

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 |
| Chapitre 1 : Généralité sur la climatisation | |
| 1.1 Historique | 2 |
| 1.2 Notions fondamentales de la climatisation | 2 |
| Chapitre 2 Présentation du projet | |
| 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 |
| Chapitre 3 : Le Bilan Thermique | |
| 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 ^{er} 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 ^{er} étage..... | 59 |
| Tableau 5.2 Pertes de charges linéaires 1 ^{er} étage (suite) | 60 |
| Tableau 5.3 Pertes de charges linéaires Rez de chaussée..... | 61 |
| Tableau 5.4 pertes de charges Singulières 1 ^{er} 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 ^{er} 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 ^{er} 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 |
|-------------------------|--|--|
| $\sum R_i$ | Somme des résistances thermiques des différents matériaux. | $m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$ |
| $1/h_e + 1/h_i$ | Somme des résistances d'échanges superficiels. | $m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$ |
| λ | Conductivité thermique | λ |
| Q_m | gain de chaleur à travers une surface opaque | W |
| U_m | conductance thermique globale du mur. | $\text{W}/m^2 \cdot \text{K}$ |
| A_m | surface des murs | m^2 |
| CLTDc | différence de T° équivalente corrigée | K |
| CLTD | différence de T° équivalente | K |
| K | Facteur de correction de la teinte des murs | / |
| T_i | T° interne | $^\circ\text{C}$ |
| T_e | T° externe | $^\circ\text{C}$ |
| Q_t | gain de chaleur à travers les toits | W |
| U_t | conductance thermique globale du toit | $\text{W}/m^2 \cdot \text{K}$ |
| 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 | $\text{W}/m^2 \cdot \text{K}$ |
| A_v | Surface des vitres | m^2 |
| CLTDv | ΔT 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_{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 |
| ΔT | différence de T° | $^\circ\text{C}$ |
| 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_{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 | $\text{W}/m \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| P | une partie du périmètre du local en contact avec le sol | m |
| h_L | enthalpie de l'air au point local | Kj/Kgas |

| | | |
|------------------|---|---------------------|
| hs | enthalpie de l'air au point soufflage | Kj/K _{gas} |
| q _{mas} | Débit d'air soufflé | Kg/S |
| H _{été} | Total apports été | W |
| w _L | humidité absolue de l'air au point local | g/K _{gas} |
| w _S | humidité absolue de l'air au point de soufflage | g/K _{gas} |
| ρ | masse volumique de l'eau | Kg/m ³ |
| D diamètre m | D diamètre m | D diamètre m |
| R | coefficient des pertes de charge linéaire | Pa/m |
| L | longueur de circuit | m |
| d _i | diamètre intérieure de la conduite | m |
| v _r | vitesse réelle d'écoulement d'eau | m/s |
| ζ | coefficient de perte de charge singulière | / |
| D _n | diamètre normalisé | m |
| ΔP _L | perte de charge linéaire | Pa |
| ΔP _s | perte de charge singulière | Pa |
| ΔP _T | 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 :

- **Absolue** (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°).

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 ² | 292 | 49 | 48.32 |
| Volume m ³ | 1226.4 | 205.8 | 202.94 |
| Hauteur m | 4.2 | 4.2 | 4.2 |

Tableau 2.2 Caractéristiques 1^{er} étage

| Premier étage | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------|------------------|-----------|-----------|---------|
| Local | Salle de Comman de | Salle électronique | Bureau chef de tour | Bureau | Salle de réunion | Tisanerie | Sanitaire | Couloir |
| Surface m ² | 165 | 68.1 | 11 | 11 | 20 | 10.5 | 35 | 48.3 |
| Volume m ³ | 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 :

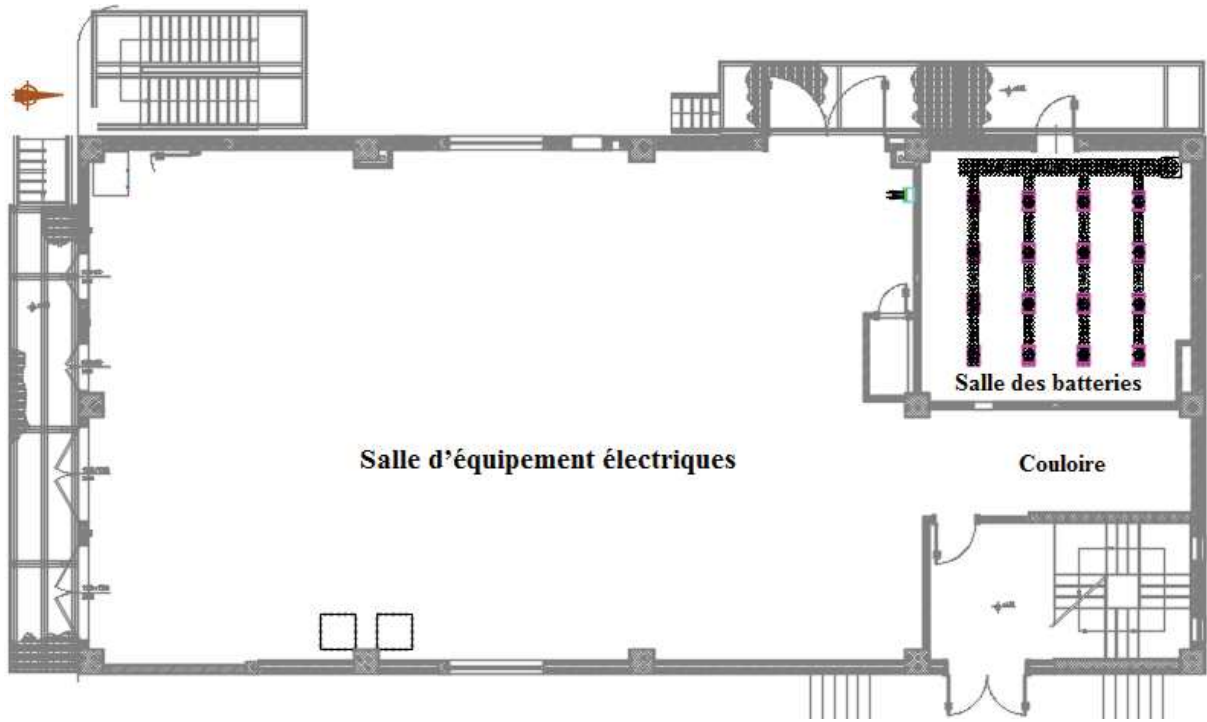


Fig 2.1 plan rez de chaussée

Premier étage :

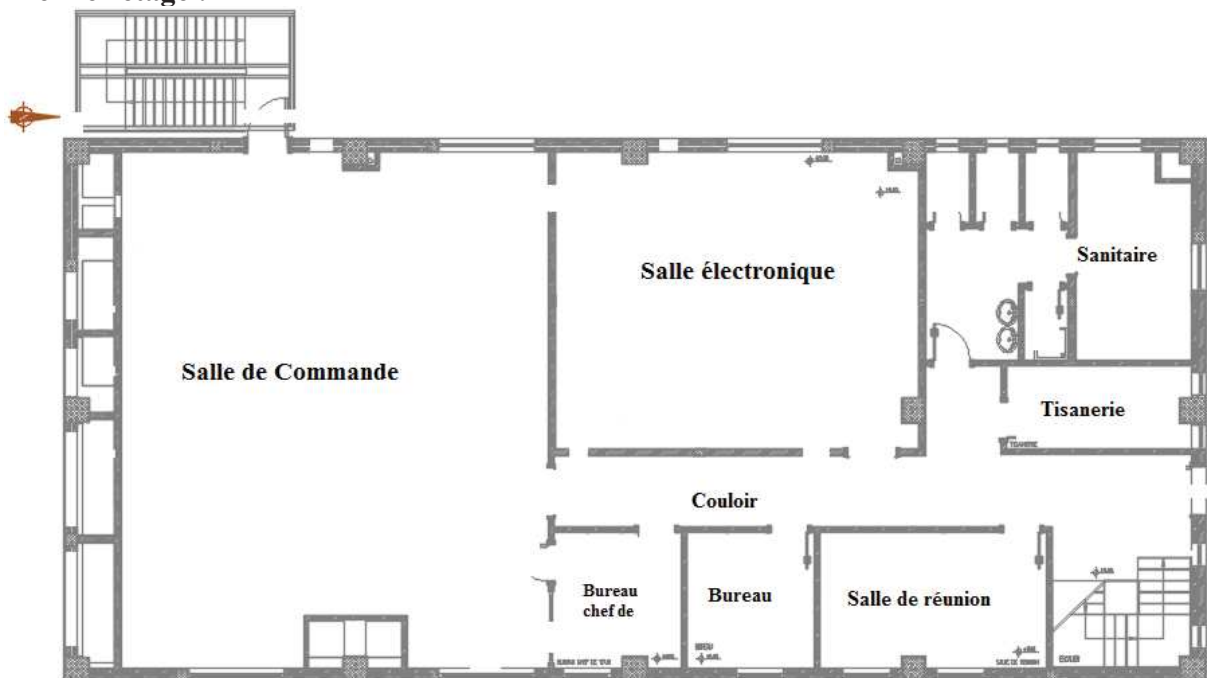


Fig 2.2 plan 1^{er} étage

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 m², 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. (m² °c /w)
- (1/h_e + 1/h_i) : Somme des résistances d'échanges superficiels. (m² °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_i : Résistance thermique de la couche « i ». (m²c/w).
- e_i : Epaisseur de la couche du matériau. [m].
- λ_i : Conductivité thermique de matériaux. [w/m²c].

