

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la recherche scientifique

Université Abderrahmane MIRA BEJAIA  
Faculté de Technologie  
Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Installations énergétiques et turbomachines

Par :

**Maouche Hana**

**Mesroua Hicham**

## Thème

---

**Etude et Dimensionnement d'une centrale de conditionnement  
d'air d'un hopital « OUED GHIR BEJAIA »**

---

Soutenu le 15/10/ 2020 devant le jury composé de:

**Mr. BOUTALBI NADIR**

Président

**Mr. DJERRADA ABDERAHMEN**

Rapporteur

**Mr. HAMDI MESSAOUD**

Examineur

**Année Universitaire 2019-2020**

## Remerciements

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers notre créateur « ALLAH » de nous avoir donné la santé, la volonté, l'énergie et le courage afin d'accomplir et de mener à terme ce travail humble.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter nos plus sincères remerciements à notre promoteur **M<sup>r</sup> Djerrada Abderrahmane**, pour sa bienveillance, sa générosité, sa patience, sa rigueur, sa motivation, son implication, son orientation et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire et leur grand effort qui nous a permis de réaliser ce travail qui n'aurait pas pu avoir le jour sans son aide et son encadrement.*

*Qu'il trouve ici le témoignage de notre profond respect.*

*Nos sincères considérations et remerciements sont aussi exprimés aux membres du jury pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.*

*Qu'ils ont l'amabilité d'examiner ce modeste travail et de participer à notre jury.*

*Nous vous remercions de nous avoir honorés en acceptant de juger notre modeste travail.*

*Nos remerciements vont également à tous les professeurs et les enseignants qui nous ont beaucoup encouragés et soutenus depuis le début de nos premières années du primaire à la dernière cinquième année d'université.*

*À la fin nos profonds remerciements à tout le personnel de l'entreprise EURL CFCE et les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail.*

## Dédicaces

*J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail :*

*À celle qui m'a arrosée de tendance et d'espairs, qui m'a bénie par ces prières :*

*ma chère maman **BENOUARET Farida**.*

*À mon support dans ma vie, qui m'a appris et m'a dirigé vers la gloire :*

*mon cher papa **Farid**.*

*Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

*À mes adorables frères à qui j'ai beaucoup de respect et d'amour ceux qui étaient toujours à mes côtés, à me soutenir et m'encourager :**Ali, sa femme Hanane et Tarik**.*

*À mes tantes **Katiba, Naima, Hadjira, Aida, Sabrina et Fouzia** et leurs familles.*

*À ma grande mère **Malika** que dieu l'accorde santé et longue vie.*

*À tous les enseignants de la faculté qui m'ont appris beaucoup de choses.*

*À toute ma famille et toutes personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.*

*Un grand merci à vous tous.*



**MAUCHE HANA**

## **Dédicaces**

*Je tiens à dédier ce modeste travail :*

*À Mes chers parents, c'est grâce à leurs sacrifices  
et leur patience, qui m'ont permis de réaliser mes  
ambitions et atteindre mes objectifs.*

*À mes frères*

*À ma femme*

*À mes amis et à tous ceux qui m'ont assisté et soutenu dans mes études.*



**MESROUA HICHAM**

# Sommaire

---

<b>Remerciements.....</b>	<b>i</b>
<b>Dédicaces.....</b>	<b>ii</b>
<b>Table des figures.....</b>	<b>v</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>vi</b>
<b>Nomenclature .....</b>	<b>viii</b>
<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Aspects généraux de conditionnement d'air</b>	
Introduction .....	2
I.1. Définition de la climatisation .....	2
I.2. Modes de transferts de chaleur : .....	3
I.3. Confort thermique .....	3
I.3.1. Définition du confort thermique .....	3
I.3.2. Les paramètres affectant le confort thermique.....	4
a. Les paramètres physiques d'ambiance .....	4
b. Paramètres liés à l'individu .....	5
c. Paramètres liés aux gains thermiques internes .....	6
I.4. Air humide : .....	7
I.4.1. Généralités sur l'air humide .....	7
I.4.2. Caractéristiques de l'air humide .....	7
I.5. Classification des installations de climatisation .....	8
I.5.1. Principe de fonctionnement d'une installation de climatisation.....	10
I.6. Fonctionnement du circuit frigorifique .....	10
I.6.1. Cycle frigorifique rever.....	11
I.6.2. Groupe d'eau glacée.....	12

# Sommaire

---

a. Avantages de ce système de climatisation.....	13
b. Principe de fonctionnement.....	14
I.7. Les ventilo-convecteurs :.....	15
Conclusion .....	16
<b>Chapitre II : Réglementation thermique</b>	
Introduction.....	17
II.1. Conditions de base .....	17
II.1.1. Conditions extérieur de base.....	17
II.1.2. Conditions intérieure de base .....	19
II.2. Règles de calcul des apports calorifiques .....	20
II.2.1. Apports à travers les parois.....	20
II.2.2. Apports de chaleur interne.....	25
II.2.3. Apports thermiques dus à l'introduction d'air extérieure .....	26
II.2.4. Apports calorifiques totaux.....	27
II.3. Étude du cycle de l'évolution de l'air .....	28
II.3.1. Calcul du débit d'air : .....	28
a. Débit d'air soufflé :.....	28
b. Débit d'air repris : .....	29
II.3.2. la Puissance des batteries :.....	29
a. Puissances de la batterie froide :.....	29
b. Puissances de la batterie chaude.....	29
Conclusion .....	29

## **Chapitre III : Bilan frigorifique**

Introduction .....	30
III.1. Paramètres géographiques du projet.....	30

# Sommaire

---

III.2. Caractéristiques des matériaux utilisés dans le projet .....	30
III.2.1. Valeurs des coefficients de transmission surfacique $K$ .....	32
III.2.2. Variation de la température sèche de l'air extérieur $\theta_e(t)$ .....	32
III.2.3. Valeurs du rayonnement total et diffus de la base.....	33
III.3. Exemple de calcul du bilan frigorifique.....	33
III.3.1. Paramètres géométriques.....	33
III.3.2. Calcul de la masse surfacique des murs .....	33
III.3.3. Apports à travers les parois opaques .....	34
III.4. Apports de chaleur internes .....	39
III.4.1. Apports de chaleur dus aux occupants .....	39
III.4.2. Apports dus aus éclairages .....	39
III.4.3. Apports dus aux appareils électrique .....	40
III.5. Apports de chaleur par introduction d'air extérieur .....	41
III.6. Apports calorifiques totaux.....	41
III.7. Apports totaux sensibles et latents (puissance frigorifique).....	42
III.8. Bilan frigorifique pour le bloc pédopsychiatrie.....	42
III.9. Evaluation de l'air : .....	54
III.9.1. Etude du cycle de l'évolution de l'air:.....	55
.Conclusion.....	61
Conclusion Générale .....	62

# Table des figures

Figure I.1 :Plage de confort thermique.....	4
Figure I.2 : Les variables principales du confort global.....	5
Figure I.3 : Gains thermiques internes d'un espace. ....	6
Figure I.4 : Vue d'ensemble d'une installation d'un mono-split .....	8
Figure I.5 : Installation de climatisation centrale .....	9
Figure I.6 : Cycle frigorigène .....	10
Figure I.7 : Fonctionnement de la valve de renversement. ....	12
Figure I.8 : Groupe frigorifique de production d'eau glacée. ....	13
Figure I.9 : Schéma d'un circuit de distribution de froid à partir d'un fluide frigoporteur.....	14
Figure I.10 : Composants du groupe d'eau glacée.....	15
Figure III.1 :Centrale de traitement d'air. ....	55
Figure III.2 : Représentation graphique du point soufflage.....	57
Figure III.3: Représentation graphique du cycle en régime été . ....	60

# Listes de tableaux

Tableau II.1 : Conditions extérieurs de base .....	18
Tableau II.2 : Conditions intérieurs de base.....	20
Tableau III.1 : Caractéristiques des matériaux utilisés pour les murs extérieurs.....	30
Tableau III.2 : Caractéristiques des matériaux utilisés pour les murs intérieurs.....	31
Tableau III.3 : Caractéristiques des matériaux utilisés pour le plancher bas .....	31
Tableau III.4 : Caractéristiques des matériaux utilisés pour le plancher haut.....	31
Tableau III.5 : Les coefficients de transmission surfacique K des parois.....	32
Tableau III.6 : Les coefficients de transmission surfacique K des parois vitrées .....	32
Tableau III.7 :Variation de la température sèche de l'air extérieur.....	32
Tableau III.8 : Valeurs du rayonnement total et diffus de la base.....	33
Tableau III.9 : Paramètres géothermiques du bureau.....	33
Tableau III.10 : Masse rapportée à la surface du plancher de local étudié.....	34
Tableau III.11 : Apports à travers paroi opaque aérienne. ....	34
Tableau III.12 : Apports à travers le toit. ....	35
Tableau III.13 : Apports à travers les parois intérieures .....	35
Tableau III.14 : Apports à travers le plancher.....	36
Tableau III.15 : Apports à travers la porte .....	36
Tableau III.16 : Gains dus au gradient de température. ....	37
Tableau III.17 : Gains dus au rayonnement solaire.....	38
Tableau III.18 : Apports totaux à travers paroi vitrée .....	38
Tableau III.19 : Gains de chaleur dus aux occupants.....	39
Tableau III.20 : Apports de chaleur dus aux éclairages. ....	39
Tableau III.21 : Apports dus aux appareils électrique. ....	40
Tableau III.22 : Apports internes sensibles et latents.....	40
Tableau III.23 : Apports sensibles dus aux infiltrations.....	41
Tableau III.24 : Apports calorifiques totaux .....	41
Tableau III.25 : Apports totaux sensibles et latents .....	42
Tableau III.26 : Apports de chaleur par transmission à travers la paroi extérieur .....	43
Tableau III.27 : Apports à travers le toit. ....	44
Tableau III.28 : Apports à travers les parois en contact avec le sol .....	44

