,555 / (6,784 \times 1.004) + 21$$

➤  $T_s = 23,72$  (C°).

**Le point (M) :****Le bilan énergétique :**

$$\dot{m}_m \times h_m = \dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir} \rightarrow h_m = (\dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir}) / \dot{m}_m$$

$$\text{Avec : } \dot{m}_m = \dot{m}_s \quad \text{et} \quad \dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$$

$$h_m = 39,49 \text{ (kj / kg).}$$

$h_{ir}$  : enthalpie massique de l'air recyclé en (kg/kj).

$w$  : humidité absolue de l'air recyclé en (kg eau/kg air sec).

**Le bilan massique :**

$$\dot{m}_m \times w_m = \dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir} \rightarrow w_m = (\dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir}) / \dot{m}_m$$

$$\text{Avec : } \dot{m}_m = \dot{m}_s \quad \text{et} \quad \dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$$

$$w_m = 7.53 \text{ (g eau / kg air sec).}$$

Le diagramme suivant présente l'évolution de l'air en Hiver dans le local :

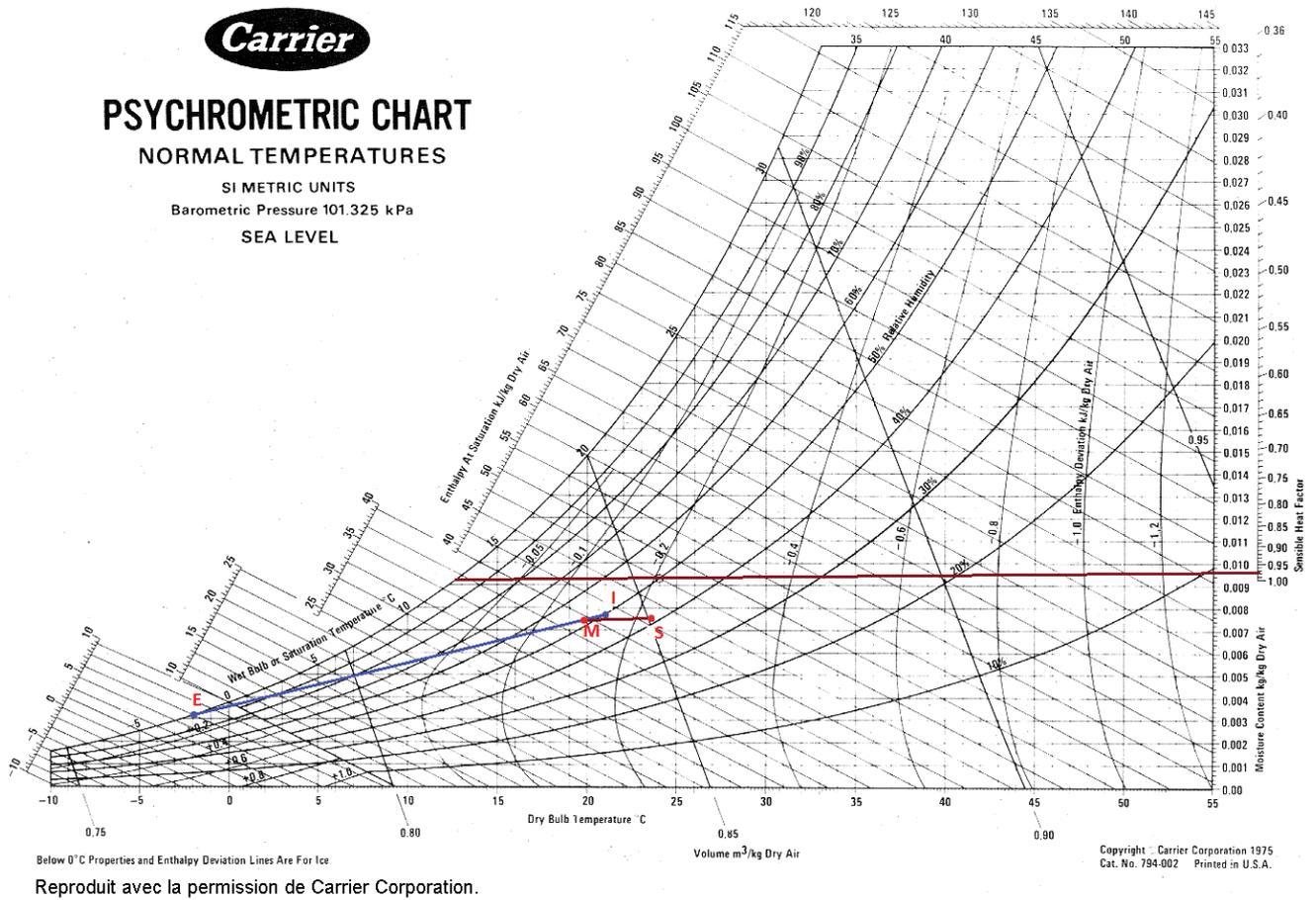


Fig. 4.3 Diagramme psychrométrique hiver CTA n1

**La puissance de la batterie chaude :**

La puissance de la batterie chaude est calculée théoriquement par la formule suivante :

$$P_{ch} = \dot{m}_s \times (h_s' - h_m)$$

$$P_{ch} = 6,784 \times (42,5 - 39,42)$$

➤  $P_{ch} = 20.894$  (kw).

#### 4.4 Dimensionnement de la CTA n°2 :

Cette centrale distribuera son débit aux salles suivantes :

- Salle équipement électrique
- Salle de batterie
- Couloir rez de chaussé
  
- ❖ Chaleur sensible :  $Q_s = 68,454 \text{KW}$
- ❖ Chaleur latente :  $Q_L = 0,1013 \text{KW}$

Tableau 4.5 conditions climatique été

Conditions thermiques	extérieures	D'ambiance
Température du bulbe sec (°C)	39.5	24
Humidité relative (%)	19	50

#### 4.4.1 Régime ETE :

##### Le point (E) :

Le calcul du SHF (Sensible Heat Facteur) ou facteur de chaleur sensible, c'est un facteur qui tient compte de la chaleur sensible et la chaleur totale (sensible et latente) :

$$\text{SHF} = Q_s / Q_t$$

(Ou)

$$\text{SHF} = Q_s / (Q_s + Q_l)$$

Le tableau suivant présente les résultats du calcul de l'SHF (Eté) pour tous les locaux de rez de chaussé :

Tableau 4.6 facteur de chaleur sensible été CTA n°2

FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE		
$Q_s$ (w)	$Q_t$ (w)	SHF
68,454	68,555	0,998

$Q_l$  : gains de chaleur latente.

$Q_s$  : gains de chaleur sensible.

$Q_t$  : gains de chaleur totale.

On a : SHF = 0,9985

L'heur critique est à 16h

Donc :  $T_e = 39.5 \text{ C}^\circ$ ,  $H_r = 19 \%$

$V_e \text{ (th)} = 6 \times 25 \text{ (m}^3/\text{h)}$  (6 occupants)

$\dot{m}_e \text{ (th)} = V_e \text{ (th)} / \vartheta_e = 150 \text{ m}^3 / 0.898 \text{ (m}^3/\text{kg}) / 3600$ .

➤  $\dot{m}_e \text{ (th)} = 0,0464 \text{ (kg/s)}$ .

$V_e \text{ (th)}$  : Débit volume d'air neuf recommandé en (m<sup>3</sup>/h).

$\dot{m}_e \text{ (th)}$  : Débit masse d'air neuf (kg/s).

$\vartheta_e$  : volume massique en (m<sup>3</sup>/kg).

### Le point (I):

$T_i = 24 \text{ C}^\circ$ ,  $H_r = 50\%$ .

Le calcul du débit d'air soufflé ( $\dot{m}_s = \dot{m}_i$ ) :

On à :

$$Q_s = \dot{m}_s \times c_p \times (T_i - T_s)$$

On va supposer que la température de soufflage  $t_s = 12 \text{ C}^\circ$

$$\dot{m}_s = Q_s / (c_p \times (T_i - T_s))$$

$\dot{m}_s = 68,454 / (1.004 \times 12)$

➤  $\dot{m}_s = 5,682 \text{ (kg/s)}$

$V_s = 5,682 \times \vartheta_i = 5,682 \times 0.854$

➤  $V_s = 4,852 \text{ (m}^3/\text{s)} = 17468,04 \text{ (m}^3/\text{h)}$ .

$Q_s$  : chaleur sensible générée par le local en (kw).

$V_s$  : Débit de soufflage en (m<sup>3</sup>/h).

$\vartheta_i$  : volume massique de l'air à l'intérieur du local en (m<sup>3</sup>/kg).

$C_p$  : chaleur sensible de l'air en (kj/kg).

$\dot{m}_s$  : le débit massique de l'air soufflé en (kg/s).

**Le point (M) :**

Il faut calculer les caractéristiques de l'air du mélange :

Ces caractéristiques sont l'enthalpie spécifique et l'humidité absolue :

**Le bilan énergétique:**

$$\dot{m}_m \times h_m = \dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir} \rightarrow h_m = (\dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir}) / \dot{m}_m$$

Avec :  $\dot{m}_m = \dot{m}_s$  et  $\dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$

$$h_m = 47,91 \text{ (kJ/kg).}$$

$h_{ir}$  : enthalpie massique de l'air recyclé en (kg/kj).

$w$  : humidité absolue de l'air recyclé en (kg eau/kg air sec).

**Le bilan massique:**

$$\dot{m}_m \times w_m = \dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir} \rightarrow w_m = (\dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir}) / \dot{m}_m$$

Avec :  $\dot{m}_m = \dot{m}_s$  et  $\dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$

$$w_m = 9,29 \text{ (g eau /kg air sec).}$$

Avec ces deux caractéristiques on définit le point de mélange et on détecte les autres caractéristiques dans le diagramme psychrométrique suivant :

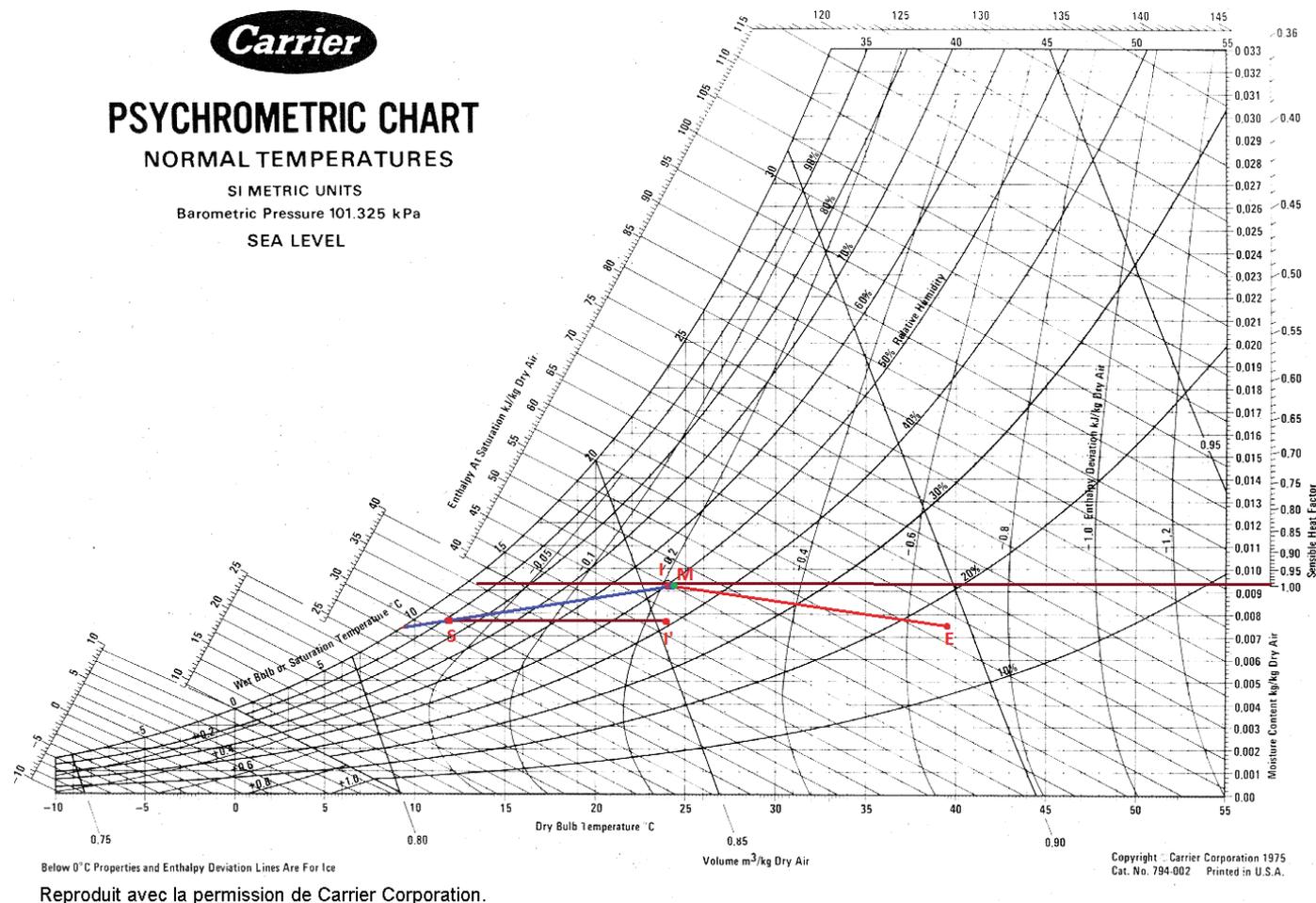


Fig. 4.4 Diagramme psychrométrique été CTA n2

En dessinant l'évolution on a décalé le point (I) qui désigne l'air ambiant de l'intérieur pour qu'on puisse avoir une température de 9.5 C° qui correspond à une température de batterie froide à eau qui fonctionne avec un régime d'eau (7.12 C°)

Ce qui veut dire 7C° est la température de l'eau arrivante et 12C° de départ, ce régime est utile et économique.

**Le calcul de la puissance frigorifique théorique :**

$$P_f = \dot{m}_s \times (h_{m'} - h_{s'})$$

$$P_f = 5,682 \text{ (kg/s)} \times (47,97 - 31,5) \text{ (kJ/kg)}$$

➤  $P_f = 93,253 \text{ (kw)}$ .

**Calcul du débit du condensât :**

La condensation de la vapeur d'eau se fait en contact avec la paroi froide, le débit d'eau condensé se calcule avec la formule suivante :

$$\dot{m}_{\text{eau}} = \dot{m}_s \times (w(I) - w(I'))$$

Avec :

- $\dot{m}_s$  : débit d'air soufflé en (kg/s).
- $w(I)$  : l'humidité absolue de point (I) en (kg eau / kg air sec).
- $w(I')$  : l'humidité absolue de point (I') en (kg eau / kg air sec).
- $\dot{m}_{\text{eau}}$  : débit massique d'eau de condensation.

$$\dot{m}_{\text{eau}} = 5,682 \text{ (kg/s)} \times (0,0093 - 0,00763) \text{ (kg eau / kg air sec)}$$

➤  $\dot{m}_{\text{eau}} = 0,00948 \text{ (kg/s)} = 34,158 \text{ (kg/h)}$ .

### 4.4.2 Régime hiver :

Pour le régime hiver les conditions de base sont :

Tableau 4.7 conditions climatique hiver

Conditions thermiques	extérieures	D'ambiance
Température du bulbe sec (°C)	-2	21
Humidité relative (%)	100	50

Tableau 4.8 facteur de chaleur sensible hiver CTA n°2

FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE		
Qs (w)	Qt (w)	SHF
17,788	18,154	0,9798

$Q_l$  : gains de chaleur latente.

$Q_s$  : gains de chaleur sensible.

$Q_t$  : gains de chaleur totale.

On a : SHF = 0,9798

L'heur critique est à 16h

Donc :  $T_e = -2 \text{ C}^\circ$ ,  $H_r = 100 \%$

$V_e \text{ (th)} = 6 \times 25 \text{ (m}^3\text{/h)}$  (2 occupants).

$\dot{m}_e \text{ (th)} = V_e \text{ (th)} / \vartheta_e = 150 \text{ m}^3 / 0.772 \text{ (m}^3\text{/kg)} / 3600$ .

➤  $\dot{m}_e \text{ (th)} = 0,05397 \text{ (kg/s)}$ .

$V_e \text{ (th)}$  : Débit volume d'air neuf recommandé en (m<sup>3</sup>/h).

$\dot{m}_e \text{ (th)}$  : Débit masse d'air neuf recommandé en (kg/s).

$\vartheta_e$  : volume massique en (m<sup>3</sup>/kg).

$\dot{m}_e$  : Débit d'air neuf réel en (kg/s).

**Le point (S):**

On a le débit de soufflage  $\dot{m}_s = 5,68$  (kg / s).

$T_i = 21$  C°,  $H_r = 50\%$ .

Le calcul du débit d'air soufflé ( $\dot{m}_s = \dot{m}_i$ ) :

On a : 
$$Q_s = \dot{m}_s \times c_p \times (T_i - T_s)$$
 Implique : 
$$\dot{m}_s = Q_s / (c_p \times (T_i - T_s))$$

$$T_s = 17,692 / (1.004 \times 5,68) + 21$$

$$\text{➤ } T_s = 24,1 \text{ (C°)}.$$

**Le point (M) :****Le bilan énergétique :**

$$\dot{m}_m \times h_m = \dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir} \rightarrow h_m = (\dot{m}_e \times h_e + \dot{m}_{ir} \times h_{ir}) / \dot{m}_m$$

$$\text{Avec : } \dot{m}_m = \dot{m}_s \text{ et } \dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$$

$$h_m = 40,52 \text{ (kj / kg)}.$$

$h_{ir}$  : enthalpie massique de l'air recyclé en (kg/kj).

$w$  : humidité absolue de l'air recyclé en (kg eau/kg air sec).