- 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_{été} et U_{hiver} 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_{été} et U_{hiver} de ces différentes parois sont résumés dans les tableaux suivant :

Murs extérieurs :

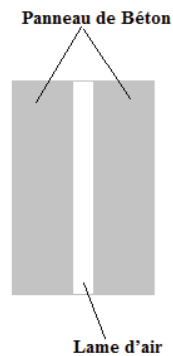


Fig 2.3 Mur double cloison

Tableau 2.3 coefficients U du mur

| U _{été} et U _{hiver} : Mur double cloison de 30 cm | | | | | | | | |
|--|------|---------|-----------------------|------|------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Désignation | e | λ | R | ΣR | Eté | | hiver | |
| | (m) | (W/m°C) | (m ² °C/W) | | (1/he+1/h) | U (W/mC) | (1/he+1/hi) | U (W/m ² °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 :

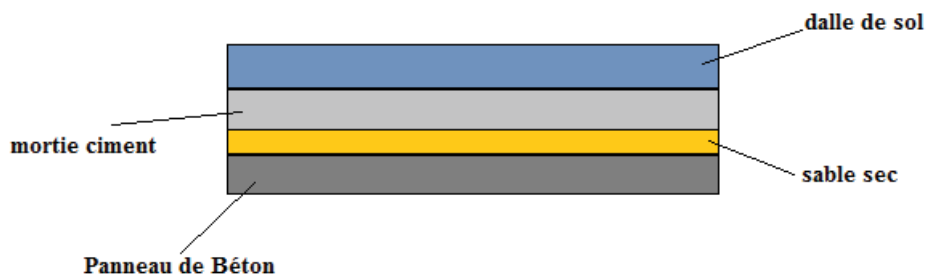


Fig2.4 plancher

Tableau 2.4 coefficients U du plancher

| U _{été} et U _{hiver} : plancher | | | | | | | | |
|---|----------|--------------|----------------------------|-------|------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Désignation | e (m) | λ (W/m°C) | R (m ² °C/W) | ΣR | Eté | | hiver | |
| | | | | | (1/he+1/h) | U (W/mC) | (1/he+1/hi) | U (W/m ² °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 :

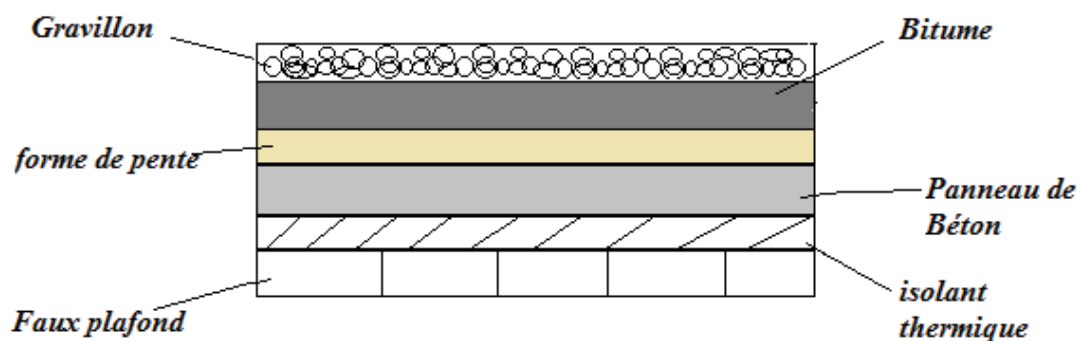


Fig 2.5 Toit

Tableau 2.5 coefficients U du Toit

| U _{été} et U _{hiver} : Toiture | | | | | | | | |
|--|----------|---------------|----------------------------|-------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| Désignation | e (m) | λ (W /m°C) | R (m ² °C/W) | ΣR | Eté | | Hiver | |
| | | | | | (1/he+1/hi) | U (W/m ² °C) | (1/he+1/hi) | U (W/m ² °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 ²) | V (m ³) | Surfaces des murs (m ²) | | | | Surfaces des vitres (m ²) | | | |
| | | | 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 ^{er} 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 (m²) : la surface en (m²).
- V (m³) : le volume en (m³).

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> | | | | | | | |
| 8h | 24.1 | 16.4 | 45.5 | 8.5 | 0,854 | 45.5 | 2445,21 |
| 9h | 26.9 | 17.4 | 38.5 | 8.5 | 0,862 | 60.43 | 2438,11 |
| 10h | 29.9 | 18.4 | 32.4 | 8.5 | 0,87 | 61.67 | 2431 |
| 11h | 32.5 | 19.3 | 27.9 | 8.5 | 0,878 | 62.91 | 2425,06 |
| 12h | 35.3 | 20.1 | 23.9 | 8.5 | 0,886 | 68.44 | 2418 |
| 13h | 28.16 | 17.8 | 35.7 | 8.5 | 0,894 | 64.81 | 2411,9 |
| 14h | 39.5 | 21.4 | 19 | 8.5 | 0,898 | 64.75 | 2408,39 |
| 15h | 39.5 | 21.4 | 19 | 8.5 | 0,898 | 64.74 | 2408,39 |
| 16h | 39.5 | 21.4 | 19 | 8.5 | 0,898 | 66.58 | 2408,39 |
| 17h | 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> | | | | | | |
| Local | 24 | 17.1 | 50 | 9.3 | 0.854 | 47.8 |
| <i>Hiver</i> | | | | | | |
| Local | 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^{er} 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 ^{er} 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_e** : 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_e** : 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/m²) (Donné par le constructeur).
- **S** : Surface (m²).

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 (m²)</i> | <i>P (w/m²)</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

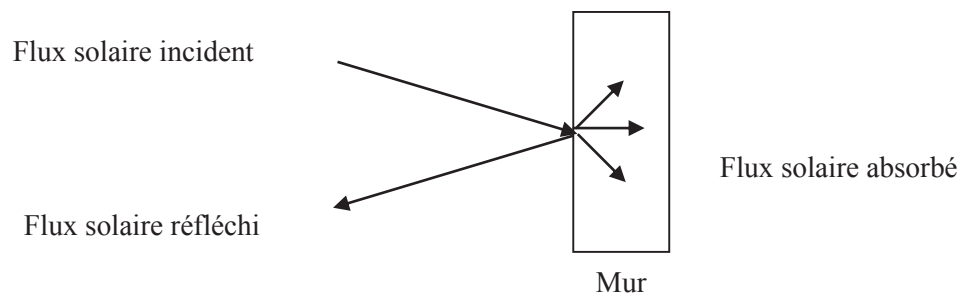
| <i>Local</i> | <i>Qs (w) machines</i> |
|------------------------------------|------------------------|
| Salle de contrôle commande | 11050 |
| Salle électronique | 6200 |
| Bureau chef de tour | 500 |
| Bureau | 500 |
| Salle de réunion | 500 |
| Tisanerie | 1000 |
| Sanitaire | 500 |
| Couloire 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 / m².C°)
- A : la surface du mur en (m²)
- $CLTD_c$: 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

| Toit | U (w/m ² .C°) | S toit (m ²) | CLTD toit | K | CLTDc | Q_m (Watts) |
|------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----|-------|---------------|
| 8h | 0,796 | 165 | 4 | 1 | 0,1 | 13,134 |
| 9h | 0,796 | 165 | 4 | 1 | 2,9 | 380,886 |
| 10h | 0,796 | 165 | 4 | 1 | 5,9 | 774,906 |
| 11h | 0,796 | 165 | 6 | 1 | 10,5 | 1379,07 |
| 12h | 0,796 | 165 | 9 | 1 | 16,3 | 2140,842 |
| 13h | 0,796 | 165 | 12 | 1 | 22,16 | 2910,4944 |
| 14h | 0,796 | 165 | 16 | 1 | 27,5 | 3611,85 |
| 15h | 0,796 | 165 | 20 | 1 | 31,5 | 4137,21 |
| 16h | 0,796 | 165 | 24 | 1 | 35,5 | 4662,57 |
| 17h | 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_{vc} : Quantité de chaleur transmise par conduction à travers les vitres en (Watts).
- U_v : coefficient de transfert thermique de la vitre en (Watts / m².c°) (Annexe Table 6).
- A_v : la surface de la vitre en (m²).
- Δt : la différence de température en (C°).