Tableau III.29 : Apports à travers les parois intérieures .....	45
Tableau III.30 : Apports à travers les portes .....	46
Tableau III.31 : Apports à travers le plancher.....	47
Tableau III.32 : Apports à travers les parois vitrées.....	48
Tableau III.33 : Apports de chaleur dus aux occupants.....	49
Tableau III.34 : Apports de chaleur dus aux éclairages .....	50
Tableau III.35 : Apports de chaleur dus aux machines électrique .....	51
Tableau III.36 : Apports sensibles et latents dus aux infiltrations d'air.....	52
Tableau III.37 : Apports calorifique sensibles et latents du bloc .....	53
Tableau III.38 : Apports totaux sensibles et latents du bloc .....	53
Tableau III.39 : Caractéristique des différents points du cycle.....	60

# Nomenclature

Symboles	Désignation	unité
$r_{b,e}^s$	Humidité spécifique de base de l'air extérieure	$\text{kg}_{\text{d'eau}} / \text{kg}_{\text{d'air sec}}$
$E_b$	Écart diurne de base	$^{\circ}\text{k}$
$C_{TS}$	Coefficient correcteur	%
$It, b$	Rayonnement total de base	$\text{W} / \text{m}^2$
$Id, b$	Rayonnement diffus de base	$\text{W} / \text{m}^2$
$It$	Rayonnement total maximal réel	$\text{W} / \text{m}^2$
$Id$	Rayonnement diffus maximal réel	$\text{W} / \text{m}^2$
$C_{\text{cadre}}$	Coefficient tenant compte de la nature de cadre	-
$C_{\text{limp}}$	Coefficient tenant compte de la nature de la limpidité	-
$C_{\text{alt}}$	Coefficient tenant compte de la nature de l'altitude	-
$C_{\text{ros}}$	Coefficient tenant compte de la nature de la valeur du point du rosé	-
$r_{b,i}^s$	Humidité spécifique de base de l'air intérieur	$\text{kg}_{\text{d'eau}} / \text{kg}_{\text{d'air sec}}$
$K_{\text{été}}$	Coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été	$\text{w} / \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{k}$
$S_{\text{int}}$	Surface intérieure total de la paroi considérée	$\text{m}^2$
$\Sigma R$	Somme des résistances thermique de différentes couches de matériaux	$\text{w} / \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{k}$
$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$	Somme des résistances d'échange superficiel	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{k} / \text{W}$
$e$	Épaisseur du matériau	m
$C_{\Delta\theta_e}$	Facteur de correction	$^{\circ}\text{k}$
$It, b(40)$	Le rayonnement total de base pour le mois de juillet la latitude $40^{\circ}$ et pour l'orientation de considérée	$\text{W} / \text{m}^2$
$C_{\text{inc}}$	Coefficient correcteur	-
$S_{\text{ouv}}$	Surface de l'ouverture dans la paroi opaque	$\text{m}^2$
$S_v$	Surface total vitrée	$\text{m}^2$
$S_{v_{\text{ens}}}$	Surface vitrée ensoleillée	$\text{m}^2$

## Nomenclature

$N_{pvi}$	Coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées	-
$K_{wn}$	Coefficient de transmission du vitrage nu	$W / m^2 \cdot ^\circ K$
$r_v$	Résistance supplémentaire des voilages éventuels	$m^2 \cdot ^\circ K / W$
$r_{rid}$	Résistance supplémentaire des rideaux éventuels	$m^2 \cdot ^\circ K / W$
$r_{occ}$	Résistance supplémentaire des occultations	$m^2 \cdot ^\circ K / W$
$M$	Masse rapportée à la surface du plancher	$kg / m^2$
$m_{ext}$	Masse des parois séparant la zone thermique considérée et les l'environnement extérieur	Kg
$m_{sep}$	Masse des parois séparant la zone thermique considérée et les autres zones thermiques	Kg
$S_{pl}$	Surface de plancher pour la zone thermique considérée	$m^2$
$N_{Al,j}$	Coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j	-
$Q_{s,oc}$	Gains sensibles des occupants	W
$n$	Nombre d'occupants	-
$C_{s,oc}$	Chaleur sensible des occupants	W
$Q_{l,oc}$	Gains latents des occupants	W
$C_{l,oc}$	Chaleur latente des occupants	W
$W_n$	Puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent	W
$C_m$	Coefficient de majoration	-
$C_{cr}$	Pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle	-
$qv_{inf}$	Débit d'air dû aux infiltrations	$m^3 / h$
$qvo_{inf}$	Débit d'infiltration correspond à l'ouvrant i	$m^3 / h$
$P_s$	Pression de saturation de vapeur d'eau	Pa
$C_{\Delta as}$	Coefficient de majoration des gains sensibles	W
$C_{\Delta al}$	Coefficient de majoration des gains latents	W
$a$	Coefficient liée à la nature de la construction	-
$C$	Coefficient dépend de type d'usage de la construction	-

## Nomenclature

---

$N_{PVI}$	Coefficient d'amortissement	-
$V_{moy}$	Vitesse moyenne d'écoulement	m/s
Re	Nombre de Reynolds	-
qv	Débit volumique	$m^3/h$
$e_1$	Langueur d'ombre verticale	m
d	Largeur de la saillie verticale	m
c	Profondeur de la partie ensoleillée	m
L	Langueur de la conduite	m
D	Diamètre de la conduite	m
APO	Apport de chaleur à travers une paroi opaque	W
AVT	Apport à travers les parois vitrées intérieures	W
AV	Gains à travers les parois vitrées extérieures	W
AVT	Gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées	W
AVE	Gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées	W
FS	Facteur solaire du vitrage	-
AI	Apport de chaleur interne à l'instant t	W
$AI_{s,j}$	La partie sensible de l'apport interne j	W
$AI_{l,j}$	La partie latente de l'apport interne j	W
$CS_j$	Coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j	-
$AINF_s$	Apport de chaleur sensible dus aux infiltrations	W
$AINF_l$	Apport de chaleur latent dus aux infiltrations	W
$A_s$	Apport calorifique sensible	W
$A_l$	Apport calorifique latent	W
$AT_s$	Apport calorifique total sensible	W
$AT_l$	Apport calorifique total latent	W
AT	Apport calorifique total	W

## Nomenclature

$P_{bf}$	Puissance de la batterie froide	KW
$P_{bf}$	Puissance de la batterie chaude	KW
$M_{as}$	Débit massique d'air sec soufflé	$kg_{as} / s$
$\Delta h_m^5$	Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie	$kJ / kg_{air} sec$
$\Delta h_s^5$	Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie chaude.	$kJ / kg_{air} sec$
$M_{an}$	Débit d'air neuf	$kg_{air} sec / s$
$M_{ar}$	Débit d'air repris	$kg_{air} sec / s$
$q_v$	Débit volumique de soufflage	$m^3 / h$
$v$	Volume du local	$m^3$
$\tau$	Taux de brassage	$1 / h$

### Symboles Grecs

Symbole	Désignation	Unité
$\xi$	Coefficient de perte de charge singulière	-
$\rho$	Masse volumique	$kg / m^3$
$\beta$	Hauteur du soleil	Degré
$\delta$	Déclinaison solaire	Degré
$\omega$	L'angle solaire	Degré
$\Phi$	Azimute solaire	Degré
$\varphi$	Azimute de la paroi considérée	Degré
$\lambda$	Coefficient de perte de charge linéaire	-
$\mu$	Viscosité dynamique	Pa.s
$\psi$	Humidité relative de base	%
$\lambda$	Conductivité thermique du matériau	$W/m. ^\circ k$
$\theta_{b,e}$	Température sèche de bas de l'air extérieur	$^\circ k$
$\theta_m$	Température moyenne de l'air extérieur	$^\circ k$
$\theta_e(t)$	Température sèche de l'air extérieur à l'heure t	$^\circ k$

## Nomenclature

---

$\theta_{b,i}$	Température sèche de bas de l'air intérieur	°K
$\Delta\theta_e(t)$	Différence équivalente de température à l'heure t	°K
$\Delta\theta_{es}$	Différence de température équivalente en considérant que la paroi est à l'ombre	°K
$\Delta\theta_{em}$	Différence de température équivalente pour l'orientation de la paroi considérée	°K
$\Delta\theta_{max}$	Écart de température maximal entre l'intérieur et l'extérieur	°K
$\Delta\theta_{inc}$	Écart de température entre l'espace non conditionné et le local considérée	°K

# Introduction Générale

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Le conditionnement d'air est la technique qui consiste à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques (température, humidité, etc..) d'un local pour des raisons de confort (automobile, bureaux, maisons individuelles), Ou pour des raisons techniques (laboratoires médicaux, locaux de fabrication de composants électroniques, blocs opératoires, salles informatiques, etc.).

Le présent travail à pour objectif de l'étude et dimensionnement d'une centrale de conditionnement d'air à eau glacée pour le bloc pédopsychiatrie (oued Ghir Bejaia), d'où la nécessité de calculer les apports thermiques pour le régime d'été en utilisant la réglementation thermique DTR ( Le document technique réglementaire) et cette étude sera suivie par une étude technico-économique.

Nous abordons dans le premier chapitre quelques généralités de la climatisation et nous avons cité les classifications des installations de climatisations et leurs principes de fonctionnement. Ainsi que les différentes caractéristiques de l'air humide intervenant dans le calcul de bilan frigorifique.

Le deuxième chapitre intitulé (Réglementation Thermique), il contient toutes les méthodes de calcul qu'on doit suivre pour déterminer le bilan thermique, et qui permettent de déterminer les besoins calorifiques du local.

Le troisième chapitre « bilan thermique» consiste à exposer les diverses caractéristiques du projet et tous les matériaux utilisés lors de la construction. Et procède aux calculs nécessaires pour le dimensionnement de l'installation de climatisation suivi par l'étude du cycle de l'évolution de l'air dans l'installation.

# Chapitre I

Aspects généraux de  
conditionnement d'air

## Historique

C'est au début de 20<sup>ème</sup> siècle que la technique de conditionnement d'air fut créée par les américains pour répondre d'abord à des impératifs industriels, nécessité d'avoir une humidité élevée pour le traitement du coton, ou déshydratation de l'air pour améliorer la qualité de la fabrication de pellicules photographiques.

À partir de 1911, l'Américain W.CARRIER présenta pour la 1<sup>ère</sup> fois un diagramme psychométrique qui on le sait, est la base de toute technique de conception et dimensionnement de système de conditionnement d'air. Il présenta à la même occasion les premières méthodes de vérification et de réglage de l'hygrométrie et les appareils requis.

