

SOMMAIRE

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
NOTATIONS.....	iv
INTRODUCTION.....	1
METHODOLOGIE.....	2
I. GENERALITES SUR LA NOTION DE CLIMATISATION	3
I.1 Historique et définitions.....	3
I.1.1 Définition [5] [6].....	3
I.1.2 Historique.....	3
I.1.3 Refroidissement	3
I.1.4 Le confort thermique.....	4
I.1.5 Hygrométrie	4
I.1.6 Humidité relative [8].....	4
I.1.7 Le taux de renouvellement d'air.	4
I.1.8 Le taux de brassage d'air	5
I.1.9 La charge frigorifique de climatisation [1] [2]	5
I.2 Calcul de la charge frigorifique	5
I.2.1 Hypothèses de calculs	5
I.2.2 Méthodes de calculs utilisées.....	6
II. DESCRIPTION DES DIFFERENTES METHODES UTILISEES	7
II.1 Méthode des surfaces climatisées [8] [1] [6].....	7
II.2 La méthode simplifiée York [8]	7
II.3 Méthode simplifiée carrier [6] [8]	8
II.4 Méthode détaillée de Libert [4]	8
II.5 Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel [8].....	9
III. METHODE EXPERIMENTALE DE MESURE DE LA CHARGE FRIGORIQUE ...	10
III.1 Justification de la comparaison des résultats.....	10
III.2 Choix des locaux	10
III.3 Instruments utilisés.....	11
III.4 Mode opératoire	11
III.5 Calcul de la charge expérimentale	12
IV. ETUDES DE CAS [1] [2] [3] [4] [7].....	13
IV.1 Une salle à manger	13
IV.2 Une salle informatique	20
IV.3 Une chambre	27
IV.4 Un bureau	33
V. DISCUSSIONS ET COMPARAISONS DES RESULTATS.....	42
V.1 Discussions	42
V.2 Comparaison et choix d'une méthode de calcul.....	43
CONCLUSION	45
BIBLIOGRAPHIE	46
Listes des tableaux et des figures	47
ANNEXES	48

INTRODUCTION

Le développement des systèmes de climatisations d'une part, et les conditions de plus en plus rigoureuses exigées des utilisateurs, d'autre part, ont amené les projeteurs à établir des calculs de plus précis pour la détermination des charges frigorifiques de climatisation suffisantes mais minimales dans le but d'abaisser les prix de revient d'installation.

A ce propos, ils existent de nombreuses méthodes de calculs qui permettent de déterminer la charge frigorifique de climatisation des bâtiments. Ces méthodes de calculs peuvent être détaillées ou simplifiées. Qu'elle soit simplifiée ou détaillée, chacune d'elle est au moins adaptée à un type de local ou de calcul. De plus, elles ont toutes des avantages et des inconvénients en rapport avec les caractéristiques physico-chimiques du local considéré.

Le but de ce travail est de comparer les méthodes, entre elles, tout en dégagant les avantages et les inconvénients de chacune d'elles. En dernier ressort, les méthodes les plus fiables, selon les cas de figure rencontrés, seront indiquées. Cette étude sera complétée par une comparaison des différents résultats théoriques obtenus avec les résultats expérimentaux.

Pour mener à bien cette étude, nous présenterons d'abord la méthodologie avant d'aborder les grands axes suivants :

- Généralité sur la notion de climatisation,
- Présentation des méthodes de calculs,
- Calculs de la charge frigorifique de climatisation,
- Choix d'une méthode de calculs fiable.

METHODOLOGIE

Pour mieux s'imprégner du problème posé par le thème du présent travail, la démarche a consisté à prendre connaissance des théories et des technologies qui régissent la notion de climatisation. Ce travail a consisté à réaliser une recherche documentaire approfondie. Cette recherche a permis de mieux cadrer cette étude, de connaître quelques grands noms et grandes dates du domaine. Le travail s'est poursuivi par le calcul de la charge frigorifique de climatisation ainsi que la mesure expérimentale de cette dernière dans certains locaux de la ville de Ouagadougou en général et du site du 2iE en particulier.

Enfin, l'étude s'est achevée par la comparaison des résultats donnés par les différentes méthodes entre elles ainsi que la comparaison des résultats expérimentaux avec les résultats théoriques.

I. GENERALITES SUR LA NOTION DE CLIMATISATION

I.1 Historique et définitions

I.1.1 Définition [5] [6]

Une installation de Génie Climatique est une installation destinée à maîtriser au moins un des paramètres caractéristiques d'un environnement intérieur donné (température, humidité, qualité de l'air, mouvement de l'air). La maîtrise de la température s'obtient par des moyens de refroidissement et de chauffage.

La Climatisation désigne l'ensemble du traitement de l'air ayant pour but l'obtention d'une ambiance interne d'abord définie en température et humidité. Les conditions à obtenir dans les locaux par les installations doivent, toute l'année, être favorables à la vie des occupants, leur santé, leur bien-être ou leur mieux-être.

I.1.2 Historique

La climatisation a été inventée par Willis H. Carrier, un ingénieur américain, en 1911. Cette technique était d'abord limitée aux applications industrielles. Le concept de climatisation domestique, plutôt qu'industrielle, apparut vers 1924. C'est en 1928 que le premier système de climatisation à usage domestique fut développé. La Seconde Guerre Mondiale avait toutefois considérablement ralenti l'essor de la climatisation domestique. La technologie des systèmes de climatisation domestique ne connut son véritable développement que dans les années 60 et atteignit sa maturité technologique actuelle dans les années 90.

I.1.3 Refroidissement

L'évaporateur transmet à l'air du local traité le refroidissement lié à l'évaporation du fluide. Le compresseur comprime le fluide gazeux, en augmentant sa pression et sa température. À l'arrivée du gaz dans le condenseur, il cède sa chaleur à l'air extérieur ou à de l'eau en se condensant. Le détendeur effectue la diminution de pression du liquide frigorigène avant son évaporation dans l'évaporateur.

I.1.4 Le confort thermique

Le confort thermique est l'ensemble des conditions qui favorisent le bien être des individus dans les bâtiments climatisés [7]. Il dépend essentiellement de deux paramètres : La température sèche et l'humidité relative de l'air. D'autres paramètres interviennent tels que la vitesse de l'air, l'activité des individus, le rayonnement des murs [1]. Des études expérimentales entreprises en climat tropical humide et sec portant sur des individus légèrement vêtus exerçant une activité sédentaire dans les conditions ambiantes de leurs bureaux climatisés, ont permis de déterminer une gamme de température propre au bien être des habitants de ces pays [7].

I.1.5 Hygrométrie

L'hygrométrie caractérise l'humidité relative de l'air, à savoir la proportion de vapeur d'eau qu'il contient. Elle ne prend pas en compte l'eau présente sous forme liquide ou solide. Le contrôle de l'humidité s'effectue grâce au condensateur du système de climatisation. En effet, en traversant l'évaporateur, l'air s'asséchera car l'humidité aura tendance à adhérer à la surface froide du condensateur. Cette étape du traitement de l'air aura pour effet d'augmenter considérablement le confort du local [8].

I.1.6 Humidité relative [8]

L'humidité relative de l'air (ou degré d'hygrométrie) correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air (P_{vap}) sur la pression de vapeur saturante ou tension de vapeur à la même température (P_{Sat}). Exprimée souvent en pourcentage, son expression devient :

$$Hr(\%) = \frac{P_{vap}}{P_{Sat}} \times 100$$

Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre (voir plus bas).

I.1.7 Le taux de renouvellement d'air.

Le taux de renouvellement d'air neuf exprime le nombre de fois que l'air d'un local est renouvelé par de l'air neuf extérieur, chaque heure. Généralement, on utilise le symbole β pour le caractériser. A ne pas confondre avec le taux de brassage d'air [8].

I.1.8 Le taux de brassage d'air

Le taux de brassage d'air exprime le nombre de fois que l'air d'un local est brassé par le système de chauffage ou de conditionnement d'air, chaque heure. En général, les installations sont dimensionnées avec un taux de brassage de 3 à 4. En dessous de 3, il y a risque de stratification des températures, au dessus de 4, il y a risque d'inconfort par courants d'air [8].

I.1.9 La charge frigorifique de climatisation [1] [2]

La charge frigorifique de climatisation est la capacité de réfrigération requise par unité de temps pour refroidir un entrepôt ou un local avec succès en période de pointe (fortes chaleurs). Elle détermine la puissance nécessaire que le matériel à installer doit avoir. Elle s'exprime en kilocalorie par heure (kcal/h) ou en Watt (w).

La charge frigorifique est l'opposée de la chaleur reçue par l'air du local. Cette chaleur reçue se compose de :

- Gains de chaleur par les murs externes,
- Gains de chaleur par les vitres,
- Gains de chaleur par le plancher,
- Gains de chaleur à travers les plafonds et les toitures,
- Gains de chaleur dus aux personnes,
- Gains de chaleur dus aux moteurs et équipements électriques,
- Gains de chaleur par infiltration et renouvellement d'air,
- Gains de chaleur dus aux apports solaires.

I.2 Calcul de la charge frigorifique

I.2.1 Hypothèses de calculs

Tous les calculs sont faits sur la base des conditions ci-après :

- Le mois et l'heure de base : Avril à quatorze heures (14h) ;
- Température moyenne à l'extérieure du local 40°C ;
- Humidité relative de l'air extérieur 30 % ;
- Température intérieure (souhaitée) 24°C ;
- Humidité relative de l'air à l'intérieur du local 50% ;
- Le renouvellement d'air se fait de façon naturelle ;
- Les dimensions des murs, vitrages et portes dépendent du local considéré.

I.2.2 Méthodes de calculs utilisées

Pour le calcul de la charge frigorifique de climatisation, il existe une multitude de méthode aussi différentes les unes des autres. Dans le cadre du présent travail, nous allons nous limiter à quelques unes parmi lesquelles :

- La méthode des surfaces climatisées ;
- La méthode simplifiée York ;
- La méthode simplifiée Carrier ;
- La méthode détaillée de Libert ;
- La méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel.

Nous présenterons de façon détaillées et succinctes chacune des méthodes ci-dessus citées.

II. DESCRIPTION DES DIFFERENTES METHODES UTILISEES

II.1 Méthode des surfaces climatisées [8] [1] [6]

La méthode dite des surfaces climatisées ou encore des ratios permet d'obtenir la charge frigorifique de climatisation d'un local à partir de la connaissance de la surface du plancher du local à climatiser. C'est-à-dire qu'à partir de la connaissance de la surface du plancher, de la position par rapport au soleil à l'heure de calcul et enfin du possible apport de chaleur des occupants ou des machines en fonctionnement, on peut obtenir une valeur approchée du bilan frigorifique du local. Cependant, cette méthode ne donne aucun renseignement sur la température extérieure considérée ainsi que des conditions de confort à satisfaire. C'est pour quoi, la méthode ne peut vraisemblablement pas être utilisée lorsque les conditions de températures et d'hygrométries sont exigées.

Les valeurs sont données sous forme de ratios. Ces ratios sont en watt par mètre carré (w/m^2) et varient de 150 (cas le plus simple) à $255 w/m^2$ (voir tableau en annexe).

II.2 La méthode simplifiée York [8]

La méthode simplifiée York (fabriquant de climatiseur) est celle qui est conseillée aux utilisateurs non spécialisés dans le domaine du froid pour le calcul du bilan frigorifique par la société EXACLIM qui est spécialisée dans le domaine du chauffage et de la climatisation. Elle se présente sous forme de feuille de calcul sous Excel. Elle prend en compte :

- L'orientation géographique des locaux.
- La position réelle des parois vitrées ou opaques ensoleillées ou non.
- La chaleur dû aux occupants.
- La chaleur dû à l'éclairage et aux divers autres appareils.

La méthode simplifiée York permet d'obtenir une charge frigorifique approchée et ne peut vraisemblablement pas être utilisée dans le cas où des conditions de températures et d'hygrométrie sont exigées. Ce type de bilan thermique ne peut être appliqué que pour la climatisation ou de confort.

En plus, les résultats obtenus ne devraient être valable que pour des écarts de températures de $8^{\circ}C$. C'est-à-dire lorsque la différence entre la température extérieure et intérieure est inférieure ou égale à 8° . Enfin, la méthode simplifiée York permet de maintenir une température de $24^{\circ}C$ dans le local. Cependant, on n'a aucune information concernant le mois, l'heure et la température extérieure prise en compte pour le calcul.