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

| CONDUCTION | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------------|--------------|---------------|
| <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_{ven}** : 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/m²)</i> | <i>A vitre(m²)</i> | <i>Qv ens(w)</i> | <i>SC</i> | <i>CLF</i> | <i>SHGF(w/m²)</i> | <i>A vitre(m²)</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/m²)</i> | <i>A vitre(m²)</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> | | | | | | | | | | |
| | 8h | 9h | 10h | 11h | 12h | 13h | 14h | 15h | 16h | 17h |
| Conduction | 5,2 | 150,8 | 306,8 | 442 | 587,6 | 736,32 | 806 | 806 | 806 | 757,12 |
| Rayonnement | 1628,90 | 1766,50 | 1795,68 | 1669,63 | 1548,82 | 1577,17 | 1578,82 | 1485,52 | 1339,94 | 1071,07 |
| TOTAL (w) | 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_{pcher}** : Quantité de chaleur transmise par le plancher en (Watts).
- **U_{pcher}** : Coefficient de transfert de chaleur du plancher étage en (Watts / m².C°).
- **A_{local}** : la surface du local en (m²).
- **Δt = T_{Linf} – T_{int}** : 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 ² .C°) | A local (m ²) | 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_{sinf} : gains de chaleur sensible par infiltration en (kilo Watts).
- \dot{m}_{inf} : débit massique de l'air infiltré en (kg / s).
- C_p : chaleur massique de l'air humide en (kj / kg.c°).
- Δt : ($t_e - t_i$) :
 - 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_{linf} : gains de chaleur latente par infiltration en (k Watts).
- \dot{m}_{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).
- Δw : ($w_e - w_i$) :
 - 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 (m³).
- ϑ_e : volume massique de l'air externe en (m³ / 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_{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 (vol/h)</i> |
|-----|----------|----------|----------|------------|----------------|------------------|
| 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)

| DEBIT MASSIQUE D'INFILTRATION | | | | |
|--------------------------------------|------------------|---------------|---------------------------------|----------------------|
| | <i>N (vol/h)</i> | <i>V (m3)</i> | $\vartheta \varepsilon (m3/kg)$ | <i>minf (kg / s)</i> |
| 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)

| CHALEUR GENEREE PAR INFILTRATION | | | | | | | | |
|---|--------------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| <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> |
| 8h | 0,136 | 1,004 | 2445,21 | 0,1 | -0,0008 | 0,013 | -0,267 | -0,254 |
| 9h | 0,141 | 1,004 | 2438,11 | 2,9 | -0,0008 | 0,410 | -0,275 | 0,135 |
| 10h | 0,145 | 1,004 | 2431 | 5,9 | -0,0008 | 0,862 | -0,283 | 0,579 |
| 11h | 0,149 | 1,004 | 2425,06 | 8,5 | -0,0008 | 1,272 | -0,289 | 0,983 |
| 12h | 0,153 | 1,004 | 2418 | 11,3 | -0,0008 | 1,736 | -0,296 | 1,440 |
| 13h | 0,157 | 1,004 | 2411,9 | 14,16 | -0,0008 | 2,232 | -0,303 | 1,929 |
| 14h | 0,158 | 1,004 | 2408,39 | 15,5 | -0,0008 | 2,471 | -0,306 | 2,165 |
| 15h | 0,158 | 1,004 | 2408,39 | 15,5 | -0,0008 | 2,471 | -0,306 | 2,165 |
| 16h | 0,158 | 1,004 | 2408,39 | 15,5 | -0,0008 | 2,471 | -0,306 | 2,165 |
| 17h | 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 | CONDOC | (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) |
|------------|-------------------------------|---------------------|----------|-----------|------------|
| 8h | 49836,19 | 4236,09 | 2058,25 | 56130,55 | 56,130 |
| 9h | 51474,89 | 4515,71 | 2515,353 | 58505,96 | 58,505 |
| 10h | 53120,88 | 4847,48 | 2947,10 | 60915,48 | 60,915 |
| 11h | 54427,02 | 5147,36 | 3297,03 | 62871,42 | 62,871 |
| 12h | 55678,67 | 5499,13 | 3620,09 | 64797,91 | 64,797 |
| 13h | 56804,38 | 5890,30 | 3930,81 | 66625,5 | 66,625 |
| 14h | 57441,65 | 6134,80 | 4040,41 | 67616,87 | 67,616 |
| 15h | 57666,99 | 6331,50 | 4043,89 | 68042,4 | 68,042 |
| 16h | 57984,93 | 6527,85 | 4042,48 | 68555,28 | 68,555 |
| 17h | 57725,33 | 6575,93 | 3961,40 | 68262,68 | 68,262 |

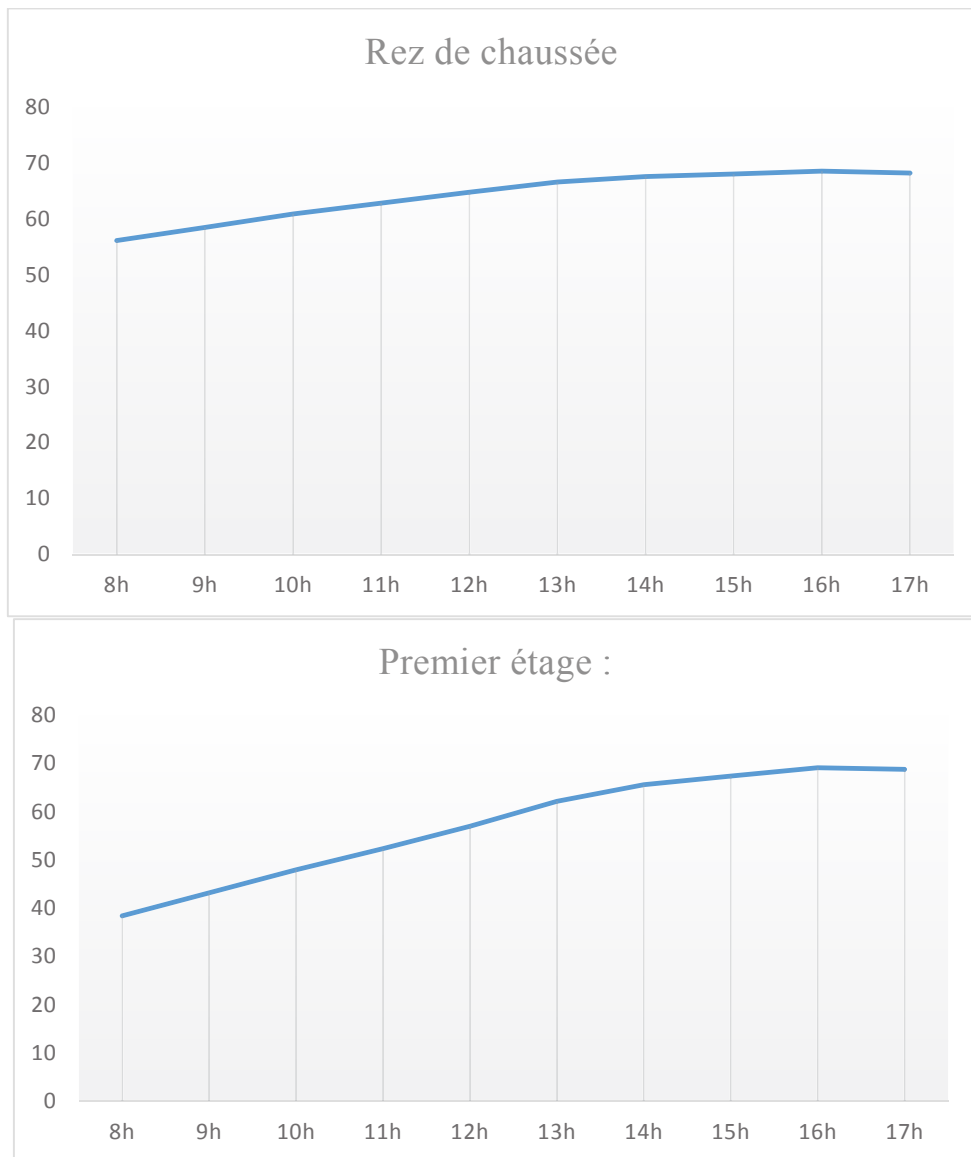


Fig. 3.1 charge total

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_{li}** sont données par la formule suivante.

➤ $D_{li} = U_i * L * \Delta t$

- **U_i** : 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 / m².C°).
- A : la surface de la paroi en (m²).
- Δt : 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)

| DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (MURS) | | | | |
|--|------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------|
| Local | U(w/m².c°) | A(m²) | (ti-te) (c°) | Qm(w) |
| 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)

| DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (vitres) | | | | |
|--|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| 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)

| DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (Toit) | | | | |
|--|-----------------------|----------|-----------------------|-----------|
| 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)

| DEPERDITIONS PAR TRANSMISSIONS (plancher) | | | | |
|--|-----------------------|----------|-----------------------|------------|
| 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 (m³).
- ϑ_e : volume massique de l'air externe en (m³ / 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_{air} : 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 motionné, 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) | $t_e - t_i$ | 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)

| Débit massique d'infiltration | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------------------------|
| | $N(\text{vol/h})$ | $V (\text{m}^3)$ | \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)

| Déperditions par infiltration | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | $\dot{m} \text{ inf}(\text{kg/s})$ | $cp(\text{kJ/kg})$ | $hfg(\text{kJ/kg})$ | (t_e-t_i) ($^{\circ}\text{C}$) | (w_e-w_i) (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 :