**Le bilan massique :**

$$\dot{m}_m \times w_m = \dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir} \rightarrow w_m = (\dot{m}_e \times w_e + \dot{m}_{ir} \times w_{ir}) / \dot{m}_m$$

$$\text{Avec : } \dot{m}_m = \dot{m}_s \text{ et } \dot{m}_{ir} = \dot{m}_m - \dot{m}_e$$

$$w_m = 7,66 \text{ (g eau / kg air sec)}.$$

Le diagramme suivant présente l'évolution de l'air en Hiver dans le locaux de rez de chaussé :

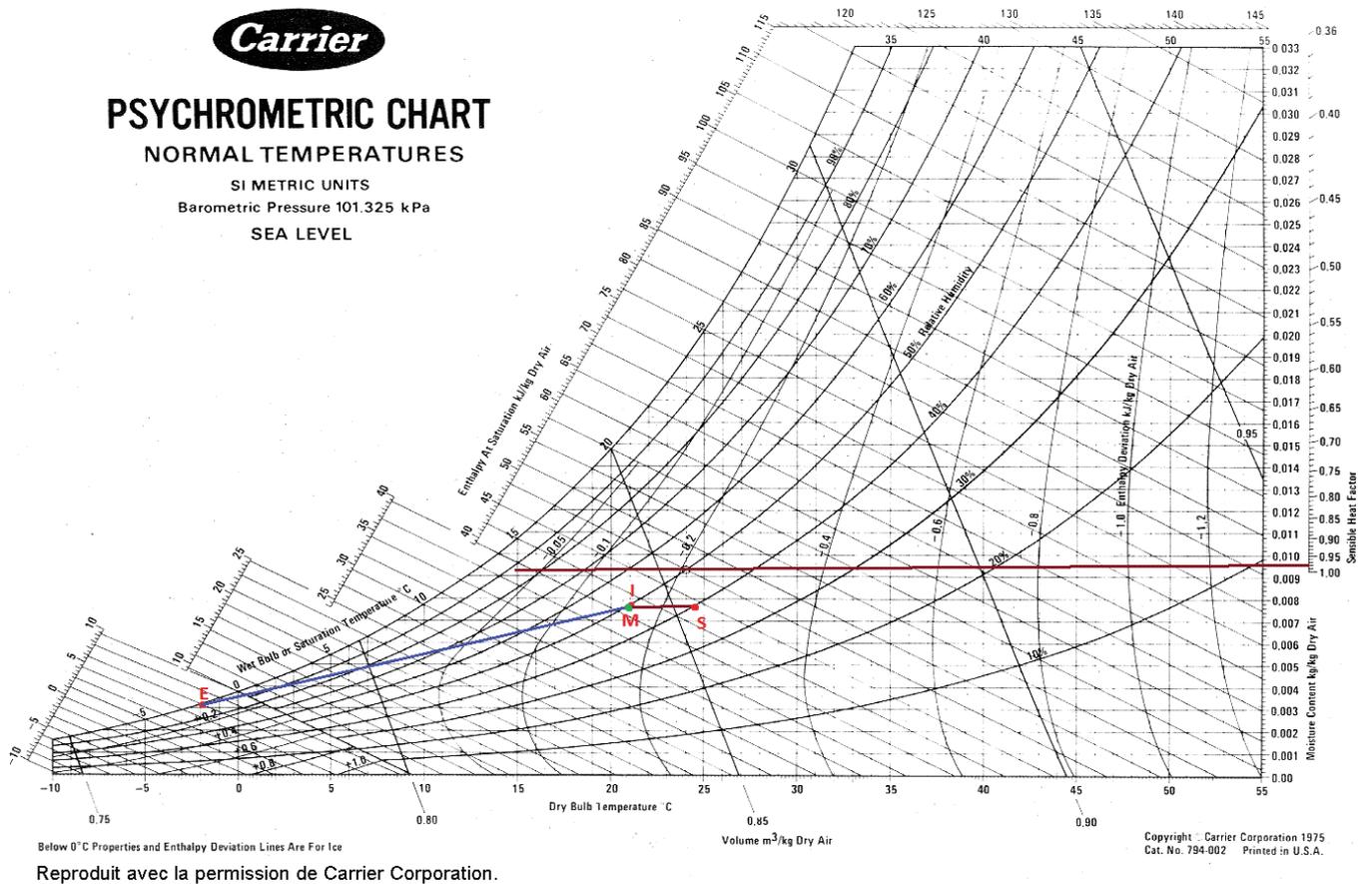


Fig. 4.5 Diagramme psychrométrique hiver CTA n2

**La puissance de la batterie chaude :**

La puissance de la batterie chaude est calculée théoriquement par la formule suivante :

$$P_{ch} = \dot{m}_s \times (h_{s'} - h_m)$$

$$P_{ch} = 5,68 \times (44,6 - 40,56)$$

➤  $P_{ch} = 22.947$  (kw).

**4.5 Conclusion :**

Ce chapitre a été nécessaire pour présenter les traitements de climatisation mis en place dans notre projet, ainsi que les différentes phases à suivre pour que l'air soit bien traité. Ce qui nous aidera à déterminer les différents équipements des CTA.

# Chapitre 5

## Dimensionnement Aéraulique

**5.1 Introduction :**

Le réseau aéraulique doit permettre d’assurer les différents débits (flux) d’air évalués dans l’étude des charges thermiques du bâtiment, et du taux de renouvellement d’air.

Une fois les débits connus, il faut alors dimensionner et concevoir la totalité du réseau aéraulique. C’est à dire ses différents éléments (diffuseur, filtre, ...), leurs emplacements, et la manière de les connecter (formes et longueurs des gaines, les coudes, dérivations, etc.).

On peut alors dessiner le réseau aéraulique, en utilisant une représentation unifilaire. Ce schéma doit comporter toutes les singularités telles que les coudes, les branchements...etc., auxquels on attribuera un repère. Seront indiqués le long de chaque branche le débit qui la traverse, et sur chaque partie rectiligne, la longueur séparant deux singularités.

**5.2 Représentation unifilaire du réseau aéraulique :**

1<sup>er</sup> étage :

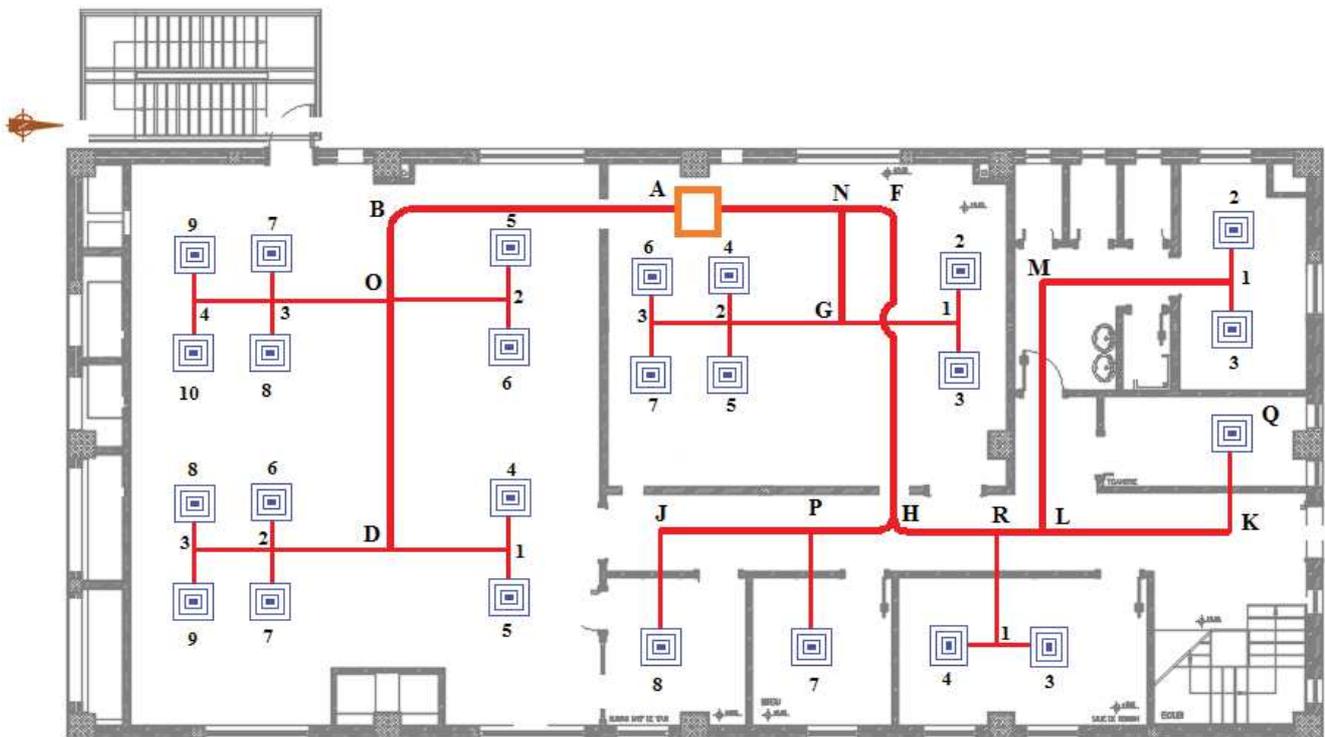


Fig. 5.1 Représentation du réseau aéraulique 1<sup>er</sup> étage

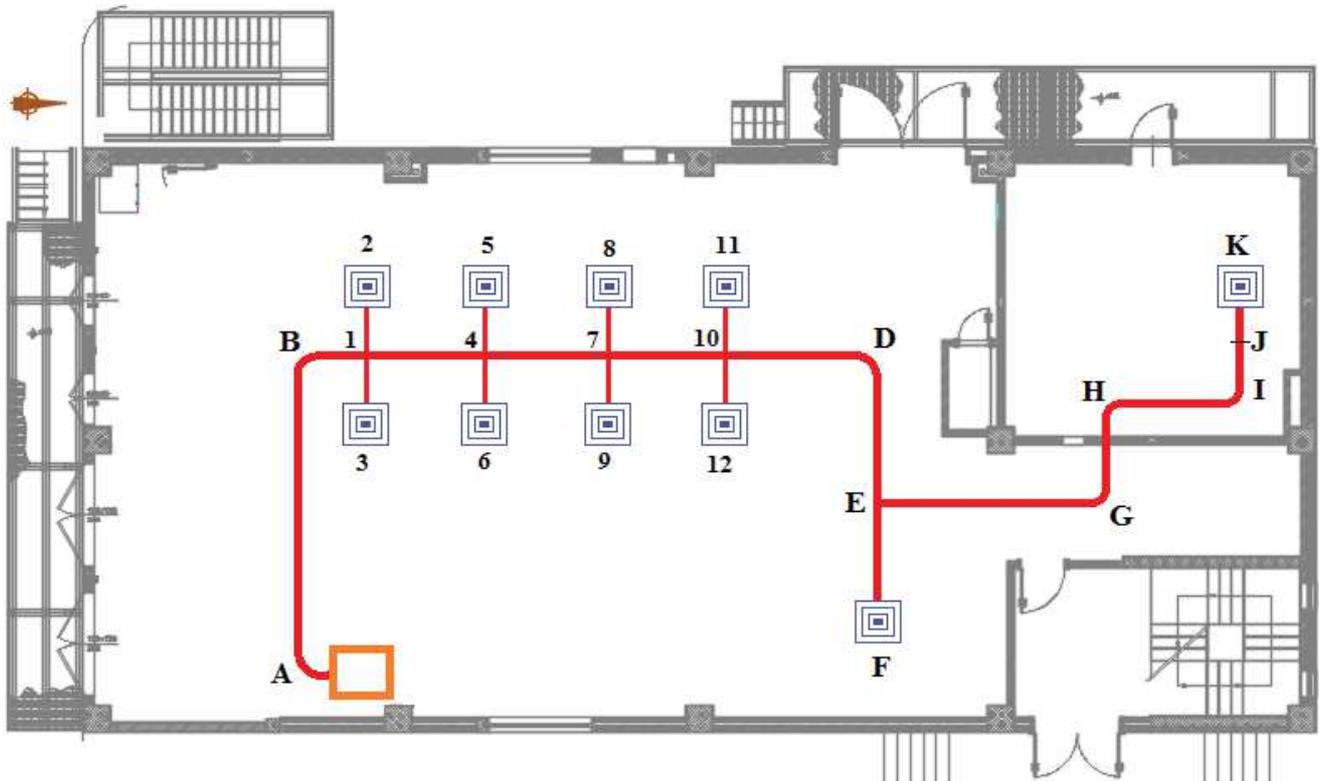
**Rez de chaussée :**

Fig. 5.2 Représentation du réseau aéraulique Rez de chaussée

**5.3 Les caractéristiques de réseau de distribution :**

Les conduits de réseau peuvent être isolés thermiquement à l'intérieur comme à l'extérieur les gaines rectangulaires sont constituées en acier galvanisé,

Tous ces conduits sont constitués de longueurs droites, de coudes, de piquages, de réductions, de changement de direction. Pour raccorder les diffuseurs d'air, les gaines peuvent être flexibles isolés ou directement avec une gaine rigide.

Pour que le déplacement de l'air s'effectue dans de bonnes conditions, il faut réduire les pertes de charge c'est-à-dire les pertes de pression dues à la résistance que rencontre l'air en mouvement

**5.4 Perte De Charges :**

A l'origine de pertes de charge lors du mouvement d'un liquide ou d'un gaz se trouve le processus de transformation irréversible de l'énergie mécanique du courant de fluide en chaleur. Cette transformation de l'énergie est due à la viscosité moléculaire et turbulente du fluide en mouvement

On distingue deux types de pertes de charge :

1. Les pertes par frottement (perte de charge linéaire).
2. Les pertes de charges singulières.

### 5.4.1 Perte de charge linéaire :

Les pertes de charge par frottement sont provoquées par la viscosité (autant moléculaire que turbulente) des liquides et des gaz réel ; elles prennent naissance lorsqu'il y a mouvement, et résultent d'un échange de quantité de mouvement entre les molécules (écoulement laminaire) ou entre les diverses particules (écoulement turbulent) des couches voisines du liquide ou du gaz, qui se déplacent avec des vitesses différents. Ces pertes ont lieu sur toute la longueur de la conduite.

Cette perte de charge est calculée par la formule suivante :

$$\triangleright \Delta P_l = (\lambda \cdot L / D) \cdot \rho \cdot (V^2 / 2) \text{ (Pas)}$$

- $\Delta P_l$  : la perte de pression en Pascal (Pas).
- $\lambda$  : coefficient de frottement qui dépend de :
  - la surface de la paroi du tube.
  - La nature de l'écoulement.
- $L$  : la longueur de la gaine en mètre (m).
- $D$  : le diamètre de la gaine en (m).
- $\rho$  : la masse volumique du fluide qui est en écoulement (air) en (kg /m<sup>3</sup>).
- $V$  : la vitesse de l'écoulement en (m / s),

### Les Etapes de calcul :

#### Calcul du diamètre :

Pour les gaine rectangulaire on a calculé le diamètre équivalent, ce diamètre est calculer par la formule suivante :

$$\triangleright D_e = 2 \cdot (a \cdot b) / (a+b)$$

#### Régime d'écoulement du fluide :

Il peut être :

- **laminaire**, quand les particules du fluide ont des trajectoires ordonnées et parallèles (le mouvement est calme et régulier);
- **turbulent**, quand les particules du fluide se déplacent de façon irrégulière et variable dans le temps (le mouvement est désordonné et instable);
- **critique**, quand le mouvement n'est pas clairement laminaire ou turbulent.

Le régime d'écoulement d'un fluide peut se calculer avec le **nombre de Reynolds** :

➤  $Re = v \cdot D / \nu$

- **Re** = nombre de Reynolds, sans unité
- **v** = vitesse moyenne du fluide, m/s
- **D** = diamètre interne du tube, m
- **$\nu$**  = viscosité cinématique du fluide, m<sup>2</sup>/s

En fonction de ce nombre, le mouvement du fluide peut être considéré comme :

- **laminaire** si Re est inférieur à **2.000**
- **critique** si Re est compris entre **2.000** et **2.500**
- **turbulent** si Re est supérieur à **2.500**

**Calcul du coefficient de frottement  $\lambda$  :**

En régime laminaire, on peut calculer  $\lambda$  avec la formule suivante :

➤  $\lambda = 64/Re$

En régime turbulent on utilise le diagramme de Moody.