II.3 Méthode simplifiée carrier [6] [8]

La méthode simplifiée carrier est l'une des méthodes les plus utilisées. Elle se présente sous forme de logiciel fait sous flash player et sous forme de feuille de calcul Excel. Elle a été conçue par le constructeur de climatiseur du même nom dans le but de permettre aux utilisateurs, non spécialisés dans le domaine, de réaliser, sans beaucoup de peines et de manière simplifiée, un bilan frigorifique qui leur permettrait de maintenir une température de 24°C à l'intérieur du local considéré. Elle prend en compte :

- L'orientation géographique des locaux.
- La position réelle des parois vitrées ou opaques ensoleillées ou non en fonction de la position du soleil à l'heure de calcul.
- La chaleur dû aux occupants et le renouvellement de l'air intérieur des locaux.
- La chaleur dû à l'éclairage et aux divers autres appareils.

Cette méthode simplifiée permet seulement d'obtenir un bilan frigorifique approché et ne peut être utilisée dans le cas où des garanties précises de températures et d'hygrométries sont exigées. La méthode impose trois températures extérieures au choix. Pour le travail à effectuer, nous avons considéré une température extérieure de 38°C car c'est elle qui se rapproche le plus de la température extérieure de Ouagadougou au mois et à l'heure de calcul.

II.4 Méthode détaillée de Libert [4]

La méthode détaillée Libert est un processus de calcul de la charge frigorifique pour le conditionnement d'air [4]. Elle se présente sous forme de feuille de calcul sous Excel qui résume en long et en large chacune des étapes du bilan frigorifique explicitées dans l'ouvrage de **A. Libert** (Ingénieur civil). Elle prend en compte :

- L'altitude où sont situés les locaux.
- Le lieu géographique des locaux.
- Le mois, le jour et l'heure choisis.
- Les conditions de température extérieure et intérieure des locaux.
- Les caractéristiques de l'air extérieur et intérieur des locaux.
- La position réelle des parois vitrées ou opaques.
- La chaleur dû aux occupants.
- La chaleur dû à l'éclairage et aux divers appareils électroménagers.

Toutes les hypothèses de calculs, les formules, les démarches à adopter, ainsi que tous les coefficients et toutes les valeurs considérées, sont consignés dans ledit ouvrage.

Enfin, la méthode est d'une autre époque. En effet, les expériences qui ont permis d'obtenir les coefficients et les valeurs de flux solaires ont été fait il y a de cela très longtemps. Les résultats peuvent être fiables mais ils sont à prendre avec beaucoup d'égard. De plus, vu le fait que toutes les formules et tous les coefficients sont contenus dans un ouvrage [4], on peut dire ici que la méthode n'est pas facile à utiliser et toute personne ne possédant pas cet ouvrage ne pourrait pas bien faire ses calculs. La méthode n'est donc pas à la portée de n'importe quel utilisateur.

II.5 Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel [8].

Ce programme de calcul sous Excel a été conçu par un étudiant de l'université catholique Louvain en Belgique. Il permet d'effectuer les calculs de bilans thermiques pour les locaux à climatiser et notamment d'en estimer la puissance frigorifique. Il tient compte tout particulièrement des conditions de fonctionnement et des particularités spécifiques, telles que

- Le mois, le jour et l'heure choisie pour le calcul.
- Les conditions de température extérieure et intérieure des locaux.
- Les caractéristiques de l'air extérieur évoluant le long de la journée
- La position réelle des parois vitrées ou opaques ensoleillées ou non.
- La chaleur dû aux occupants
- La chaleurs dû à l'éclairage et celles des appareils électroménagers

Le programme de calcul est subdivisé en quinze grandes parties. Chacune des parties étant indépendante de l'autre. L'utilisateur peut donc, après avoir au préalable pris un maximum d'information sur le local, entamer le calcul de la charge frigorifique par n'importe quelle partie. Le mieux étant de commencer par le haut du programme c'est-à-dire part la première partie. De plus, il est vivement conseillé de prendre tout son temps lors du remplissage du tableau car, une mauvaise appréciation pourrait être source d'erreur.

Le programme de calcul est constitué de deux feuilles Excel. La première feuille est réservée aux différents calculs à effectuer. La seconde est réservée aux données (coefficients) qui sont utilisées pour les calculs. Notons que l'utilisateur peut personnaliser cette dernière en y introduisant des données qui sont propres à son projet et au lieu géographique où il réside. Enfin, Il ne faut cependant pas perdre de vue que ces types de programmes ne sont pas à adopter systématiquement [6]. Il est même souhaitable que l'opérateur ait une capacité et une pratique des méthodes simplifiées dans le but de pouvoir apprécier leurs résultats qui peuvent quelques fois être erronés [6].

III. METHODE EXPERIMENTALE DE MESURE DE LA CHARGE FRIGORIQUE

III.1 Justification de la comparaison des résultats

Il existe une multitude de méthodes qui permettent d'obtenir une valeur approchée de la charge frigorifique d'un bâtiment. Chacune des méthodes est plus ou moins adaptée à un type seulement de calcul ou de locaux [1]. Elles ont toutes des avantages et des inconvénients avec les caractéristiques bioclimatiques des locaux.

Alors, on pourrait se poser la question de savoir laquelle des méthodes de calculs est la mieux adaptée aux conditions climatiques des pays tropicaux ? Plus loin encore, quels facteurs pourraient permettre de choisir telle méthode au lieu d'une autre ? Comment faire pour pouvoir mieux comparer toutes ces méthodes entre elles ?

Bien entendu, la première idée qui viendrait à l'esprit serait de procéder à une série de calculs de la charge frigorifique de différents locaux puis de comparer les résultats obtenus. Cela permettrait certes de faire sortir les différences qui peuvent exister entre les résultats donnés par les méthodes de calculs mais, rien ne nous dira lequel est proche de la réalité. C'est pour quoi, pour pallier à ce manquement, il serait intéressant de déterminer, de façon expérimentale, la charge frigorifique du bâtiment. Cette dernière aura l'avantage d'être proche de la réalité. C'est ce qui justifie le fait qu'on ait procédé à différents types d'expériences pour l'établissement du présent travail.

III.2 Choix des locaux

Les locaux qui sont utilisés pour les différents calculs et expériences sont ceux de la ville de Ouagadougou et plus particulièrement ceux du site du 2iE (site Ouagadougou). Le choix est principalement porté sur les locaux déjà climatisés c'est-à-dire des locaux où les climatiseurs sont déjà installés. Ce choix est celui qui convient le plus à notre étude. Car, d'après l'intitulé du thème, il est ici question de confronter les résultats théoriques (donnés par les cinq méthodes ci-dessus cités) aux résultats obtenus par expérimentations. Ainsi, les climatiseurs déjà installés permettraient de réaliser les expériences dans les conditions réelles de fonctionnement. De plus, la puissance des climatiseurs devrait aussi permettre de savoir si les résultats trouvés sont erronés ou pas.

III.3 Instruments utilisés

Les instruments utilisés sont :

- Le double décimètre (chaîne) : Il permet d'avoir les dimensions des locaux ainsi que celles des ouvertures.
- Le thermomètre : Il permet de mesurer les températures internes et externes des locaux.
- L'hygromètre : Il permet de mesurer l'hygrométrie (ou humidité relative) de l'air extérieur et intérieur.
- L'anémomètre : Il permet de mesurer la vitesse de soufflage des climatiseurs.

III.4 Mode opératoire

La prise de mesures s'est effectuée en trois étapes :

- Prise des dimensions des locaux à l'aide d'une chaîne.
- Prise de la température des locaux : Les mesures ont été effectuées en plusieurs endroits du local considéré. C'est la moyenne de toutes les valeurs obtenues qui a été retenue et relevée sur un papier témoin. Pour ce qui est de la température extérieure au local, nous avons voulu qu'elle soit conforme à l'hypothèse de calcul (40°C). C'est pour quoi les mesures ont été effectuées lorsque cette dernière était égale à 40°C. C'est ce qui explique le fait que, dans tous les cas, on retrouve la même valeur.
 - Prise de la température sèche et humide du local à l'aide de l'hygromètre (même chose que précédemment) ; Sur le diagramme de l'air sec (diagramme psychrométrique), on en déduit les valeurs des enthalpies extérieures et intérieures.
 - Prise de la vitesse de soufflage de l'air du climatiseur qui se trouve dans le local (même procédure que les deux étapes précédentes).

III.5 Calcul de la charge expérimentale

Les calculs qui sont effectués montrent comment la charge frigorifique expérimentale est obtenue à partir des mesures effectuées.

Les valeurs déduites des mesures sont :

- H_i enthalpie de l'air intérieur du local étudié (kcal/kg as).
- H_e enthalpie de l'air extérieur (kcal/kg as).
- Masse volumique de l'air γ_{as} (kg/m³).
- Volume du local (m³).
- Le volume d'air soufflé par heure par le (les) climatiseur (s) installé (s) (m³/heure).

On peut ainsi obtenir : $\Delta H = H_e - H_i$ (kcal/kg as).

Pour chacun des locaux choisis, nous avons mesuré le débit d'air soufflé par le (s) climatiseur (s). Les différentes valeurs obtenues seront accompagnées des explications sur la manière dont ceux-ci ont été obtenus. Ainsi, connaissant la vitesse de l'air brassé, on a :

- Surface de la paroi : $S = L \times l$ (m²).
 - ✎ L (m) = Longueur de la grille de soufflage.
 - ✎ l (m) = largeur de la grille de soufflage.
- Débit d'air soufflé : $Q_v = S \times v \times 3600$ (m³/h).

La puissance frigorifique délivrée par le (s) climatiseur (s) en fonctionnement est donc :

- $P = S \times v \times 3600 \times 1,18 \times \Delta H = Q_v \times 1,18 \times \Delta H$ (w)

Remarque : La plus part des mesures de température faites montrent qu'il y a déphasage entre les hypothèses de calculs énoncées plus haut et celles qu'on a trouver. En effet, la température moyenne mesurée dans les locaux est de 28°C au lieu des 24°C souhaités. Cette différence, assez importante, ne devrait pas nous permettre de comparer les résultats théoriques avec les résultats expérimentaux en toute objectivité. Car, toutes les méthodes donnent les résultats dont l'hypothèse principale est d'obtenir une température de l'air ambiant de 24°C alors que cette valeur n'a pas été atteinte par expérimentation. Nonobstant ce fait, nous essayerons tout de même de comparer les résultats donnés par chacune des méthodes étudiées et les résultats obtenus par l'expérience à la température du local dans la suite du document.

IV. ETUDES DE CAS [1] [2] [3] [4] [7]

Cette partie du présent document est celle qui consiste à faire une étude détaillée des cas particuliers qui ont été observé lors de l'élaboration du travail demandé. Cette étude devrait, en effet, permettre de confronter les différents résultats trouvés par chacune des méthodes de calculs aux résultats expérimentaux. Pour cela, un échantillon représentatif de quatre locaux a été pris. Les locaux sélectionnés sont :

- Une salle à manger.
- Une salle informatique.
- Une chambre à coucher.
- Un Bureau.

Après avoir exposé en détails les cas ci-dessus, nous donnerons en annexes les résultats des autres cas qui ont eux aussi été étudiés. Bien entendu, pour éviter de trop charger notre document, nous ne donnerons que ceux qui appuieront les résultats déjà trouvés.

IV.1 Une salle à manger

C'est une salle de 62 m² de surface de plancher. Elle est située dans l'enceinte du 2iE. Elle accueille un public mixte de soixante personnes en moyenne. Les climatiseurs installés sont des Split système placés sur les murs intérieurs Ouest et Nord du local. La toiture est en tôles ondulées avec plafond sans isolation.

- **Plan du local :**

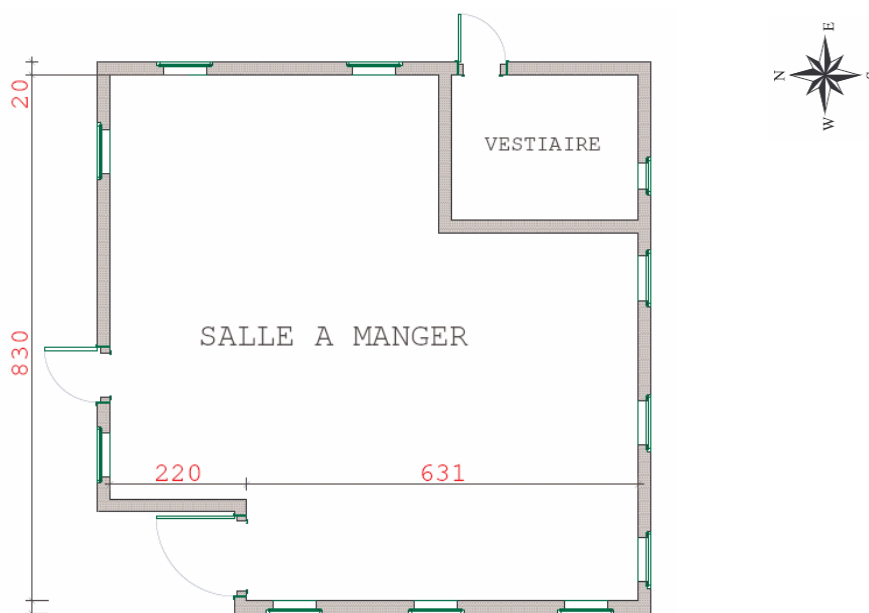


Figure 1: Vue en plan de la salle à manger

- **Données du local :**

Tableau 1: Surfaces des parois de la salle à manger.