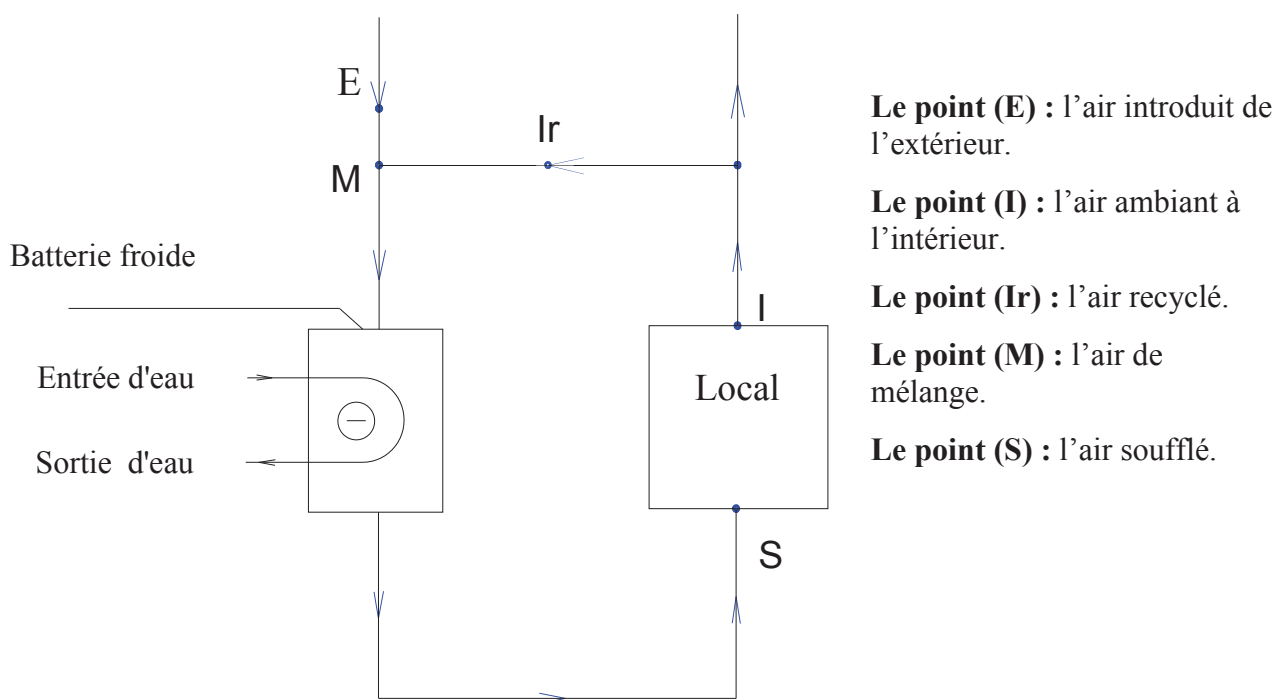


Fig. 4.1 L'évolution de l'air

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^{er} 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^{er} étage :

Tableau 4.2 facteur de chaleur sensible CTA n°1

| FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE | | |
|-----------------------------|---------------------|-------|
| Q _s (kw) | Q _t (kw) | SHF |
| 68,12 | 69,15 | 0,985 |

Q_l : gains de chaleur latente.

Q_s : gains de chaleur sensible.

Q_t : gains de chaleur totale.

On a : SHF = 0,985

L'heure critique est à 16h

Donc : T_e = 39.5 C°, H_r = 19 %

V_e (th) = 33 x 25 (m³/h) (33 occupants).

\dot{m}_e (th) = V_e (th) / ρ_e = 825 (m³/h) / 0.898 (m³/kg) / 3600.

➤ \dot{m}_e (th) = 0,255 (kg/s).

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

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

ρ_e : volume massique en (m³/kg).

Le point (I):

T_i = 24 C°, H_r = 50%.

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

On a :

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

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

V_s : Débit de soufflage en (m³/h).

ρ_i : volume massique de l'air à l'intérieur du local en (m³/kg).

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

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

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

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

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

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).

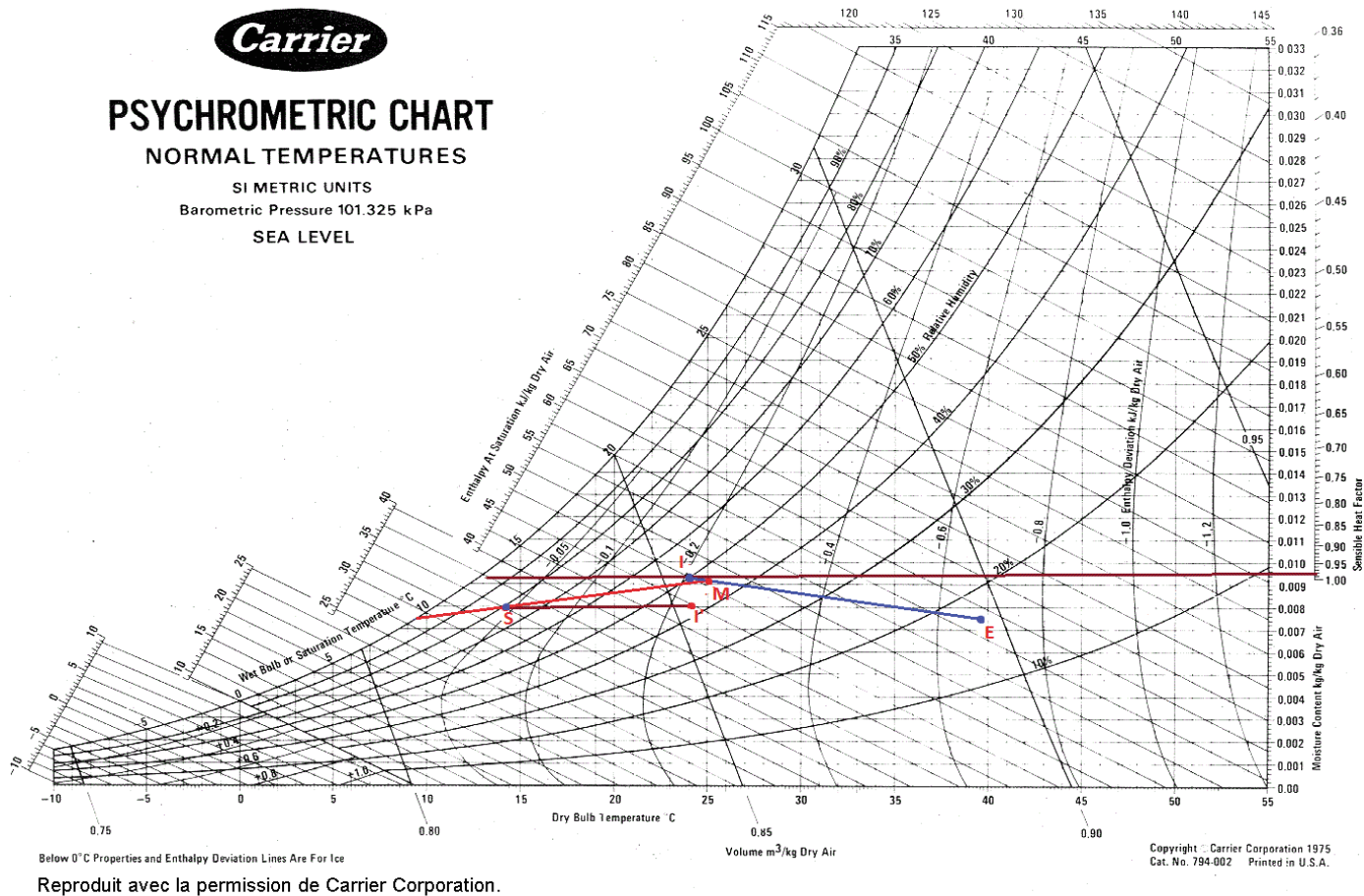
Le bilan massique:

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

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

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

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 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 :

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

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

➤ $P_f = 94,58 \text{ (kW)}$.

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}_{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).

ϑ_e : volume massique en (m3/kg).

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

\dot{m}_e (th) = V_e (th) / $\vartheta_e = 825$ (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 :

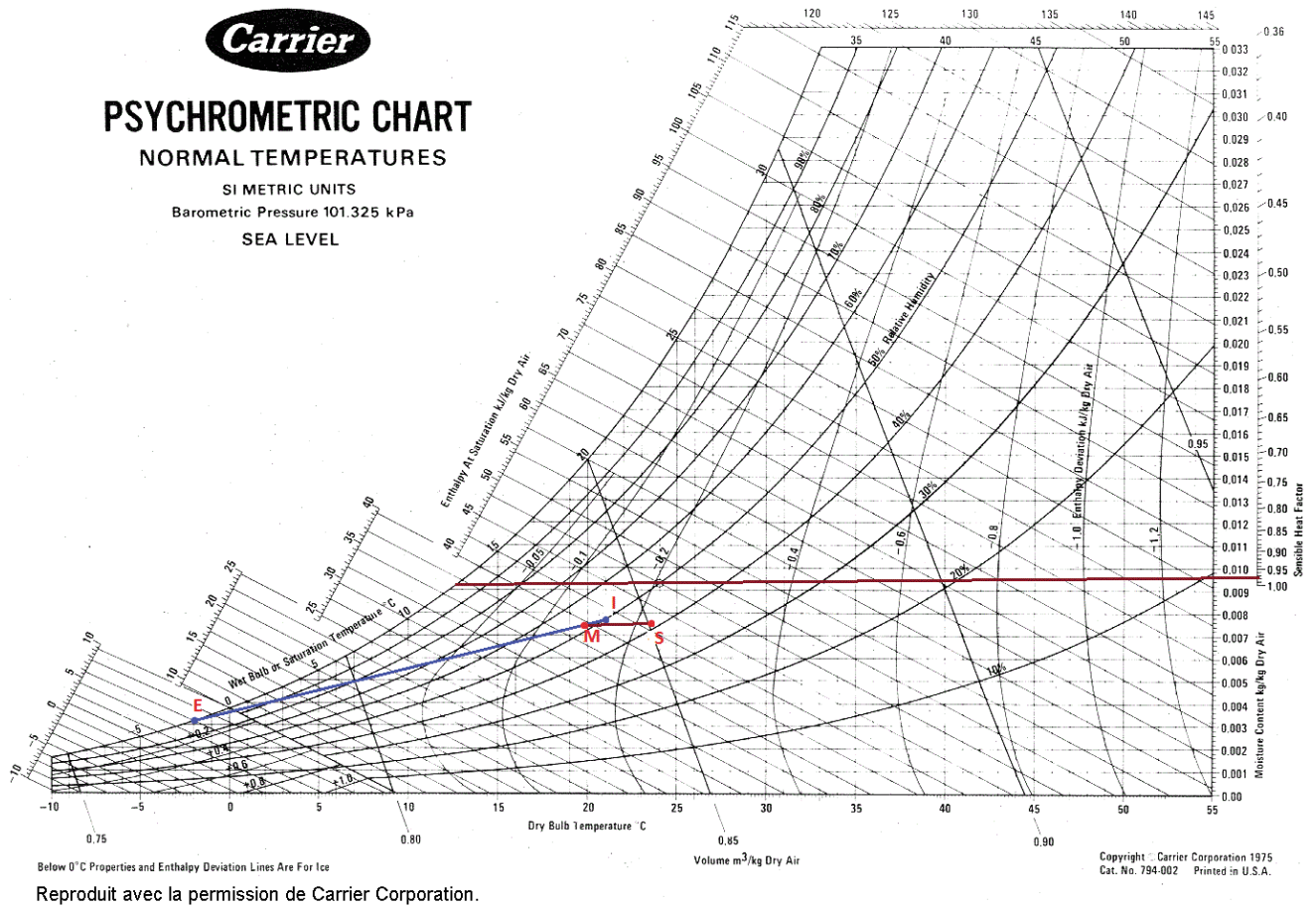


Fig. 4.3 Diagramme psychrométrique hiver CTA n1

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
- Couloire 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)