À partir des années 20, le conditionnement d'air sera utilisé dans divers locaux et édifice publics tels que les salles de théâtres, magasins, bureaux, etc. Son usage domestique interviendra dans 10 ans plus tard, dans les années 30.

L'ASHRAE (American Société of Heating Refrigeration and conditioning Engineers Air) définit le conditionnement d'air comme la maîtrise simultanée de tous les facteurs qui affectent à la fois les conditions physiques et chimiques de l'atmosphère d'une enceinte, Ces facteurs sont la température, l'humidité, etc. Ces facteurs qui pour la plupart affectent à un degré plus ou moins élevé la santé et le confort de l'homme [1].

Le conditionnement d'air a pour but de confort du personnel dans une enceinte climatique.

### I.1 Définition de la climatisation

La climatisation est définie comme l'action de maîtriser de façon volontaire la température et/ou l'humidité d'un volume d'air afin de satisfaire le confort thermique des utilisateurs. Cela implique le refroidissement de la masse d'air d'un local. A l'usage le terme climatisation indique plus spécifiquement le fait de refroidir un local pendant la période estivale jusqu'à obtenir une température de consigne et éventuellement une humidité relative définie.

Pour permettre une bonne gestion de la facture énergétique de ce local, il est donc nécessaire de maîtriser les différents modes de transferts thermiques et connaître précisément les conditions de milieu extérieur et intérieur [2].

## **I.2 Modes de transferts de chaleur**

Dans le domaine de bâtiment, les échanges thermiques de chaleur se font principalement selon 4 modes de transmission :

### **1. La conduction**

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres [3].

### **2. La convection**

Les phénomènes de convection interviennent dans la transmission de chaleur chaque fois qu'un fluide se déplace par rapport à des éléments fixes. Lorsque se produit au sein du fluide des courants dus simplement aux différences de densité résultant des gradients de température, on dit que la convection est naturelle. Par contre, si le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur, le processus est dit convection forcée [3].

### **3. Le rayonnement**

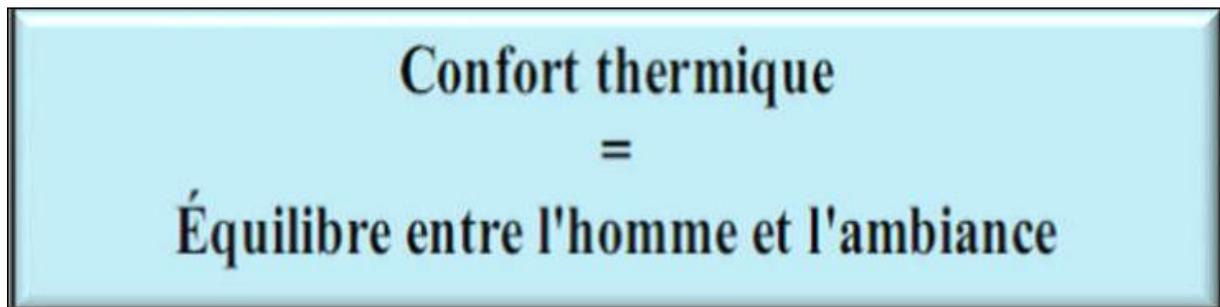
Dans la transmission de chaleur par rayonnement, le transfert thermique s'effectue par des vibrations électromagnétiques entre deux surfaces (même dans le Vide). Sans aucun contact entre elles, par le déplacement d'ondes dans l'espace qui se propagent en ligne droite sans aucun support de matière [3]

## **I.3 Confort thermique**

### **I.3.1 Définition du confort thermique**

Le confort thermique se définit comme la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant [4]. Ce qui permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes de l'organisme ainsi qu'un haut niveau de capacité de travail. Donc l'absence de contraintes physiologique.

On peut le résumer comme :



### I.3.2 Les paramètres affectuant le confort thermique

La sensation de confort thermique est fonction de plusieurs paramètres :

#### 1. Paramètres physiques d'ambiance

- **La température de l'air ambiant**

La température de l'air, est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires. Dans un local, la température de l'air n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe [5].

- **La vitesse de l'air**

La vitesse de l'air joue un grand rôle dans les échanges convectifs et évaporatoires, elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'habitant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s. On considère que l'impacte sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépassant pas cette vitesse [6].

- **L'humidité relative de l'air**

L'humidité relative est la mesure de la vapeur d'eau contenue dans l'air à une température donnée. Elle est exprimée en pourcentage de la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air pourrait contenir à la même température. Elle est due essentiellement à l'occupation humaine, l'activité des habitants et l'humidité extérieure. Une ventilation adaptée permet de résoudre ce problème. L'inconfort n'apparaît que pour une humidité relative inférieure à 30% ou supérieure à 70%.

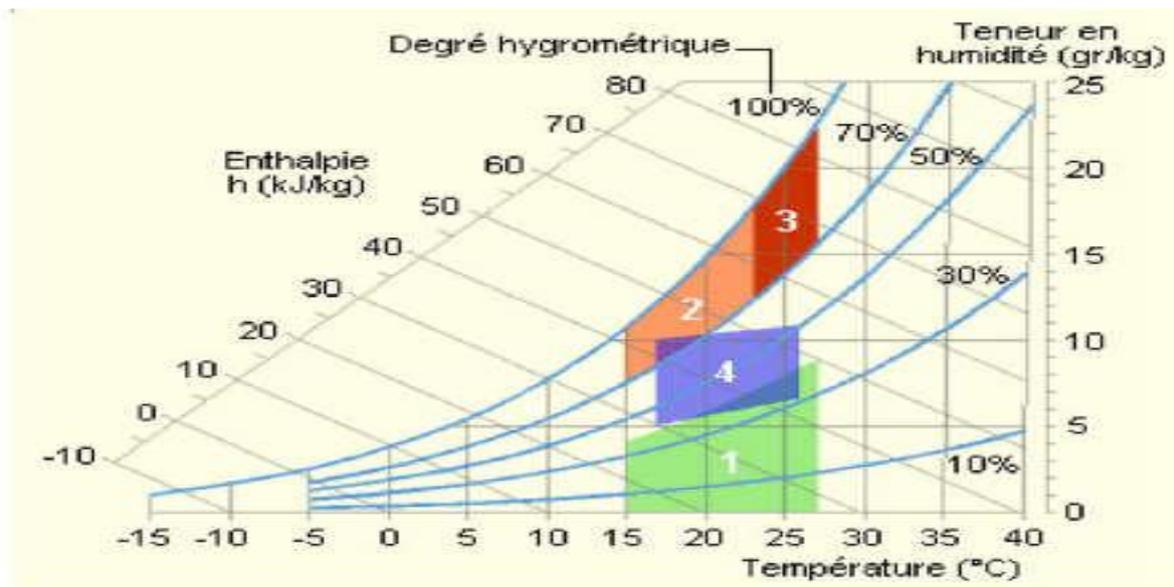


Figure I.1 plage de confort thermique [7]

**Zone 1** : zone à éviter à cause des problèmes de sécheresse.

**Zone 2** : zone à éviter à cause des développements de bactéries et de microchampignons.

**Zone 3** : zone à éviter à cause des développements d'acariens.

**Zone 4** : polygone de confort hygrothermique, température et humidité.

Alors pour un confort optimal il faut une température de l'air aux environs de 22 °C, et une humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.

## 2. Paramètres liés à l'individu

- **La vêtue**

Le port de vêtements influence les échanges de chaleur avec l'environnement. Ils permettent de créer un microclimat sous-vestimentaire, à travers leurs résistances thermiques. Leur rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermique acceptables.

- **L'activité**

L'activité est un paramètre essentiel pour la sensation thermique de l'individu, définissant directement le métabolisme de l'individu, c'est à dire la quantité de chaleur produite par corps humain. Dans le cas d'une très forte activité, elle peut être responsable de sensations d'inconfort chaud, même en présence de conditions météorologiques très favorables. Il est à noter toutefois que dans le cas d'une activité légère, le métabolisme demeure limité.



Figure I.2 Les variables principales du confort global [8].

### 3. Paramètres liés aux gains thermiques internes

Les apports internes comprennent toute quantité de chaleur générée dans l'espace par des ressources internes. Avec l'essor de technologie et de besoin électrique, les apports de chaleur internes ont fortement augmenté. Les appareils électriques transforment en effet quasiment toute l'énergie qu'ils consomment en chaleur. Ces apports dépendent du type du bâtiment, du nombre des utilisateurs et de son usage. Le confort de l'espace est directement influencé par le taux de ces gains [9]. Une bonne ventilation et un comportement adéquat peuvent réduire ces apports ou leur influence sur la température intérieure [10].

## I.4 Air humide

### I.4.1 Généralités sur l'air humide

L'air humide est un mélange d'air sec pur (dépourvu de poussières) et de vapeur d'eau [11].

$$\text{Air humide} = \text{Air sec} + \text{Vapeur d'eau}$$

L'air de l'environnement est considéré comme un mélange de gaz parfait, et nous utiliserons donc la loi de Dalton qui nous dit que : « la pression, l'énergie interne, l'enthalpie et l'entropie d'un mélange de gaz parfaits sont respectivement égales à la somme des pressions partielles, des énergies internes partielles, des enthalpies partielles et des entropies partielles qu'auraient les gaz constituants s'ils occupaient seuls le volume total à la température du mélange » [12].

Soit :

- Pression :  $P_{ah} = P_{as} + P_v$  (I. 1)

- Enthalpie :  $H_{ah} = H_{as} + H_v$  (I. 2)

- Volume :  $V_{ah} = V_{as} + V_v$  (I. 3)

- Température :  $T_{ah} = T_{as} + T_v$  (I. 4)

## I.4.2 Caractéristiques de l'air humide

### ➤ Température

- **Température sèche (Ts)**

C'est la température de l'air indiquée par simple lecture sur un thermomètre ordinaire dont le bulbe est parfaitement sec.

- **Température de rosée (Tr)**

Il s'agit de la température pour laquelle l'air devient saturé pour la pression de vapeur d'eau  $P_v$  considérée. La température de rosée représente encore la température de saturation à humidité spécifique constante.