Orientation	Murs		Portes		Vitrages		Surface totale des parois		
	Long (m)	Haut (m)	Larg (m)	Haut (m)	Larg (m)	Haut (m)	Portes (m ²)	Vitrages (m ²)	Murs (m ²)
Nord	8,50	2,65	2,35	2,05	1,90	1,10	4,82	2,09	15,62
Sud	8,50	2,65	0,00	0,00	2,85	1,10	0,00	3,14	19,39
Est	8,50	2,65	0,00	0,00	1,90	1,10	0,00	2,09	20,44
Ouest	8,50	2,65	0,00	0,00	2,85	1,10	0,00	3,14	19,39

Toutes les fenêtres ont la même dimension : 95x110. Les portes ont les dimensions suivantes 130x210 et 90x210 et sont fait à base du même matériau que celui des fenêtres (voir tableau 1) donc nous allons aussi les considérer telles.

En temps de pointes, la salle peut accueillir soixante dix (70) personnes à ces derniers, on ajoute les cinq personnes du service. On a donc en tout, soixante quinze personnes (75). Mais, pour être en cohésion avec les résultats expérimentaux, nous avons considérés le nombre de personnes (20) qui était dans la salle lors de la prise des mesures. Donc, au lieu des 75 personnes dont nous parlions plus haut, nous allons faire les calculs en considérant que la salle est faite pour accueillir 20 personnes.

Pour l'éclairage, la salle est équipée de six ampoules fluorescentes. Il n'y a pas de machines ou d'autres type d'appareils susceptible d'y produire de la chaleur.

- **Calcul de la charge frigorifique du local**

a) Méthodes des surfaces climatisées

Le local est exposé au rayonnement solaire avec un apport de chaleur interne dû aux occupants. La surface habitable étant de 61,25 m², on a alors une charge frigorifique moyenne de **14,7 kW**.

b) Méthode simplifiée York

Les calculs et les résultats sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 2: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York

charges thermiques		U	Qté	Fact	P (w)
Postes					
1 vitrage	à l'ombre	m ²	2,09	50	105
	ensoleillé sans stores	m ²	13,2	180	2374
	ensoleillé avec stores intérieurs	m ²	0	135	0
	ensoleillé avec stores extérieurs	m ²	0	90	0
2 murs extérieurs	ensoleillés, isolés	m ²	0	9	0
	ensoleillés, non isolés	m ²	54,4	23	1251
	non ensoleillés, isolés	m ²	0	7	0
	non ensoleillés, non isolés	m ²	20,4	12	245
3 cloisons		m ²	0	10	0
4 plafond ou toit	Isolé	m ²	0	5	0
	non isolé	m ²	0	12	0
	sous toit isolé	m ²	0	10	0
	sous toit non isolé	m ²	72,25	24	1734
5 plancher	Isolé	m ²	0	7	0
	non isolé	m ²	0	10	0
6 renouvellement d'air		m ³ /h	192	5,5	1053
7 occupants		nb	20	144	2880
8 Appareils électriques, éclairage		nb.Puiss	7	140	980
Puissance à installer (kW)			11		

La puissance frigorifique trouvée est donc de **11 kW**.

c) Méthode simplifiée carrier

Les calculs et les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-après.

Tableau 3: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier

Poste	DESCRIPTION	U	Qté	Température ext.			Pf (W)	
				32°C	35°C	38°C		
1 Fenêtres	Fenêtres exposées au soleil	S ou E	m ²	3,14	132	142	158	496
		SO	m ²		243	252	267	0
		O	m ²	3,14	299	315	330	1036
		NO ou SE	m ²		180	190	205	0
2	toutes fenêtres non exposées ou fenêtre Nord		m ²	9	63	79	94	846
3 Murs extérieurs	Murs exposés au soleil comme en 1	structure légère	ml	34	58	67	77	2618
		Structure Lourde	ml		38	48	58	0
4	tous les autres murs non exposés ou mur N		ml	0	24	34	43	0
5 Cloisons	cloison intérieure d'un local non climatisé		ml	0	20	29	38	0
6 Plafonds	plafond : local non conditionné au-dessus		m ²	0	3	9	16	0
	plafond : avec mansarde au dessus	non isolé	m ²	0	26	31	41	0
	plafond : avec mansarde au dessus	isolant 50 mm	m ²	0	9	9	13	0
	plafond avec terrasse	non isolé	m ²	0	22	26	28	0
	plafond avec terrasse	isolant 50 mm	m ²	0	9	9	13	0
	plafond : toiture	non isolé	m ²	61,3	44	50	57	3491
7 Planchers	plancher au dessus de local on climatisé		m ²	0	6	9	16	0
8 Occupants	Occupants + renouvellement d'air		pers	20		293	293	5860
9 divers appareils	éclairage et autres appareils électriques		W	300		1	1	300
10 porte ouverte	portes continuellement ouvertes sur espace non climatisé		ml	2,25	240	240	288	648
Charge de climatisation (kW)				15				

La puissance frigorifique trouvée est alors de **15 kW**.

d) Méthode détaillée Libert

Les calculs et les résultats sont consignés dans le tableau ci-après.

Tableau 4: Calcul de la charge par la méthode détaillée Libert.

		Données				
L (m)	l (m)	h (m)	TeM (°C)	Tem (°C)		
8,5	8,5	2,65	40	28		
Ti (°C)	He (%)	Hi (%)	heure (h)	Mois		
24	30	50	14	Avril		
	14	10,45				
Calculs des apports par conduction						
Murs	Suf. en m ²	K	DT	gain		
S	19,39	2,43	16,00	754		
O	19,39	2,43	16,00	754		
N	15,62	2,43	13,00	493		
E	20,44	2,43	13,00	646		
Plafond	72,25	1,20	26,00	2254		
Total des gains par conduction par les murs				4901		
Vitrages	surf. en m ²	K	DT	gain		
S	3,14	5,8	16	291		
O	3,14	5,8	13	237		
N	6,91	5,8	13	521		
E	2,09	5,8	26	315		
Total des gains de conduction par les fenêtres				1364		
Calcul des apports solaires						
Murs+portes closes	surf en m ²	K	DT fictif	gain		
S	19,39	2,43	3,88	183		
O	19,39	2,43	14,48	682		
N	15,62	2,43	9,49	360		
E	20,44	2,43	15,25	757		
toit	72,25	1,4	10,81	1094		
Total des apports solaires par les murs				3076		
vitrages	Surface	F1*F2	Flux	gain		
S	3,14	1,17	44	115		
porte	0	5,38	11	0		
N	6,91	1,17	50	368		
O	3,14	1,17	513	1282		
E	2,09	1,17	513	815		
Total des apports solaires par les fenêtres				2580		
Calcul des apports sensibles internes						
Nature	quantité	facteurs	Correction	gain		
occupants	20	66,12	0,85	1124		
Eclairage	6	20	0,81	97		
Moteurs	0	0	1	0		
divers App.	1	15	1	15		
infiltration, renouvellement (m3/h)	191,5	14	0,33	885		
Total des gains sensibles internes				2121		
Calcul des apports latents internes						
Nature	quantité	facteurs	Correction	gain		
occupants	20	73,08	0,85	1242		
Infiltrations, renouvellement	191,5	3,55	0,84	571		
Machines	0	0	1	0		
Total des gains latents				1813		
TOTAL DES GAINS DU LOCAL (kW)				16		

La puissance frigorifique trouvée est alors de 16 kW.

e) Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel.

Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-après.

Tableau 5: Calcul de la charge par la méthode logiciel.

CHARGES SENSIBLES TOTALES 9714

CHARGES LATENTES TOTALES 2254

PUISSANCE FRIGORIFIQUE	11,97 kW 40693 BTU
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	5,42 Cv
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,81
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	3,25 l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	1211	12,47 %
2. fenêtre non ensoleillées	240	2,47 %
3. murs extérieurs ensoleillées	1899	19,55 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	1056	10,87 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	0	0,00 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensoleillées	3030	31,19 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10. plancher sous local non climatisé	0	0,00 %
11. Portes en bois	0	0,00 %
12. renouvellement d'air	850	8,75 %
13. occupants	1278	13,16 %
14. éclairage	150	1,54 %
15. machines et appareillages	0	0,00 %

La puissance frigorifique trouvée est : **12 kW**.

• **Résultats expérimentaux**

Tableau 6: Calcul de la charge expérimentale

Données pris en compte	Unités	Valeurs mesurées
Longueur	m	1,4
Largeur	m	0,1
Surface	m ²	0,14
Température extérieure sèche	°C	29
Température extérieure humide	°C	18
H _{ext}	kcal/kg as	11,7
Température intérieure sèche	°C	14
Température intérieure humide	°C	10
H _{int}	kcal/kg as	7
Vitesse de l'air brassé	m/s	3,20
Masse volumique air sec	kg/m ³	1,18
ΔH	kcal/m ³	5,52
Puissance frigorifique	kW	10,51

❖ **Récapitulatif.**

Tableau 7: Récapitulatif des résultats trouvés

Méthode de calcul	Résultats (kW)
Méthodes des surfaces climatisées	15
Méthode simplifiée York	11
Méthode simplifiée Carrier	15
Méthode détaillée Libert	15
Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel	12
Résultat dû à l'expérience	10,51

Lorsque la température du local est égale à 28°C, la puissance dégagée par les climatiseurs est de 10,5 kW. Ce résultat est très proche de celui donnée par les méthodes York et logiciel. Par contre, le résultat est très inférieur aux résultats trouvés par les autres méthodes. Ces résultats nous permettent ainsi d'observer une première tendance des différents résultats obtenus. La suite du document nous en informera un peu plus.

IV.2 Une salle informatique

C'est une salle de 104 m² et est située dans l'enceinte du 2iE. Les portes sont en bois de couleurs rouges, les vitrages sont sans protections et les murs, Sud et Est, donnent sur des salles climatisées. La salle est au dessus d'une salle non climatisée et sa toiture est en tôles ondulées avec plafond sans isolation. La salle est équipée de vingt (20) ordinateurs (écran 17") et de quarante huit ampoules fluorescentes dont dix seulement sont en état de fonctionnement. Enfin, la salle peut accueillir un public mixte de quarante personnes (deux par ordinateurs).

- **Plan de la salle informatique.**

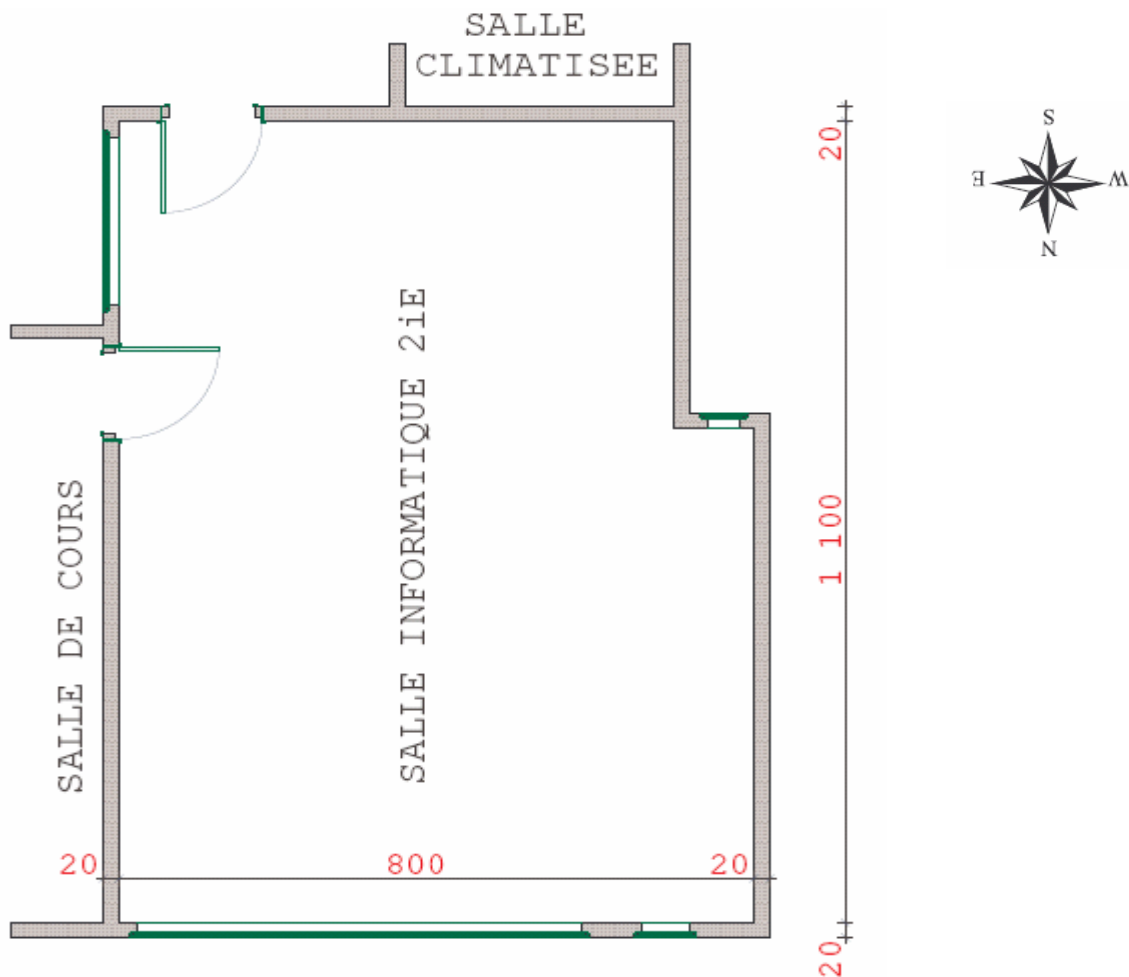


Figure 2: Vue en plan de la salle informatique.