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

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

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

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

ϱ_e : volume massique en (m³/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 $t_s = 12 \text{ C}^\circ$

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

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

➤ $\dot{m}_s = 5,682 \text{ (kg/s)}$

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

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

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

V_s : Débit de soufflage en (m³/h).

ϱ_i : volume massique de l'air à l'intérieur du local en (m³/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 :

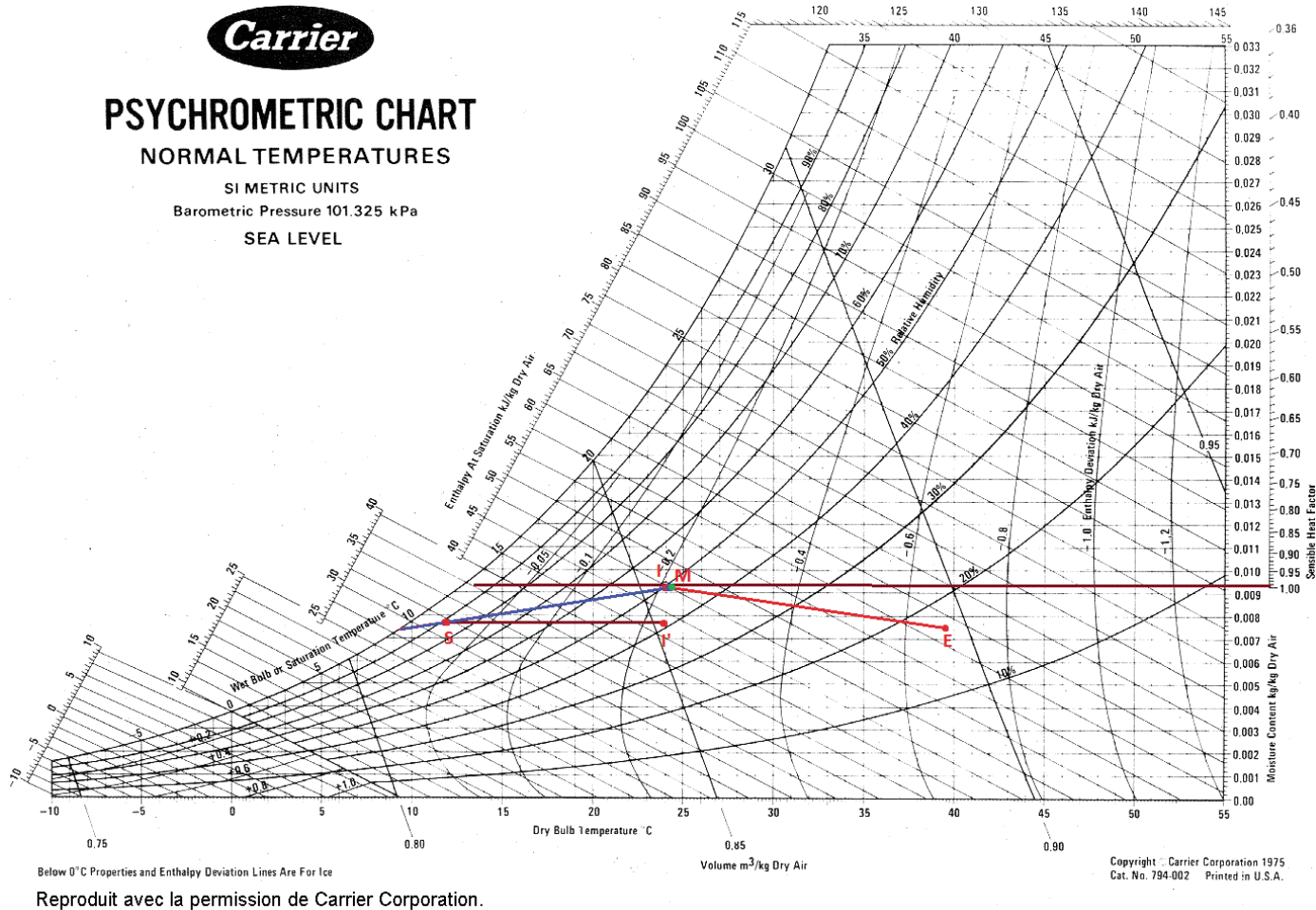


Fig. 4.4 Diagramme psychrométrique été CTA n2

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}_{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 (th) = 6 x 25 (m³/h) (2 occupants).

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

➤ \dot{m}_e (th) = 0,05397 (kg/s).

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).

ϑ_e : volume massique en (m³/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 : $\boxed{Q_s = \dot{m}_s \times c_p \times (T_i - T_s)}$ Implique : $\boxed{\dot{m}_s = Q_s / (c_p \times (T_i - T_s))}$

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

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

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

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

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

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

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 :