**Exemple de calcul :**

Calcul du tronçon principal (réseau de soufflage CTA) du 1ère Etage :

**Tronçon a-b :**

- Débit = 10000 m<sup>3</sup>/h = 2,78 (m<sup>3</sup>/s)
- Longueur : 5.73
- Section = 0.7\*0.6 = 0.42 (m<sup>2</sup>)
- Vitesse = Q (m<sup>3</sup>/s)/S (m<sup>2</sup>)

$$V = 6,614 \text{ (m/s)}$$

- Le diamètre équivalent = 0.646 m

**Calcul du nombre de Reynolds :**

- $Re = v \cdot D / \nu$

Avec  $\nu = 0,00001446 \text{ m}^2/\text{s}$

➤  $Re = 295469,348$

**Coefficient de frottement :**

- Rugosité (acier galvanisé) = 0.00009 m
- Rugosité relative = rugosité / diamètre

$$\text{Rugosité relative} = 0,000139319 \text{ m}$$

A l'aide de diagramme de Moody on a trouvé :

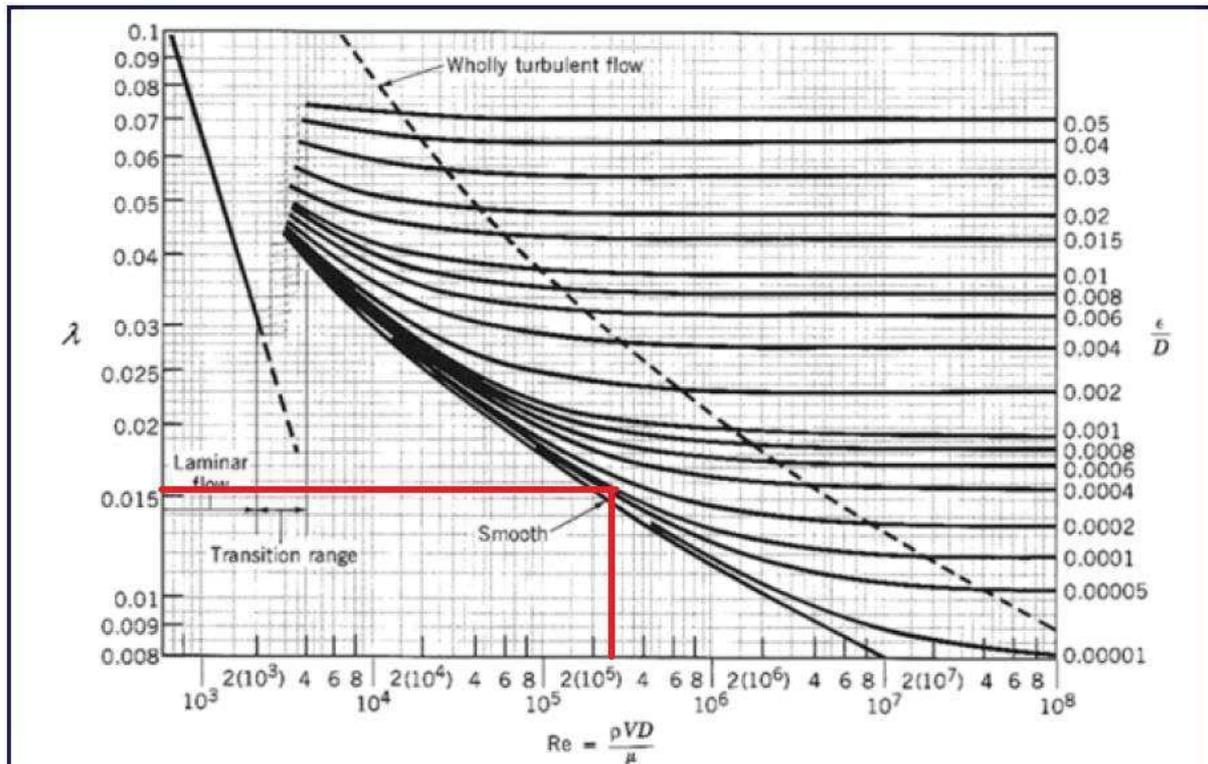


Fig. 5.3 diagramme de Moody

➤  $\lambda = 0,0158$

**Donc la perte de charge linéique du tronçon A-B :**

$$\Delta P_l = (\lambda \cdot L / D) \cdot \rho \cdot (V^2 / 2)$$

➤  $\Delta P_l = 3,758 \text{ Pa}$

**Résultats des pertes de charges linéiques pour tous les tronçons :**

**1<sup>er</sup> étage :**

*Tableau 5.1 Pertes de charges linéaires 1<sup>er</sup> étage*

	viscosité cinématique (*10 <sup>-5</sup> )	Reynolds	rugosité(m)	rugosité relative (*10 <sup>-4</sup> )	coeff frottm (*10 <sup>-2</sup> )	L(m)	D(m)	mass volume (kg/m <sup>3</sup> )	vitess (m/s)	debit (m <sup>3</sup> /h)	debit (m <sup>3</sup> /s)	Section (m <sup>2</sup> )	perte linéaire (Pa)
A-B	1.446	295 469,35	0,00009	1,39	1,58	5,73	0,646	1,23	6,61	10000	2,78	0,42	3,76
B-O	1.446	295 469,35	0,00009	1,39	1,58	2,22	0,646	1,23	6,61	10000	2,78	0,42	1,46
O-3	1.446	144 801,33	0,00009	2,12	1,80	1,25	0,424	1,23	4,94	3200	0,89	0,18	0,79
O-4	1.446	72 400,66	0,00009	2,12	2,02	4,5	0,424	1,23	2,47	1600	0,44	0,18	0,80
O-3-7	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,27	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,44
O-3-8	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,27	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,44
O-4-9	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,27	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,44
O-4-10	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,27	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,44
O-2	1.446	85 548,90	0,00009	2,69	1,98	1,38	0,334	1,23	3,70	1600	0,44	0,12	0,69
O-2-5	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,27	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,44
O-2-6	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,27	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,44
C-D	1.446	199 784,85	0,00009	1,80	1,70	4,5	0,5	1,23	5,78	5200	1,44	0,25	3,13
D-2	1.446	144 801,33	0,00009	2,12	1,80	1,25	0,424	1,23	4,94	3200	0,89	0,18	0,79
D-3	1.446	72 400,66	0,00009	2,12	2,02	4,5	0,424	1,23	2,47	1600	0,44	0,18	0,80
D-2-6	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,17	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,40
D-3-8	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,17	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,40
D-2-7	1.446	43 509,59	0,00009	4,13	2,29	1,37	0,218	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,73
D-3-9	1.446	43 509,59	0,00009	4,13	2,29	1,37	0,218	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,73
D-1	1.446	109 817,63	0,00009	2,62	1,90	1,48	0,343	1,23	4,63	2000	0,56	0,12	1,08
D-1-4	1.446	93 705,28	0,00009	2,88	1,96	1,2	0,313	1,23	4,33	1200	0,33	0,08	0,86
D-1-5	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	1,90	1,4	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,43
E-N	1.446	329 452,90	0,00009	1,31	1,55	2,4	0,686	1,23	6,94	12000	3,33	0,48	1,60
E-F	1.446	197 671,74	0,00009	1,31	1,67	3,8	0,686	1,23	4,17	7200	2,00	0,48	0,98
N-G	1.446	160 300,74	0,00009	1,59	1,74	1,9	0,565	1,23	4,10	4800	1,33	0,33	0,60

Suite 1<sup>er</sup> étage :Tableau 5.2 Pertes de charges linéaires 1<sup>er</sup> étage (suite)

	viscosité cinématique (*10 <sup>-5</sup> )	Reynolds	rugosité(m)	rugosité relative (*10 <sup>-4</sup> )	coeff frottm (*10 <sup>-2</sup> )	L(m)	D(m)	mass volume (kg/m <sup>3</sup> )	vitesse (m/s)	debit (m <sup>3</sup> /h)	debit (m <sup>3</sup> /s)	Section (m <sup>2</sup> )	perte linéaire (Pa)
G-2	1.446	153 680,65	0,00009	2,25	1,79	0,8	0,4	1,23	5,56	3200	0,89	0,16	0,68
G-3	1.446	76 840,33	0,00009	2,25	2,00	3,04	0,4	1,23	2,78	1600	0,44	0,16	0,72
G-2-4	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,17	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,40
G-3-6	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,17	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,40
G-2-5	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	0,82	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,28
G-3-7	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	0,82	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,28
G-1	1.446	94 667,28	0,00009	2,92	1,96	1,75	0,308	1,23	4,44	1600	0,44	0,10	1,35
G-1-2	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,17	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,40
G-1-3	1.446	62 470,19	0,00009	2,88	2,10	1,17	0,313	1,23	2,89	800	0,22	0,08	0,40
F-H	1.446	246 986,76	0,00009	1,80	1,65	6,54	0,5	1,23	7,14	7200	2,00	0,28	6,75
H-P	1.446	67 235,29	0,00009	2,25	2,05	1,2	0,4	1,23	2,43	1400	0,39	0,16	0,22
P-G	1.446	25 885,58	0,00009	2,92	2,50	2,82	0,308	1,23	1,22	700	0,19	0,16	0,21
P-7	1.446	41 416,94	0,00009	2,92	2,27	3,84	0,308	1,23	1,94	700	0,19	0,10	0,66
J-8	1.446	41 416,94	0,00009	2,92	2,27	3,84	0,308	1,23	1,94	700	0,19	0,10	0,66
H-R	1.446	262 452,40	0,00009	2,12	1,66	2,63	0,424	1,23	8,95	5800	1,61	0,18	5,06
R-1	1.446	65 890,58	0,00009	2,62	2,07	1,78	0,343	1,23	2,78	1200	0,33	0,12	0,51
R-1-3	1.446	29 638,41	0,00009	4,55	2,47	1,16	0,198	1,23	2,16	600	0,17	0,08	0,42
R-1-4	1.446	29 638,41	0,00009	4,55	2,47	1,16	0,198	1,23	2,16	600	0,17	0,08	0,42
R-L	1.446	208 151,90	0,00009	2,12	1,71	1,4	0,424	1,23	7,10	4600	1,28	0,18	1,74
L-M	1.446	138 312,59	0,00009	3,75	1,89	5	0,24	1,23	8,33	2400	0,67	0,08	16,80
M-1	1.446	138 312,59	0,00009	3,75	1,89	2,60	0,24	1,23	8,33	1200	0,67	0,08	8,74
M-1-2	1.446	59 276,82	0,00009	4,55	2,18	1,17	0,20	1,23	4,33	1200	0,33	0,08	1,48
M-1-3	1.446	59 276,82	0,00009	4,55	2,18	1,17	0,20	1,23	4,33	1200	0,33	0,08	1,48
L-K	1.446	63 350,58	0,00009	2,12	2,07	2,60	0,42	1,23	2,16	1400	0,39	0,18	0,36
K-Q	1.446	51 290,92	0,00009	3,37	2,19	2,00	0,27	1,23	2,78	800	0,22	0,08	0,78

Rez de chaussée :

Tableau 5.3 Pertes de charges linéaires Rez de chaussée

	viscosité cinématique	Reynolds	rugosité(m)	rugosité relative (*10 <sup>-4</sup> )	coeff frottm (*10 <sup>-2</sup> )	L(m)	D(m)	mass volume (kg/m <sup>3</sup> )	vitesse (m/s)	debit (m <sup>3</sup> /h)	debit (m <sup>3</sup> /s)	Section (m <sup>2</sup> )	perte linéaire (Pa)
A-B	1.446	461 247,78	0,00009	1,20	1,48	5,5	0,747	1,23	8,93	18000	5,00	0,56	5,32
B-2	1.446	158 230,41	0,00009	2,88	1,82	1,27	0,313	1,23	7,31	2000	0,56	0,08	2,42
B-3	1.446	158 230,41	0,00009	2,88	1,82	1,27	0,313	1,23	7,31	2000	0,56	0,08	2,42
B-4	1.446	358 748,27	0,00009	1,20	1,52	2,17	0,747	1,23	6,94	14000	3,89	0,56	1,31
B-4-5	1.446	158 230,41	0,00009	2,88	1,82	1,27	0,313	1,23	7,31	2000	0,56	0,08	2,42
B-4-6	1.446	158 230,41	0,00009	2,88	1,82	1,27	0,313	1,23	7,31	2000	0,56	0,08	2,42
B-4-7	1.446	409 998,02	0,00009	1,20	1,50	2,17	0,747	1,23	7,94	10000	2,78	0,35	1,68
B-7-8	1.446	158 230,41	0,00009	2,88	1,82	1,27	0,313	1,23	7,31	2000	0,56	0,08	2,42
B-7-9	1.446	158 230,41	0,00009	2,88	1,82	1,27	0,313	1,23	7,31	2000	0,56	0,08	2,42
B-7-10	1.446	245 998,81	0,00009	1,20	1,61	2,17	0,747	1,23	4,76	6000	1,67	0,35	0,65
B-10-11	1.446	158 230,41	0,00009	2,88	1,82	1,27	0,313	1,23	7,31	2000	0,56	0,08	2,42
B-10-12	1.446	79 115,20	0,00009	2,88	2,02	1,27	0,313	1,23	3,65	1000	0,28	0,08	0,67
D-E	1.446	135 751,24	0,00009	2,12	1,82	1,26	0,424	1,23	4,63	3000	0,83	0,18	0,71
E-F	1.446	50 906,72	0,00009	2,12	2,16	1,63	0,424	1,23	1,74	1000	0,28	0,16	0,15
E-G	1.446	96 050,41	0,00009	192,52	1,90	3,13	0,4	1,23	3,47	2000	0,56	0,16	1,10
G-H	1.446	96 050,41	0,00009	192,52	1,90	0,68	0,4	1,23	3,47	2000	0,56	0,16	0,24
H-I	1.446	96 050,41	0,00009	192,52	1,90	3,93	0,4	1,23	3,47	2000	0,56	0,16	1,38
I-J	1.446	96 050,41	0,00009	192,52	1,87	1,7	0,4	1,23	3,47	2000	0,56	0,16	0,59
J-K	1.446	48 025,20	0,00009	192,52	4,88	1,7	0,4	1,23	1,74	1000	0,28	0,16	0,38

### 5.4.2 Les Pertes De charges Singulières :

Les pertes de charges singulières se produisent quand il ya perturbation de l'écoulement normal, d'écoulement du fluide et formation de tourbillons aux endroits où il y changement de section ou de direction de la conduite ou présence d'obstacles (entrée dans la conduite, élargissement, rétrécissement, courbure et branchement, écoulement à travers les ouvertures, les grilles, les dispositifs d'obturation ou d'étranglement, filtration à travers un corps poreux, écoulement autour de divers obstacles, etc. ). Dans les pertes singulières, figurent aussi les pertes de pression dues à la vitesse (pression dynamique) à la sortie de L'écoulement du réseau dans un grand espace (atmosphère).

Les pertes de charge singulières sont calculées par la formule suivante :

$$\Delta P_s = \zeta \cdot \rho \cdot (V^2 / 2) \quad (\text{Pas})$$

- $\Delta P_s$  : la perte de pression singulière en Pascal (Pas).
- $\zeta$  : le coefficient de perte de charge singulière donné en fonction de la singularité rencontrée. (annexe table 9)
- $V$  : la vitesse de l'air avant la singularité en (m /s).
- $\rho$  : la masse volumique de l'air (kg /m<sup>3</sup>).

Résultats des pertes de charges Singulières :

1<sup>er</sup> étage :

Tableau 5.4 pertes de charges Singulières 1<sup>er</sup> étage

	<b>B-O</b>	<b>O-3</b>	<b>O-3-7</b>	<b>O-3-8</b>	<b>O-4-9</b>	<b>O-4-10</b>	<b>O-2</b>	<b>O-2-5</b>	<b>O-2-6</b>	<b>D-2</b>	<b>D-2-6</b>	<b>D-2-7</b>
<b>Coeff</b>	0,33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Masse volumique</b>	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226
<b>Vitesse (m/s)</b>	6,61	4,94	4,94	4,94	2,47	2,47	3,70	3,70	3,70	4,94	4,94	4,94
<b>perte Singulière</b>	8,85	14,95	14,95	14,95	3,74	3,74	8,41	8,41	8,41	14,95	14,95	14,95
	<b>D-3-8</b>	<b>D-3-9</b>	<b>D-1</b>	<b>D-1-4</b>	<b>D-1-5</b>	<b>N</b>	<b>G-2</b>	<b>G-2-4</b>	<b>G-2-5</b>	<b>G-3-6</b>	<b>G-3-7</b>	<b>G-1</b>
<b>coeff</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Masse volumique</b>	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226
<b>Vitesse (m/s)</b>	2,47	2,47	4,63	4,63	4,63	4,10	4,10	5,56	5,56	2,78	2,78	4,44
<b>Perte Singulière</b>	3,74	3,74	13,14	13,14	13,14	10,32	10,32	18,92	18,92	4,73	4,73	12,11
	<b>G-1-2</b>	<b>G-1-3</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>P-7</b>	<b>J-8</b>	<b>R</b>	<b>R-1-4</b>	<b>R-1-3</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M-1-2</b>
<b>coeff</b>	1	1	1	2	1	1,13	1	1	1	1	0,33	1
<b>Masse volumique</b>	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226
<b>Vitesse (m/s)</b>	4,44	4,44	7,14	7,14	2,43	1,22	8,95	2,78	2,78	7,10	8,33	4,33
<b>perte Singulière</b>	12,11	12,11	31,28	62,55	3,62	1,02	49,11	4,73	4,73	30,89	14,05	11,49
	<b>M-1-3</b>	<b>K</b>										
<b>Coeff</b>	1	1										
<b>Masse volumique</b>	1,226	1,226										
<b>Vitesse (m/s)</b>	4,33	2,16										
<b>Perte Singulière</b>	11,49	2,86										

**Rez de chaussée :***Tableau 5.5 pertes de charges Singulières Rez de chaussée*

	coeff	masse volumique (kg /m <sup>3</sup> )	Vitesse (m/s)	perte Singulière (Pa)
<b>A</b>	0,33	1,23	8,93	16,13
<b>B</b>	0,33	1,23	8,93	16,13
<b>B-2</b>	1	1,23	8,93	48,87
<b>B-3</b>	1	1,23	8,93	48,87
<b>B-4-5</b>	1	1,23	6,94	29,56
<b>B-4-6</b>	1	1,23	6,94	29,56
<b>B-7-8</b>	1	1,23	7,94	38,61
<b>B-7-9</b>	1	1,23	7,94	38,61
<b>B-10-11</b>	1	1,23	4,76	13,90
<b>B10-12</b>	1	1,23	4,76	13,90
<b>D</b>	1,33	1,23	4,63	17,47
<b>E</b>	1	1,23	4,63	13,14
<b>G</b>	1,33	1,23	3,47	9,83
<b>H</b>	0,33	1,23	3,47	2,44
<b>I</b>	0,33	1,23	3,47	2,44
<b>J</b>	1	1,23	3,47	7,39

**5.5 Le calcul des pertes de charge du réseau aéraulique :**

Les pertes de charge d'un réseau de gaines sont égales à la somme des pertes de pression linéaires et les pertes de pression singulières.

**5.5.1 Détermination du tronçon de gaines le plus défavorable :****1<sup>er</sup> étage :****Le tronçon (A-8) :**

$$\Delta PI_{(A-B)} + \Delta Ps_{(B)} + \Delta PI_{(B-O)} + \Delta Ps_{(O)} + \Delta PI_{(O-D)} + \Delta Ps_{(D)} + \Delta PI_{(D-2)} + \Delta Ps_{(2)} + \Delta PI_{(2-3)} + \Delta Ps_{(3)} + \Delta PI_{(3-9)} = 107,99 \text{ Pas}$$

**Le tronçon (E-2) :**

$$\Delta PI_{(E-F)} + \Delta Ps_{(F)} + \Delta PI_{(F-H)} + \Delta Ps_{(H)} + \Delta PI_{(H-R)} + \Delta Ps_{(R)} + \Delta PI_{(R-L)} + \Delta Ps_{(L)} + \Delta PI_{(L-M)} + \Delta Ps_{(M)} + \Delta PI_{(M-1)} + \Delta Ps_{(1)} + \Delta PI_{(1-2)} = 252,4 \text{ Pas}$$

**Le tronçon (E-6) :**

$$\Delta PI_{(E-N)} + \Delta Ps_{(N)} + \Delta PI_{(N-G)} + \Delta Ps_{(G)} + \Delta PI_{(G-2)} + \Delta Ps_{(2)} + \Delta PI_{(2-3)} + \Delta Ps_{(3)} + \Delta PI_{(3-6)} = 83,93 \text{ Pas}$$

Donc le tronçon (E-2) est le plus défavorable.