- **Température humide (Th)**

C'est la température mesurée à l'aide d'un thermomètre légèrement ventilé et entouré d'une gaze imbibée d'eau (mouillée).

### ➤ L'Humidité

- **Humidité relative**

Il s'agit du rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air et la pression de saturation de cette vapeur d'eau à la température T.

$$\varphi = \frac{P_v}{P_{sat}(T)} \quad (I.5)$$

Elle est généralement exprimée en pourcentage. Une hygrométrie de 100% correspond à la saturation, par contre, une hygrométrie de 0% correspond à un air sec.

- **L'Humidité spécifique**

L'humidité spécifique et le rapport de la masse de vapeur d'eau contenue dans un volume V d'air humide à la masse d'air sec contenue dans un même volume qui est donnée par la formule suivante :

$$HS = \frac{M_v}{M_{as}} \quad (I. 6)$$

- **Volume Spécifique**

Il représente le volume occupé par un kilogramme d'air. Il est noté ( $V_s$ ) et s'exprime en  $m^3/kg_{as}$

- **Enthalpie Spécifique**

L'enthalpie caractérise l'énergie thermique par kilogramme d'air. Par convention, l'enthalpie de l'air sec à 0°C est nulle. Elle est notée h et s'exprime en kilojoules par kilogramme d'air sec ( $kJ/kg_{as}$ ).

## **I.5 Classification des installations de climatisation**

La notion de climatisation signifie le rafraîchissement pendant les périodes chaudes, et on distingue deux types d'installation :

- **Installation de climatisation à air :**

Les installations de climatisation à air se divisent en deux catégories :

- **Les installations individuelles** : sont des climatiseurs individuels installés dans le local considéré, et ils sont généralement de faible dimension.

Le rafraîchissement de l'air est obtenu à l'aide d'un évaporateur (unité intérieure) placé dans le local à traiter par utilisation directe du fluide frigorigène qui transporte les calories vers le condenseur (unité extérieure) ou elles seront évacuées. Cette technique permet d'éviter le retour des calories par dépression de la pièce.

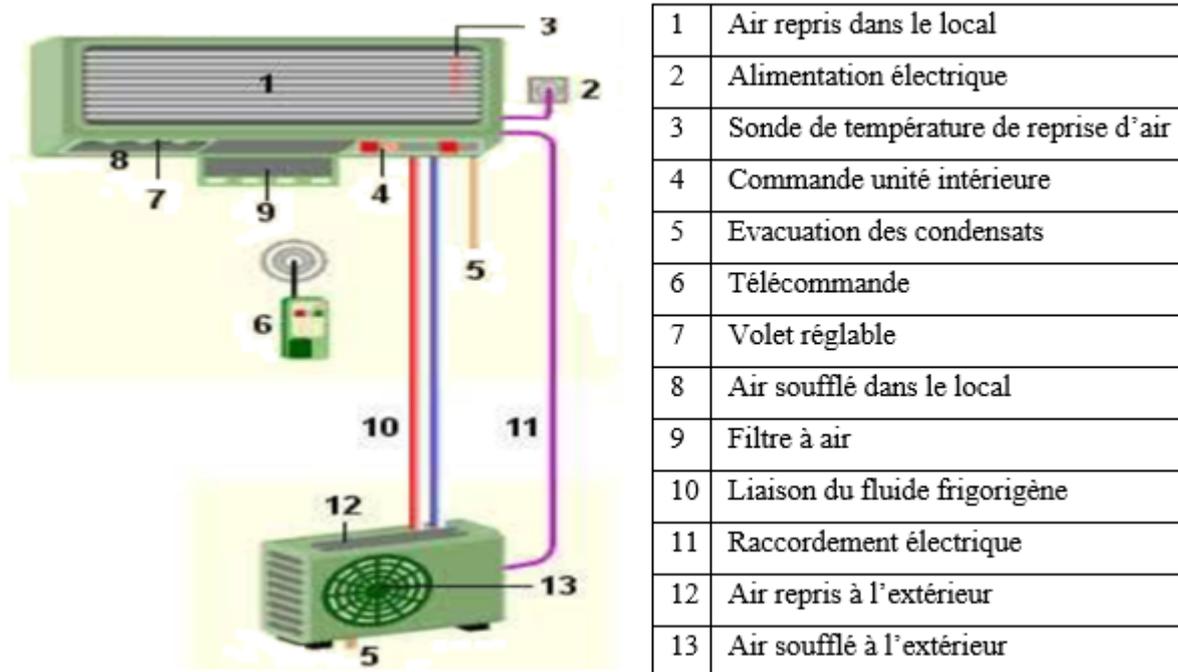


Figure I.4 Vue d'ensemble d'une installation d'un mono-split [13].

- **Les installations de climatisation centrale** : sont des climatiseurs destinés pour la climatisation de plusieurs locaux permettant ainsi une économie d'énergie, la centrale est placée à l'extérieur des locaux et envoie l'air préparé à travers des gaines dans l'ambiance à climatiser, ce type d'installation est utilisé pour climatiser des grands espaces.

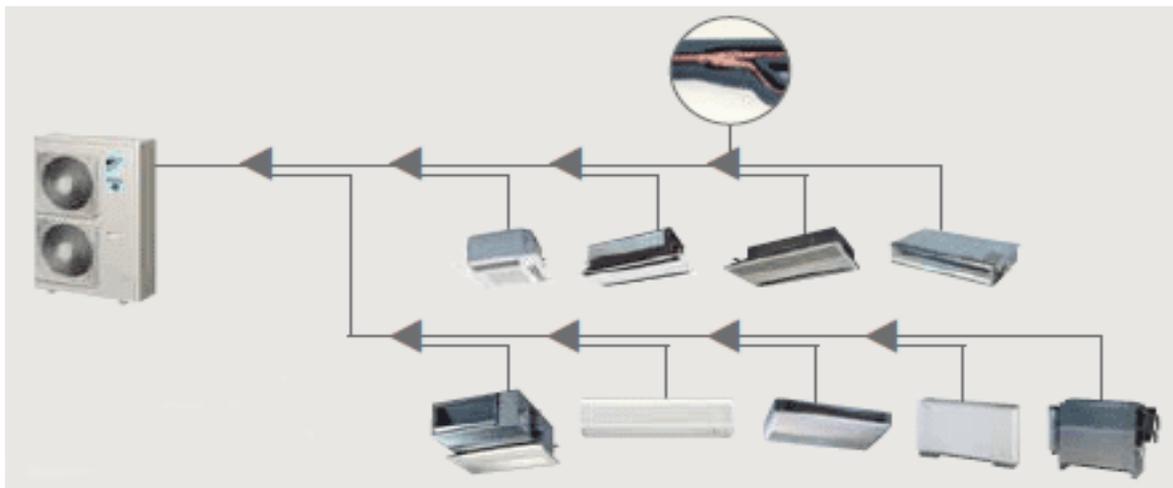


Figure I.5 Installation de climatisation centralisée [13].

➤ **Installation de climatisation mixte (air-eau) :**

Ces types d'installations sont généralement des groupes frigorifiques, l'énergie frigorifique produite dans ces centrales est véhiculée à l'aide d'un fluide caloporteur qui est de

l'eau. Dans ce cas, arrive au niveau des appareils terminaux, l'eau glacée mise en contact avec l'air neuf introduit par ces derniers aux niveaux des batteries de refroidissements.

Les installations de climatisation utilisant les ventilo-convecteurs comme appareils terminaux forment un bon exemple d'installation. On remarque seulement que ces installations peuvent assurer le chauffage en hiver, toute installation reste inchangée mis à part la centrale de production d'énergie frigorifique qui sera remplacée par une chaudière ou une pompe à chaleur selon le besoin en énergie calorifique.

### **I.5.1 Principe de fonctionnement d'une installation de climatisation**

Une installation de climatisation consiste en un ensemble de matériel dont les fonctions essentielles sont :

- De préparer l'air à distribuer dans les locaux à des caractéristiques bien déterminées (thermique, aéraulique);
- De distribuer l'air traité dans les locaux à climatiser par l'intermédiaire de conduits et d'appareils terminaux.

Les fluides primaires (air ou eau) sont préparés dans des équipements centralisés qui peuvent être placés dans une salle de machine. Les équipements terminaux, toujours situés dans les locaux climatisés ou à proximité immédiate, reçoivent les fluides (préparés dans les équipements centralisés) et les utilisent pour la préparation de l'air soufflé dans les locaux. Entre les équipements centralisés et les équipements terminaux, les fluides primaires et l'air traité sont distribués par des conduits comportant plusieurs accessoires de fonctionnement (clapets, filtres, robinets,...). De plus, les installations sont équipées de régulation et de sécurité (thermostat, pressostats, détecteur d'incendie,...).

## **I.6 Fonctionnement du circuit frigorifique**

Le cycle frigorifique est un cycle thermodynamique. Il permet d'abaisser la température d'un milieu relativement froid (la source froide) et simultanément d'augmenter la température d'un autre milieu relativement chaud (source chaude) au moyen d'un travail mécanique.

Le circuit frigorifique compte quatre éléments essentiels au minimum, le compresseur, le condenseur, le détendeur et l'évaporateur.

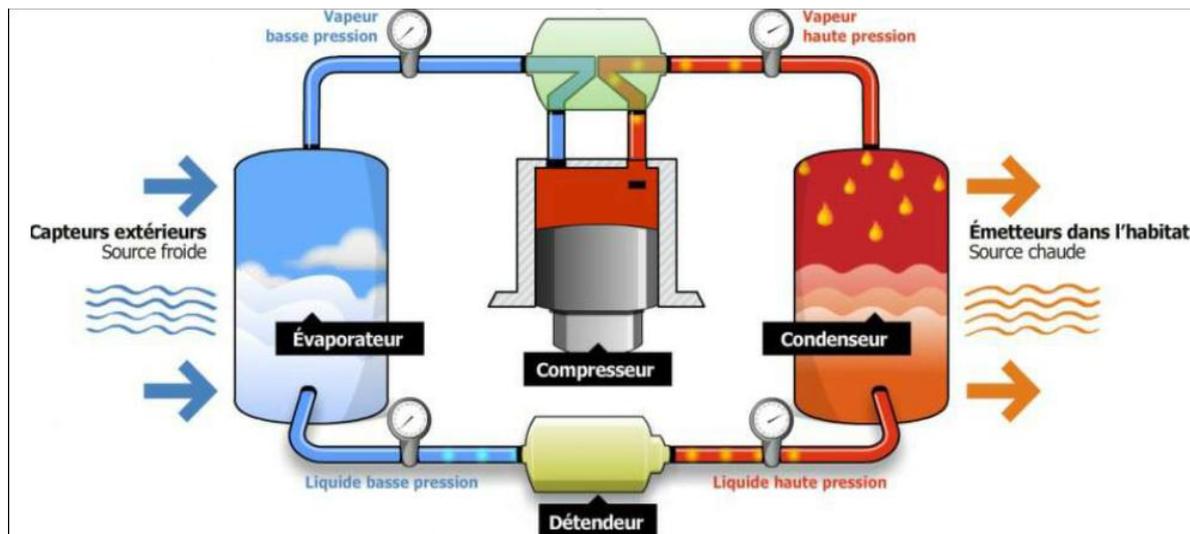


Figure I.6 groupe frigorifique [14].