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

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

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

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

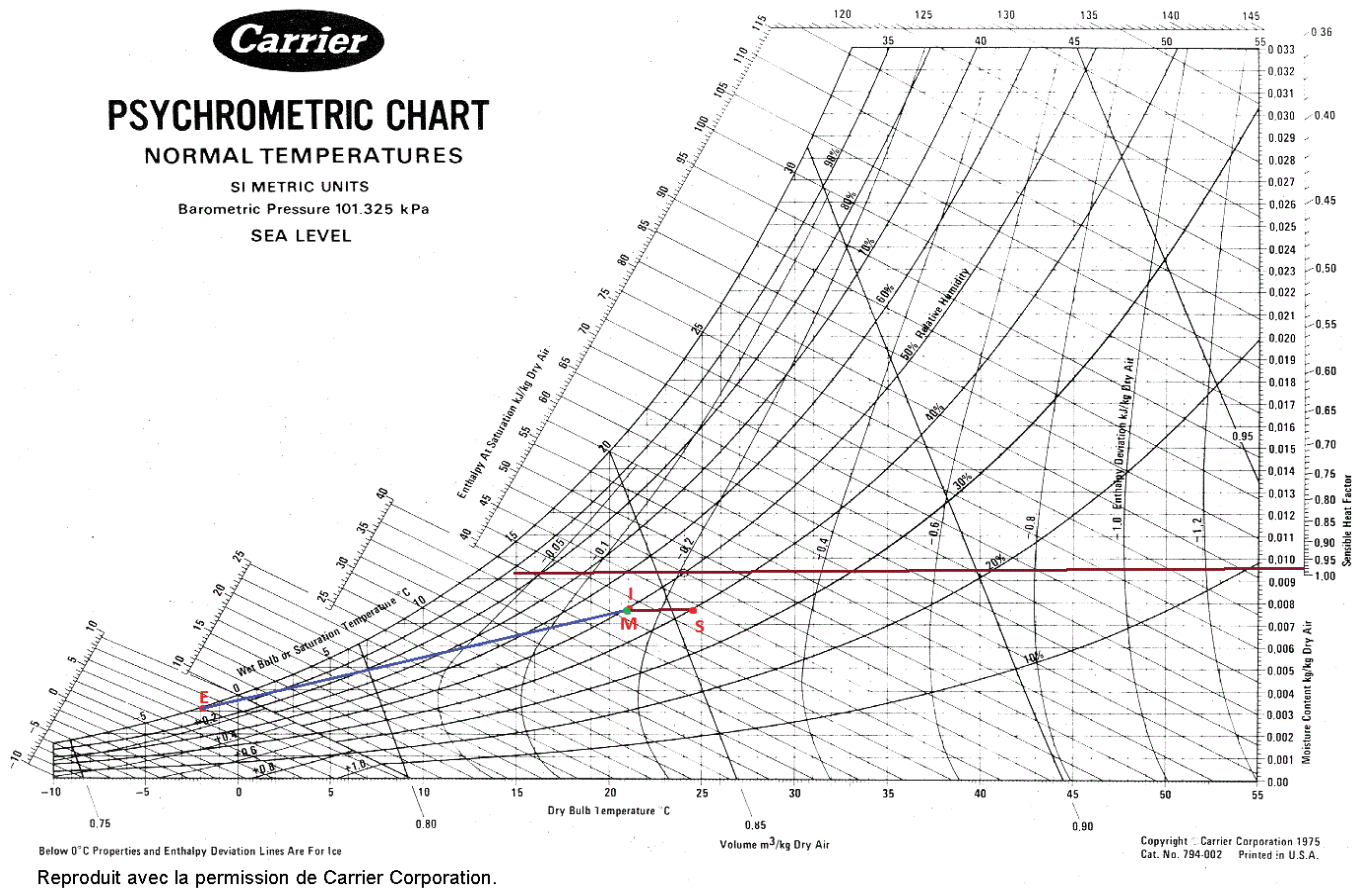


Fig. 4.5 Diagramme psychrométrique hiver CTA n2

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

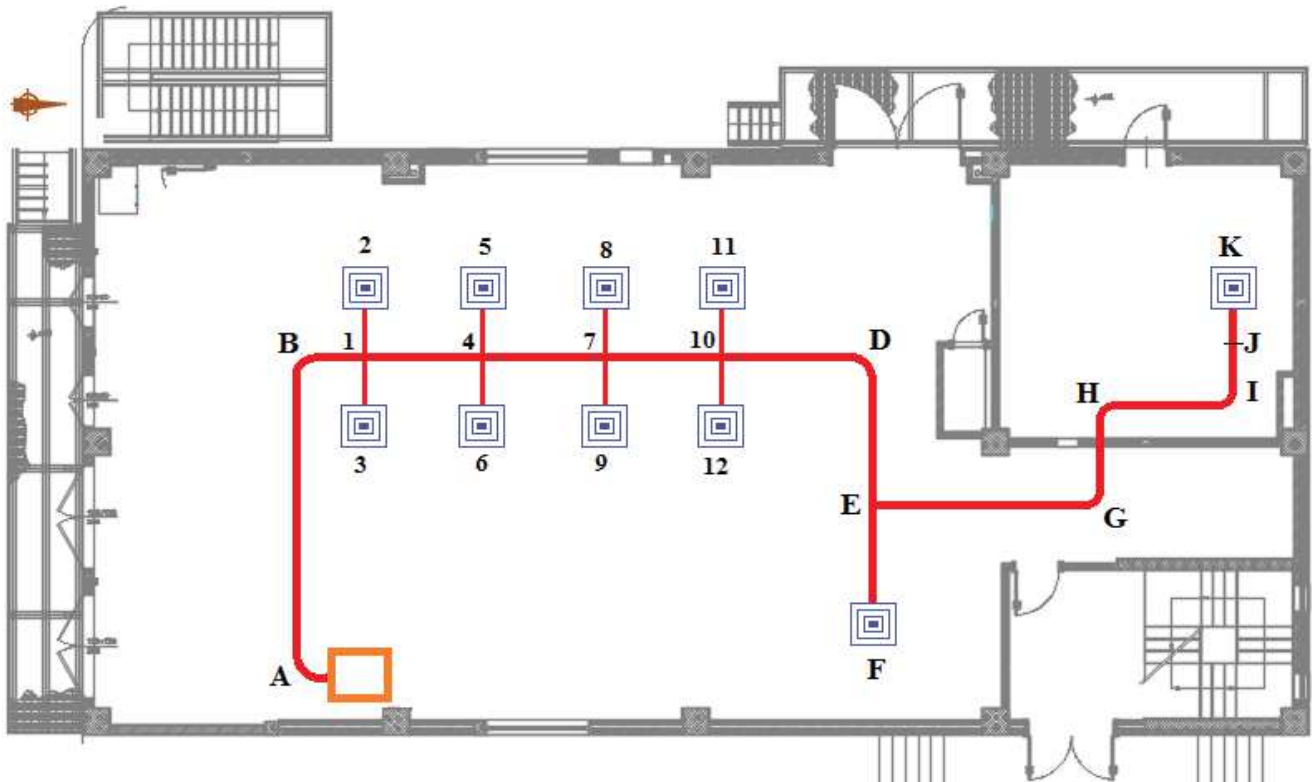
Rez de chaussée :

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 :

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

- ΔP_l : la perte de pression en Pascal (Pas).
- λ : 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).
- ρ : la masse volumique du fluide qui est en écoulement (air) en (kg /m³).
- 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
- **ν** = viscosité cinématique du fluide, m²/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 λ :

En régime laminaire, on peut calculer λ 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 m³/h = 2,78 (m³/s)
- Longueur : 5.73
- Section = 0.7*0.6 = 0.42 (m²)
- Vitesse = Q (m³/s)/S (m²)

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

- 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 :

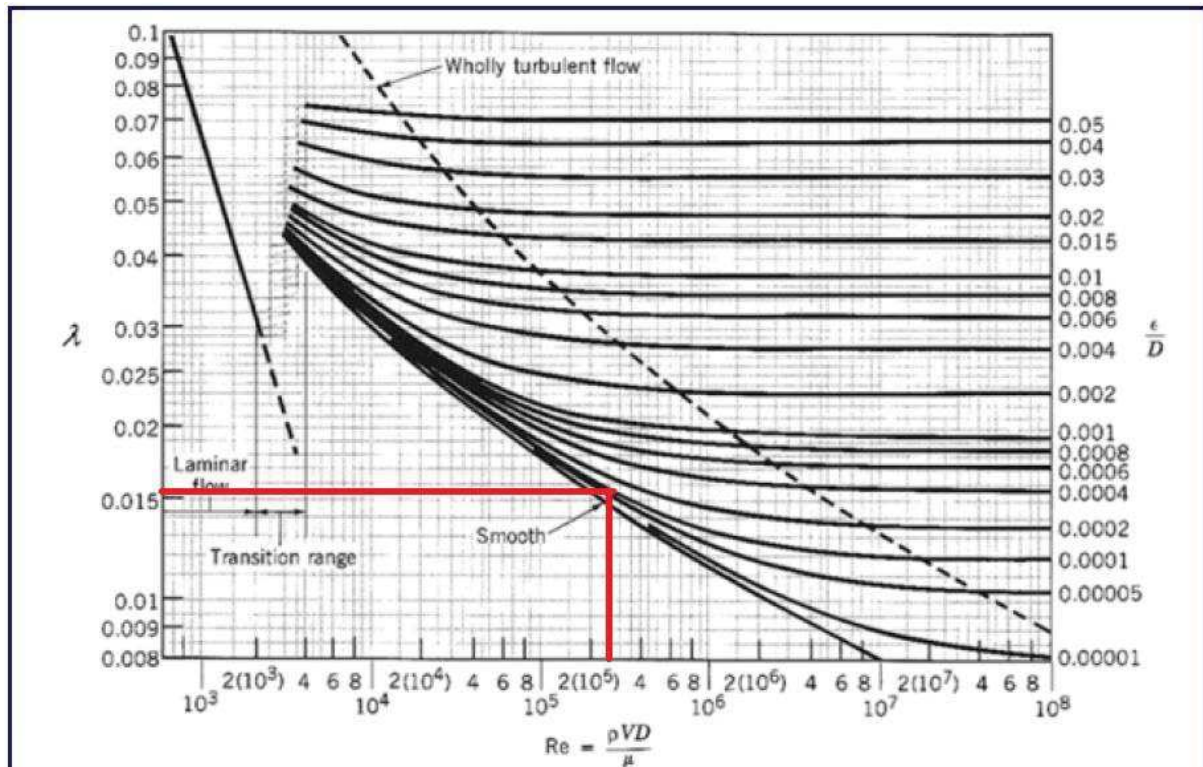


Fig. 5.3 diagramme de Moody

➤ $\lambda = 0,0158$

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^{er} étage :

Tableau 5.1 Pertes de charges linéaires 1^{er} étage

| | viscosité cinématique (*10 ⁻⁵) | Reynolds | rugosité(m) | rugosité relative (*10 ⁻⁴) | coeff frottm (*10 ⁻²) | L(m) | D(m) | mass volume (kg/m ³) | vitess (m/s) | debit (m ³ /h) | debit (m ³ /s) | Section (m ²) | 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^{er} étage :Tableau 5.2 Pertes de charges linéaires 1^{er} étage (suite)

| | viscosité cinématique (*10 ⁻⁵) | Reynolds | rugosité(m) | rugosité relative (*10 ⁻⁴) | coeff frottm (*10 ⁻²) | L(m) | D(m) | mass volume (kg/m ³) | vitesse (m/s) | debit (m ³ /h) | debit (m ³ /s) | Section (m ²) | 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 ⁻⁴) | coeff frottm (*10 ⁻²) | L(m) | D(m) | mass volume (kg/m ³) | vitesse (m/s) | debit (m ³ /h) | debit (m ³ /s) | Section (m ²) | 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 :

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

- ΔP_s : la perte de pression singulière en Pascal (Pas).
- ζ : 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).
- ρ : la masse volumique de l'air (kg /m³).