- **Données de la salle informatique**

Tableau 8: Surfaces des parois de la salle informatique

Orientation	Surface totale des parois (m ²)		
	Portes	Vitrages	Murs
Nord	0,00	4,13	27,56
Sud	2,69	1,74	27,25
Est	2,69	2,70	37,00
Ouest	0,00	0,00	42,48

La surface totale du plancher du local est de 103,84 m², la hauteur des murs est de 3,65 m ce qui donne donc un volume de la pièce égale à 374 m³. Les autres informations concernant la salle sont consignées dans le tableau ci-après.

Tableau 9: Les sources de chaleurs interne au local.

Désignation	Genre	Quantité
Occupants	Public mixte	15 ⁽¹⁾
Eclairage	Ampoules fluorescentes	10 ⁽²⁾
Machine ou autres appareils	Ordinateur (Pentium, 17")	20

(1) Nombre de personnes dans la salle au moment de la prise de mesures,

(2) Nombre d'ampoules qui fonctionnant au moment de la prise de mesures.

- **Calcul de la charge frigorifique du local**

a) Méthode des surfaces climatisées

Le local est exposé au soleil avec un apport important de chaleur dû aux occupants et aux appareils électroménagers. La surface du plancher du local étant égale à 103,84 m², on a alors une charge frigorifique de climatisation moyenne de **23 kW**.

b) Méthode simplifiée de York

Les calculs et les résultats sont consignés dans le tableau ci-après.

Tableau 10: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York

charges thermiques		U	Qté	Fact	P (w)
Postes					
1 vitrage	à l'ombre	m ²	1,74	50	87
	ensoleillé sans stores	m ²	6,82	180	1228
	ensoleillé avec stores intérieurs	m ²	0	135	0
	ensoleillé avec stores extérieurs	m ²	0	90	0
2 murs extérieurs	ensoleillés, isolés	m ²	0	9	0
	ensoleillés, non isolés	m ²	64,65	23	1487
	non ensoleillés, isolés	m ²	0	7	0
	non ensoleillés, non isolés	m ²	27,25	12	327
3 cloisons		m ²	0	10	0
4 plafond ou toit	isolé	m ²	0	5	0
	non isolé	m ²	0	12	0
	sous toit isolé	m ²	0	10	0
	sous toit non isolé	m ²	103,8	24	2492
5 plancher	isolé	m ²	0	7	0
	non isolé	m ²	103,8	10	1038
6 renouvellement d'air		m ³ /h	374	5,5	2056
7 occupants		nb	15	144	2160
8 Appareils électriques, éclairage		nb.Puiss	20	140	2800
Puissance à installer (kW)			14		

La puissance frigorifique trouvée est alors de **14 kW**.

c) Méthode simplifiée Carrier

Les calculs et les résultats sont consignés dans le tableau ci-après.

Tableau 11: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier.

Poste	DESCRIPTION	U	Qté	Température ext.			Pf (W)	
				32°C	35°C	38°C		
1 Fenêtres	Fenêtres exposées au soleil	S ou E	m ²	0	132	142	158	0
		SO	m ²	0	243	252	267	0
		O	m ²	0	299	315	330	0
		NO ou SE	m ²	0	180	190	205	0
2	toutes fenêtres non exposées ou fenêtre Nord		m ²	8,56	63	79	94	805
3 Murs extérieurs	Murs exposés au soleil comme en 1	structure légère	ml	0	58	67	77	0
		Structure Lourde	ml	42,5	38	48	58	2464
4	tous les autres murs non exposés ou mur N		ml	27,6	24	34	43	1185
5 Cloisons	cloison intérieure d'un local non climatisé		ml	27,6	20	29	38	1047
6 Plafonds	plafond : local non conditionné au-dessus		m ²		3	9	16	0
	plafond : avec mansarde au dessus	non isolé	m ²		26	31	41	0
	plafond : avec mansarde au dessus	isolant 50 mm	m ²		9	9	13	0
	plafond avec terrasse	non isolé	m ²		22	26	28	0
	plafond avec terrasse	isolant 50 mm	m ²		9	9	13	0
	plafond : toiture	non isolé	m ²	104	44	50	57	5919
7 Planchers	plancher au dessus de local on climatisé		m ²	104	6	9	16	1661
8 Occupants	Occupants + renouvellement d'air		pers	15		293	293	4395
9 divers appareils	éclairage et autres appareils électriques		W	20		1	250	5000
10 porte ouverte	portes continuellement ouvertes sur espace non climatisé		ml	0,9	240	240	288	259
Charge de climatisation (kW)				23				

La puissance frigorifique trouvée est alors **23 kW**.

d) Méthode détaillée Libert

Tableau 12: Calcul de la charge par la méthode détaillée Libert.

Données				
L (m)	l (m)	h (m)	TeM (°C)	Tem (°C)
11,8	8,8	3,5	40	28
Ti (°C)	He (%)	Hi (%)	heure (h)	Mois
24	30	50	14	Avril
Calculs des apports par conduction				
Murs	surf. en m ²	K	ΔT	gain
S	27,26	1,18	16	515
N	27,56	1,18	16	520
E	37,09	1,18	13	569
Plafond	103,84	1,2	16	1994
Plancher	103,84	1,2	13	1620
Total des gains par conduction par les murs				5218
Vitrages	surf. en m ²	K	ΔT	gain
S	1,74	5,8	16	161
Porte	5,38	3,94	13	276
N	4,12	5,8	16	382
E	2,7	5,8	13	204
Total des gains de conduction par les fenêtres				1023
Calcul des apports solaires				
Murs+portes closes	surf en m ²	K	ΔT fictif	gain
S	27,26	1,18	3,88	125
O	42,48	1,18	14,48	726
N	27,56	1,18	9,49	309
E	37,09	1,18	15,25	667
toit	103,84	1,2	10,81	1347
Total des apports solaires par les murs				3174
vitrages	Surface	F1*F2	Flux	gain
S	1,74	1,17	44	64
porte	5,38	5,38	11	318
N	4,12	1,17	50	219
E	2,7	1,17	513	1053
Total des apports solaires par les fenêtres				1655
Calcul des apports sensibles internes				
Nature	quantité	facteurs	Correction	gain
occupants	15	66,12	0,85	843
Eclairage	48	20	0,81	778
Moteurs	0	0	1	0
divers App.	20	250	1	5000
infiltration, renouvellement (m ³ /h)	374	16	0,33	1974
Total des gains sensibles internes				8594
Calcul des apports latents internes				
Nature	quantité	facteurs	Correction	gain
occupants	15	73,08	0,85	932
Infiltrations, renouvellement	374	3,5	0,84	1099
Machines	20	1	1	20
Total des gains latents				2051
TOTAL DES GAINS DU LOCAL (kW)				22

La puissance frigorifique trouvée est égale à **22kW**.

e) Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel

Les calculs et les résultats sont consignés dans les tableaux ci-après.

Tableau 13: Calcul de la charge par la méthode logiciel.

CHARGES SENSIBLES TOTALES	20018	
CHARGES LATENTES TOTALES	2013	
PUISSANCE FRIGORIFIQUE	22,03	kW
	74906	BTU
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	9,98	Cv
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,91	
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	2,90	l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	2444	12,21 %
2. fenêtre non ensoleillées	0	0,00 %
3. murs extérieurs ensoleillées	2616	13,07 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	716	3,58 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	606	3,03 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensoleillées	5195	25,95 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10. plancher sous local non climatisé	1538,316	7,68 %
11. Portes en bois	340	1,70 %
12. renouvellement d'air	1975	9,86 %
13. occupants	837	4,18 %
14. éclairage	250	1,25 %
15. machines et appareillages	3500	17,48 %

La puissance frigorifique trouvée est donc **22 kW**.

• **Résultats expérimentaux**

Tableau 14: Calcul de la charge expérimentale

Données pris en compte	Unités	Valeurs mesurées
Longueur	m	1,4
Largeur	m	0,12
Surface	m ²	0,168
Température extérieure sèche	°C	29
Température extérieure humide	°C	18
H _{ext}	kcal/kg as	11,4
Température intérieure sèche	°C	14
Température intérieure humide	°C	9
H _{int}	kcal/kg as	6,5
Vitesse de l'air brassé	m/s	3,60
Masse volumique air sec	kg/m ³	1,18
ΔH	kcal/m ³	5,88
Puissance frigorifique	kW	15

❖ **Récapitulatif**

Tableau 15: Récapitulatif des résultats obtenus.

Méthode de calcul	Résultats (kW)
Méthodes des surfaces climatisées	23
Méthode simplifiée York	14
Méthode simplifiée Carrier	23
Méthode détaillée Libert	22
Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel	22
Résultat dû à l'expérience	15

Les résultats du tableau ci-dessus confirment la tendance déjà observer plus haut. En effet, lorsque la température du local est égale à 28°C, les climatiseurs produisent une puissance frigorifique de 15 kW. Ce résultat est très proche de celui trouvé par la méthode York. Par contre, toutes les autres méthodes donnent des valeurs comprises entre 22 et 23 kW. Ce cas montre donc que toutes les méthodes, hormis celle de York, peuvent donner un même résultat mais ces derniers étant très supérieur à la charge expérimentale. Ce cas pourrait lui aussi être intéressant dans la suite du travail.

IV.3 Une chambre

La chambre est située au quartier Kalgondé (secteur 28 de la ville de Ouagadougou). Le mur Nord donne sur une salle de séjour qui est souvent utilisée comme cuisine par contre, le mur Ouest donne sur une chambre non climatisée. La toiture est en tôles ondulées avec plafond sans isolation. La fenêtre est en fer avec store intérieure. La chambre peut accueillir un public mixte de deux personnes et est équipée d'une chaîne Hi-Fi.

- **Plan de la chambre**

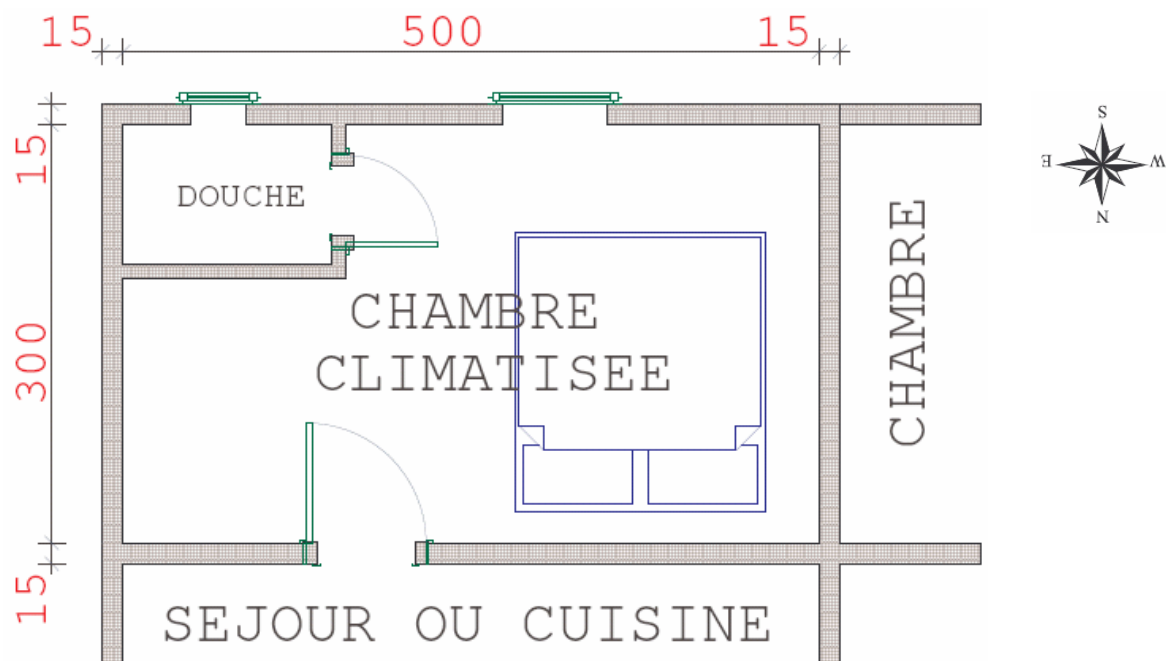


Figure 3: Vue en plan de la chambre à coucher.