### 1. Compresseur

Le compresseur aspire le gaz à basse pression et température, l'énergie mécanique de compresseur va permettre une élévation de pression et de la température.

### 2. Condenseur

Les gaz chauds haute pression et haute température venant du compresseur se dirigent vers le condenseur, le condenseur est un échangeur qui va permettre aux gaz de se condenser par échange par un fluide extérieur (l'eau, l'air ...) à température et pression constant, c'est la phase de condensation, la vapeur se transforme en liquide.

### 3. Détendeur

Le liquide formé dans le condenseur est détendu par abaissement brusque de la pression au passage du détendeur.

### 4. Évaporateur

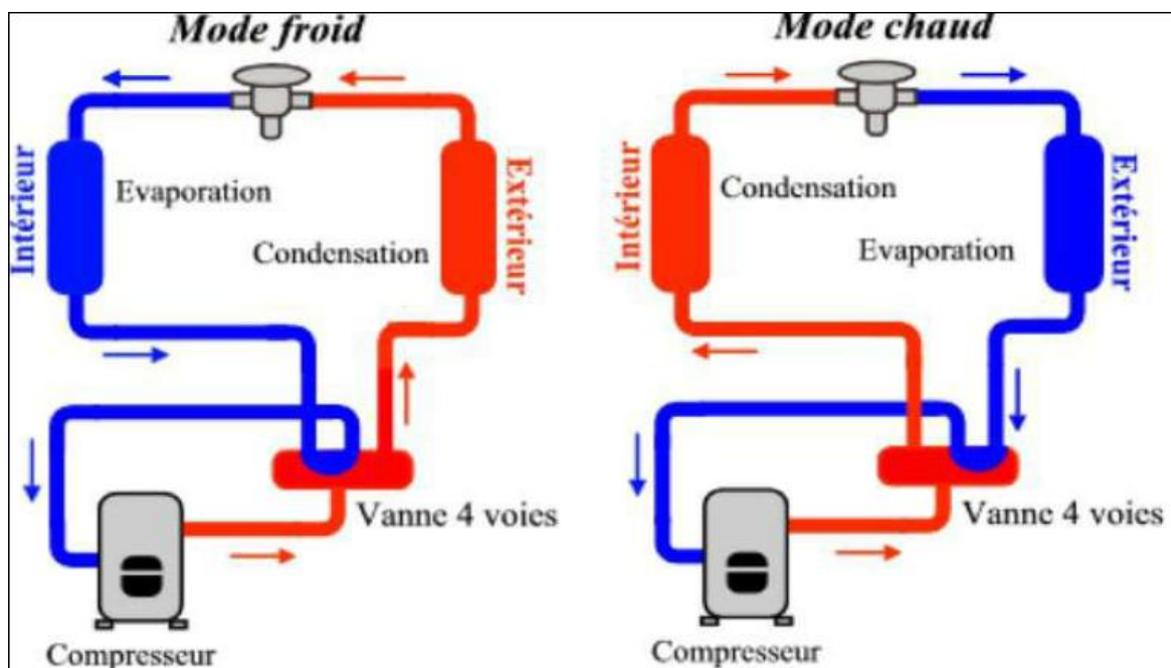
L'évaporateur est lui aussi un échangeur de chaleur, le fluide liquide provenant du détendeur va entrer en ébullition dans l'évaporateur en absorbant de la chaleur au fluide extérieur, (l'eau, l'air...) c'est la phase d'évaporation. Le gaz ensuite aspiré par le compresseur pour réaliser un nouveau cycle.

#### I.6.1 Cycle frigorifique réversible

Dans un cycle frigorifique normal (non réversible), l'écoulement du fluide frigorigène s'effectue toujours dans un même sens bien déterminé, à savoir: compresseur (refoulement) - condenseur (liquéfaction) - détendeur (détente) - évaporateur (vaporisation) - compresseur (aspiration).

L'inversion du circuit est possible grâce à la **vanne d'inversion** de cycle de telle sorte que le compresseur, au lieu de refouler dans le condenseur, puisse refouler les vapeurs surchauffées dans "l'ancien" évaporateur, ce dernier devenant ainsi condenseur, pour la suite, Après la liquéfaction des vapeurs, provoque la détente puis la vaporisation dans l'ancien condenseur devenu évaporateur. On s'aperçoit qu'il s'agit d'une inversion thermodynamique, non mécanique car le compresseur continue de tourner dans le même sens et de refouler (et d'aspirer) exactement dans les mêmes directions.

Les climatiseurs réversibles assurent le chauffage et la climatisation, et l'élément déterminant pour obtenir ce fonctionnement est par la simple action d'une valve de renversement. Les deux échangeurs voient leur rôles changer d'évaporateur à condenseur et vice-versa lorsque le mode d'opération passe de la climatisation au chauffage. C'est-à-dire l'inverse de la production de froid (les calories sont captées à l'extérieur pour être restituées à l'intérieur).



**Figure I.7** fonctionnement de la valve de renversement [14].

## I.6.2 Groupe d'eau glacée

Le groupe d'eau glacée aussi appelé « Chiller », C'est un appareil installé dans un local technique, ou à l'extérieur. Il Est largement utilisé en climatisation de confort ou pour les process industriels. Qui va produire de l'eau glacée couplé avec la ventilation (des ventilo-convecteurs ou centrales de traitement d'aire), ce type de climatisation est

généralement réservé aux bâtiments de grande capacité tels que des immeubles et bureaux ou des hôtels et la distribution de l'eau glacée par un réseau hydraulique. Les systèmes de climatisation à eau glacée utilisent simplement de l'eau (glycolée pour éviter le gel) pour acheminer les frigorifiques vers les unités intérieures depuis le groupe frigorifique.



**Figure I.8** Groupe frigorifique de production d'eau glacée [15].

### **I.6.2.1 Avantages de système de climatisation à eau glacée**

- **L'eau est un fluide plus facile à manipuler que les fluides frigorigènes :**

Pour la réparation et la maintenance du système de refroidissement, le travail est bien plus facile dans un système où il ne circule que l'eau et non un produit dangereux de type fluide frigorigène. L'eau est connue de tous installateurs, et nécessite plus des compétences de plombier que de frigoriste.

- **Un système d'eau glacée présente moins de danger :**

La manipulation de fluide frigorigène nécessite des qualifications spécifiques pour éviter tout risque. De plus, on doit obligatoirement installer des détecteurs de fluide frigorigène pour repérer les fuites. Dans le système à eau glacée, seul le groupe

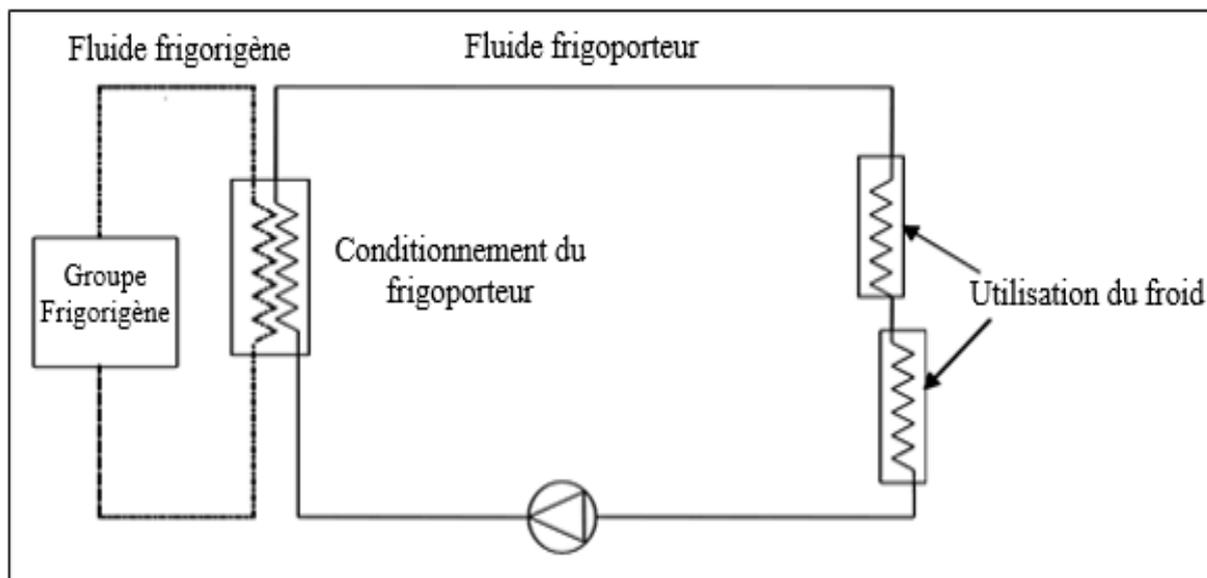
frigorifique contient le fluide frigorigène donc il n'y a aucun risque de fuite sur le réseau de canalisation ou depuis les émetteurs.

- **Un système utilisant l'eau glycolée offre une vraie protection contre le gel :**  
l'avantage d'utiliser de l'eau glycolée dans votre système de production de froid est que ce fluide est résistant au gel.
- **Il s'agit d'un système qui permet de réduire les quantités de fluides frigorigènes utilisées :**

L'utilisation d'un système à eau glacée limite les besoins en fluide frigorigène (qui est uniquement présent le bloc de production de froid).