Résultats des pertes de charges Singulières :

1^{er} étage :

Tableau 5.4 pertes de charges Singulières 1^{er} étage

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

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

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

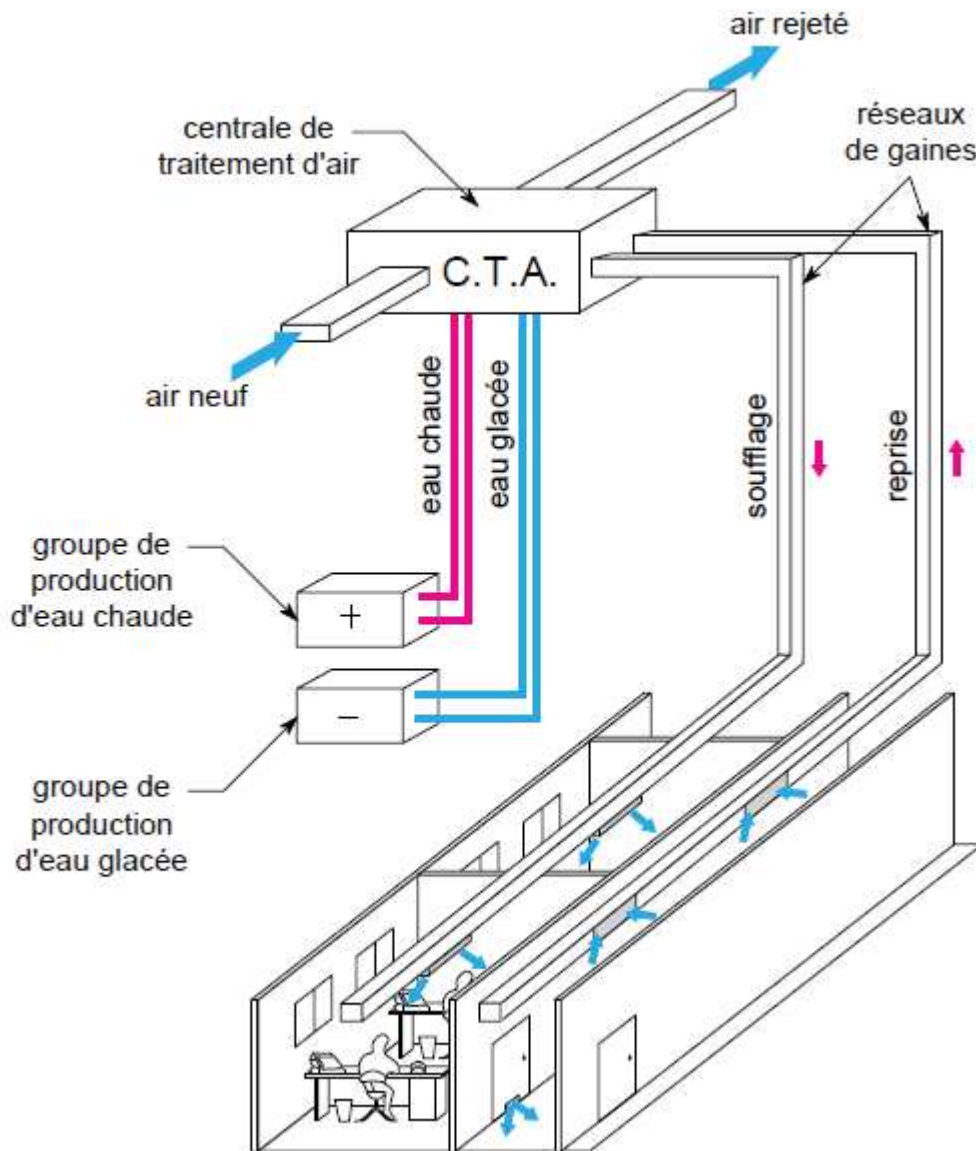


Fig. 6.1 Systèmes centralisés

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

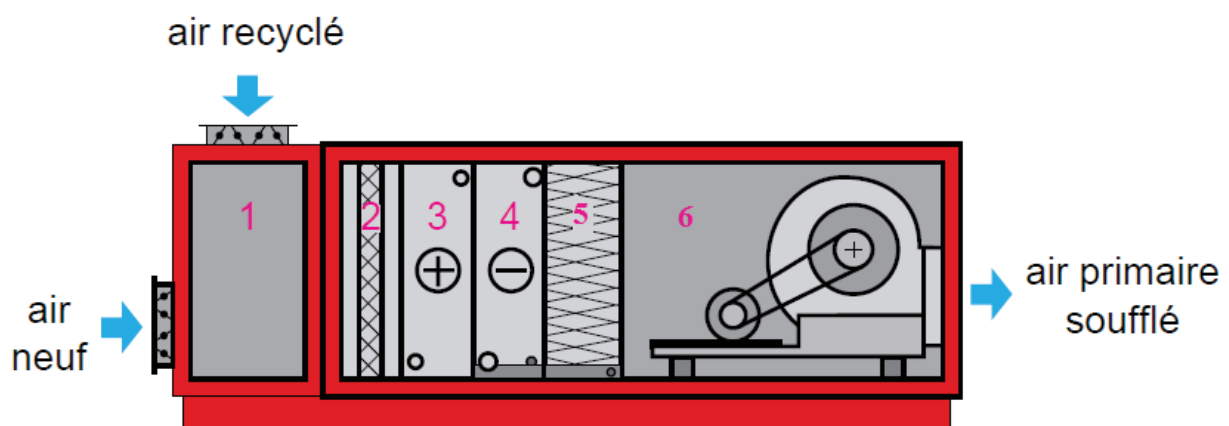


Fig. 6.2 centrale de traitement d'air

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.

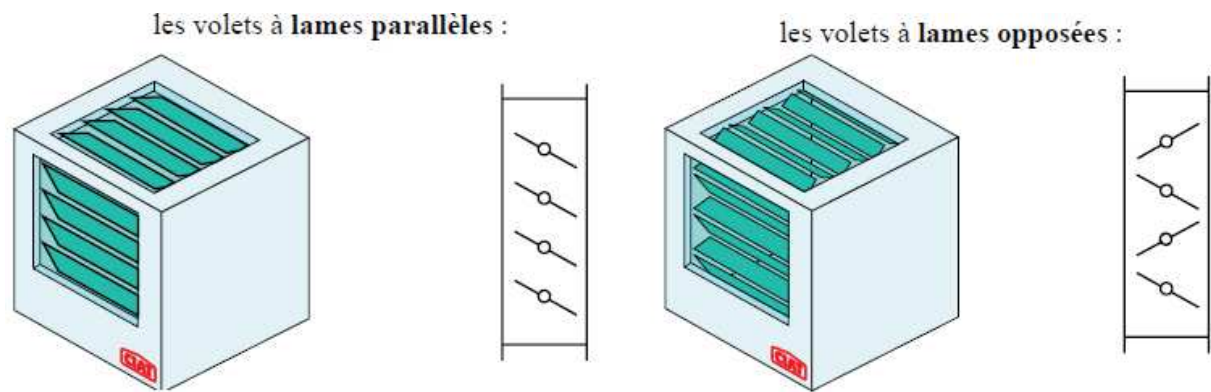


Fig. 6.3 caisson de mélange

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 :

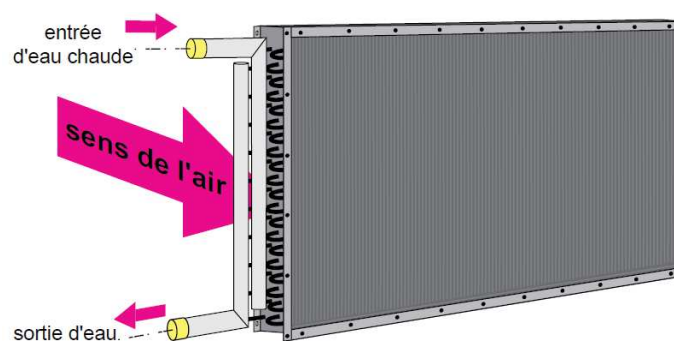


Fig. 6.4 batterie chaude

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 ϵ (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).

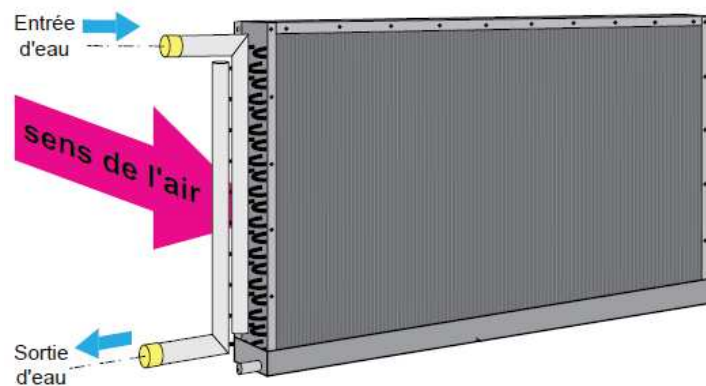


Fig. 6.5 batterie froide

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.

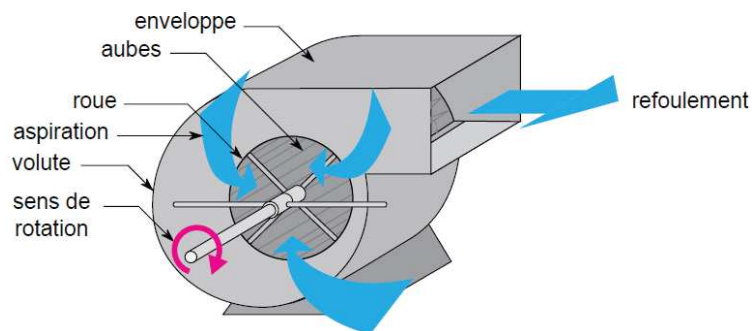


Fig. 6.6 ventilateur

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"> • Marque : CARRIER • Type : 30GX. • Puissance frigorifique : 187 KW • Régime d'eau froide: 7°C /12°C • Puissance calorifique : 44 KW • Régime d'eau chaude: 40°C/45°C |  |


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"> • Marque : CARRIER 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 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 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>Marque : DYNAIR</p> <p>Type : PS-L</p> <p>Débit : 22000 m³/h</p> <p>Pression : 253Pa</p> <p>Température max du fluide : +80°C</p> <p>Puissance sonore : 76 à 101 dB(A)</p> |  |