**Rez de chaussée :**

**Le tronçon (A-F) :**

$$\Delta P_{s(A)} + \Delta P_{l(A-B)} + \Delta P_{s(B)} + \Delta P_{s(1)} + \Delta P_{l(1-4)} + \Delta P_{s(4)} + \Delta P_{l(4-7)} + \Delta P_{s(7)} + \Delta P_{l(7-10)} + \Delta P_{s(10)} + \Delta P_{l(10-D)} + \Delta P_{s(D)} + \Delta P_{l(D-E)} + \Delta P_{s(E)} + \Delta P_{l(E-F)} = 334,57 \text{ Pas}$$

**Le tronçon (A-k) :**

$$\Delta P_{s(A)} + \Delta P_{l(A-B)} + \Delta P_{s(B)} + \Delta P_{s(1)} + \Delta P_{l(1-4)} + \Delta P_{s(4)} + \Delta P_{l(4-7)} + \Delta P_{s(7)} + \Delta P_{l(7-10)} + \Delta P_{s(10)} + \Delta P_{l(10-D)} + \Delta P_{s(D)} + \Delta P_{l(D-E)} + \Delta P_{s(E)} + \Delta P_{l(E-F)} + \Delta P_{l(E-G)} + \Delta P_{s(G)} + \Delta P_{l(G-H)} + \Delta P_{s(H)} + \Delta P_{l(H-I)} + \Delta P_{s(I)} + \Delta P_{l(I-J)} + \Delta P_{s(J)} + \Delta P_{l(J-K)} = 360,20 \text{ Pas}$$

Donc le tronçon (A-k) est le plus défavorable.

# Chapitre 6

Choix du système et  
des équipements

## 6.1 Introduction :

Dans cette partie nous devons faire le choix du système et des équipements afin de pouvoir maintenir les conditions de base intérieures, et cela en fonction des conditions climatiques extérieures et après avoir déterminé les besoins thermiques (été, hiver) de l'ensemble du bâtiment.

## 6.2 Différents type de systèmes :

Pour maintenir les conditions intérieures de base des locaux, il faut faire un choix rigoureux du système de climatisation. C'est donc une étape très importante dans ce type d'étude. De ce fait il existe quatre (04) principaux types de systèmes :

- **Tout-air** : Il consiste à souffler de l'air traité à l'extérieur directement dans les locaux à conditionner.
- **Air-eau** : l'apport énergétique de l'air est fourni par l'eau. L'eau sert de fluide caloporteur .l'air est soufflé dans les locaux.
- **Tout-eau** : l'échange entre l'air ambiant et l'eau s'effectue directement par rayonnement à travers des radiateurs.
- **VRV (Volume Réfrigérant Variable)** : Système à Détente directe de compression de vapeur à débit de réfrigérant variable.

## 6.3 Critères du choix du système :

Pour faire le bon choix du système nous avons tenu compte des critères suivants : La nature des locaux, l'hygiène requise, la T° ambiante, l'hygrométrie et enfin La connaissance des actes qui y seront pratiqués.

## 6.4 Choix du système :

Selon les résultats obtenus dans le calcul des différents bilans hivernal et estival, ainsi que les différents débits adéquats et les puissances, une étape demeure manquante afin de finaliser l'étude, il s'agit du choix des équipements. Pour cela le système choisi pour notre bâtiment est le système Tout-air.

Concernant l'installation, notre choix s'est porté sur ce système, et cela pour les exigences du client dicté dans le cahier de charge

## 6.5 Systèmes centralisés :

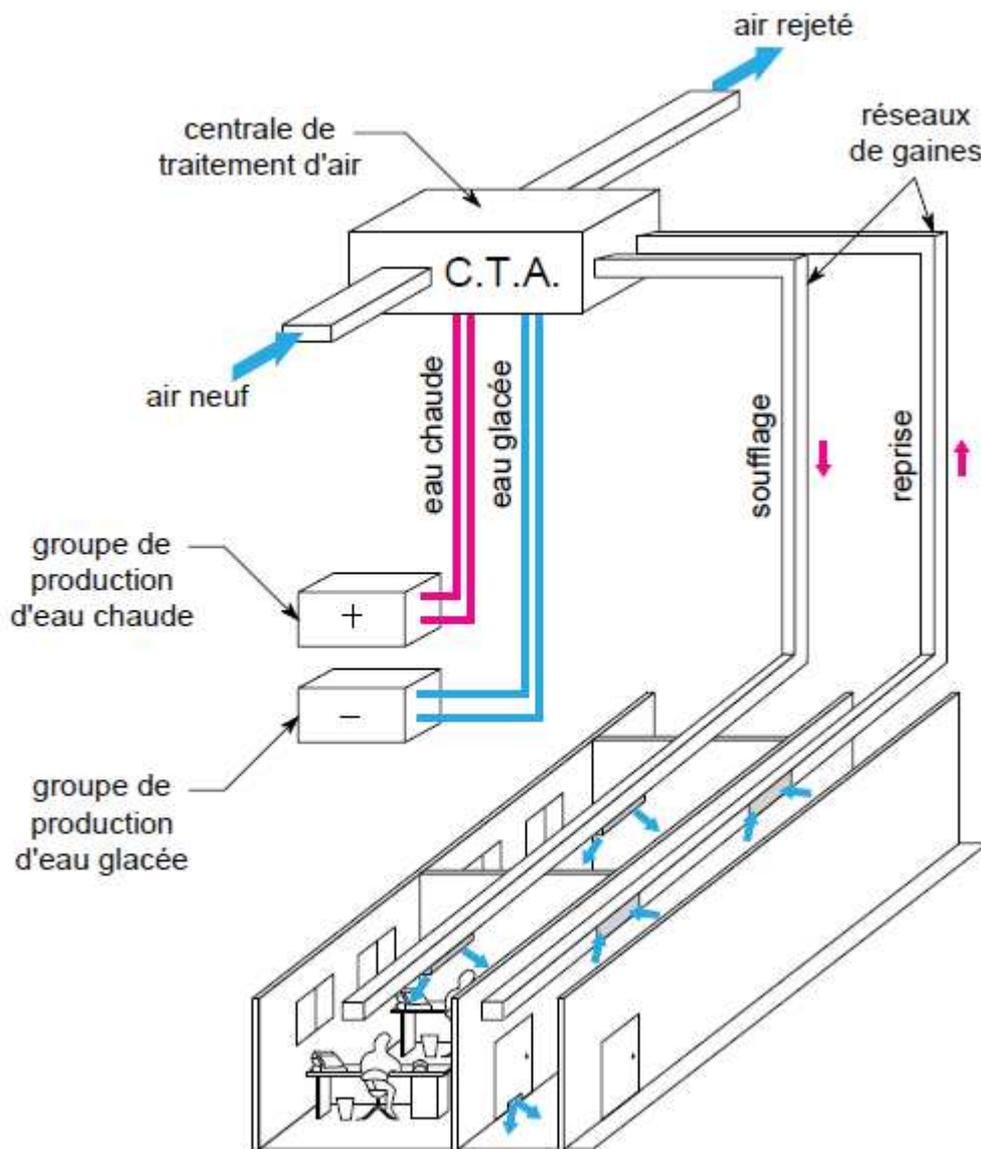


Fig. 6.1 Systèmes centralisés

### 6.5.1 Définition :

Chaque local est traité par l'apport d'un débit d'air préparé dans une unité centralisée qui comporte :

- Une centrale de traitement d'air CTA.
- Groupe de production d'eau.
- Les réseaux de gaines nécessaires.

### 6.5.2 Utilisation :

Les bâtiments anciens n'étant pas conçus pour la climatisation, on retrouve plus souvent ce type d'installation dans les bâtiments neufs ou récents. La conception du bâtiment prend en compte l'ensemble du système : local technique et passages des gaines.

## 6.6 La composition de la centrale de traitement d'air :

Le concepteur détermine la nature et l'ordre des composants de la centrale de traitement en fonction des résultats désirés.

Les composants suivants ont été placés dans l'ordre ci-dessous :

1. Caisson de mélange
2. Filtre (section de filtration)
3. Batterie chaude
4. Batterie froide
5. Humidificateur
6. Ventilateur

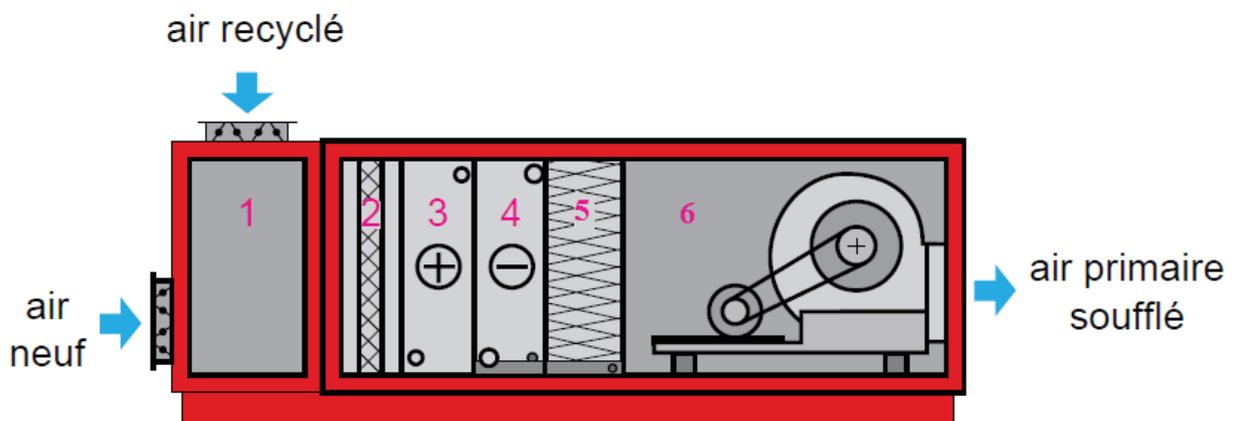


Fig. 6.2 centrale de traitement d'air

### 6.6.1 Le caisson de mélange :

**Rôle :** Le caisson de mélange standard (2 voies) est généralement utilisé pour réaliser le mélange de deux airs :

- L'air neuf,
- L'air recyclé.

Il est parfois destiné uniquement à assurer une sélection de circuit. Par exemple, pour le fonctionnement tout air neuf ou le fonctionnement tout air recyclé.

Dans certaines installations un peu plus sophistiquées, le caisson de mélange comporte une troisième voie, qui assure l'écoulement et le dosage de l'air extrait. On l'appelle généralement "caisson de mélange économiseur"

**Fonctionnement :** Le caisson de mélange standard "2 voies" comporte, à l'intérieur ou à l'extérieur des volets dont les lames peuvent être montées en parallèle ou en opposition.

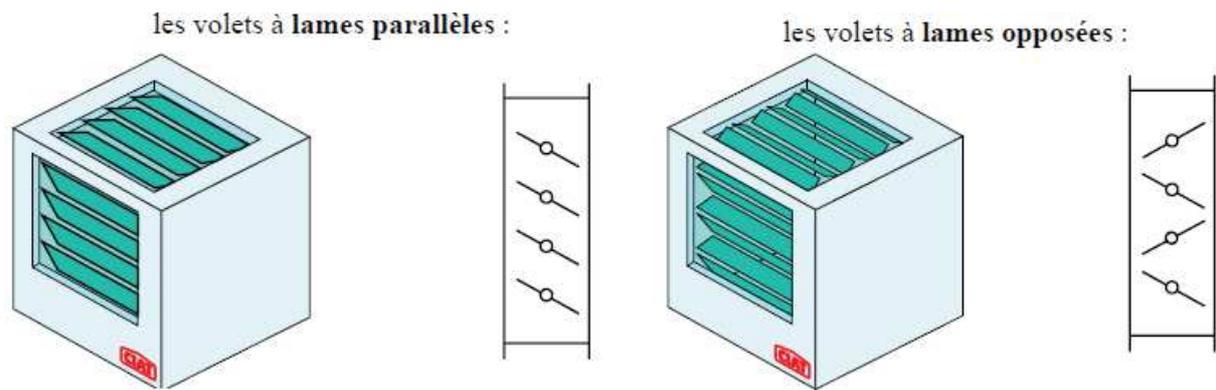


Fig. 6.3 caisson de mélange

### 6.6.2 Le caisson de filtration :

L'opération de filtration n'a aucune action sur les caractéristiques thermiques de l'air. Elle n'apparaît pas sur le diagramme de l'air humide.

Elle fait cependant partie intégrante d'une centrale de traitement d'air. Nous en présentons brièvement les principales caractéristiques.

**Définition :** Filtrer consiste à éliminer d'un fluide gazeux tout ou partie des particules ou aérosols qu'il contient, en les retenant sur une couche poreuse appelée "média filtrant".

### Grandeurs caractéristiques :

Pour classer les filtres, trois facteurs ont été retenus :

- l'efficacité, ou rendement,
- la perméance,
- le coefficient d'épuration.

Mais d'autres facteurs à vocation économique interviennent également dans le choix :

- la perte de charge,
- le colmatage, ou rétention,
- la durée de vie.

### 6.6.3 La batterie chaude :

**Rôle :** La batterie chaude assure le préchauffage ou le chauffage de l'air.

**Fonctionnement :** La batterie chaude se présente comme suit :

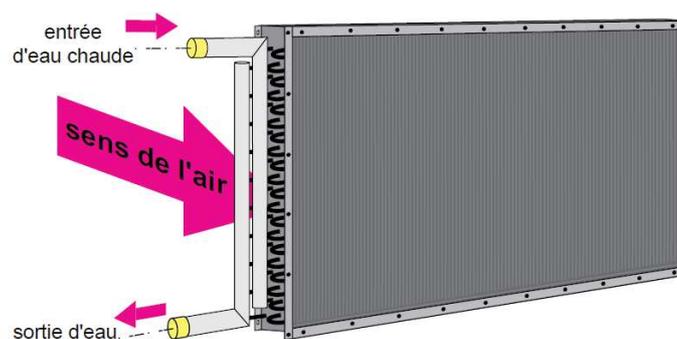


Fig. 6.4 batterie chaude

Elle chauffe l'air à l'aide d'un fluide chaud qui est généralement de l'eau :

- Durant l'opération de chauffage, l'humidité absolue, ou teneur en humidité  $w$ , reste constante. En revanche, l'humidité relative  $\epsilon$  (en %) diminue.

La régulation de la batterie se fait :

- soit par variation du débit d'eau,
- soit par variation de la température.

#### 6.6.4 La batterie froide :

**Rôle :** La batterie froide assure le refroidissement de l'air, avec ou sans déshumidification.

**Fonctionnement :** Selon son type, la batterie peut être alimentée :

- soit en eau froide (eau glacée ou glycolée),
- soit en fluide frigorigène (détente directe).

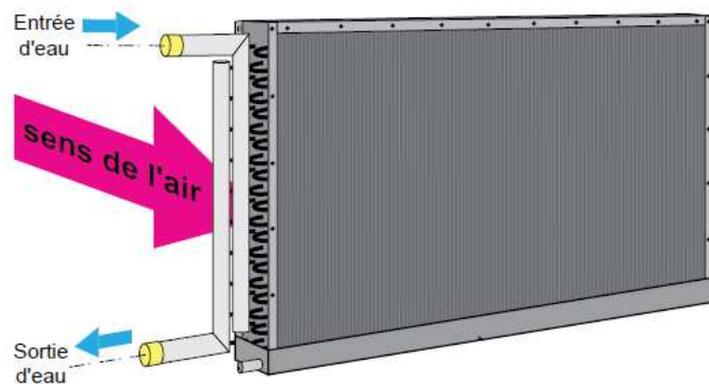


Fig. 6.5 batterie froide

#### 6.6.5 L'humidificateur :

**Rôle :** L'humidificateur sert à augmenter la teneur en eau de l'air traité, c'est-à-dire à augmenter l'humidité absolue.

**Fonctionnement :** Pour qu'il y ait humidification, il faut un contact étroit et intensif entre l'air et la source d'humidité.

Cette source d'humidité peut être :

- **De l'eau** finement pulvérisée et projetée dans le flux d'air où elle se transforme en vapeur. Le changement d'état nécessite un apport de chaleur qui sera fourni par l'air traité (chaleur latente de vaporisation).
- **De la vapeur** produite :
  - Soit indépendamment dans un circuit de distribution alimenté par une chaudière de production de vapeur,
  - Soit par un dispositif incorporé.

**Dans notre système on a opté pour un humidificateur à injection de vapeur.**

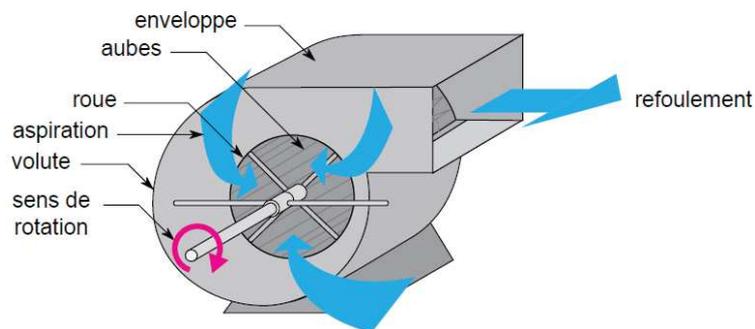
### 6.6.6 Le ventilateur :

**Rôle :** Le ventilateur, ou moto-ventilateur, permet d'assurer l'écoulement continu de l'air :

- dans la centrale de traitement d'air elle-même,
- dans le réseau de distribution d'air, par les gaines de soufflage,
- dans le réseau de reprise d'air, par les gaines d'aspiration.