### 1.6.2.2 Principe de fonctionnement

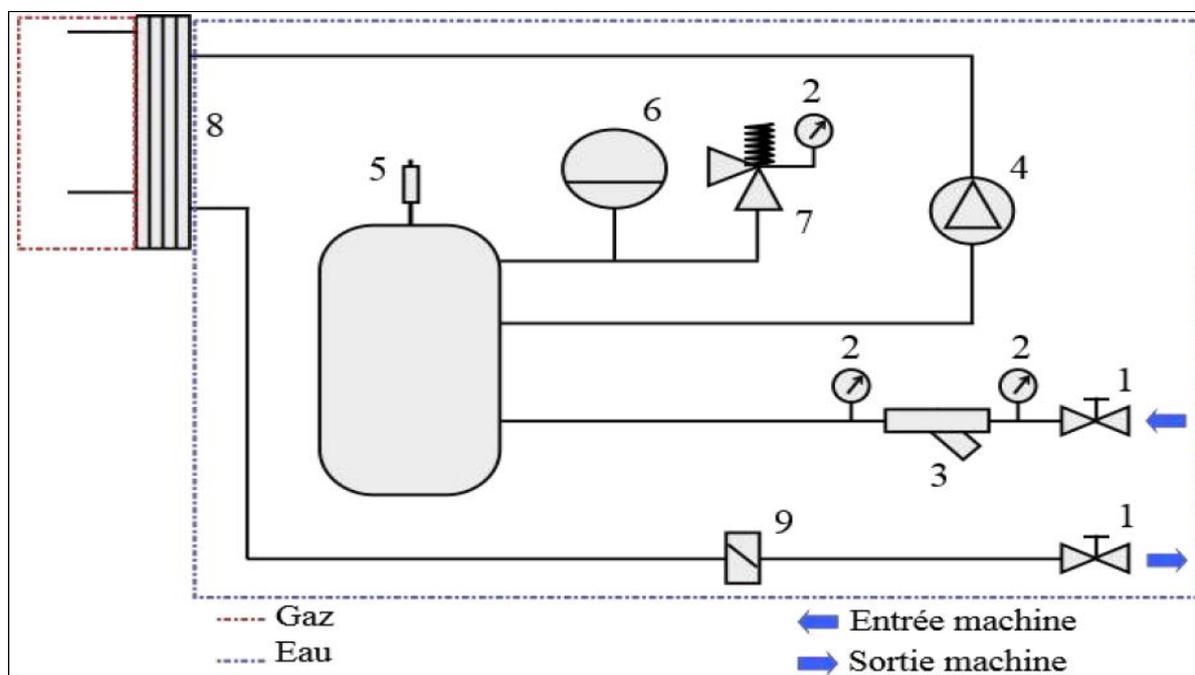
Au lieu de refroidir directement de l'air, l'énergie frigorifique produite par le groupe frigorigène est transférée à l'eau (fluide frigoporteur) au niveau de l'évaporateur, qui sera transportée jusqu'aux équipements terminaux.



**Figure I.9** Schéma d'un circuit de distribution de froid à partir d'un fluide frigoporteur [13].

- **Éléments principaux d'un groupe d'eau glacée**

Les groupes d'eau glacée sont constitués principalement d'un groupe de production du froid dont les éléments principaux sont présentés précédemment et d'un réseau hydraulique dont les composants sont :



**Figure I.10** Composants du groupe d'eau glacée [15].

- |                   |                          |                         |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 : Vanne d'arrêt | 4 : Pompe de circulation | 7 : Soupape de sécurité |
| 2 : Manomètre     | 5 : Purgeur              | 8 : échangeurs air/eau  |
| 3 : Filtre à eau  | 6 : vase expansion       | 9 : Flow switch         |

## 1.7 Les ventilo-convecteurs

Les ventilo-convecteurs sont des appareils individuels de traitement d'air non autonomes, conçus pour être implantés dans chaque local climatisé ou à proximité immédiate. Ils sont alimentés en eau froide et/ou chaude par un réseau de distribution bitube, à partir des locaux techniques abritant la production centralisée, qui les alimente tantôt en eau glacée, tantôt en eau chaude. En été, chaque appareil reprend l'air du local, éventuellement le mélange à l'air neuf, le filtre, le refroidit et le déshumidifie, enfin le souffle dans le local. En hiver, le processus est le même sauf que l'air est chauffé au lieu d'être refroidi et déshumidifié.

Le ventilo-convecteur suivant le modèle peut être placé au sol, fixé au mur, au plafond ou encore intégré dans un plafond (plafonnier non carrossé) avec un réseau de gaine.

### **Conclusion**

Ce chapitre nous avons présenté des généralités sur la climatisation, les principaux systèmes de climatisation et leurs principes de fonctionnement ainsi que les grandeurs caractéristiques de l'air humide intervenant dans le calcul du bilan frigorifique.

# Chapitre II

## Réglementation thermique

## Introduction

Le calcul des charges thermiques est la base de l'étude de la climatisation, il permet de connaître l'influence et l'importance des contraintes de l'environnement extérieure sur le confort et sur l'économie du l'immeuble. L'objet de ce chapitre est de présenter les étapes d'un bilan thermique estival et de déterminer les différents paramètres, dits de base et l'ensemble des formules à exploiter pour le dimensionnement de notre centrale à eau glacée.

Dans notre étude nous allons présenter la méthode énoncée par le document technique réglementaire (DTR), relatif à la thermique des bâtiments algérienne, qui est un ensemble de lois, de règles et de conventions visant à optimiser la consommation énergétique des habitations. On de limitera au conditionnement d'air d'été.

### II.1 Conditions de base

Déterminer les conditions de température et d'hygrométrie de l'environnement intérieur et extérieur constitue le point de départ d'un projet de climatisation.

#### II.1.1 Conditions extérieurs de base

- **Caractéristiques de l'air extérieur**

L'établissement des bilans thermiques frigorifiques (en été) et le dimensionnement des équipements adéquats nécessitent la connaissance des effets des évolutions climatiques extérieures (température, humidité, vent, rayonnement,...).

On désigne par le climat, le comportement moyen du temps en un lieu ou en un territoire pour une certaine période de l'année tel qu'il résulte d'observation étalées sur plusieurs dizaines d'années. Par exemple, en Algérie le mois d'aout est le mois le plus chaud. L'air extérieur est caractérisé par :

- **Température sèche de base  $T_{Sb,e}$  (en °k):** c'est une température qui n'est dépassée que pendant 2,5% des heures de Juin, de Juillet, d'Aout et de Septembre.
- **L'Humidité spécifique de base  $H_{Sb,e}$  ( $g_{vap} / kg_{as}$ ):** c'est la moyenne mensuelle durant le mois le plus chaud de l'humidité spécifique à 15 heures.
- **L'écart diurne de base  $E_b$  (en °k) :** c'est la moyenne mensuelle durant les mois de juillet et d'août de la différence entre les températures sèches maximales de l'air extérieur durant la journée.

- **La température moyenne TSm (en °C):** c'est la température moyenne mensuelle durant les mois de juillet et Août, de la température moyenne quotidienne.

Les caractéristiques climatiques de base de l'air extérieur sont fonction de la zone climatique et de l'altitude où est implanté le projet. Les valeurs de ces derniers sont fixées dans le tableau 1. Conformément à la classification thermique donnée dans l'annexe B.5 [11], le projet se situe dans la zone (A), à une altitude inférieure à 500 m.

Zone Climatique		Température sèche $\theta_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $r_{b,e}^s$ (kg <sub>eau</sub> /kg <sub>air sec</sub> )	Écart diurne $E_b$ (°C)	Température moyenne $\theta_m$ (°C)
A	alt<500 m	34	0,0145	9	25,5

**Tableau II.1** Conditions extérieures de base.

- **Température sèche de l'air extérieur :**

La construction de la courbe donnant les valeurs de températures sèche de l'air pour les mois de Juillet et d'Août est obtenue à l'aide de la formule suivante:

$$\theta_e(t) = \theta_{b,e} - [C_{TS}(t) \cdot E_b] \quad (\text{II.1})$$

$\theta_e(t)$  (en °k) : Température sèche de l'air extérieur à l'heure t.

$\theta_{b,e}$  (En °k) : Température sèche de base de l'air extérieur.

$C_{TS}(t)$  : coefficient de correction.

- **Rayonnement solaire de base**

Le rayonnement solaire se divise en deux composantes, on distingue :

- Le rayonnement direct qui est constitué par la proportion de rayonnement initial et qui parvient jusqu'à la surface de la Terre ;

➤ Le rayonnement diffus qui est dû à la réflexion par particules en suspension dans l'air (Vapeur d'eau, ozone, ou poussière) et qui réparti de façon uniforme à la surface de la terre.

Le rayonnement global est la somme du rayonnement direct et diffus.

Le rayonnement total maximal réel  $I_t$  et diffus maximal réel  $I_d$ , sont donnés respectivement par les relations (II.2) et (II.3).

$$I_t = [C_{\text{cadre}} \cdot C_{\text{limp}} \cdot C_{\text{alt}} \cdot C_{\text{ros}}] \cdot I_{t,b} \quad (\text{II.2})$$

$$I_d = [C_{\text{cadre}} \cdot C_{\text{limp}} \cdot C_{\text{alt}} \cdot C_{\text{ros}}] \cdot I_{d,b} \quad (\text{II.3})$$

$C_{\text{cadre}}$ : Coefficient tenant compte de la nature du cadre de menuiserie ;

= 1.7 pour un cadre métallique.

= 1 pour un cadre en bois, ou en PVC.

$C_{\text{limp}}$ : Coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère ;

= 1 pour les zones rurales, hors agglomération.

= 0.92 pour les zones suburbaines, zones résidentielles des villes.

= 0.87 pour les zones centre des grandes villes, zones industrielles, à proximité d'industries polluantes.

$C_{\text{alt}}$  : Coefficient tenant compte de l'altitude.

$C_{\text{ros}}$  : Coefficient tenant compte de la valeur du point de rosée.

### II.1.2 Conditions intérieure de base

Les conditions intérieures de base sont définies par :

➤ La température sèche de base de l'air intérieur  $\theta_{b,i}$  (°K).