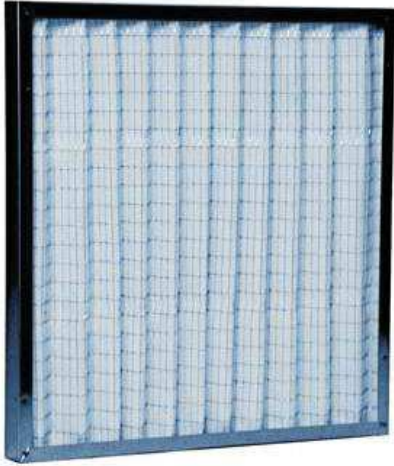
CTA 2 :

Tableau 6.5 caractéristique du ventilateur CTA 2

| caractéristique | ventilateur |
|--|--|
| <p>Marque : DYNAIR</p> <p>Type : PS-L</p> <p>Débit : 18000 m³/h</p> <p>Pression : 361Pa</p> <p>Température max du fluide : +80°C</p> <p>Puissance sonore : 76 à 101 dB(A)</p> |  |

6.7.4 Filtration :

Tableau 6.6 caractéristique ventilateur

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

6.7.5 Choix des grilles de reprise et soufflage :

Tableau 6.7 caractéristique diffuseur 1


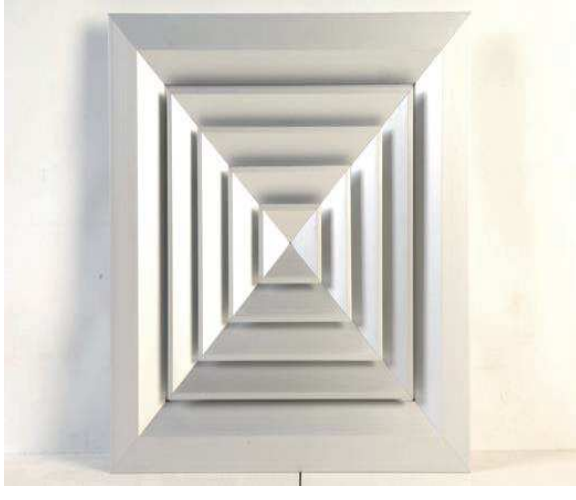
| Caractéristique | Diffuseur |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Type : DAP 40 • Débit d'air soufflé : 800 m³/h. • Dimensions : 450x450 • Matériau : aluminium |  |

Tableau 6.8 caractéristique diffuseur 2

| caractéristique | diffuseur |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Type : DAU 40• Débit d'air soufflé : 2000 m³/h.• Dimensions : 600x600• Matériau : aluminium |  |

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^e 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 | 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/m²)

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

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| Facteur d'ombre (SC) pour les fenêtres | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|

| Type de fenêtre | Epaisseur (mm) | Sans rideau | | Rideau vénitien | | Autre rideau | |
|-----------------------|----------------|-------------|------|-----------------|-------|--------------|-------|
| | | interne | | moyen | clair | moyen | clair |
| Vitrage simple | | | | | | | |
| 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 | |
| Double vitrage | | | | | | | |
| 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 ζ : 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 | | | |

| CHALEUR GENEREES PAR LES MURS EXTERIEURS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|-------|-------|-------|------|------|-----|---|-------|------|-------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Salle de commande | t(c°) | U(w/m²) | S(m²) | | | CLTD | | | K | CLTDc | | | Qp(w) | | | Qp(w)T |
| | | | Est | West | Sud | Est | West | Sud | | Est | West | Sud | Est | West | Sud | |
| 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 |

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

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

| CHALEUR GEGEREE PAR LES MURS EXTERIEURS | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| Batterie | 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 | 28,3 | 27 | 2 | 2 | 1 | -1,9 | -1,9 | -53,77 | -51,3 | -105,07 |
| 9h | 26,9 | 1 | 28,3 | 27 | 3 | 2 | 1 | 1,9 | 0,9 | 53,77 | 24,3 | 78,07 |
| 10h | 29,9 | 1 | 28,3 | 27 | 4 | 3 | 1 | 5,9 | 4,9 | 166,97 | 132,3 | 299,27 |
| 11h | 32,5 | 1 | 28,3 | 27 | 5 | 4 | 1 | 9,5 | 8,5 | 268,85 | 229,5 | 498,35 |
| 12h | 35,3 | 1 | 28,3 | 27 | 6 | 6 | 1 | 13,3 | 13,3 | 376,39 | 359,1 | 735,49 |
| 13h | 38,16 | 1 | 28,3 | 27 | 8 | 8 | 1 | 18,16 | 18,16 | 513,928 | 490,32 | 1004,248 |
| 14h | 39,5 | 1 | 28,3 | 27 | 9 | 11 | 1 | 20,5 | 22,5 | 580,15 | 607,5 | 1187,65 |
| 15h | 39,5 | 1 | 28,3 | 27 | 11 | 16 | 1 | 22,5 | 27,5 | 636,75 | 742,5 | 1379,25 |
| 16h | 39,5 | 1 | 28,3 | 27 | 12 | 22 | 1 | 23,5 | 33,5 | 665,05 | 904,5 | 1569,55 |
| 17h | 38,56 | 1 | 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 ²) | A vitre(m ²) | Qv ens(w) | SC | CLF | SHGF(w/m ²) | A vitre(m ²) | 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 ²) | A vitre(m ²) | 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 | | | | | |

| Bureau chef de tour | | | | | |
|----------------------------|-----------|------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Est | | | | | |
| | SC | CLF | SHGF(w/m²) | A vitre(m²) | 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 électronique | | | | |
|---------------------------|------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| West | | | | |
| SC | CLF | SHGF(w/m²) | A vitre(m²) | Qv ens(w) |
| 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 ²) | A vitre(m ²) | 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 ²) | A vitre(m ²) | 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 ²) | A vitre(m ²) | 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 ²) | A vitre(m ²) | Qv ens(w) | SC | CLF | SHGF(w/m ²) | A vitre(m ²) | 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 ²) | A vitre(m ²) | 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 ²) | A vitre(m ²) | Qv ens(w) | SC | CLF | SHGF(w/m ²) | A vitre(m ²) | 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 ²) | A vitre(m ²) | 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/m²) | A(m²) | 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/m²) | A(m²) | 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/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 |

| CONDUCTION | | | | | |
|------------|---------|---------|---------|-------|--------|
| bureau | 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 |

| CONDUCTION | | | | | |
|------------------|---------|-----------------|----------------------|--------------------|---------|
| Salle de réunion | tex(c°) | Δt (c°) | U(w/m ²) | A(m ²) | 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°) | Δt (c°) | U(w/m ²) | A(m ²) | 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°) | Δt (c°) | U(w/m ²) | A(m ²) | 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 ^{er} étage | tex(c°) | Δt (c°) | U(w/m ²) | A(m ²) | 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) | ρ_{ϵ} (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) | ρ_{ϵ} (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_{ϵ} (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 |

| bureau | | | | |
|---------------|-----------|--------|-----------------------------------|--------------------------|
| | N (vol/h) | V (m3) | ϑ_{ε} (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 |

| salle de réunion | | | | |
|-------------------------|-----------|--------|-----------------------------------|--------------------------|
| | N (vol/h) | V (m3) | ϑ_{ε} (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 |

| tisanerie | | | | |
|------------------|-----------|--------|-----------------------------------|--------------------------|
| | N (vol/h) | V (m3) | ϑ_{ε} (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) | ρ_{ε} (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 ^{er} étage | | | | |
|-------------------------------|-----------|--------|------------------------------|--------------------------|
| | N (vol/h) | V (m3) | ρ_{ε} (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) | ρ_{ε} (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) | ρ_{ε} (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 | CONDOC | (w) | (w) | Qs (w) | QI (w) | QsT(w) | QIT (w) | Q T (w) |
| 8h | 122 | 104 | 2043 | 6200 | 1054,92 | 5,864 | -84,74 | 5,42076 | 5,679147031 | -110,6510527 | 9352,140467 | -6,65105268 | 9345,489414 |
| 9h | 122 | 104 | 2043 | 6200 | 1266,49 | 170,056 | 40,14 | 157,20204 | 169,6841298 | -113,6718159 | 10168,56873 | -9,67181585 | 10158,89691 |
| 12h | 122 | 104 | 2043 | 6200 | 1566 | 662,632 | 593,18 | 883,58388 | 717,3948133 | -122,31856 | 12787,79365 | -18,31856 | 12769,47509 |
| 13h | 122 | 104 | 2043 | 6200 | 1609,88 | 830,3424 | 809,936 | 1201,240416 | 922,2622376 | -125,1718713 | 13738,66265 | -21,1718713 | 13717,49078 |
| 14h | 122 | 104 | 2043 | 6200 | 1593,86 | 908,92 | 1003,5 | 1490,709 | 1021,043962 | -126,4141919 | 14383,02992 | -22,4141919 | 14360,61573 |
| 15h | 122 | 104 | 2043 | 6200 | 1466,07 | 908,92 | 1226,5 | 1707,5394 | 1021,043962 | -126,4141919 | 14695,07296 | -22,4141919 | 14672,65877 |
| 16h | 122 | 104 | 2043 | 6200 | 1302,38 | 908,92 | 1494,1 | 1924,3698 | 1021,043962 | -126,4141919 | 15015,81816 | -22,4141919 | 14993,40397 |
| 17h | 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 | 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 |

| 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) | QI (w) | (w) | (w) | ENSOL | CONDOC | (w) | (w) | Qs (w) | QI (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) | QI (w) | (w) | (w) | ENSOL | CONDOC | (w) | (w) | Qs (w) | QI (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 |