**Fonctionnement :** Le ventilateur se compose de deux éléments principaux :

- une roue, qui porte les aubes,
- une enveloppe, ou volute, qui canalise l'air déplacé par cette roue.



*Fig. 6.6 ventilateur*

## 6.7 Choix des équipements :

Pour maintenir le confort à l'intérieur des locaux, l'installation doit avoir une puissance suffisante et asservie quelle que soit la saison.

Nous allons donc déterminer les puissances nécessaires aux différents appareils composants l'installation ainsi que les caractéristiques spécifiques de chaque organe.

Ensuite nous allons sélectionner les équipements que nous jugerons les plus conformes aux exigences de l'installation climatique envisagée.

### 6.7.1 Groupe d'eau glacée :

Les systèmes de climatisation à eau glacée utilisent simplement de l'eau (glycolée pour éviter le gel) pour acheminer les frigorifiques vers les centrales de traitement d'air depuis le groupe frigorifique.

Les installations à eau glacée concernent en général les grandes installations. L'avantage de l'eau glacée est que le fluide frigoporteur (l'eau) est sans danger et facile à manipuler.

Tableau 6.1 caractéristique Groupes d'eau glacée

caractéristique	Groupes d'eau glacée
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marque : CARRIER</li> <li>• Type : 30GX.</li> <li>• Puissance frigorifique : 187 KW</li> <li>• Régime d'eau froide: 7°C /12°C</li> <li>• Puissance calorifique : 44 KW</li> <li>• Régime d'eau chaude: 40°C/45°C</li> </ul>	

### 6.7.2 Centrales de traitement d'air :

Une centrale de traitement d'air est un ensemble de modules ayant chacun une fonction bien précise et dont le rôle est de traiter et/ou de modifier les caractéristiques de l'air qui y circule, et cela en fonction des besoins : confort de l'être humain, stabilité des produits, locaux en surpression...

Pour notre installation et vu les débits de soufflage important, nous avons opté pour la marque Carrier :

#### CTA 1 :

Tableau 6.2 caractéristique CTA 1

caractéristique	CTA 1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marque : CARRIER</li> </ul> Type : 39HH600 Débit de soufflage : 22000 m3/h Puissance de Batterie froide : 95 KW Puissance de la Batterie chaude : 21 KW	

#### CTA 2

Tableau 6.3 caractéristique CTA 2

caractéristique	CTA 2
Débit de soufflage 18000 m3/h Type : 39HQ Puissance de Batterie froide : 94 KW Puissance de la Batterie chaude : 23 KW	

### 6.7.3 Ventilation :

#### CTA 1

Tableau 6.4 caractéristique du ventilateur CTA 1

caractéristique	ventilateur
<p><b>Marque :</b> DYN AIR</p> <p><b>Type :</b> PS-L</p> <p><b>Débit :</b> 22000 m<sup>3</sup>/h</p> <p><b>Pression :</b> 253Pa</p> <p><b>Température max du fluide :</b> +80°C</p> <p><b>Puissance sonore :</b> 76 à 101 dB(A)</p>	

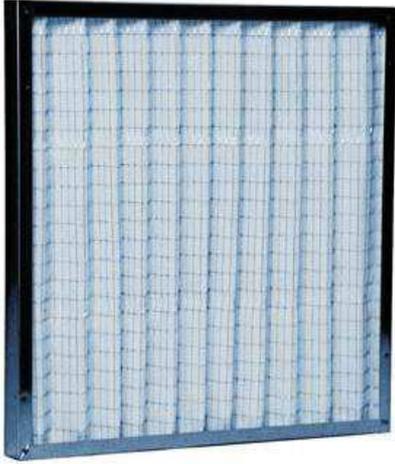
#### CTA 2 :

Tableau 6.5 caractéristique du ventilateur CTA 2

caractéristique	ventilateur
<p><b>Marque :</b> DYN AIR</p> <p><b>Type :</b> PS-L</p> <p><b>Débit :</b> 18000 m<sup>3</sup>/h</p> <p><b>Pression :</b> 361Pa</p> <p><b>Température max du fluide :</b> +80°C</p> <p><b>Puissance sonore :</b> 76 à 101 dB(A)</p>	

### 6.7.4 Filtration :

Tableau 6.6 caractéristique ventilateur

caractéristique	Filtre
<p><b>Marque :</b> Camfil</p> <p><b>Applications :</b> Préfiltration pour stopper les plus grosses particules, centrale de traitement d'air.</p> <p><b>Type :</b> Filtre gravimétrique à grand débit d'air, média plissé et cousu sur grille.</p> <p><b>Cadre :</b> Tôle acier galvanisé.</p> <p><b>Média :</b> Fibre polyester.</p> <p><b>Grille :</b> Acier galvanisé.</p> <p><b>Efficacité EN 779 :</b> G4, F5.</p>	

### 6.7.5 Choix des grilles de reprise et soufflage :

Tableau 6.7 caractéristique diffuseur 1

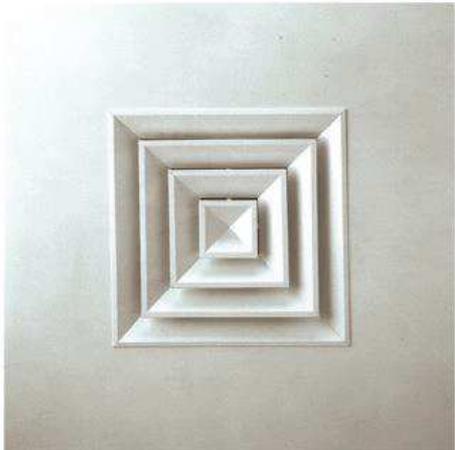
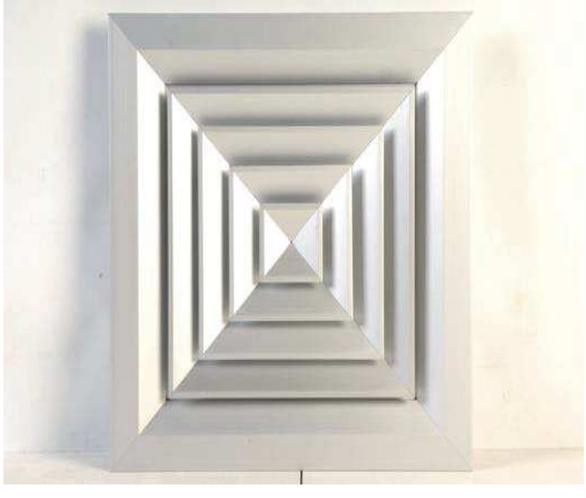
Caractéristique	Diffuseur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Type :</b> DAP 40</li> <li>• <b>Débit d'air soufflé :</b> 800 m<sup>3</sup>/h.</li> <li>• <b>Dimensions :</b> 450x450</li> <li>• <b>Matériau :</b> aluminium</li> </ul>	

Tableau 6.8 caractéristique diffuseur 2

caractéristique	diffuseur
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Type</b> : DAU 40</li><li>• <b>Débit d'air soufflé</b> : 2000 m<sup>3</sup>/h.</li><li>• <b>Dimensions</b> : 600x600</li><li>• <b>Matériau</b> : aluminium</li></ul>	

## 6.8 Conclusion :

Nous avons choisis les équipements compatibles avec nos résultats pour répondre aux apports de chaleur internes et externes (en été), et compenser les déperditions (en hiver), afin d'assurer le confort des usagers.

# Conclusion générale

---

Notre Projet de Fin d'Etude a porté sur la: « la climatisation d'un bâtiment qui comporte des machines électrique situé à Batna »

Pour le mener à terme, nous avons essayé de respecter toutes les étapes nécessaires à cet effet, a savoir

- Les définitions des paramètres de base, les calculs des coefficients de transmissions et, surtout, l'évaluation des charges thermiques (hivernales et estivales) de l'édifice à climatiser. Ces calculs étaient assez complexes et ont nécessité du temps. Cette étape était importante car de la justesse de ces calculs dépendront les bons choix d'équipements.
- Le traitement adéquat de l'air (diagramme psychométrique), nécessaires au bon dimensionnement des éléments constitutifs des Centrale de Traitement d'Air (CTA).
- Le choix du système de climatisation, basé sur la condition prioritaire du confort et du bien-être des occupants du local.
- Le réseau aéraulique et le schéma correspondant a été nécessaire afin de minimiser les pertes de charges et donc optimiser notre système et faire le choix des différents équipements nécessaires (ventilateur, filtre, diffuseur...).
- Le choix (selon les catalogues) des équipements les plus importants nécessaires à la climatisation de notre bâtiment, et qui correspondent aux résultats trouvés dans nos calculs.

Enfin, nous devons signaler que durant la période de réalisation de notre Projet de Fin d'Etude, nous avons été pris en charge, en qualités de stagiaires, par le bureau d'étude qui a soumis ce projet. Ce qui nous a permis de nous intégrer à un groupe de travail expérimenté, d'élargir nos connaissances dans le domaine, et de nous préparer au marché du travail.

# Bibliographie

# Bibliographie

1. J. BOUTELOUP, M. LE GUAY, J. LIGEN << Climatisation conditionnement d'air ; Les systèmes >> 1998
2. JEAN DESMONS << Aide-mémoire ; génie climatique >> 4<sup>e</sup> Édition DUNOD 2015
3. Document Technique réglementaire DTR C 3.4 << Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments>>
4. Document Technique réglementaire DTR C 3 << Règles de calcul des déperditions calorifiques>>
5. Manuel carrier <<bilan thermique>> édition 1991
6. Note de calcul constructeur (source sonelgaz) 2012
7. Catalogues Constructeurs 2002 (camfil)
8. Catalogues Constructeurs 2003 (carrier)
9. Fundamentals Ashrae 1997
10. Fundamentals Ashrae 1985

## Site consulté :

11. <http://www.erm-automatismes.com>
12. <http://www.bbs-logiciels.com>
13. <http://espacepro.france-air.com>
14. <http://conseils.xpair.com>
15. <https://www.energieplus-lesite.be>
16. <https://www.lycee-champollion.fr>
17. <http://www.confederationconstruction.be>

# **Annexes**

## Annexes Table 1 gain de chaleur par personne

DEGRE D'ACTIVITE	APPLICATION TYPE	Métabo- litame homme Adulte (Kcal/h)	Métabo- litame moyen * (Kcal/h)	TEMPERATURE SECHE DU LOCAL (°C)									
				28		27		26		24		21	
				Kcal/h		Kcal/h		Kcal/h		Kcal/h		Kcal/h	
				Sensibles	Latents	Sensibles	Latents	Sensibles	Latents	Sensibles	Latents	Sensibles	Latents
Assis, au repos	Théâtre, Ecole primaire	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Assis, travail très léger	Ecole secondaire	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Employé de bureau	Bureau, Hôtel, Appartement, Ecole supérieure	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
Debout, marche lente	Magasin, boutique	139											
Assis, Debout	Drugstore	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Debout, marche lente	Banque	139											
Assis	Restaurant †	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Travail léger à l'établi	Usine, travail léger	202	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Danse	Salle de danse	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	113
Marche, 5 km/h	Usine, travail assez pénible	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136
Travail pénible	Piste de Bowling †, Usine	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213

**Annexe Table 2 – Facteurs de charge (Clf) pour les occupants – classe d’amortissement «C» (moyenne)**

*En fonction de la durée d’occupation et du temps écoulé depuis le début d’occupation*  
 Temps écoulé depuis le début d’occupation

Dur/Te	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h
1h	0.60	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
2h	0.60	0.68	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02
3h	0.60	0.68	0.74	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04
4h	0.60	0.68	0.74	0.79	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
5h	0.60	0.68	0.74	0.79	0.83	0.26	0.20	0.16	0.14	0.11	0.09	0.07
6h	0.61	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
7h	0.61	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.30	0.24	0.20	0.16	0.13
8h	0.61	0.69	0.75	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.32	0.26	0.21	0.17
9h	0.61	0.69	0.75	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.34	0.27	0.22
10h	0.62	0.70	0.75	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.35	0.28
11h	0.62	0.70	0.76	0.80	0.84	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.36
12h	0.63	0.71	0.76	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96
13h	0.63	0.71	0.77	0.81	0.85	0.87	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96
14h	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
15h	0.65	0.72	0.78	0.82	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.95	0.96
16h	0.68	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96
17h	0.70	0.75	0.80	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97
18h	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97
19h	0.74	0.80	0.84	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97
20h	0.77	0.82	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98
21h	0.81	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98
22h	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99
23h	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
24h	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dur/Te	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
1h	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2h	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3h	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
4h	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5h	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
6h	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
7h	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
8h	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
9h	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02
10h	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
11h	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
12h	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
13h	0.97	0.38	0.30	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.04
14h	0.97	0.97	0.38	0.30	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06
15h	0.97	0.98	0.98	0.39	0.31	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07
16h	0.97	0.98	0.98	0.98	0.39	0.31	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09
17h	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.39	0.31	0.26	0.21	0.17	0.14	0.09
18h	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.39	0.31	0.26	0.21	0.17	0.14
19h	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.40	0.32	0.26	0.21	0.17
20h	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.40	0.32	0.26	0.21
21h	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.40	0.32	0.26
22h	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.40	0.32
23h	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.40
24h	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**Exemple d’application:** Pour une durée totale d’occupation de 13 heures, commençant à 9 heures, le coefficient Clf à 23 heures (après 14 heures d’occupation) sera lu dans la cellule (13,14) : 0.38.



**Annexe Table 4 – Différences de température équivalentes (CLTD) pour les murs au soleil du groupe F**

Heure solaire

Or\H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
S	5	4	3	2	2	1	1	1	2	4	7	11	15	19	21	22	21	19	17	15	12	10	8	7	
SSE	5	4	3	2	2	1	1	3	6	9	13	17	19	21	21	21	20	18	16	14	12	10	8	7	
SE	5	4	3	2	2	1	2	6	10	15	20	23	24	23	22	20	19	17	16	14	12	10	8	7	
ESE	5	4	3	2	2	1	3	7	13	18	22	24	24	22	21	19	18	17	15	13	11	10	8	7	
E	5	4	3	2	2	1	4	9	16	21	24	25	24	22	20	19	18	17	15	13	11	10	8	7	
ENE	5	4	3	2	1	1	3	8	14	18	20	20	20	18	17	17	16	15	14	12	10	9	7	6	
NE	5	4	3	2	1	1	3	8	13	16	17	16	16	15	15	15	15	14	13	12	10	9	7	6	
NNE	5	4	3	2	1	1	2	5	8	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	12	10	9	7	6
N	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	12	13	13	13	11	9	7	6	
NNO	6	5	3	2	1	1	1	1	2	3	4	6	7	9	11	13	15	18	19	18	15	12	9	8	
NO	8	6	4	3	2	2	1	1	2	3	4	6	7	9	12	15	19	24	26	24	20	16	12	10	
ONO	8	6	4	3	2	2	1	1	2	3	4	6	7	10	14	18	23	28	29	27	22	17	13	11	
O	9	7	5	4	3	2	2	2	2	3	4	6	8	11	16	22	27	32	33	30	24	19	15	12	
OSO	8	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	6	9	12	18	23	27	31	31	27	22	17	14	11	
SO	8	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	6	10	14	20	24	28	30	29	25	20	16	13	10	
SSO	6	5	4	3	2	1	1	1	2	3	5	8	12	16	20	23	24	24	23	20	16	13	10	8	

**Annexe Table 5 – Différences de température équivalentes (CLTD) pour les plafonds avec faux plafond**

Valeurs données en fonction de l'heure solaire et du numéro de groupe du plafond

Heure solaire

Gr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	0	-1	-2	-3	-3	0	5	13	20	28	35	40	43	43	41	37	31	23	15	10	7	5	3
2	11	8	6	5	3	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	35	34	32	28	24	20	17	14
3	10	8	6	4	2	1	0	0	2	6	10	16	21	27	31	34	36	36	34	30	26	21	17	13
4	16	14	13	11	10	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	25	26	26	25	23	21	20	18
5	14	11	9	7	5	4	3	3	4	6	10	14	18	23	27	30	31	32	31	29	26	22	19	16
6	18	15	13	11	9	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	24	27	29	30	30	28	26	23	20
7	19	18	16	14	13	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	25	24	23	22	21
8	22	20	18	16	15	13	11	10	9	8	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	25	25	24	23
9	17	16	15	14	13	13	12	11	11	11	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	20	19	18
10	19	18	17	16	14	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	22	22	21
11	17	16	16	15	15	14	13	13	13	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	18	19	18	18	18
12	16	16	15	15	14	13	13	12	12	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	19	18	18	18
13	20	19	19	18	17	16	15	14	14	13	12	12	12	12	13	14	15	16	18	19	20	20	20	20

Les différents types de toits :

- 1- Plaque en métal de 25 à 50 mm d'épaisseur avec 25 mm d'isolant
- 2- Plaque en bois de 25 mm d'épaisseur avec 25 mm d'isolant
- 3- 100 mm de béton léger
- 4- 150 mm de béton léger
- 5- 100 mm de béton lourd
- 6- Plafond d'une terrasse

Annexe Table 6

*Les coefficients Uv des vitrages* **D.T.R.C 3-2 P25**

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage Simple	-	Bois	5,0	5,5
		métal	5,8	6,5
Vitrage Double	5 à 7	Bois	3,3	3,5
		Métal	4,0	4,3
	8 à 9	Bois	3,1	3,3
		Métal	3,9	4,2
	10 à 11	Bois	3,0	3,2
		Métal	3,8	4,1
	12 à 13	Bois	2,9	3,1
		Métal	3,7	4,0
Double Fenêtre	Plus de 30	Bois	2,6	2,7
		Métal	3,0	3,2

Annexe Table 7 – Coefficients maximaux d'apports solaires (SHGF) pour les vitres au soleil (en W/m<sup>2</sup>)