➤ L'humidité relative de base de l'air intérieur  $\psi$  (%).

La température sèche et l'hygrométrie du bâtiment dépend de confort convoité, concernant le bâtiment étudié, le confort est privilégié par rapport à l'aspect économique, par conséquent nous optons pour un niveau de confort dit « amélioré », à cet effet, on n'accepte pas d'accroissement de la température intérieure sèche de base.

Application	Niveau de confort amélioré	
	$\theta_{b,i}$ Température sèche (°C)	$\Psi$ Humidité relative (%)
<b>Séjour de longue durée</b> Logement, hôtel, bureaux, hôpital...	24	50

Tableau II.2 Conditions intérieure de base.

## II.2 Règles de calcul des apports calorifiques

Le bilan thermique estival se traduit par la somme de tous les apports intérieurs et extérieurs, qui représente la quantité de chaleur à soustraire des locaux (ou charge frigorifique) pour maintenir la température constante, en ne tenant pas compte des apports dus à l'installation.

Les apports calorifiques correspondent à des facteurs physiques intérieurs et extérieurs susceptibles d'engendrer des variations de température et d'hygrométrie au sein d'une habitation.

$$\sum \text{Apports extérieurs} + \sum \text{Apports intérieurs} = \text{Charge calorifique}$$

Nous pouvons distinguer trois types principaux d'apports de chaleur :

- les apports à travers les parois ;
- Les apports thermiques dus aux charges internes ;
- les apports de chaleur par introduction d'air extérieur.

### II.2.1 Apports à travers les parois

Dans cette étude nous nous limiterons au calcul des apports à travers les parois opaques aérienne et ceux en contact avec des locaux non conditionnés.

#### A. Apports à travers les parois opaques aériennes

Les parois opaques aériennes sont celles qui sont en contact direct avec l'air extérieur. Les apports de chaleurs à travers une paroi opaque aérienne s'écrivent :

$$APO(t) = 1,2 \cdot K_{\text{été}} \cdot S_{\text{INT}} \cdot \Delta\theta_e(t) \quad [\text{W}] \quad (\text{II.4})$$

1,2 Coefficient de majoration tenant compte des apports latéraux linéiques.

$K_{\text{été}}$  (En  $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°k}$ ): Coefficient de transmission en partie courante de la paroi pour l'été;

Ce dernier est obtenu à partir de la relation (II.5) :

$$\frac{1}{K_{été}} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ k/W] \quad (II.5)$$

$R_{Th}$  : mesure la résistance qu'une épaisseur du matériau oppose au passage de la chaleur, elle dépend du coefficient de conductivité thermique du matériau et de son épaisseur.

$$R_{Th} = \frac{e}{\lambda} \quad [m^2 \cdot ^\circ k/W] \quad (II.6)$$

-  $\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$  (en  $m^2 \cdot ^\circ k/W$ ) : est la somme des résistances d'échange superficiel [11].

$S_{INT}$  (en  $m^2$ ): Surface intérieure totale de la paroi considérée;

$\Delta\theta_e(t)$  (en  $^\circ k$ ): Différence équivalente de température à l'heure  $t$ .

- **Différence de température équivalente**

La différence de température équivalente peut s'écrire selon l'équation (II.7) pour les parois ensoleillées, et selon l'équation (II.8) pour les parois considérées 24/24h à l'ombre.

➤ **Parois ensoleillées**

$$\Delta\theta_e(t) = \Delta\theta_{es}(t) + C_{\Delta\theta_e} [^\circ C] + \frac{\alpha}{0.9} \cdot [\Delta\theta_{em} - \Delta\theta_{es}(t)] \cdot \frac{I_{t,b}}{I_{t,b(40)}} \quad (II.7)$$

➤ **Parois à l'ombre 24/24h**

$$\Delta\theta_e(t) = \Delta\theta_{es}(t) + C_{\Delta\theta_e} \quad (II.8)$$

Avec :

- $\Delta\theta_{es}(t)$  (en  $^\circ k$ ): Différence de température équivalente à l'heure  $t$  en considérant que la paroi est à l'ombre,
- $C_{\Delta\theta_e}$  (en  $^\circ k$ ): est un facteur de correction,
- $\alpha$  : Facteur d'absorption de la paroi;
- $\Delta\theta_{em}(t)$  : (en  $^\circ k$ ): Différence équivalente de température à l'heure  $t$  pour l'orientation de la paroi considérée.
- $I_{t,b}$  (en  $W \cdot m^{-2}$ ) : Rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérés par interpolation;

- $I_{t,b(40)}$  : Rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée.

La masse rapportée à la surface du plancher d'un local est donnée par l'équation (II.9).

$$M = \frac{\sum m_{ext} + \frac{1}{2} \sum m_{sep} + \sum m_i}{S_{Pl}} \quad (II.9)$$

Avec :

$m_{ext}$  (kg) : la masse des parois séparant la zone thermique considérée et l'environnement extérieur (murs extérieurs, toiture, plancher éventuel en contact avec le sol).

$m_{sep}$  (kg) : est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et les autres zones thermiques (cloisons, planchers intermédiaires, plafonds).

$m_i$  (kg) : désigne toute masse fixe (cloisons, murets, cage d'escalier, etc.) se trouvant au sein de la zone thermique considérée.

$S_{Pl}$  (en m<sup>2</sup>) : est la surface de plancher pour la zone thermique considérée ; si une zone thermique a été définie sur plusieurs niveaux,  $S_{Pl}$  est la somme des surfaces de plancher.

- **Parois opaques intérieures en contact avec un local non conditionné**

Les apports de chaleur à un instant  $t$ ,  $APO(t)$ , traversant une paroi opaque en contact avec un local non conditionné sont donnés par la formule suivante:

$$APO = K_{été} \cdot S_{int} \cdot \Delta\theta_{Inc} (t) \quad (II.10)$$

$K_{été}$  (W/m<sup>2</sup> . °k): Coefficient de transmission en partie courante de la paroi pour l'été;

$S_{int}$  (En m<sup>2</sup>) est la surface intérieure de la paroi considérée ;

$\Delta\theta_{Inc} (t)$  (en °k) : Ecart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré, est donné par la relation suivante :

$$\Delta\theta_{INC} [(\theta_e (t) - C_{INC}) - \theta_{b,i}] \quad (II.11)$$

$\theta_e (t)$  (en °k) : Température extérieure sèche à l'instant considéré ;

$\theta_{b,i}$  (En °k) : Température intérieure du local conditionné;

$C_{INC}$  : Coefficient correcteur.

- **Parois intérieures en contact avec un local conditionné**

$$APO(t) = K_{été} \cdot S_{int} \cdot [\theta_a - \theta_{b,i}] \quad [W] \quad (II.12)$$

$K_{été}$  (En  $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ k^{-1}$ ) : Coefficient de transmission en partie e de la paroi considérée ;

$S_{int}$  (En  $m^2$ ) : Est la surface intérieure de la paroi considérée ;

$\theta_a$  (En  $^\circ k$ ) : Température sèche de l'air intérieur du local adjacent ;

$\theta_{b,i}$  (En  $^\circ k$ ) : Température de base intérieure du local conditionné.

- **Paroi en contact avec le sol**

$$APO(t) = K_{été} \cdot S_{app} \cdot [\theta_m - \theta_{b,i}] \quad [W] \quad (II.13)$$

$S_{app}$  (en  $m^2$ ) : Surface de la zone d'apport ;

$\theta_m$  (En  $^\circ k$ ) : Température moyenne sèche de l'air extérieur ;

## B. Apports à travers les parois vitrées

- **Parois vitrées intérieures**

Les apports à travers les parois vitrées intérieures sont dus uniquement à la différence de température de part et d'autre de la paroi, ils sont donnés par la formule suivante :

$$AVT(t) = K_{été} \cdot S_{ouv} \cdot [(\theta_e(t) - C_{INC}) - \theta_{b,i}] \quad [W] \quad (II.14)$$

- **Parois vitrées extérieures**

Les apports à travers les parois vitrées extérieures sont dus à la fois au gradient de température et au rayonnement solaire.

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad [W] \quad (II.15)$$

$AV(t)$  : Apports à travers les parois vitrées extérieures ;

$AVT(t)$  : Gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées ;

$AVE(t)$  : Gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

Les gains dus au gradient de température  $AVT(t)$  à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par :

$$AVT(t) = 1,2 \cdot K_{\text{été}} \cdot S_{\text{ouv}} \cdot [\theta_e(t) - \theta_{b,i}] \quad [\text{W}] \quad (\text{II.16})$$

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les vitres extérieures AVE(t) sont donnés par :

$$AVE(t) = [SV_{\text{ens}} \cdot I_t + (SV - SV_{\text{ens}})I_d] \cdot FS \cdot N_{\text{pvi}}(t) \quad [\text{W}] \quad (\text{II.17})$$

Avec :

- $SV_{\text{ens}}$  ( $m^2$ ) : Surface vitrée ensoleillée ;
- $SV$  ( $m^2$ ) : Surface totale vitrée ;
- $(SV - SV_{\text{ens}})$  ( $m^2$ ) : Surface vitrée à l'ombre ;
- $I_t$  ( $\text{W}/m^2$ ) : Rayonnement total maximal réel ;
- $I_d$  ( $\text{W}/m^2$ ) : Rayonnement diffus maximal réel ;
- $N_{\text{pvi}}(t)$  : Coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure (t) considérée ;
- $FS$  : Facteur solaire du vitrage.

Le coefficient de transmission des parois vitrées se calcul en utilisant la formule (II.18)

$$\frac{1}{K_{\text{été}}} = \frac{1}{K_{\text{wn}}} + r_v + r_{\text{rid}} + r_{\text{occ}} \quad [m^2 \cdot \text{°k}/\text{W}] \quad (\text{II.18})$$

Avec :

$K_{\text{wn}}$  ( $\text{W}/m^2 \cdot \text{°k}$ ) : représente le coefficient K du vitrage nu ;

$r_v$  ( $m^2 \cdot \text{°k}/\text{W}$ ) : représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels ;

On adopte  $r_v = 0,025$  ( $m^2 \cdot \text{°k}/\text{W}$ ) ;

$r_{\text{rid}}$  ( $m^2 \cdot \text{°k}/\text{W}$ ) : représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels ;

On adopte  $r_{\text{rid}} = 0,030$  ( $m^2 \cdot \text{°k}/\text{W}$ ) ;

$r_{\text{occ}}$  ( $m^2 \cdot \text{°k}/\text{W}$ ) représente la résistance supplémentaire des occultations.