- **Données de la chambre**

Tableau 16: Surfaces des parois de la chambre.

Orientation	Surface totale des parois (m ²)		
	Portes	Vitrages	Murs
Nord	1,97	0,00	11,28
Sud	0,00	1,41	11,85
Est	0,00	0,00	7,95
Ouest	0,00	0,00	7,95

La surface totale du plancher du local est de 15 m², la hauteur des murs est de 2,6m ce qui donne donc un volume de la pièce égale à 40 m³. Les autres informations concernant la chambre sont consignées dans le tableau ci-après

Tableau 17: Source de chaleur interne au local.

Désignation	Genre	Quantité
Occupants	Mixte (homme + femme)	2
Eclairage	Ampoule fluorescente	1
Machines ou autres appareils	Chaîne HI-FI	1

- **Calcul de la charge frigorifique**

a) Méthode des surfaces climatisées

La surface habitable de la chambre est de 15 m², le local est exposé au soleil et n'a aucune forme d'apport de chaleur interne. La charge frigorifique trouvée est alors **3,2 kW**.

b) Méthode simplifiée York

Tableau 18: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York.

poste	charges thermiques	U	Qté	P		
				Fact	(W)	
1	vitrage	à l'ombre	m ²	0	50	0
		enseleillé sans stores	m ²	1,41	180	254
		enseleillé avec stores intérieurs	m ²	0	135	0
		enseleillé avec stores extérieurs	m ²	0	90	0
2	murs extérieurs	enseleillés, isolés	m ²	0	9	0
		enseleillés, non isolés	m ²	19,8	23	455
		non enseleillés, isolés	m ²	0	7	0
		non enseleillés, non isolés	m ²	0	12	0
3	cloisons	m ²	19,23	10	192	
4	plafond ou toit	isolé	m ²	0	5	0
		non isolé	m ²	0	12	0
		sous toit isolé	m ²	0	10	0
		sous toit non isolé	m ²	15	24	360
5	plancher	isolé	m ²	0	7	0
6	renouvellement d'air	m ³ /h	40	5,5	220	
7	occupants	nb	2	144	288	
8	Appareils électriques, éclairage	nb.Puiss	2	140	280	
Puissance à installer (kW)		2				

c) Méthode simplifiée Carrier

Tableau 19: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier.

Poste	DESCRIPTION	U	Qté	Température ext.			Pf (W)	
				32°C	35°C	38°C		
1 Fenêtres	Fenêtres exposées au soleil	S ou E	m ²	1,4	132	142	158	222,78
		SO	m ²	0	243	252	267	0
		O	m ²	0	299	315	330	0
		NO ou SE	m ²	0	180	190	205	0
2	toutes fenêtres non exposées ou fenêtre Nord		m ²	0	63	79	94	0
3 Murs extérieurs	Murs exposés au soleil comme en 1	structure légère	ml	8	58	67	77	616
		Structure Lourde	ml	0	38	48	58	0
4	tous les autres murs non exposés ou mur N		ml	0	24	34	43	0
5 Cloisons	cloison intérieure d'un local non climatisé		ml	8	20	29	38	304
6 Plafonds	plafond : local non conditionné au-dessus		m ²		3	9	16	0
	plafond : avec mansarde au dessus	non isolé	m ²		26	31	41	0
	plafond : avec mansarde au dessus	isolant 50 mm	m ²		9	9	13	0
	plafond avec terrasse	non isolé	m ²		22	26	28	0
	plafond avec terrasse	isolant 50 mm	m ²		9	9	13	0
	plafond : toiture	non isolé	m ²	15	44	50	57	855
7 Planchers	plancher au dessus de local on climatisé		m ²	0	6	9	16	0
8 Occupants	Occupants + renouvellement d'air		pers	2		293	293	586
9 divers appareils	éclairage et autres appareils électriques		W	100		1	1	100
10 porte ouverte	portes continuellement ouvertes sur espace non climatisé		ml	1	240	240	288	273,6
Charge de climatisation (kW)				3				

La puissance frigorifique trouvée est de **3 kW**.

d) Méthode détaillée Libert

Tableau 20: Calcul de la charge par la méthode détaillée Libert

Données				
L (m)	l (m)	h (m)	TeM (°C)	Tem (°C)
5	3	2,65	40	28
Ti (°C)	He (%)	Hi (%)	heure (h)	Mois
24	30	50	14	Avril
Calculs des apports par conduction				
Murs	surf. en m ²	K	ΔT	gain
S	11,85	2,43	16	461
O	7,95	2,43	13	251
N	11,28	2,43	13	356
E	7,95	2,43	16	309
Plafond	15	1,4	16	336
Plancher	15	1,4	0	0
Total des gains par conduction par les murs				1713
Vitrages	surf. en m ²	K	ΔT	gain
S	1,41	5,8	16	131
Porte	1,97	3,94	13	101
O	0	0	16	0
N	0	5,8	16	0
E	0	0	16	0
Total des gains de conduction par les fenêtres				232
Calcul des apports solaires				
Murs+portes closes	surf en m ²	K	ΔT fictif	gain
S	11,85	2,43	3,88	112
O	7,95	2,43	14,48	280
N	11,28	2,43	9,49	260
E	7,95	2,43	15,25	295
toit	15	1,4	10,81	227
Total des apports solaires par les murs				1173
vitrages	Surface	F1*F2	Flux	gain
S	1,41	1,17	44	64
porte	1,97	5,38	11	117
N	0	1,17	50	0
O	0	1,17	513	0
E	0	1,17	513	0
Total des apports solaires par les fenêtres				180
Calcul des apports sensibles internes				
Nature	quantité	facteurs	Correction	gain
occupants	2	44,08	0,85	75
Eclairage	1	40	0,81	32
infiltration, renouvellement (m ³ /h)	40	16	0,33	210
Total des gains sensibles internes				317
Calcul des apports latents internes				
Nature	quantité	facteurs	Correction	gain
occupants	2	66,12	0,85	112
Infiltrations, renouvellement	40	3,55	0,84	119
Total des gains latents				231
TOTAL DES GAINS DU LOCAL (kW)				3,8

La puissance frigorifique trouvée est **3,8 kW**.

e) Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel

Les résultats trouvés sont consignés dans les tableaux ci-après.

Tableau 21: Calcul de la charge frigorifique par la méthode logiciel.

CHARGES SENSIBLES TOTALES	3291	
CHARGES LATENTES TOTALES	264	
PUISSANCE FRIGORIFIQUE	3,56 kW	
	12088 BTU	
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	1,61 Cv	
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,93	
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	0,38 l/h	

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	192	5,84 %
2. fenêtre non ensoleillées	0	0,00 %
3. murs extérieurs ensoleillées	975	29,62 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	0	0,00 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	246	7,49 %
6. murs en contact avec la cuisine	589,182	17,90 %
7. toitures ensoleillées	0	0,00 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	840	25,52 %
10. plancher sous local non climatisé	0	0,00 %
11. Portes en bois	63	1,92 %
12. renouvellement d'air	211	6,42 %
13. occupants	113	3,45 %
14. éclairage	25	0,76 %
15. machines et appareillages	36	1,09 %

La puissance frigorifique est de **3,56 kW**.

• **Résultats expérimentaux**

Tableau 22: Calcul de la charge expérimentale

Données pris en compte	Unités	Valeurs mesurées
Longueur	m	0,7
Largeur	m	0,06
Surface	m ²	0,042
Température extérieure sèche	°C	26
Température extérieure humide	°C	16
H _{ext}	kcal/kg as	11,4
Température intérieure sèche	°C	13
Température intérieure humide	°C	9
H _{int}	kcal/kg as	6,5
Vitesse de l'air brassé	m/s	3,00
Masse volumique air sec	kg/m ³	1,18
ΔH	kcal/m ³	5,88
Puissance frigorifique	kW	3,15

❖ **Récapitulatif**

Tableau 23: Récapitulatif des résultats trouvés

Méthode de calcul	Résultats (kW)
Méthodes des surfaces climatisées	3
Méthode simplifiée York	2
Méthode simplifiée Carrier	3
Méthode détaillée Libert	3,8
Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel	3,4
Résultat dû à l'expérience (Valeurs mesurées)	3,15

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessus vont eux aussi dans le même sens que ceux déjà commentés plus haut. En effet, le résultat donné par la méthode simplifiée York est, une fois de plus, encore inférieur à ceux trouvés par les autres méthodes. Pour une température interne du local égale à 26°C, l'expérience donne une puissance frigorifique de 3,49 kW. Cette valeur est très voisine de celle que toutes les méthodes, hormis celle de York, ont trouvé.

IV.4 Un bureau

Le bureau est situé dans l'enceinte du site du 2iE. La porte est en bois de couleur rouge, les vitres sont dépourvues de protections. Les murs, Est et Ouest, donnent sur des bureaux climatisés. Le bureau peut accueillir une population mixte de deux ou trois personnes. La toiture est en tôles ondulées avec un plafond sans isolation. Enfin, le bureau est au dessus d'une salle non climatisée.

- **Plan du bureau**

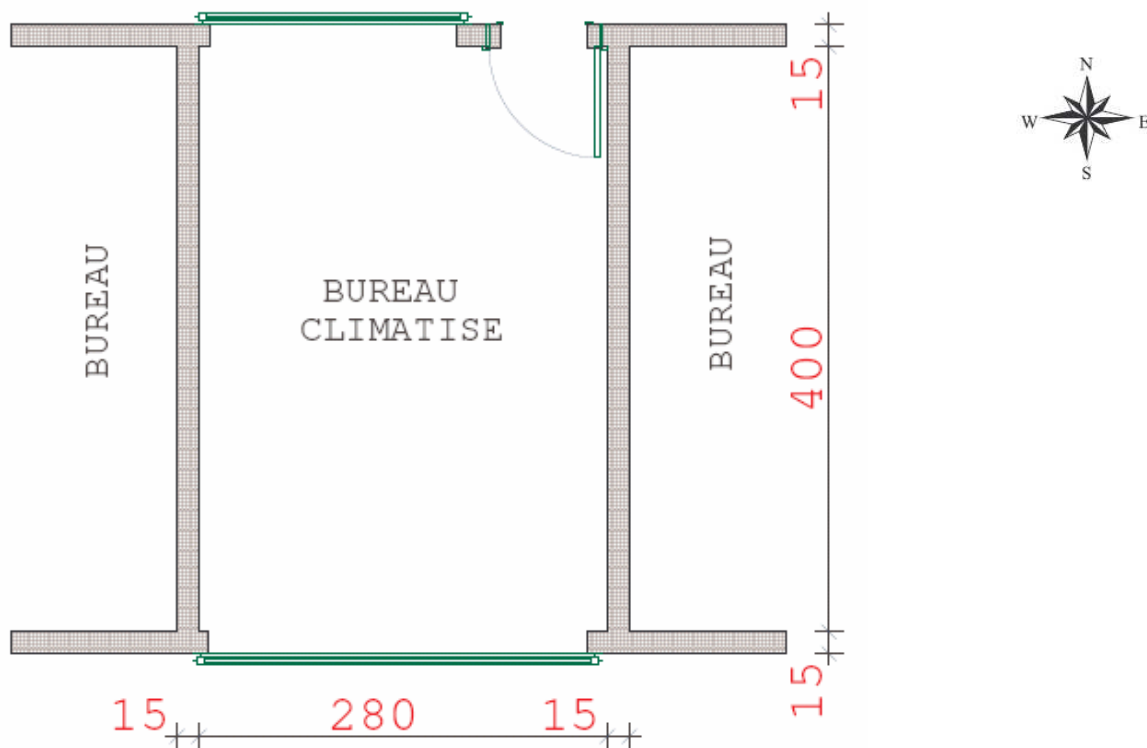


Figure 4: Vue en plan du bureau

- **Données du bureau**

Tableau 24: Surfaces des parois du bureau.

Orientation	Surface totale des parois (m ²)		
	Portes	Vitrages	Murs
Nord	1,51	3,39	2,53
Sud	0,00	1,68	5,74
Est	0,00	0,00	10,60
Ouest	0,00	0,00	10,60

La surface totale du plancher habitable est de 11,2 m², la hauteur des murs est de 2,65 m ce qui donne donc un volume de la pièce égale à 30 m³. Les autres informations concernant le local sont consignées dans le tableau ci-après.