Latitude de 36°

Mois\Or	S	SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	HOR
Janv	795	795	779	691	524	284	76	69	69	69	76	284	524	691	779	795	489
Févr	732	754	782	754	615	439	180	82	82	82	180	439	615	754	782	754	628
Mars	606	650	732	751	704	555	312	104	95	104	312	555	704	751	732	650	751
Avril	426	492	618	697	710	618	454	240	110	240	454	618	710	697	618	492	827
Mai	293	366	521	644	694	644	530	338	120	338	530	644	694	644	521	366	858
Juin	243	312	473	612	678	647	552	372	148	372	552	647	678	612	473	312	861
Juillet	284	357	508	628	681	634	521	338	123	338	521	634	681	628	508	357	846
Août	413	476	596	669	688	599	435	237	114	237	435	599	688	669	596	476	811
Sept	590	631	704	719	663	527	300	98	98	98	300	527	663	719	704	631	726
Oct	710	729	754	726	590	420	177	85	85	85	177	420	590	726	754	729	615
Nov	782	782	767	678	514	274	76	69	69	69	76	274	514	678	767	782	486
Déc	801	798	760	644	476	218	63	63	63	63	63	218	476	644	760	798	429

Annexe Table 8

<b>Facteur d'ombre (SC) pour les fenêtres</b>						
---	--	--	--	--	--	--

Type de fenêtre	Epaisseur (mm)	Sans rideau		Rideau vénitien		Autre rideau	
		interne		moyen	clair	moyen	clair
<b>Vitrage simple</b>							
standard	3	1	0.64	0.55	0.59	0.25	
Blindé	6-12	0.95	0.64	0.55	0.59	0.25	
Absorbant	6	0.7	0.57	0.53	0.4	0.3	
	10	0.5	0.54	0.52	0.4	0.28	
<b>Double vitrage</b>							
standard	3	0.9	0.57	0.51	0.6	0.25	
Blindé	6	0.83	0.57	0.51	0.06	0.25	
Réfléctif	6	0.4					

Table 9 – Facteurs de charge Clf pour les vitrages avec voilage intérieur

Valeurs données en %

Heure solaire

Or	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
S	4	4	3	3	3	9	16	23	38	58	75	83	80	68	50	35	27	19	11	9	8	7	6	5
SSE	4	3	3	3	2	12	31	54	72	81	81	71	54	38	32	27	22	16	9	8	7	6	5	4
SE	3	3	2	2	2	30	57	74	81	79	68	49	33	28	24	22	18	13	8	7	6	5	4	4
ESE	3	3	2	2	2	41	67	79	80	72	54	34	27	24	21	19	15	12	7	6	5	4	4	3
E	3	2	2	2	2	47	72	80	76	62	41	27	24	22	20	17	14	11	6	5	5	4	3	3
ENE	3	2	2	2	2	52	76	80	71	52	31	26	24	22	20	18	15	11	6	5	4	4	3	3
NE	3	2	2	2	2	56	76	74	58	37	29	27	26	24	22	20	16	12	6	5	4	4	3	3
NNE	3	3	2	2	3	64	77	62	42	37	37	37	36	35	32	28	23	17	8	7	6	5	4	4
N	8	7	6	6	7	73	66	65	73	80	86	89	89	86	82	75	78	91	24	18	15	13	11	10
NNO	5	5	4	3	3	11	17	22	26	30	32	33	34	34	39	61	82	76	17	12	10	8	7	6
NO	5	4	4	3	3	7	11	14	17	19	20	21	22	30	52	73	82	69	16	12	10	8	7	6
ONO	5	5	4	3	3	7	10	12	14	16	17	18	22	43	65	82	84	66	16	12	10	8	7	6
O	5	5	4	4	3	6	9	11	13	15	16	17	31	53	72	82	81	61	16	12	10	8	7	6
OSO	5	5	4	4	3	7	10	12	14	16	17	23	44	64	78	84	78	55	16	12	10	9	7	6
SO	5	5	4	4	3	7	11	14	16	19	22	38	59	75	83	81	69	45	16	12	10	9	7	6
SSO	5	4	4	3	3	9	14	18	22	27	43	63	78	84	80	66	46	25	13	11	9	8	7	6
Hor	6	5	4	4	3	12	27	44	59	72	81	85	85	81	71	58	42	25	14	12	10	8	7	6
Omb	8	7	6	6	7	73	66	65	73	80	86	89	89	86	82	75	78	91	24	18	15	13	11	10

**Table 10**  $\zeta$  : le coefficient de perte de charge singulière donné en fonction de la singularité rencontrée

Diamètre du tube acier inox, cuivre ou plastique		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diamètre du tube acier		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"
Type de résistance singulière	Symbole				
Coude serré à 90° $r/d = 1,5$		2,0	1,5	1,0	0,8
Coude normal à 90° $r/d = 2,5$		1,5	1,0	0,5	0,4
Coude large à 90° $r/d > 3,5$		1,0	0,5	0,3	0,3
Coude serré en U $r/d = 1,5$		2,5	2,0	1,5	1,0
Coude normal en U $r/d = 2,5$		2,0	1,5	0,8	0,5
Coude large en U $r/d > 3,5$		1,5	0,8	0,4	0,4
Élargissement		1,0			
Restriction		0,5			
Dérivation simple avec T équerre		1,0			
Jonction simple avec T équerre		1,0			
Dérivation double avec T équerre		3,0			
Jonction double avec T équerre		3,0			
Dérivation simple avec angle incliné (45° - 60°)		0,5			
Jonction simple avec angle incliné (45° - 60°)		0,5			
Dérivation avec amorce		2,0			
Jonction avec amorce		2,0			

<b>CHALEUR GENEREES PAR LES MURS EXTERIEURS</b>																
<b>Salle de commande</b>	<b>t(c°)</b>	<b>U(w/m²)</b>	<b>S(m²)</b>			<b>CLTD</b>			<b>K</b>	<b>CLTDc</b>			<b>Qp(w)</b>			<b>Qp(w)T</b>
			<b>Est</b>	<b>West</b>	<b>Sud</b>	<b>Est</b>	<b>West</b>	<b>Sud</b>		<b>Est</b>	<b>West</b>	<b>Sud</b>	<b>Est</b>	<b>West</b>	<b>Sud</b>	
<b>8h</b>	<b>24,1</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	9	6	1	1	5,1	2	-2,9	293,964	-115,026	-192,618	-13,68
<b>9h</b>	<b>26,9</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	16	10	2	1	14,9	2	0,9	858,836	54,486	59,778	973,1
<b>10h</b>	<b>29,9</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	21	15	4	1	22,9	3	5,9	1319,956	296,646	391,878	2008,48
<b>11h</b>	<b>32,5</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	24	18	7	1	28,5	4	11,5	1642,74	514,59	763,83	2921,16
<b>12h</b>	<b>35,3</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	25	20	11	1	32,3	6	18,3	1861,772	805,182	1215,486	3882,44
<b>13h</b>	<b>38,16</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	24	21	15	1	34,16	8	25,16	1968,9824	1099,4064	1671,1272	4739,516
<b>14h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	22	21	19	1	33,5	11	30,5	1930,94	1362,15	2025,81	5318,9
<b>15h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	20	20	21	1	31,5	16	32,5	1815,66	1664,85	2158,65	5639,16
<b>16h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	19	19	22	1	30,5	22	33,5	1758,02	2028,09	2225,07	6011,18
<b>17h</b>	<b>38,56</b>	<b>1</b>	57,64	60,54	66,42	18	18	21	1	28,56	27	31,56	1646,1984	2273,8824	2096,2152	6016,296

<b>CHALEUR GENEREES PAR LES MURS EXTERIEURS</b>							
<b>Salle électronique</b>	<b>t(c°)</b>	<b>U(w/m²)</b>	<b>S(m²)</b>	<b>CLTD</b>	<b>K</b>	<b>CLTDc</b>	<b>Qp(w)</b>
			<b>West</b>	<b>West</b>		<b>West</b>	
<b>8h</b>	<b>24,1</b>	<b>1</b>	44,6	2	1	-1,9	-84,74
<b>9h</b>	<b>26,9</b>	<b>1</b>	44,6	2	1	0,9	40,14
<b>10h</b>	<b>29,9</b>	<b>1</b>	44,6	3	1	4,9	218,54
<b>11h</b>	<b>32,5</b>	<b>1</b>	44,6	4	1	8,5	379,1
<b>12h</b>	<b>35,3</b>	<b>1</b>	44,6	6	1	13,3	593,18
<b>13h</b>	<b>38,16</b>	<b>1</b>	44,6	8	1	18,16	809,936
<b>14h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	44,6	11	1	22,5	1003,5
<b>15h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	44,6	16	1	27,5	1226,5
<b>16h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	44,6	22	1	33,5	1494,1
<b>17h</b>	<b>38,56</b>	<b>1</b>	44,6	27	1	37,56	1675,176

CHALEUR GENEREE PAR LES MURS EXTERIEURS							
Bureau chef de tour	t(c°)	U(w/m²)	S(m²)	CLTD	K	CLTDc	Qp(w)
			Est	Est		Est	
8h	24,1	1	15,4	9	1	5,1	78,54
9h	26,9	1	15,4	16	1	14,9	229,46
10h	29,9	1	15,4	21	1	22,9	352,66
11h	32,5	1	15,4	24	1	28,5	438,9
12h	35,3	1	15,4	25	1	32,3	497,42
13h	38,16	1	15,4	24	1	34,16	526,064
14h	39,5	1	15,4	22	1	33,5	515,9
15h	39,5	1	15,4	20	1	31,5	485,1
16h	39,5	1	15,4	19	1	30,5	469,7
17h	38,56	1	15,4	18	1	28,56	439,824

CHALEUR GENEREE PAR LES MURS EXTERIEURS							
Bureau	t(c°)	U(w/m²)	S(m²)	CLTD	K	CLTDc	Qp(w)
			Est	Est		Est	
8h	24,1	1	15,4	9	1	5,1	78,54
9h	26,9	1	15,4	16	1	14,9	229,46
10h	29,9	1	15,4	21	1	22,9	352,66
11h	32,5	1	15,4	24	1	28,5	438,9
12h	35,3	1	15,4	25	1	32,3	497,42
13h	38,16	1	15,4	24	1	34,16	526,064
14h	39,5	1	15,4	22	1	33,5	515,9
15h	39,5	1	15,4	20	1	31,5	485,1
16h	39,5	1	15,4	19	1	30,5	469,7
17h	38,56	1	15,4	18	1	28,56	439,824

CHALEUR GENEREES PAR LES MURS EXTERIEURS							
Salle de réunion	t(c°)	U(w/m²)	S(m²)	CLTD	K	CLTDc	Qp(w)
			Est	Est		Est	
8h	24,1	1	26,9	9	1	5,1	137,19
9h	26,9	1	26,9	16	1	14,9	400,81
10h	29,9	1	26,9	21	1	22,9	616,01
11h	32,5	1	26,9	24	1	28,5	766,65
12h	35,3	1	26,9	25	1	32,3	868,87
13h	38,16	1	26,9	24	1	34,16	918,904
14h	39,5	1	26,9	22	1	33,5	901,15
15h	39,5	1	26,9	20	1	31,5	847,35
16h	39,5	1	26,9	19	1	30,5	820,45
17h	38,56	1	26,9	18	1	28,56	768,264

CHALEUR GENEREES PAR LES MURS EXTERIEURS							
Tisanerie	t(c°)	U(w/m²)	S(m²)	CLTD	K	CLTDc	Qp(w)
			Nord	Nord		Nord	
8h	24,1	1	10	2	1	-1,9	-19
9h	26,9	1	10	3	1	1,9	19
10h	29,9	1	10	4	1	5,9	59
11h	32,5	1	10	5	1	9,5	95
12h	35,3	1	10	6	1	13,3	133
13h	38,16	1	10	8	1	18,16	181,6
14h	39,5	1	10	9	1	20,5	205
15h	39,5	1	10	11	1	22,5	225
16h	39,5	1	10	12	1	23,5	235
17h	38,56	1	10	12	1	22,56	225,6

<b>CHALEUR GEGEREE PAR LES MURS EXTERIEURS</b>																
<b>Salle d'équipement électrique</b>	<b>t(c°)</b>	<b>U(w/m²)</b>	<b>S(m²)</b>			<b>CLTD</b>			<b>K</b>	<b>CLTDc</b>			<b>Qp(w)</b>			<b>Qp(w)T</b>
			<b>Est</b>	<b>West</b>	<b>Sud</b>	<b>Est</b>	<b>West</b>	<b>Sud</b>		<b>-</b>	<b>Est</b>	<b>West</b>	<b>Sud</b>	<b>Est</b>	<b>West</b>	
<b>8h</b>	<b>24,1</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	9	6	1	1	5,1	2	-2,9	444,72	-165,68	-140,302	138,738
<b>9h</b>	<b>26,9</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	16	10	2	1	14,9	2	0,9	1299,28	78,48	43,542	1421,302
<b>10h</b>	<b>29,9</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	21	15	4	1	22,9	3	5,9	1996,88	427,28	285,442	2709,602
<b>11h</b>	<b>32,5</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	24	18	7	1	28,5	4	11,5	2485,2	741,2	556,37	3782,77
<b>12h</b>	<b>35,3</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	25	20	11	1	32,3	6	18,3	2816,56	1159,76	885,354	4861,674
<b>13h</b>	<b>38,16</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	24	21	15	1	34,16	8	25,16	2978,752	1583,552	1217,2408	5779,5448
<b>14h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	22	21	19	1	33,5	11	30,5	2921,2	1962	1475,59	6358,79
<b>15h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	20	20	21	1	31,5	16	32,5	2746,8	2398	1572,35	6717,15
<b>16h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	19	19	22	1	30,5	22	33,5	2659,6	2921,2	1620,73	7201,53
<b>17h</b>	<b>38,56</b>	<b>1</b>	87,2	87,2	48,38	18	18	21	1	28,56	27	31,56	2490,432	3275,232	1526,8728	7292,5368

<b>CHALEUR GEGEREE PAR LES MURS EXTERIEURS</b>												
<b>Batterie</b>	<b>t(c°)</b>	<b>U(w/m²)</b>	<b>S(m²)</b>		<b>CLTD</b>		<b>K</b>	<b>CLTDc</b>		<b>Qp(w)</b>		<b>Qp(w)T</b>
			<b>Nord</b>	<b>West</b>	<b>Nord</b>	<b>West</b>		<b>Nord</b>	<b>West</b>	<b>Nord</b>	<b>West</b>	
<b>8h</b>	<b>24,1</b>	<b>1</b>	28,3	27	2	2	1	-1,9	-1,9	-53,77	-51,3	-105,07
<b>9h</b>	<b>26,9</b>	<b>1</b>	28,3	27	3	2	1	1,9	0,9	53,77	24,3	78,07
<b>10h</b>	<b>29,9</b>	<b>1</b>	28,3	27	4	3	1	5,9	4,9	166,97	132,3	299,27
<b>11h</b>	<b>32,5</b>	<b>1</b>	28,3	27	5	4	1	9,5	8,5	268,85	229,5	498,35
<b>12h</b>	<b>35,3</b>	<b>1</b>	28,3	27	6	6	1	13,3	13,3	376,39	359,1	735,49
<b>13h</b>	<b>38,16</b>	<b>1</b>	28,3	27	8	8	1	18,16	18,16	513,928	490,32	1004,248
<b>14h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	28,3	27	9	11	1	20,5	22,5	580,15	607,5	1187,65
<b>15h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	28,3	27	11	16	1	22,5	27,5	636,75	742,5	1379,25
<b>16h</b>	<b>39,5</b>	<b>1</b>	28,3	27	12	22	1	23,5	33,5	665,05	904,5	1569,55
<b>17h</b>	<b>38,56</b>	<b>1</b>	28,3	27	12	27	1	22,56	37,56	638,448	1014,12	1652,568

CHALEUR GEGEREE PAR LES MURS EXTERIEURS												
Sanitaire	t(c°)	U(w/m²)	S(m²)		CLTD		K	CLTDc		Qp(w)		Qp(w)T
			Nord	West	Nord	West		Nord	West	Nord	West	
8h	24,1	1	26	32,2	2	2	1	-1,9	-1,9	-49,4	-61,18	-110,58
9h	26,9	1	26	32,2	3	2	1	1,9	0,9	49,4	28,98	78,38
10h	29,9	1	26	32,2	4	3	1	5,9	4,9	153,4	157,78	311,18
11h	32,5	1	26	32,2	5	4	1	9,5	8,5	247	273,7	520,7
12h	35,3	1	26	32,2	6	6	1	13,3	13,3	345,8	428,26	774,06
13h	38,16	1	26	32,2	8	8	1	18,16	18,16	472,16	584,752	1056,912
14h	39,5	1	26	32,2	9	11	1	20,5	22,5	533	724,5	1257,5
15h	39,5	1	26	32,2	11	16	1	22,5	27,5	585	885,5	1470,5
16h	39,5	1	26	32,2	12	22	1	23,5	33,5	611	1078,7	1689,7
17h	38,56	1	26	32,2	12	27	1	22,56	37,56	586,56	1209,432	1795,992

CHALEUR GEGEREE PAR LES MURS EXTERIEURS												
Couloire rez de chaussé	t(c°)	U(w/m²)	S(m²)		CLTD		K	CLTDc		Qp(w)		Qp(w)T
			Est	Nord	Est	Nord		Est	Nord	Est	Nord	
8h	24,1	1	24,47	27,47	9	2	1	5,1	-1,9	124,797	-52,193	72,604
9h	26,9	1	24,47	27,47	16	3	1	14,9	1,9	364,603	52,193	416,796
10h	29,9	1	24,47	27,47	21	4	1	22,9	5,9	560,363	162,073	722,436
11h	32,5	1	24,47	27,47	24	5	1	28,5	9,5	697,395	260,965	958,36
12h	35,3	1	24,47	27,47	25	6	1	32,3	13,3	790,381	365,351	1155,732
13h	38,16	1	24,47	27,47	24	8	1	34,16	18,16	835,8952	498,8552	1334,7504
14h	39,5	1	24,47	27,47	22	9	1	33,5	20,5	819,745	563,135	1382,88
15h	39,5	1	24,47	27,47	20	11	1	31,5	22,5	770,805	618,075	1388,88
16h	39,5	1	24,47	27,47	19	12	1	30,5	23,5	746,335	645,545	1391,88
17h	38,56	1	24,47	27,47	18	12	1	28,56	22,56	698,8632	619,7232	1318,5864



**Tableaux récapitulatifs des apports de chaleur par rayonnement :**

Salle de contrôle commande										
Est						West				
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,8	688	5,8	1276,928	0,4	0,1	688	2,9	79,808
9h	0,4	0,76	688	5,8	1213,0816	0,4	0,13	688	2,9	103,7504
10h	0,4	0,62	688	5,8	989,6192	0,4	0,15	688	2,9	119,712
11h	0,4	0,41	688	5,8	654,4256	0,4	0,16	688	2,9	127,6928
12h	0,4	0,27	688	5,8	430,9632	0,4	0,17	688	2,9	135,6736
13h	0,4	0,24	688	5,8	383,0784	0,4	0,31	688	2,9	247,4048
14h	0,4	0,22	688	5,8	351,1552	0,4	0,53	688	2,9	422,9824
15h	0,4	0,2	688	5,8	319,232	0,4	0,72	688	2,9	574,6176
16h	0,4	0,17	688	5,8	271,3472	0,4	0,82	688	2,9	654,4256
17h	0,4	0,14	688	5,8	223,4624	0,4	0,81	688	2,9	646,4448
Sud										
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)					
8h	0,4	0,23	688	4,3	272,1728					
9h	0,4	0,38	688	4,3	449,6768					
10h	0,4	0,58	688	4,3	686,3488					
11h	0,4	0,75	688	4,3	887,52					
12h	0,4	0,83	688	4,3	982,1888					
13h	0,4	0,8	688	4,3	946,688					
14h	0,4	0,68	688	4,3	804,6848					
15h	0,4	0,5	688	4,3	591,68					
16h	0,4	0,35	688	4,3	414,176					
17h	0,4	0,17	688	4,3	29.172					

<b>Bureau chef de tour</b>					
<b>Est</b>					
	<b>SC</b>	<b>CLF</b>	<b>SHGF(w/m<sup>2</sup>)</b>	<b>A vitre(m<sup>2</sup>)</b>	<b>Qv ens(w)</b>
<b>8h</b>	0,4	0,8	688	1,4	308,224
<b>9h</b>	0,4	0,76	688	1,4	292,8128
<b>10h</b>	0,4	0,62	688	1,4	238,8736
<b>11h</b>	0,4	0,41	688	1,4	157,9648
<b>12h</b>	0,4	0,27	688	1,4	104,0256
<b>13h</b>	0,4	0,24	688	1,4	92,4672
<b>14h</b>	0,4	0,22	688	1,4	84,7616
<b>15h</b>	0,4	0,2	688	1,4	77,056
<b>16h</b>	0,4	0,17	688	1,4	65,4976
<b>17h</b>	0,4	0,14	688	1,4	53,9392

<b>Salle électronique</b>				
<b>West</b>				
<b>SC</b>	<b>CLF</b>	<b>SHGF(w/m<sup>2</sup>)</b>	<b>A vitre(m<sup>2</sup>)</b>	<b>Qv ens(w)</b>
0,4	0,1	688	2,9	79,808
0,4	0,13	688	2,9	103,7504
0,4	0,15	688	2,9	119,712
0,4	0,16	688	2,9	127,6928
0,4	0,17	688	2,9	135,6736
0,4	0,31	688	2,9	247,4048
0,4	0,53	688	2,9	422,9824
0,4	0,72	688	2,9	574,6176
0,4	0,82	688	2,9	654,4256
0,4	0,81	688	2,9	646,4448

Bureau					
Est					
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,8	688	1,4	308,224
9h	0,4	0,76	688	1,4	292,8128
10h	0,4	0,62	688	1,4	238,8736
11h	0,4	0,41	688	1,4	157,9648
12h	0,4	0,27	688	1,4	104,0256
13h	0,4	0,24	688	1,4	92,4672
14h	0,4	0,22	688	1,4	84,7616
15h	0,4	0,2	688	1,4	77,056
16h	0,4	0,17	688	1,4	65,4976
17h	0,4	0,14	688	1,4	53,9392

Salle de réunion					
Est					
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,8	688	2,9	638,464
9h	0,4	0,76	688	2,9	606,5408
10h	0,4	0,62	688	2,9	494,8096
11h	0,4	0,41	688	2,9	327,2128
12h	0,4	0,27	688	2,9	215,4816
13h	0,4	0,24	688	2,9	191,5392
14h	0,4	0,22	688	2,9	175,5776
15h	0,4	0,2	688	2,9	159,616
16h	0,4	0,17	688	2,9	135,6736
17h	0,4	0,14	688	2,9	111,7312

Tisanerie					
Nord					
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,65	112,5	1,44	638,464
9h	0,4	0,73	112,5	1,44	606,5408
10h	0,4	0,8	112,5	1,44	494,8096
11h	0,4	0,86	112,5	1,44	327,2128
12h	0,4	0,89	112,5	1,44	215,4816
13h	0,4	0,89	112,5	1,44	191,5392
14h	0,4	0,86	112,5	1,44	175,5776
15h	0,4	0,82	112,5	1,44	159,616
16h	0,4	0,75	112,5	1,44	135,6736
17h	0,4	0,78	112,5	1,44	111,7312

Sanitaire										
Nord						West				
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,65	112,5	1,4	41,496	0,4	0,1	688	2,5	68,8
9h	0,4	0,73	112,5	1,4	46,6032	0,4	0,13	688	2,5	89,44
10h	0,4	0,8	112,5	1,4	51,072	0,4	0,15	688	2,5	103,2
11h	0,4	0,86	112,5	1,4	54,9024	0,4	0,16	688	2,5	110,08
12h	0,4	0,89	112,5	1,4	56,8176	0,4	0,17	688	2,5	116,96
13h	0,4	0,89	112,5	1,4	56,8176	0,4	0,31	688	2,5	213,28
14h	0,4	0,86	112,5	1,4	54,9024	0,4	0,53	688	2,5	364,64
15h	0,4	0,82	112,5	1,4	52,3488	0,4	0,72	688	2,5	495,36
16h	0,4	0,75	112,5	1,4	47,88	0,4	0,82	688	2,5	564,16
17h	0,4	0,78	112,5	1,4	49,7952	0,4	0,81	688	2,5	557,28

Couloire 1er étage					
Nord					
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,65	112,5	3,06	89,505
9h	0,4	0,73	112,5	3,06	100,521
10h	0,4	0,8	112,5	3,06	110,16
11h	0,4	0,86	112,5	3,06	118,422
12h	0,4	0,89	112,5	3,06	122,553
13h	0,4	0,89	112,5	3,06	122,553
14h	0,4	0,86	112,5	3,06	118,422
15h	0,4	0,82	112,5	3,06	112,914
16h	0,4	0,75	112,5	3,06	103,275
17h	0,4	0,78	112,5	3,06	107,406

Salle d'équipement électrique										
Est						West				
	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,8	688	2,9	638,464	0,4	0,1	688	2,9	79,808
9h	0,4	0,76	688	2,9	606,5408	0,4	0,13	688	2,9	103,7504
10h	0,4	0,62	688	2,9	494,8096	0,4	0,15	688	2,9	119,712
11h	0,4	0,41	688	2,9	327,2128	0,4	0,16	688	2,9	127,6928
12h	0,4	0,27	688	2,9	215,4816	0,4	0,17	688	2,9	135,6736
13h	0,4	0,24	688	2,9	191,5392	0,4	0,31	688	2,9	247,4048
14h	0,4	0,22	688	2,9	175,5776	0,4	0,53	688	2,9	422,9824
15h	0,4	0,2	688	2,9	159,616	0,4	0,72	688	2,9	574,6176
16h	0,4	0,17	688	2,9	135,6736	0,4	0,82	688	2,9	654,4256
17h	0,4	0,14	688	2,9	111,7312	0,4	0,81	688	2,9	646,4448

**Couloire rez de chaussé****Nord**

	SC	CLF	SHGF(w/m <sup>2</sup> )	A vitre(m <sup>2</sup> )	Qv ens(w)
8h	0,4	0,65	112,5	1,4	40,95
9h	0,4	0,73	112,5	1,4	45,99
10h	0,4	0,8	112,5	1,4	50,4
11h	0,4	0,86	112,5	1,4	54,18
12h	0,4	0,89	112,5	1,4	56,07
13h	0,4	0,89	112,5	1,4	56,07
14h	0,4	0,86	112,5	1,4	54,18
15h	0,4	0,82	112,5	1,4	51,66
16h	0,4	0,75	112,5	1,4	47,25
17h	0,4	0,78	112,5	1,4	49,14

CONDUCTION					
Salle de contrôle commande	tex(c°)	Δt (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	13	5,2
9h	26,9	2,9	4	13	150,8
10h	29,9	5,9	4	13	306,8
11h	32,5	8,5	4	13	442
12h	35,3	11,3	4	13	587,6
13h	38,16	14,16	4	13	736,32
14h	39,5	15,5	4	13	806
15h	39,5	15,5	4	13	806
16h	39,5	15,5	4	13	806
17h	38,56	14,56	4	13	757,12

CONDUCTION					
Salle électronique	tex(c°)	Δt (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	2,9	1,16
9h	26,9	2,9	4	2,9	33,64
10h	29,9	5,9	4	2,9	68,44
11h	32,5	8,5	4	2,9	98,6
12h	35,3	11,3	4	2,9	131,08
13h	38,16	14,16	4	2,9	164,256
14h	39,5	15,5	4	2,9	179,8
15h	39,5	15,5	4	2,9	179,8
16h	39,5	15,5	4	2,9	179,8
17h	38,56	14,56	4	2,9	168,896

CONDUCTION					
Bureau chef de tour	tex(c°)	Δt (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	1,4	0,56
9h	26,9	2,9	4	1,4	16,24
10h	29,9	5,9	4	1,4	33,04
11h	32,5	8,5	4	1,4	47,6
12h	35,3	11,3	4	1,4	63,28
13h	38,16	14,16	4	1,4	79,296
14h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
15h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
16h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
17h	38,56	14,56	4	1,4	81,536

CONDUCTION					
bureau	tex(c°)	Δt (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	1,4	0,56
9h	26,9	2,9	4	1,4	16,24
10h	29,9	5,9	4	1,4	33,04
11h	32,5	8,5	4	1,4	47,6
12h	35,3	11,3	4	1,4	63,28
13h	38,16	14,16	4	1,4	79,296
14h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
15h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
16h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
17h	38,56	14,56	4	1,4	81,536

CONDUCTION					
Salle de réunion	tex(c°)	$\Delta t$ (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	2,9	1,16
9h	26,9	2,9	4	2,9	33,64
10h	29,9	5,9	4	2,9	68,44
11h	32,5	8,5	4	2,9	98,6
12h	35,3	11,3	4	2,9	131,08
13h	38,16	14,16	4	2,9	164,256
14h	39,5	15,5	4	2,9	179,8
15h	39,5	15,5	4	2,9	179,8
16h	39,5	15,5	4	2,9	179,8
17h	38,56	14,56	4	2,9	168,896

CONDUCTION					
tisanerie	tex(c°)	$\Delta t$ (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	1,4	0,56
9h	26,9	2,9	4	1,4	16,24
10h	29,9	5,9	4	1,4	33,04
11h	32,5	8,5	4	1,4	47,6
12h	35,3	11,3	4	1,4	63,28
13h	38,16	14,16	4	1,4	79,296
14h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
15h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
16h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
17h	38,56	14,56	4	1,4	81,536

CONDUCTION					
sanitaire	tex(c°)	$\Delta t$ (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	3,9	1,56
9h	26,9	2,9	4	3,9	45,24
10h	29,9	5,9	4	3,9	92,04
11h	32,5	8,5	4	3,9	132,6
12h	35,3	11,3	4	3,9	176,28
13h	38,16	14,16	4	3,9	220,896
14h	39,5	15,5	4	3,9	241,8
15h	39,5	15,5	4	3,9	241,8
16h	39,5	15,5	4	3,9	241,8
17h	38,56	14,56	4	3,9	227,136

CONDUCTION					
Couloire 1 <sup>er</sup> étage	tex(c°)	$\Delta t$ (c°)	U(w/m <sup>2</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	3,06	1,224
9h	26,9	2,9	4	3,06	35,496
10h	29,9	5,9	4	3,06	72,216
11h	32,5	8,5	4	3,06	104,04
12h	35,3	11,3	4	3,06	138,312
13h	38,16	14,16	4	3,06	173,3184
14h	39,5	15,5	4	3,06	189,72
15h	39,5	15,5	4	3,06	189,72
16h	39,5	15,5	4	3,06	189,72
17h	38,56	14,56	4	3,06	178,2144

CONDUCTION					
Salle d'équipement électrique	tex(c°)	Δt (c°)	U(w/m²)	A(m²)	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	14,66	5,864
9h	26,9	2,9	4	14,66	170,056
10h	29,9	5,9	4	14,66	345,976
11h	32,5	8,5	4	14,66	498,44
12h	35,3	11,3	4	14,66	662,632
13h	38,16	14,16	4	14,66	830,3424
14h	39,5	15,5	4	14,66	908,92
15h	39,5	15,5	4	14,66	908,92
16h	39,5	15,5	4	14,66	908,92
17h	38,56	14,56	4	14,66	853,7984

CONDUCTION					
Salle de batterie	tex(c°)	Δt (c°)	U(w/m²)	A(m²)	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	0	0	0
9h	26,9	2,9	0	0	0
10h	29,9	5,9	0	0	0
11h	32,5	8,5	0	0	0
12h	35,3	11,3	0	0	0
13h	38,16	14,16	0	0	0
14h	39,5	15,5	0	0	0
15h	39,5	15,5	0	0	0
16h	39,5	15,5	0	0	0
17h	38,56	14,56	0	0	0

CONDUCTION					
Couloire rez de chaussée	tex(c°)	Δt (c°)	U(w/m²)	A(m²)	Qvc(w)
8h	24,1	0,1	4	1,4	0,56
9h	26,9	2,9	4	1,4	16,24
10h	29,9	5,9	4	1,4	33,04
11h	32,5	8,5	4	1,4	47,6
12h	35,3	11,3	4	1,4	63,28
13h	38,16	14,16	4	1,4	79,296
14h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
15h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
16h	39,5	15,5	4	1,4	86,8
17h	38,56	14,56	4	1,4	81,536

Tableaux récapitulatifs des calculs du débit d'air pour chaque heure d'occupation :

Salle de contrôle commande				
	N (vol/h)	V (m3)	$\rho_{\epsilon}$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	858	0,854	0,136943989
9h	0,5103	858	0,862	0,141092227
10h	0,5313	858	0,87	0,145547701
11h	0,5495	858	0,878	0,149161921
12h	0,5691	858	0,886	0,153087472
13h	0,58912	858	0,894	0,157054735
14h	0,5985	858	0,898	0,158844655
15h	0,5985	858	0,898	0,158844655
16h	0,5985	858	0,898	0,158844655
17h	0,5929	858	0,895	0,157885847

salle électronique				
	N (vol/h)	V (m3)	$\rho_{\epsilon}$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	354,4	0,854	0,056565209
9h	0,5103	354,4	0,862	0,058278654
10h	0,5313	354,4	0,87	0,060119004
11h	0,5495	354,4	0,878	0,06161187
12h	0,5691	354,4	0,886	0,063233333
13h	0,58912	354,4	0,894	0,064872026
14h	0,5985	354,4	0,898	0,065611359
15h	0,5985	354,4	0,898	0,065611359
16h	0,5985	354,4	0,898	0,065611359
17h	0,5929	354,4	0,895	0,06521532

bureau de chef				
	N (vol/h)	V (m3)	$V_{\epsilon}$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	57,2	0,854	0,009129599
9h	0,5103	57,2	0,862	0,009406148
10h	0,5313	57,2	0,87	0,00970318
11h	0,5495	57,2	0,878	0,009944128
12h	0,5691	57,2	0,886	0,010205831
13h	0,58912	57,2	0,894	0,010470316
14h	0,5985	57,2	0,898	0,010589644
15h	0,5985	57,2	0,898	0,010589644
16h	0,5985	57,2	0,898	0,010589644
17h	0,5929	57,2	0,895	0,010525723

<b>bureau</b>				
	N (vol/h)	V (m3)	$\vartheta \varepsilon$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	57,2	0,854	0,009129599
9h	0,5103	57,2	0,862	0,009406148
10h	0,5313	57,2	0,87	0,00970318
11h	0,5495	57,2	0,878	0,009944128
12h	0,5691	57,2	0,886	0,010205831
13h	0,58912	57,2	0,894	0,010470316
14h	0,5985	57,2	0,898	0,010589644
15h	0,5985	57,2	0,898	0,010589644
16h	0,5985	57,2	0,898	0,010589644
17h	0,5929	57,2	0,895	0,010525723

<b>salle de réunion</b>				
	N (vol/h)	V (m3)	$\vartheta \varepsilon$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	104	0,854	0,016599271
9h	0,5103	104	0,862	0,017102088
10h	0,5313	104	0,87	0,017642146
11h	0,5495	104	0,878	0,018080233
12h	0,5691	104	0,886	0,018556057
13h	0,58912	104	0,894	0,019036938
14h	0,5985	104	0,898	0,019253898
15h	0,5985	104	0,898	0,019253898
16h	0,5985	104	0,898	0,019253898
17h	0,5929	104	0,895	0,019137678