Tableau 25: Sources de chaleur interne au local.

Désignation	Genre	Quantité
Occupants	Mixte	3
Eclairage	Ampoule fluorescente	1
Machines ou autres appareils	Ordinateur + imprimante	1

- **Calcul de la charge frigorifique**

a) Méthode des surfaces climatisées

La surface du local est de 11,2 m². Il est exposé au soleil avec un léger apport de chaleur interne. La puissance frigorifique trouvée est donc de **2,7 kW**.

b) Méthode simplifiée York

Tableau 26: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York.

poste	charges thermiques		U	Qté	Fact	P (W)
1	vitrage	à l'ombre	m ²	3,39	50	169,5
		ensoleillé sans stores	m ²	1,68	180	302,4
		ensoleillé avec stores intérieurs	m ²	0	135	0
		ensoleillé avec stores extérieurs	m ²	0	90	0
2	murs extérieurs	ensoleillés, isolés	m ²	0	9	0
		ensoleillés, non isolés	m ²	5,74	23	132,02
		non ensoleillés, isolés	m ²	0	7	0
		non ensoleillés, non isolés	m ²	2,53	12	30,36
3	cloisons		m ²	0	10	0
4	5	sous toit non isolé	m ²	11,2	24	268,8
plancher isolé		m ²	0	7	0	
plancher non isolé		m ²	11,2	10	112	
6	renouvellement d'air		m ³ /h	29,68	5,5	163,24
7	occupants		Nombre	3	144	432
8	Appareils électriques, éclairage		nb.Puiss	4	140	560
Puissance à installer (kW)						2

c) Méthode simplifiée Carrier

Les calculs et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 27: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier.

Poste	DESCRIPTION	U	Qté	Température ext.			Pf (W)	
				32°C	35°C	38°C		
1 Fenêtres	Fenêtres exposées au soleil	S ou E	m ²	1,68	132	142	158	265,4
		SO	m ²	0	243	252	267	0
		O	m ²	0	299	315	330	0
		NO ou SE	m ²	0	180	190	205	0
2	toutes fenêtres non exposées ou fenêtre Nord		m ²	3,39	63	79	94	318,7
3 Murs extérieurs	Murs exposés au soleil comme en 1	structure légère	ml	2,8	58	67	77	215,6
		Structure lourde	ml	0	38	48	58	0
4	tous les autres murs non exposés ou mur N		ml	2,8	24	34	43	120,4
5 Cloisons	cloison intérieure d'un local non climatisé		ml	0	20	29	38	0
6 Plafonds	plafond : local non conditionné au-dessus		m ²		3	9	16	0
	plafond : avec mansarde au dessus	non isolé	m ²		26	31	41	0
	plafond : avec mansarde au dessus	Isolant 50 mm	m ²		9	9	13	0
	plafond avec terrasse	non isolé	m ²		22	26	28	0
	plafond avec terrasse	Isolant 50 mm	m ²		9	9	13	0
	plafond : toiture	non isolé	m ²	11,2	44	50	57	638,4
7 Planchers	plancher au dessus de local non climatisé		m ²	11,2	6	9	16	179,2
8 Occupants	Occupants + renouvellement d'air		pers	3		293	293	879
9 divers appareils	éclairage et autres appareils électriques		W	500		1	1	500
10 porte ouverte	portes continuellement ouvertes sur espace non climatisé		ml	0,7	240	240	288	201,6
Charge de climatisation (kW)				3,3				

La puissance frigorifique trouvée est de **3,3 kW**.

d) Méthode détaillée Libert

Les calculs et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 28: Calcul de la charge frigorifique par la méthode détaillée Libert.

Données				
L (m)	l (m)	h (m)	TeM (°C)	Tem (°C)
4	2,8	2,65	40	28
Ti (°C)	He (%)	Hi (%)	heure (h)	Mois
24	30	50	14	Avril
Calculs des apports par conduction				
<i>Murs</i>	<i>surf. en m²</i>	<i>K</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>
<i>S</i>	5,74	2,2	16	202,048
<i>N</i>	2,53	2,2	13	72,358
<i>Plafond</i>	11,2	1,2	16	215,04
<i>Plancher</i>	11,2	1,2	16	215,04
Total des gains par conduction par les murs				704
<i>Vitrages</i>	<i>surf. en m²</i>	<i>K</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>
<i>S</i>	1,68	5,8	16	156
<i>Porte</i>	1,51	3,94	13	77
<i>N</i>	7,43	5,8	13	560
<i>E</i>	0	0	16	0
Total des gains de conduction par les fenêtres				793
Calcul des apports solaires				
<i>Murs+portes closes</i>	<i>surf en m²</i>	<i>K</i>	<i>ΔT fictif</i>	<i>gain</i>
<i>S</i>	5,74	2,2	3,88	49
<i>N</i>	4,04	2,2	9,49	84
<i>toit</i>	11,2	1,2	10,81	145
Total des apports solaires par les murs				279
<i>vitrages</i>	<i>Surface</i>	<i>F1*F2</i>	<i>Flux</i>	<i>gain</i>
<i>S</i>	1,68	1,17	44	61
<i>porte</i>	1,51	3,94	11	65
<i>N</i>	3,39	1,17	50	180
<i>O</i>	0	1,17	513	0
<i>E</i>	0	1,17	513	0
Total des apports solaires par les fenêtres				307
Calcul des apports sensibles internes				
<i>Nature</i>	<i>quantité</i>	<i>facteurs</i>	<i>Correction</i>	<i>gain</i>
<i>occupants</i>	3	66,12	0,85	169
<i>Eclairage</i>	1	20	0,81	16
<i>Moteurs</i>	1	250	1	250
<i>divers App.</i>	2	15	1	30
<i>infiltration, renouvellement (m³/h)</i>	30	16	0,33	157
Total des gains sensibles internes				622
Calcul des apports latents internes				
<i>Nature</i>	<i>quantité</i>	<i>facteurs</i>	<i>Correction</i>	<i>gain</i>
<i>occupants</i>	3	73,08	0,85	186
<i>Infiltrations, renouvellement</i>	30	3,5	0,84	87
Total des gains latents				274
TOTAL DES GAINS DU LOCAL (kW)				3

La charge frigorifique trouvée est de **3kW**.

e) Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel

Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 29: Calcul de la charge frigorifique par la méthode logiciel.

CHARGES SENSIBLES TOTALES	2631	
CHARGES LATENTES TOTALES	277	
PUISSANCE FRIGORIFIQUE	2,91 9890	kW BTU
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	1,32	Cv
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,90	
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	0,40	l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	481	18,28 %
2. fenêtre non ensoleillées	174	6,60 %
3. murs extérieurs ensoleillées	366	13,92 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	106	4,03 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	0	0,00 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensoleillées	550	20,90 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10. plancher sous local non climatisé	194,48	7,39 %
11. Portes en bois	95	3,59 %
12. renouvellement d'air	158	6,02 %
13. occupants	170	6,46 %
14. éclairage	50	1,90 %
15. machines et appareillages	286,9	10,90 %

La puissance frigorifique trouvée est de **2,9 kW**.

• **Résultats expérimentaux**

Les résultats obtenus par l'expérience faite à partir de la vitesse de l'air brassé par le climatiseur installé sont consignés dans le tableau ci-après. La méthode de calcul a été explicitée plus haut.

Tableau 30: Calcul de la charge expérimentale

Données pris en compte	Unités	Valeurs mesurées
Longueur	m	0,2
Largeur	m	0,12
Surface	m ²	0,024
Température extérieur sèche	°C	40
Température extérieur humide	°C	23
Humidité relative de l'air extérieur	%	
H _{ext}	kcal/kg as	16,2
Température intérieur sèche	°C	28
Température intérieur humide	°C	17
Humidité relative de l'air du local	%	32,37
H _{int}	kcal/kg as	11,4
Vitesse de l'air brassé	m/s	4,50
Masse volumique air sec	kg/m ³	1,18
ΔH	kcal/m ³	5,76
Puissance frigorifique	kW	2,64

❖ **Récapitulatif**

Tableau 31: Récapitulatif des résultats trouvés.

Méthode de calcul	Résultats (kW)
Méthodes des surfaces climatisées	2,9
Méthode simplifiée York	2,2
Méthode simplifiée Carrier	3,3
Méthode détaillée Libert	3
Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel	2,9
Résultat dû à l'expérience	2,64

Le tableau ci-dessus montre que toutes les méthodes donnent le même résultat. De plus, ces derniers sont également proches de la valeur trouvée par l'expérience. Enfin, bien que la valeur expérimentale soit très proche de celles trouvées par toutes les méthodes, la température et le degré d'hygrométrie souhaités par hypothèse (24°C, 50%) ne sont toujours pas atteints. Nous essayerons de mettre un peu de lumière sur ce fait dans la dernière partie du présent mémoire.

En somme, les graphiques ci-après font un récapitulatif des résultats théoriques et expérimentaux trouvés ci-dessus. Les figures 1 et 2 sont des histogrammes des différents résultats trouvés par les méthodes de calculs suivant le cas considéré. Ici, on constate que, suivant les cas, la méthode de York donne des résultats qui sont, dans la plus part des cas, inférieurs aux résultats expérimentaux. D'autre part, on remarque que les autres méthodes (ratios, Carrier, Libert, logiciel), quant à elles, donnent des résultats qui sont d'une part égaux entre eux et, d'autre part, égaux ou légèrement supérieur au résultat expérimental (voir figure ci-après).

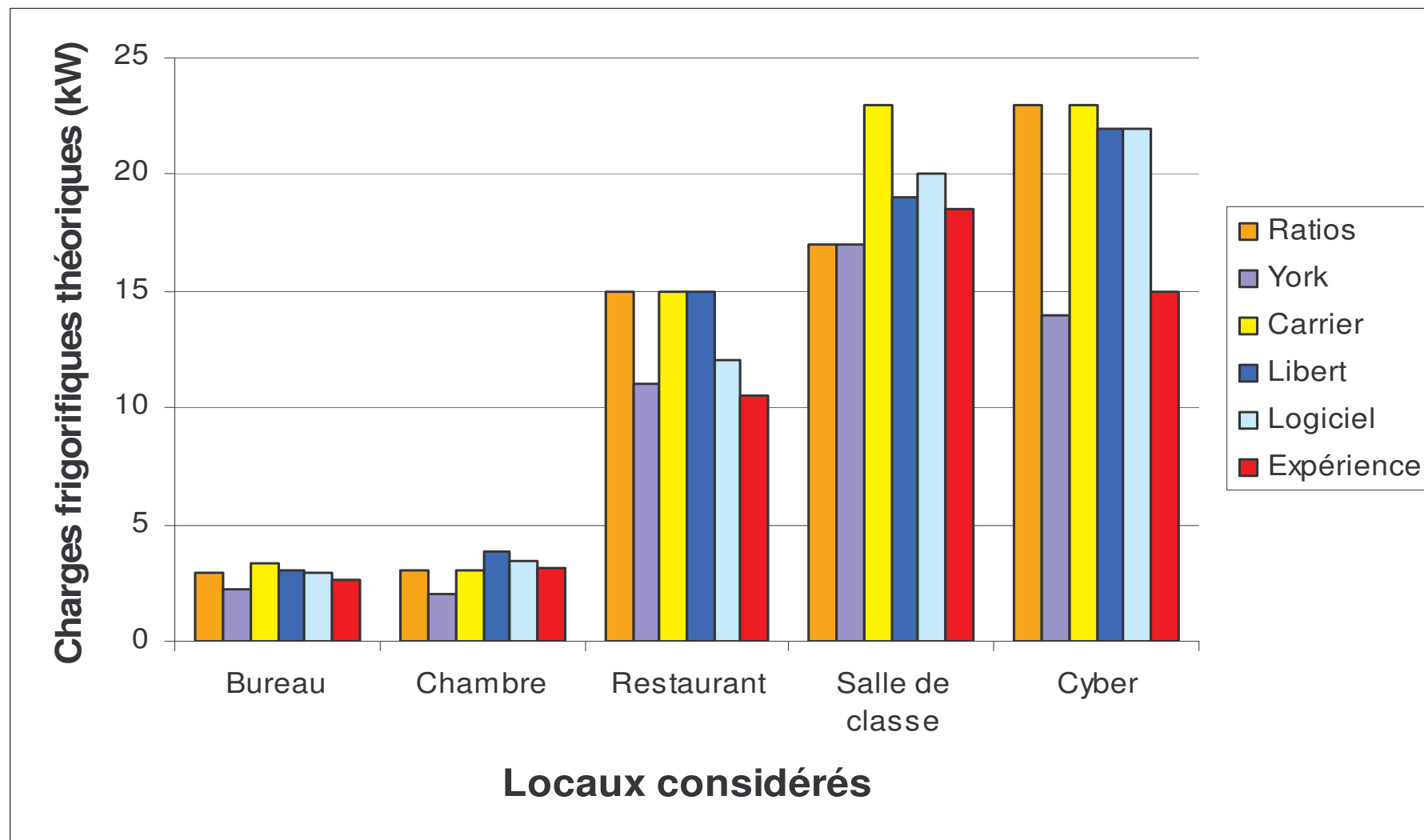


Figure 5: Comparaison des résultats théoriques avec les résultats expérimentaux.