<b>tisanerie</b>				
	N (vol/h)	V (m3)	$\vartheta \varepsilon$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	54,6	0,854	0,008714617
9h	0,5103	54,6	0,862	0,008978596
10h	0,5313	54,6	0,87	0,009262126
11h	0,5495	54,6	0,878	0,009492122
12h	0,5691	54,6	0,886	0,00974193
13h	0,58912	54,6	0,894	0,009994392
14h	0,5985	54,6	0,898	0,010108296
15h	0,5985	54,6	0,898	0,010108296
16h	0,5985	54,6	0,898	0,010108296
17h	0,5929	54,6	0,895	0,010047281

sanitaire				
	N (vol/h)	V (m3)	$\rho_{\varepsilon}$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	182	0,854	0,029048725
9h	0,5103	182	0,862	0,029928654
10h	0,5313	182	0,87	0,030873755
11h	0,5495	182	0,878	0,031640407
12h	0,5691	182	0,886	0,0324731
13h	0,58912	182	0,894	0,033314641
14h	0,5985	182	0,898	0,033694321
15h	0,5985	182	0,898	0,033694321
16h	0,5985	182	0,898	0,033694321
17h	0,5929	182	0,895	0,033490937

couloir 1 <sup>er</sup> étage				
	N (vol/h)	V (m3)	$\rho_{\varepsilon}$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	251,16	0,854	0,04008724
9h	0,5103	251,16	0,862	0,041301543
10h	0,5313	251,16	0,87	0,042605782
11h	0,5495	251,16	0,878	0,043663762
12h	0,5691	251,16	0,886	0,044812878
13h	0,58912	251,16	0,894	0,045974204
14h	0,5985	251,16	0,898	0,046498163
15h	0,5985	251,16	0,898	0,046498163
16h	0,5985	251,16	0,898	0,046498163
17h	0,5929	251,16	0,895	0,046217493

salle des batteries				
	N (vol/h)	V (m3)	$\rho_{\varepsilon}$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	205,8	0,854	0,032847404
9h	0,5103	205,8	0,862	0,033842401
10h	0,5313	205,8	0,87	0,034911092
11h	0,5495	205,8	0,878	0,035777999
12h	0,5691	205,8	0,886	0,036719582
13h	0,58912	205,8	0,894	0,037671171
14h	0,5985	205,8	0,898	0,038100501
15h	0,5985	205,8	0,898	0,038100501
16h	0,5985	205,8	0,898	0,038100501
17h	0,5929	205,8	0,895	0,037870521

salle d'équipement électrique				
	N (vol/h)	V (m3)	$\rho_{\varepsilon}$ (m3/kg)	$\dot{m}_{inf}$ (kg / s)
8h	0,4907	1226,4	0,854	0,195743716
9h	0,5103	1226,4	0,862	0,201673086
10h	0,5313	1226,4	0,87	0,208041609
11h	0,5495	1226,4	0,878	0,213207669
12h	0,5691	1226,4	0,886	0,218818736
13h	0,58912	1226,4	0,894	0,224489426
14h	0,5985	1226,4	0,898	0,227047884
15h	0,5985	1226,4	0,898	0,227047884
16h	0,5985	1226,4	0,898	0,227047884
17h	0,5929	1226,4	0,895	0,225677393

**Résultats bilan thermique pour chaque local :**

Salle électronique													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDUC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
<b>8h</b>	122	104	2043	6200	1054,92	5,864	-84,74	5,42076	5,679147031	-110,6510527	9352,140467	-6,65105268	9345,489414
<b>9h</b>	122	104	2043	6200	1266,49	170,056	40,14	157,20204	169,6841298	-113,6718159	10168,56873	-9,67181585	10158,89691
<b>12h</b>	122	104	2043	6200	1566	662,632	593,18	883,58388	717,3948133	-122,31856	12787,79365	-18,31856	12769,47509
<b>13h</b>	122	104	2043	6200	1609,88	830,3424	809,936	1201,240416	922,2622376	-125,1718713	13738,66265	-21,1718713	13717,49078
<b>14h</b>	122	104	2043	6200	1593,86	908,92	1003,5	1490,709	1021,043962	-126,4141919	14383,02992	-22,4141919	14360,61573
<b>15h</b>	122	104	2043	6200	1466,07	908,92	1226,5	1707,5394	1021,043962	-126,4141919	14695,07296	-22,4141919	14672,65877
<b>16h</b>	122	104	2043	6200	1302,38	908,92	1494,1	1924,3698	1021,043962	-126,4141919	15015,81816	-22,4141919	14993,40397
<b>17h</b>	122	104	2043	6200	1007	853,7984	1675,176	2036,037456	953,3331947	-125,7758307	14890,34529	-21,7758307	14868,56946

Bureau chef de tour													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDUC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
<b>8h</b>	122	104	330	500	308,224	0,56	78,54	0,8756	0,916611767	-17,85902995	1341,116212	86,14097005	1427,257182
<b>9h</b>	122	104	330	500	292,813	16,24	229,46	25,3924	27,38694195	-18,34657976	1543,292142	85,65342024	1628,945562
<b>10h</b>	122	104	330	500	238,874	33,04	352,66	51,6604	57,4777575	-18,87074461	1685,711758	85,12925539	1770,841013
<b>11h</b>	122	104	330	500	157,965	47,6	438,9	91,938	84,86318894	-19,29208577	1773,265989	84,70791423	1857,973903
<b>12h</b>	122	104	330	500	104,026	63,28	497,42	142,7228	115,787199	-19,74216036	1875,235599	84,25783964	1959,493439
<b>13h</b>	122	104	330	500	92,4672	79,296	526,064	194,03296	148,8527088	-20,20268352	1992,712869	83,79731648	2076,510185
<b>14h</b>	122	104	330	500	84,7616	86,8	515,9	240,79	164,7960345	-20,4031935	2045,047635	83,5968065	2128,644441
<b>15h</b>	122	104	330	500	77,056	86,8	485,1	275,814	164,7960345	-20,4031935	2041,566035	83,5968065	2125,162841
<b>16h</b>	122	104	330	500	65,4976	86,8	469,7	310,838	164,7960345	-20,4031935	2049,631635	83,5968065	2133,228441
<b>17h</b>	122	104	330	500	53,9392	81,536	439,824	328,87536	153,8675472	-20,30016229	2010,042107	83,69983771	2093,741945

Bureau													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDOC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	122	104	330	500	308,224	0,56	78,54	0,8756	0,916611767	-17,85902995	1341,116212	86,14097005	1427,257182
9h	122	104	330	500	292,813	16,24	229,46	25,3924	27,38694195	-18,34657976	1543,292142	85,65342024	1628,945562
10h	122	104	330	500	238,874	33,04	352,66	51,6604	57,4777575	-18,87074461	1685,711758	85,12925539	1770,841013
11h	122	104	330	500	157,965	47,6	438,9	91,938	84,86318894	-19,29208577	1773,265989	84,70791423	1857,973903
12h	122	104	330	500	104,026	63,28	497,42	142,7228	115,787199	-19,74216036	1875,235599	84,25783964	1959,493439
13h	122	104	330	500	92,4672	79,296	526,064	194,03296	148,8527088	-20,20268352	1992,712869	83,79731648	2076,510185
14h	122	104	330	500	84,7616	86,8	515,9	240,79	164,7960345	-20,4031935	2045,047635	83,5968065	2128,644441
15h	122	104	330	500	77,056	86,8	485,1	275,814	164,7960345	-20,4031935	2041,566035	83,5968065	2125,162841
16h	122	104	330	500	65,4976	86,8	469,7	310,838	164,7960345	-20,4031935	2049,631635	83,5968065	2133,228441
17h	122	104	330	500	53,9392	81,536	439,824	328,87536	153,8675472	-20,30016229	2010,042107	83,69983771	2093,741945

Salle de réunion													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDOC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	366	312	600	500	638,464	1,16	137,19	1,592	1,666566849	-32,47096354	2246,072567	279,5290365	2525,601603
9h	366	312	600	500	606,5408	33,64	400,81	46,168	49,79443991	-33,35741774	2602,95324	278,6425823	2881,595822
10h	366	312	600	500	494,8096	68,44	616,01	93,928	104,5050136	-34,31044475	2843,692614	277,6895552	3121,382169
11h	366	312	600	500	327,2128	98,6	766,65	167,16	154,2967072	-35,07651958	2979,919507	276,9234804	3256,842988
12h	366	312	600	500	215,4816	131,08	868,87	259,496	210,52218	-35,89483702	3151,44978	276,105163	3427,554943
13h	366	312	600	500	191,5392	164,256	918,904	352,7872	270,6412887	-36,73215185	3364,127689	275,2678481	3639,395537
14h	366	312	600	500	175,5776	179,8	901,15	437,8	299,6291537	-37,09671546	3459,956754	274,9032845	3734,860038
15h	366	312	600	500	159,616	179,8	847,35	501,48	299,6291537	-37,09671546	3453,875154	274,9032845	3728,778438
16h	366	312	600	500	135,6736	179,8	820,45	565,16	299,6291537	-37,09671546	3466,712754	274,9032845	3741,616038
17h	366	312	600	500	111,7312	168,896	768,264	597,9552	279,7591768	-36,90938598	3392,605577	275,090614	3667,696191

Tisanerie													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	Ql (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDOC	(w)	(w)	Qs (w)	Ql (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	122	104	315	1000	42,682	0,56	-19	0,8358	0,874947596	-17,04725586	1462,952348	86,95274414	1549,905092
9h	122	104	315	1000	47,935	16,24	19	24,2382	26,14208095	-17,51264432	1570,555001	86,48735568	1657,042357
10h	122	104	315	1000	52,531	33,04	59	49,3122	54,86513216	-18,01298349	1685,748532	85,98701651	1771,735549
11h	122	104	315	1000	56,471	47,6	95	87,759	81,00577126	-18,41517278	1804,835811	85,58482722	1890,420638
12h	122	104	315	1000	58,441	63,28	133	136,2354	110,5241445	-18,84478944	1938,480504	85,15521056	2023,635715
13h	122	104	315	1000	58,441	79,296	181,6	185,21328	142,0866766	-19,28437972	2083,636917	84,71562028	2168,352537
14h	122	104	315	1000	56,471	86,8	205	229,845	157,3053057	-19,47577561	2172,421346	84,52422439	2256,94557
15h	122	104	315	1000	53,844	86,8	225	263,277	157,3053057	-19,47577561	2223,226786	84,52422439	2307,75101
16h	122	104	315	1000	49,248	86,8	235	296,709	157,3053057	-19,47577561	2262,062306	84,52422439	2346,58653
17h	122	104	315	1000	51,218	81,536	225,6	313,92648	146,8735678	-19,37742764	2256,153968	84,62257236	2340,77654

Sanitaire													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	Ql (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDOC	(w)	(w)	Qs (w)	Ql (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	427	364	1050	500	110,296	1,56	-110,58	-117,99	2,934502195	-56,824186	1863,220502	307,1758138	2170,396316
9h	427	364	1050	500	136,0432	45,24	78,38	83,29	87,67838704	-58,375481	2407,631587	305,6245189	2713,256106
10h	427	364	1050	500	154,272	92,04	311,18	331,69	184,0131358	-60,043278	3050,195136	303,9567217	3354,151858
11h	427	364	1050	500	164,9824	132,6	520,7	555,25	271,686687	-61,383909	3622,219087	302,6160907	3924,835178
12h	427	364	1050	500	173,7776	176,28	774,06	825,93	370,6888804	-62,815965	4297,73648	301,1840352	4598,920516
13h	427	364	1050	500	270,0976	220,896	1056,912	1127,736	476,5470141	-64,281266	5129,188614	299,7187343	5428,907348
14h	427	364	1050	500	419,5424	241,8	1257,5	1342,45	527,5890432	-64,919252	5765,881443	299,080748	6064,962191
15h	427	364	1050	500	547,7088	241,8	1470,5	1570,75	527,5890432	-64,919252	6335,347843	299,080748	6634,428591
16h	427	364	1050	500	612,04	241,8	1689,7	1806,35	527,5890432	-64,919252	6854,479043	299,080748	7153,559791
17h	427	364	1050	500	607,0752	227,136	1795,992	1921,476	492,6018533	-64,591425	7021,281053	299,4085745	7320,689628

Couloire 1er étage													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	Toit	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDUC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	122	104	667,2	500	89,505	1,224	52,979	2,655456	4,02475894	-78,41737695	1439,588215	25,58262305	1465,170838
9h	122	104	667,2	500	100,52	35,496	357,821	77,008224	120,2535724	-80,55816385	1980,299796	23,44183615	2003,741633
10h	122	104	667,2	500	110,16	72,216	631,141	156,671904	252,3796079	-82,85972407	2511,768512	21,14027593	2532,908788
11h	122	104	667,2	500	118,42	104,04	844,265	278,82288	372,6265478	-84,7097948	3007,376428	19,2902052	3026,666633
12h	122	104	667,2	500	122,55	138,312	1025,87	432,839328	508,4110647	-86,6860314	3517,182393	17,3139686	3534,496361
13h	122	104	667,2	500	122,55	173,3184	1196,51	588,4490496	653,5987122	-88,70814673	4023,625562	15,29185327	4038,917415
14h	122	104	667,2	500	118,42	189,72	1246,72	730,2504	723,6044061	-89,58856783	4297,911806	14,41143217	4312,323238
15h	122	104	667,2	500	112,91	189,72	1260,14	836,46864	723,6044061	-89,58856783	4412,042046	14,41143217	4426,453478
16h	122	104	667,2	500	103,28	189,72	1266,85	942,68688	723,6044061	-89,58856783	4515,331286	14,41143217	4529,742718
17h	122	104	667,2	500	107,41	178,2144	1201,38	997,3892736	675,6184119	-89,13616715	4449,210486	14,86383285	4464,074318

Salle d'équipement électrique													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	plancher	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDUC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	244	208	8760	22000	1052,16	2,24	138,738	17484,96	2,916491985	-56,8241862	49685,01905	151,1758138	49836,19487
9h	244	208	8760	22000	1262,91	64,96	1421,3	17484,96	87,14026984	-58,37548105	51325,27123	149,6245189	51474,89575
10h	244	208	8760	22000	1459,32	132,16	2709,6	17484,96	182,8837739	-60,04327831	52972,92913	147,9567217	53120,88586
11h	244	208	8760	22000	1548,26	190,4	3782,77	17484,96	270,0192375	-61,38390927	54280,40564	146,6160907	54427,02173
12h	244	208	8760	22000	1561,32	253,12	4861,67	17484,96	368,413815	-62,81596479	55533,49237	145,1840352	55678,67641
13h	244	208	8760	22000	1601,35	317,184	5779,54	17484,96	473,6222552	-64,28126575	56660,66146	143,7187343	56804,38019
14h	244	208	8760	22000	1579,27	347,2	6358,79	17484,96	524,3510189	-64,91925205	57298,57238	143,080748	57441,65313
15h	244	208	8760	22000	1446,26	347,2	6717,15	17484,96	524,3510189	-64,91925205	57523,91622	143,080748	57666,99697
16h	244	208	8760	22000	1279,82	347,2	7201,53	17484,96	524,3510189	-64,91925205	57841,85902	143,080748	57984,93977
17h	244	208	8760	22000	984,709	326,144	7292,54	17484,96	489,5785594	-64,59142547	57581,9284	143,4085745	57725,33697

Batterie													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	plancher	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDOC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	0	0	1470	0	0	0	-107,065	2934,12	3,297879399	-64,25504131	4300,352879	-64,2550413	4236,097838
9h	0	0	1470	0	0	0	79,065	2934,12	98,53553589	-66,00919781	4581,720536	-66,0091978	4515,711338
10h	0	0	1470	0	0	0	304,465	2934,12	206,7993443	-67,89509163	4915,384344	-67,8950916	4847,489253
11h	0	0	1470	0	0	0	507,325	2934,12	305,3294455	-69,41103587	5216,774446	-69,4110359	5147,36341
12h	0	0	1470	0	0	0	749,455	2934,12	416,5910062	-71,03036018	5570,166006	-71,0303602	5499,135646
13h	0	0	1470	0	0	0	1023,316	2934,12	535,5574732	-72,68727742	5962,993473	-72,6872774	5890,306196
14h	0	0	1470	0	0	0	1211,175	2934,12	592,9199983	-73,4086927	6208,214998	-73,4086927	6134,806306
15h	0	0	1470	0	0	0	1407,875	2934,12	592,9199983	-73,4086927	6404,914998	-73,4086927	6331,506306
16h	0	0	1470	0	0	0	1604,225	2934,12	592,9199983	-73,4086927	6601,264998	-73,4086927	6527,856306
17h	0	0	1470	0	0	0	1691,256	2934,12	553,600371	-73,03799649	6648,976371	-73,0379965	6575,938374

Couloire rez de chaussé													
	OCCUPANTS		ECLERAGE	MACHINES	VITRES (w)		MURS	plancher	INFILTRATIONS		TOTAL		
	Qs (w)	QI (w)	(w)	(w)	ENSOL	CONDOC	(w)	(w)	Qs (w)	QI (w)	QsT(w)	QIT (w)	Q T (w)
8h	122	104	406,4	500	40,95	0,56	72,604	871,8528	3,252112909	-63,3633387	2017,618913	40,6366613	2058,255574
9h	122	104	406,4	500	45,99	16,24	416,796	871,8528	97,16810397	-65,0931518	2476,446904	38,9068482	2515,353752
10h	122	104	406,4	500	50,4	33,04	722,436	871,8528	203,9294758	-66,95287403	2910,058276	37,04712597	2947,105402
11h	122	104	406,4	500	54,18	47,6	958,36	871,8528	301,0922206	-68,44778068	3261,485021	35,55221932	3297,03724
12h	122	104	406,4	500	56,07	63,28	1155,73	871,8528	410,8097432	-70,04463273	3586,144543	33,95536727	3620,09991
13h	122	104	406,4	500	56,07	79,296	1334,75	871,8528	528,125247	-71,67855602	3898,494447	32,32144398	3930,815891
14h	122	104	406,4	500	54,18	86,8	1382,88	871,8528	584,6917208	-72,38995982	4008,804521	31,61004018	4040,414561
15h	122	104	406,4	500	51,66	86,8	1388,88	871,8528	584,6917208	-72,38995982	4012,284521	31,61004018	4043,894561
16h	122	104	406,4	500	47,25	86,8	1391,88	871,8528	584,6917208	-72,38995982	4010,874521	31,61004018	4042,484561
17h	150	110	406,4	500	49,14	81,536	1318,59	871,8528	545,9177536	-72,02440797	3923,432954	37,97559203	3961,408546