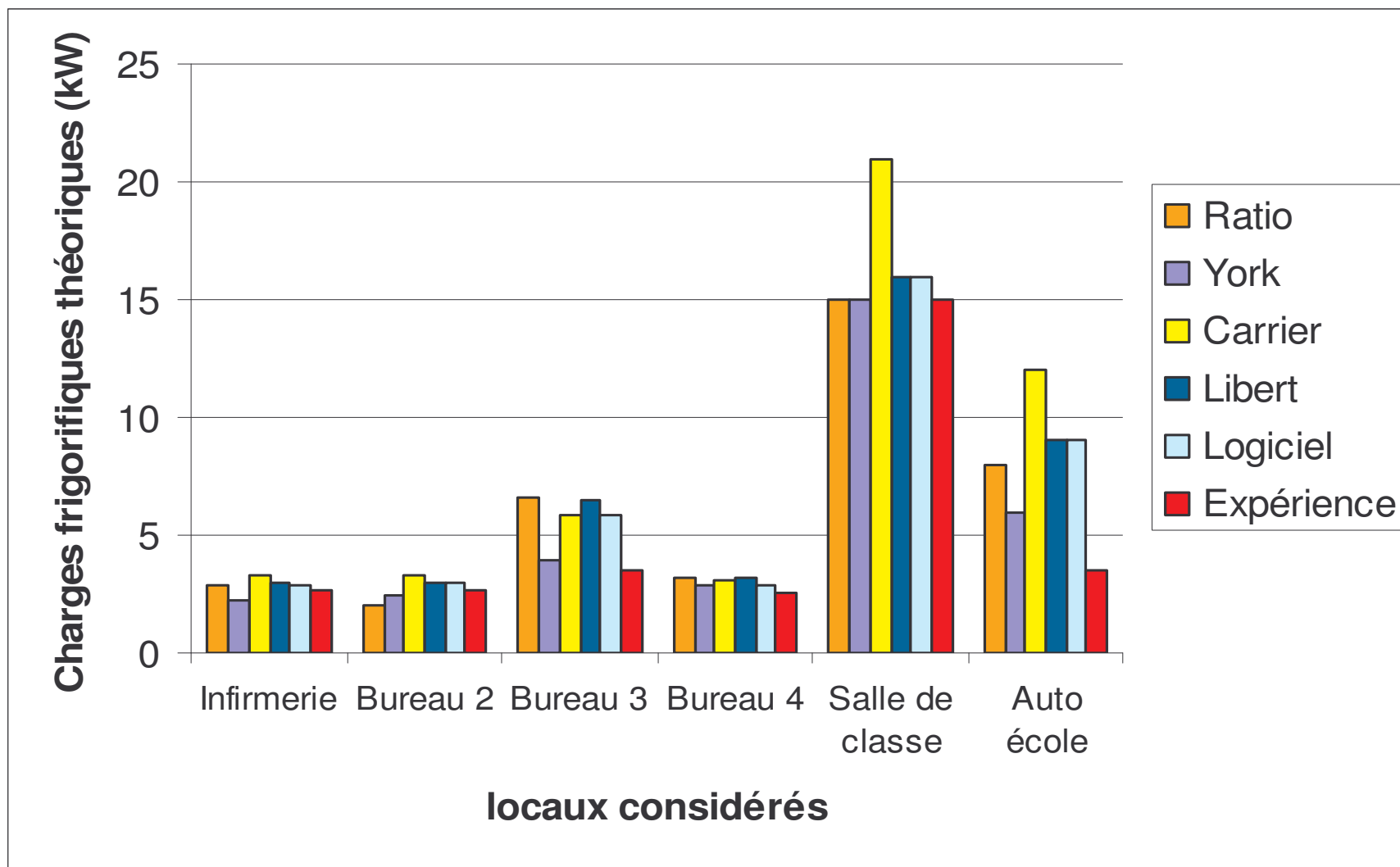


Figure 6: Comparaison des résultats théoriques avec les résultats expérimentaux (suite).

V. DISCUSSIONS ET COMPARAISONS DES RESULTATS

V.1 Discussions

D'emblée, nous ne pouvons affirmer laquelle des méthodes donne des résultats qui sont plus proches de ceux trouvés par l'expérience. Cela est particulièrement dû au fait que les climatiseurs installés ne délivrent pas souvent des puissances frigorifiques permettant de satisfaire les conditions de confort souhaitées par hypothèses (24°C , $Hr=50\%$). En effet, au cours de notre phase d'expérimentation, nous avons remarqué que les températures internes des locaux variaient entre 26°C (chambre) et 28 voire 30°C (autres locaux). Cette différence de température, comme on le voit, ne nous a donc pas permis de bien apprécier les différentes valeurs obtenues. Pour mieux comparer les résultats (théoriques et expérimentaux), nous allons énoncer les différents points divergents qu'on a pu constater.

D'abord, lorsque le nombre de personne dans un local est acceptable (0,5 personnes par m^2) et lorsque la surface du plancher est faible (bureau ou chambre), toutes les méthodes donnent des valeurs qui sont voisines les unes des autres. Dans ce type de cas, très souvent, le système de climatisation fournit une puissance frigorifique voisine de celle trouvée par l'ensemble des méthodes. C'est ce qui explique le fait que la température soit proche des 24°C souhaités par hypothèses. On dira alors que toutes les méthodes sont adaptées à ces types de locaux.

De plus, on a pu remarquer que les deux méthodes détaillées donnent très souvent les valeurs qui sont égales entre elles (Voir figure 1, cas de la chambre et du bureau). Mais cette tendance change brusquement lorsque les vitrages se situent à l'Est ou à l'Ouest des parois opaques du local à étudier (voir figure 3 et 4). Cela est particulièrement dû au fait que la méthode Libert ne fait pas de différence entre une vitre qui est exposée au rayonnement solaire ou qu'elle soit complètement à l'ombre à l'heure du calcul. Par contre, la méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel prend tous ces détails en compte. En outre, les valeurs de flux solaire maximal utilisés par la méthode Libert sont nettement supérieures à celles utilisés par la méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel. A ce niveau, pour pallier à ce manquement, comme nous l'avons déjà signalé plus haut, le projeteur pourrait, suivant l'heure le mois et la latitude du lieu de son projet, changer les coefficients afin de conformer ces derniers à sa région.

Ajoutons aussi le fait qu'une mauvaise connaissance de la position du soleil par rapport au local à l'heure et au mois de calcul peut lui aussi être source d'erreur. En effet, une bonne partie des méthodes met un accent particulier sur les parois opaques et les vitres exposées au soleil à l'heure du calcul. Donc, une petite négligence à ce niveau pourrait entraîner une mauvaise estimation des apports de chaleur due au rayonnement solaire.

Le fait que la méthode York donne souvent des résultats qui sont (très) inférieurs à ceux trouvés par les autres peut lui aussi avoir une explication. En effet, nous avons déjà signaler que la cette méthode n'était fiable que pour des variations de températures de huit degrés celcius. Or, pour les calculs effectués, on avait à faire à une variation de température de 16°C. Ce qui représente le double de la différence de température conseillée. Bien que cette différence existe, la méthode donne quand même, dans certain cas, de bons résultats.

Enfin, nous avons constaté que l'ensemble des locaux dans lesquels nous avons eu à travailler est démunie de systèmes d'isolations thermiques. De plus, les fenêtres et les portes sont, dans le plus part des cas, souvent ouverts ou parfois mal fermés pendant que le système de climatisation est en marche. Ce fait, pourrait expliquer les différences qui existent entre les valeurs expérimentales et théoriques. Pour palier à ce manquement, une solution serait alors de procéder à de pareilles expériences dans les locaux où il n'y aura pas de fuite d'air frais. Ainsi, en plus d'avoir des résultats théoriques approchés de la charge frigorifique du local, on aura aussi des résultats expérimentaux qui seront un peu plus parlant que ceux que nous avons eu au cours de notre travail.

V.2 Comparaison et choix d'une méthode de calcul

Dans la troisième partie de cet ouvrage, nous avons déjà signalé combien il nous serait difficile, voire impossible, de comparer les méthodes de calculs en toute objectivité. En effet, la température qu'on aurait souhaité établir dans les locaux n'est pas celle qui a été mesurée lors de la phase expérimentale. De plus, bien que la température mesurée ne soit pas égale à celle qu'on aurait souhaité établir, on remarque aussi le fait que cette dernière varie d'un cas à un autre. C'est ce qui complique un peu plus la comparaison que nous avons à faire entre les différentes méthodes de calculs. Car, comparer les résultats obtenus reviendrait donc à comparer des entités qui n'ont pas de points en commun. Or, il se trouve qu'on doit justement faire cette comparaison, c'est pour quoi nous allons essayer d'en faire une qui soit, à notre sens, le plus juste possible.

Les figures 5 et 6 donnent un résumé des travaux qui ont été effectués sur un certain nombre de locaux de la ville de Ouagadougou. Une observation simple a fait sortir les deux grands axes suivants :

- Les résultats inférieurs ou égaux à la charge expérimentale,
- Les résultats supérieurs à la charge expérimentale.

D'emblée, on pourrait affirmer que les meilleures méthodes de calculs sont celles qui, pour un cas donné, donnent les résultats qui sont inférieurs ou égaux à la charge expérimentale. Cela paraîtrait juste mais n'aurait aucun sens car, bien que les résultats soient égaux, les conditions de confort souhaités par hypothèse ne sont pas satisfaites. Ces méthodes ne peuvent donc être recommander que lorsqu'on souhaite juste baisser la température interne des locaux de quelques degrés sans que l'on se soucie de la performance du système de climatisation installé. Méthodes concernées : **York et Ratios**.

D'autre part, nous avons les méthodes qui donnent des résultats qui sont supérieurs à la charge expérimentale. Ces méthodes présentent un avantage certain car la part de puissance au dessus de la charge expérimentale pourrait permettre d'amener la température interne du local aux 24°C souhaités par hypothèse ou du moins à une température qui soit inférieure à la moyenne (28°C) trouvée lors de la phase expérimentale. C'est pour quoi notre choix va se porter sur les méthodes suivantes : **Carrier, Logiciel et Libert**.

Pour nous récapituler, nous donnons ci-après un tableau qui, d'une part, fait un récapitulatif des principales observations faites et, d'autre part, permettrait de choisir une méthode de calculs adaptée aux types de résultats souhaités.

Tableau 32: Méthode de calcul conseillée en fonction de la l'utilisation du local

METHODE DE CALCULS	DESTINATION DES LOCAUX						
	Salle de classe	Chambre, dortoir	Bureau et locaux assimilés	Amphithéâtre, salle conférence	Boutique, supermarchés	Café, bar, restaurant	Hôpital
Méthodes des surfaces climatisées	X	X	X				
Méthode simplifiée York	X	X	X				
Méthode simplifiée Carrier	X	X	X	X	X	X	X
Méthode détaillée Libert	X	X	X	X	X	X	X
Méthode détaillée utilisant un logiciel sous Excel	X	X	X	X	X	X	X

CONCLUSION

En somme, l'objectif visé par le présent mémoire a été de calculer la charge frigorifique de climatisation dans certains locaux en utilisant cinq méthodes différentes puis de comparer les résultats obtenus avec la mesure de la charge expérimentale délivrée par les systèmes de climatisation existant.

Dans certain cas, les résultats expérimentaux sont égaux aux résultats théoriques (chambres, bureaux et autres locaux avec moins de 20 m² de surface de plancher). Cela, ne peut être généralisé à tout les locaux car il y en a où les deux types de résultats sont bien différents

La comparaison des résultats théoriques et expérimentaux montre qu'il existe deux types de résultats : Ceux qui sont supérieures à la charge expérimentale et ceux qui lui sont inférieures. En essayant de comprendre cette différence dans le fond, on constate que ce sont les méthodes qui donnent les résultats qui sont supérieurs qui pourraient être les meilleures méthodes de calculs de la charge frigorifique. Quant aux méthodes qui donnent des résultats inférieurs ou égaux à la charge expérimentale, elles ne devraient pas de ce fait être rejeté car elles pourraient être utilisées pour les calculs dans les locaux où on ne souhaiterait qu'abaisser la température du bâtiment.

Toutes les méthodes de calculs ont donné des résultats assez significatifs, elles méritent de ce fait une attention particulière. Les travaux actuels ne nous permettent pas de nous prononcer avec certitude sur l'origine des différences qui existent entre les résultats théoriques et les résultats expérimentaux d'une part et, d'autre part, entre les résultats donnés par les méthodes de calculs. Il serait alors impératif de continuer ce travail. Pour cela, plusieurs perspectives peuvent être envisagées. Il reste à effectuer un important travail expérimental dans les locaux adaptés afin de mieux estimer la charge expérimentale dégagée par les systèmes de climatisation.

BIBLIOGRAPHIE

[1] : COULIBALY Y., *Cours de climatisation*, polycopié de l'EIER, 1997.

[2] : COULIBALY Y., *Calculs de charges frigorifiques*, polycopié de l'EIER, Novembre 2002.

[3] : PORCHER G., *Cours de climatisation*, Les éditions parisiennes chaud - froid - plomberie, CFP, 1993.

[4] : Libert A., *Le calcul des charges calorifiques en conditionnement d'air*, les édition parisiennes chaud - froid - plomberie, CFP.

[5] : SEMPORE F., *Techniques frigorifiques*, polycopié de l'EIER-ETSHER, Octobre 2005.

[6] : SEMPORE F., *Technologie de climatisation*, polycopié de l'EIER-ETSHER, Janvier 2005

[7] : IEPF, *Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale, tome1 : Conception de nouveaux bâtiments*, ISBN : 2-89481-012-1.

[8] : Sites INTERNET

www.meteofrance.fr

www.exaclim.com

www.carrier.com

www.wikipedia.org

www.thermexel.com

Listes des tableaux et des figures

Tableau 1: Surfaces des parois de la salle à manger.	14
Tableau 2: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York	15
Tableau 3: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier	16
Tableau 4: Calcul de la charge par la méthode détaillée Libert.	17
Tableau 5: Calcul de la charge par la méthode logiciel.....	18
Tableau 6: Calcul de la charge expérimentale.....	19
Tableau 7: Récapitulatif des résultats trouvés	19
Tableau 8: Surfaces des parois de la salle informatique.	21
Tableau 9: Les sources de chaleurs interne au local.....	21
Tableau 10: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York	22
Tableau 11: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier.	23
Tableau 12: Calcul de la charge par la méthode détaillée Libert.	24
Tableau 13: Calcul de la charge par la méthode logiciel.....	25
Tableau 14: Calcul de la charge expérimentale.....	26
Tableau 15: Récapitulatif des résultats obtenus.	26
Tableau 16: Surfaces des parois de la chambre.	27
Tableau 17: Source de chaleur interne au local.....	28
Tableau 18: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York.	28
Tableau 19: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier.	29
Tableau 20: Calcul de la charge par la méthode détaillée Libert	30
Tableau 21: Calcul de la charge frigorifique par la méthode logiciel.	31
Tableau 22: Calcul de la charge expérimentale.....	32
Tableau 23: Récapitulatif des résultats trouvés	32
Tableau 24: Surfaces des parois du bureau.	33
Tableau 25: Sources de chaleur interne au local.	34
Tableau 26: Calcul de la charge par la méthode simplifiée York.	34
Tableau 27: Calcul de la charge par la méthode simplifiée Carrier.	35
Tableau 28: Calcul de la charge frigorifique par la méthode détaillée Libert.	36
Tableau 29: Calcul de la charge frigorifique par la méthode logiciel.	37
Tableau 30: Calcul de la charge expérimentale.....	38
Tableau 31: Récapitulatif des résultats trouvés.....	38
Tableau 32: Méthode de calcul conseillée en fonction de la l'utilisation du local	44
Figure 1: Vue en plan de la salle à manger.....	14
Figure 2: Vue en plan de la salle informatique.	20
Figure 3: Vue en plan de la chambre à coucher.	27
Figure 4: Vue en plan du bureau	33
Figure 5: Comparaison des résultats théoriques avec les résultats expérimentaux.	40
Figure 6: Comparaison des résultats théoriques avec les résultats expérimentaux (suite).	41

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de calcul de la charge frigorifique par la méthode des surfaces climatisées ou ratios.

CALCUL DES CHARGES BASE SUR LA CHALEUR PAR m² DE SURFACE HABITABLE

FONCTION DU LOCAL	FACTEUR		FACTEUR	
	BTU/h/sq ft *		W/m ² **	
	min	max	min	max
Local non exposé au soleil et sans aucune génération de chaleur interne	55	60	150	170
local non exposé au soleil mais avec un léger apport de chaleur dû aux appareils ou aux personnes	60	70	170	200
Local exposé au soleil sans apport de chaleur interne	70	80	200	225
local exposé au rayonnement solaire avec un léger apport de chaleur interne	80	90	225	255
Local exposé au rayonnement avec apport important de chaleur dû aux apports importants de chaleur dû aux appareils internes	faire un calcul détaillé dans ce cas en prenant en compte la chaleur effective apportée par chaque élément			

(*) British terminal unit per hour per squared feet

(**) Watt par mètre carré

Annexe 2 : Fiche de calcul de la charge frigorifique par la méthode simplifiée York (source : www.exaclim.com)

Bilan frigorifique simplifié York

Client :		Date :	N° de projet:				
Téléphone :		Nature du local :					
Adresse :							
Validité du calcul: rafraîchissement de 8°C / Exemple : Extérieur 35°C BS - Intérieur 27°C BS							
CHARGES THERMIQUES		PARAMETRES	X	FACTEUR	=	PUISSANCE	
VITRAGES	à l'ombre		m ²	x	50	=	0
	enseleillés sans stores extérieurs		m ²	x	180	=	0
	enseleillés avec stores intérieurs		m ²	x	135	=	0
	enseleillés avec stores extérieurs		m ²	x	90	=	0
MURS EXTERIEURS	enseleillés, isolés		m ²	x	9	=	0
	enseleillés, non isolés		m ²	x	23	=	0
	non enseleillés, isolés		m ²	x	7	=	0
	non enseleillés, non isolés		m ²	x	12	=	0
PAROIS INTERIEURES *			m ²	x	10	=	0
PLAFOND OU TOIT *	isolé		m ²	x	5	=	0
	non isolé		m ²	x	12	=	0
	sous toit isolé		m ²	x	10	=	0
	sous toit non isolé		m ²	x	24	=	0
PLANCHER *	isolé		m ²	x	7	=	0
	non isolé		m ²	x	10	=	0
RENOUVELLEMENT D'AIR			m ³ /h	x	4,5	=	0
OCCUPANTS			pers.	x	144	=	0
APPAREILS ELECTRIQUES, ECLAIRAGES, en fonctionnement			W	x	1	=	0
PUISSANCE FRIGORIFIQUE À INSTALLER:			0			W	

* A ne pas prendre en compte si ces parois sont contiguës à des espaces climatisés

Ce type de bilan thermique approché s'applique uniquement pour du « confort »

Important : Cette méthode simplifiée permet seulement d'obtenir un bilan frigorifique approché et ne peut pas être utilisée dans le cas où des conditions de températures ou d'hygrométrie sont exigées. Ce bilan ne convient pas à une estimation des besoins calorifiques.

Annexe 3 : Fiche de calcul de la charge frigorifique par la méthode carrier (source : www.carrier.com).

METHODE SIMPLIFIEE CARRIER (BILAN THERMIQUE)

Application confort seulement 24°C intérieur

Client : Date :
 Tel : Tel :
 Adresse : Fax :

DESCRIPTION	QUANTITE		FACTEUR			PUISSANCE W
			Temp ext. °C			
			32	35	38	
1 FENETRES EXPOSEES AU SOLEIL	S. ou E	m_x	132	142	158	=
Ne prendre que l'exposition qui donne le résultat le plus élevé	S. O	m_x	243	252	267	=
	O	m_x	299	315	330	=
2 FENETRES NON COMPRISES EN -1-	NO ET SE	m_x	180	190	205	=
3 MURS EXPOSES AU SOLEIL		m_x	63	79	94	=
Prende la même exposition qu'en -1-	Mur léger	m.lin.x	58	67	77	=
4 TOUS MURS NON COMPRIS EN -3-	Mur lourd	m.lin.x	38	48	58	=
5 CLOISONS Toutes cloisons intérieures		m.lin.x	24	34	43	=
adjacentes à un local non climatisé		m.lin.x	20	29	38	=
6 PLAFOND Local non climatisé au dessus		m_x	3	9	16	=
ou TOITURE Plafond avec	Non isolé	m_x	26	31	41	=
(Prendre l'un mansarde au dessus	Isolation 50mm	m_x	9	9	13	=
ou l'autre) Terrasse avec plafond	Non isolé	m_x	22	26	28	=
au dessous	Isolation 50mm	m_x	9	9	13	=
Toiture	Non isolé	m_x	9	9	13	=
7 PLANCHER Local non conditionné au dessous ou sur vide sanitaire		m_x	6	9	13	=
8 OCCUPANTS (Comprend le renouvellement d'air passant dans l'appareil)	Nbre d'occup.	Pers.x		293		=
9 ECLAIRAGE ET APPAREILS ELECTRIQUES (en fonctionnement)		Wx				=
10 PORTES OU BAIES CONTINUELLEMENT OUVERTES SUR UN LOCAL NON CLIMATISE		m.lin.x	240	240	288	=

Important : Cette méthode simplifiée permet seulement d'obtenir un bilan thermique approché et ne peut être utilisée dans le cas où des garanties précises de température et d'hygrométrie sont exigées.

Annexe 4 : Fiche de calcul de la charge frigorifique de climatisation par la méthode détaillée Libert.

CALCUL DES CHARGES DE CLIMATISATION D'UN LOCAL				
Longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	TeM (°C)	Tem (°C)
0	0	0	0	0
Ti (°C)	He (%)	Hi (%)	heure (h)	Mois
0	0	0	14	Avril
Calcul des apports par conduction				
Murs	<i>surf. en m²</i>	<i>K</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>
S	0	0	0	0
O	0	0	0	0
N	0	0	0	0
E	0	0	0	0
Plafond	0	0	0	0
Plancher	0	0	0	0
Total des gains par conduction par les murs				0
Vitrages	<i>surf. en m²</i>	<i>K</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>
S	0	0	0	0
Porte	0	0	0	0
O	0	0	0	0
N	0	0	0	0
E	0	0	0	0
Total des gains par conduction par les fenêtres				0
Calculs des apports solaires				
Murs+portes closes	<i>surf en m²</i>	<i>K</i>	<i>ΔT fictif</i>	<i>gain</i>
S	0	0	2,66	0
O	0	0	9,80	0
N	0	0	6,29	0
E	0	0	10,35	0
toit	0	0	7,13	0
Total des apports solaires par les murs				0
vitrages	<i>Surface</i>	<i>F1*F2</i>	<i>Flux</i>	<i>gain</i>
S	0	0,00	0	0
porte	0	0,00	0	0
N	0	0,00	0	0
O	0	0,00	0	0
E	0	0,00	0	0
Total des apports solaires par les fenêtres				0
Calcul des apports sensibles internes				
Nature	<i>quantité</i>	<i>facteurs</i>	<i>Correction</i>	<i>gain</i>
occupants	0	0	0	0
Eclairage	0	0	0	0
Moteurs	0	0	0	0
divers App.	0	0	0	0
infiltration, renouvellement (m ³ /h)	0	0	0	0
Total des gains sensibles internes				0
Calculs des apports latents internes				
Nature	<i>quantité</i>	<i>facteurs</i>	<i>Correction</i>	<i>gain</i>
occupants	0	0	0	0
Infiltrations, renouvellement	0	0	0	0
Machines	0	0	0	0
Total des gains latents				0
FCS				0
TOTAL DES GAINS DU LOCAL (w)				0

Important : Pour les valeurs des coefficients, de flux solaire et les formules à utilisées, se rapporter au polycopié EIER « Calculs des charges frigorifique » ou à l'ouvrage de Mr A. Libert.

Annexe 5 : Résultats obtenus par l'ensemble des méthodes ainsi que par la méthode expérimentale. Tous les résultats sont en kW.

Annexe 5.1 :

Méthodes de calculs	Bureau	Chambre	Restaurant	Salle de classe	Cyber
Ratios	2,9	3	15	17	23
York	2,2	2	11	17	14
Carrier	3,3	3	15	23	23
Libert	3	3,8	15	19	22
Logiciel	2,9	3,4	12	20	22
Expérience	2,64	3,49	11,3	18,5	17

Annexe 5.2 :

Méthodes de calculs	Infirmierie	Bureau 2	Bureau 3	Bureau 4	Salle de classe 2	Auto école
Ratios	2,9	2	6,64	3,2	15	8
York	2,2	2,4	3,9	2,9	15	6
Carrier	3,3	3,3	5,9	3,1	21	12
Libert	3	3	6,5	3,2	16	9
Logiciel	2,9	3	5,8	2,9	16	9
Expérience	2,64	2,62	3,46	2,51	15	3,56

Nota : Les détails de calculs sont exposés dans la quatrième partie du document. Ici, nous ne donnons que les cas qui, à notre sens, sont très explicatifs.