$K_{\text{wn}}$  : Coefficient de transmission du vitrage nu, il est donné en fonction de type du vitrage, de l'épaisseur de la lame d'air si elle existe, de type de la menuiserie et de la disposition de la vitre [11].

La résistance supplémentaire des occultations  $r_{\text{occ}}$  se calcule par de la formule (II.19)

$$r_{\text{occ}} = 0,16 + \frac{e_{\text{occ}}}{\lambda_{\text{occ}}} \quad [m^2 \cdot \text{°k}/\text{W}] \quad (\text{II.19})$$

Avec :

$e_{occ}$  (m) : représente l'épaisseur de l'occultation,

$\lambda_{occ}$  (W/m .°k) : représente la conductivité thermique du matériau constituant l'occultation.

### II.2.2 Apports de chaleur interne

L'évaluation des chaleurs internes de climatisation d'un local à conditionner se fait à partir de l'identification de ces charges où gains, et on désigne par ces apports les quantités de chaleur dégagées sous forme latente où sensible à l'intérieur des locaux conditionnés, et ces apports sont considérés constants pendant la durée de fonctionnement de l'installation.

Les charges pris en considération dans le cadre de ce projet sont dues principalement aux :

- Occupants.
- Eclairages.
- Machines électriques.

La formule générale pour calculer les apports de chaleur internes  $AI(t)$  à l'instant  $t$  est donnée par la formule suivante :

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \cdot AI_{s,j} \cdot N_{AI,j}) + \sum_j (CS_j \cdot AI_{l,j}) \quad [W] \quad (II.20)$$

$CS_j$  : Coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne  $j$ .

$N_{AI,j}$  : Coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne  $j$ .

#### ➤ Apports thermiques dus aux occupants :

Les gains dus aux occupants sont une source de chaleur sensible et latente, Le calcul doit tenir compte des occupants susceptibles de fréquenter les locaux.

- **Gains sensible des occupants**

$$Q_{S,OC} = n \cdot C_{S,OC} \quad [W] \quad (II.21)$$

- **Gains latents des occupants :**

$$Q_{L,OC} = n \cdot C_{L,OC} \quad [W] \quad (II.22)$$

$n$  = nombre d'occupants ;

$C_{Soc}$  = chaleur sensible par occupants (W) ;

$C_{Loc}$  = chaleur latente par occupants (W).

➤ **Gains dus aux appareils électriques**

Les appareils peuvent constituer à la fois une source de chaleur sensible et latente, ou seulement une source de gains sensibles. Pour la détermination des apports dus aux machines électriques, on utilisera soit :

Les indications données par le fabricant où bien les valeurs des tableaux (DTR C3.4).

➤ **Gains dus à l'éclairage**

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible. Si l'on connaît la puissance installée pour l'éclairage, les gains dus à l'éclairage sont donnés par la formule suivante :

$$AI = \sum ( W_n \cdot C_{me} \cdot C_{cr} ) \quad [W] \quad (II.23)$$

$W_n$  (en W) : Puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent.

$C_{me}$  : Coefficient de majoration.

$C_{cr}$  : Pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle.

### II.2.3 Apports thermiques dus à l'introduction d'air extérieur

Les apports de chaleur dus à l'introduction d'air extérieur constituent une source de gain qui varie en fonction du débit d'air d'infiltration suivant l'étanchéité des portes et fenêtres, de la porosité des parois et de la direction et vitesse du vent. Il est évident que l'écart de température induit une différence de pression entre le milieu extérieur et le milieu intérieur qui influe sur la variation de l'apport de chaleur. Ces apports se présentent sous deux formes, sensible et latente.

#### A. Apports de la chaleur dus aux infiltrations

Les gains sensibles et latents dus aux infiltrations, sont donnés respectivement par Les formules (II.24) et (II.25).

- **Gain sensible**

$$AINF_S = 0,320 \cdot qv_{inf} \cdot ( \theta_e (t) - \theta_{b,i} ) \quad [W] \quad (II.24)$$

$AINF_s$  : Gains sensibles dus aux infiltrations d'air extérieur (en W);

$qv_{inf}$  : Débit d'air infiltré ( $m^3 \cdot h^{-1}$ );

$\theta_e(t)$  : Température extérieure à l'instant considéré (K);

$\theta_{b,i}$  : Température intérieure de base du local (K);

0,320 : ( $J \cdot m^{-3} \cdot ^\circ K^{-1}$ ): produit de la chaleur spécifique de l'air ( $1004 J/kg \cdot K$ ) par la masse volumique de l'air ( $1.15 kg \cdot m^{-3}$ ) et par un facteur de conversion d'unité (1/3600);

- **Gain latent**

$$AINF_1 = 0,797 \cdot qv_{inf} \cdot \text{Max} [(r_{b,e}^s - r_{b,i}^s)] \quad [W] \quad (II.25)$$

$AINF_1$  (W) : Gains latents dus aux infiltrations d'air extérieur;

$r_{b,e}^s$  : Humidité absolue de base de l'air extérieur ( $g_{d'eau} \cdot kg_{as}^{-1}$ );

$r_{b,i}^s$  : Humidité absolue de base de l'air intérieur ( $g_{d'eau} \cdot kg_{as}^{-1}$ );

0,797 ( $J \cdot K \cdot g_{air} \cdot g_{vap} \cdot m^{-3}$ ) : est le produit de la masse volumique de l'air ( $1,15 kg \cdot m^{-3}$ ) Par la chaleur de vaporisation de l'eau ( $2498 J \cdot g^{-1}$ ) et par un facteur de conversion (1/3600);

## B. Débit d'air dû aux infiltrations

$$qv_{inf} = \sum (qv_{o_{inf,i}} \cdot S_{ouv,i}) \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (II.26)$$

$qv_{o_{inf,i}}$  : Représente le débit d'infiltration correspondant à l'ouvrant i, ces valeurs sont fixées dans [11].

$S_{ouv,i}$  : Surface de l'ouverture dans la paroi pour l'ouvrant i ( $m^2$ );

## II.2.4 Apports calorifiques totaux

### A. Apports sensibles

Ce sont les apports de chaleur qui affectent directement la température sèche de l'air du local considéré.

$$A_s = APO + AV + AI_s + AINF_s \quad (II.27)$$

### B. Apports latents

Les apports calorifiques latents, ou gains latents, sont les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau qui affectent le local consid

$$A_l = AI_l + AIN F_l \quad (\text{II.28})$$

### C. Apports totaux

Les apports totaux associés à un local sont égaux à la somme des apports totaux sensibles (II.28) et latents (II.29). La détermination des apports totaux nous permettra d'opter pour l'équipement adéquat.

$$AT = AT_S + AT_l \quad (\text{II.29})$$

Avec :

$$AT_S = C_{\Delta as} \times A_s + ARE N_s \quad (\text{II.31})$$

$$AT_l = C_{\Delta al} \times A_l + ARE N_l \quad (\text{II.31})$$

$C_{\Delta as}$  Et  $C_{\Delta al}$  : Coefficients majoration des gains sensibles et latents [11].

## II.3 Étude du cycle de l'évolution de l'air

Le but de cette étude est la détermination des différentes évolutions et le traitement de l'air nécessaire pour rapprocher aux conditions intérieures désirées.

### II.3.1 Calcul du débit d'air :

#### II.3.1.1 Débit d'air soufflé :

Le calcul du bilan thermique nous a permis de déterminer le débit en masse d'air sec à envoyer dans le local. Dans le cadre de climatisation de confort, la détermination de ce débit d'air s'obtient en fixant un écart de soufflage entre la température de l'air soufflé et la température intérieure des locaux compris dans l'intervalle [8 °C, 15°C].

$$M_{as} = \frac{AT}{\Delta h_i^s - \Delta h_s^s} \quad (\text{II.32})$$

- $M_{as}$  [ $kg_{as}/s$ ] : Débit massique d'air sec soufflé
- $AT$  [kw]: Puissance frigorifique totale à fournir

- $\Delta h_s^s$  [kJ/kg<sub>as</sub>] : Enthalpie de l'air soufflé ;
- $\Delta h_i^s$  [kJ/kg<sub>as</sub>] : Enthalpie intérieure du local considéré.

Une fois le débit est déterminé, il y a lieu de vérifier le taux de brassage qui représente le volume d'air traité renouvelé dans le local pendant une heure, en utilisant la relation :

$$\tau = \frac{\text{Débit d'air soufflé}}{\text{Volume du local}} = \frac{qv}{V} \quad (\text{II.33})$$

- $\tau$  [h<sup>-1</sup>] : Taux de brassage
- $qv$  [m<sup>3</sup>/h] : Débit volumique de soufflage
- $v$  [m<sup>3</sup>] : Volume du local ;

Selon la norme, la valeur de taux de brassage ne dépasse pas 15 en climatisation de confort.

### II.3.1.2 Débit d'air repris

Il est soit celui correspondant au débit de soufflage, soit diminué du taux de surpression (ou augmenté du taux de dépression) admis dans le local.

## II.3.2 la Puissance des batteries

### II.3.2.1 Puissances de la batterie froide

$$P_{bf} = M_{as} \times \Delta H_e^s \quad (\text{II.34})$$

- $P_{bf}$  [kW] : Puissance de la batterie froide ;
- $M_{as}$  [kg /s] : Débit massique d'air soufflé ;
- $\Delta H_e^s$  [kJ /kgas] : Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie froid

### II.3.2.2 Puissances de la batterie chaude

$$P_{bc} = M_{as} \times \Delta h_e^s \quad (\text{II.35})$$

- $P_{bc}$  [kW] : Puissance de la batterie chaude.
- $M_{as}$  [kg /s] : Débit massique d'air soufflé.
- $\Delta h_e^s$  [kJ/kgas] : Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie chaude.

## Conclusion

A travers ce chapitre nous avons vu la méthode détaillée de la détermination des différents apports calorifiques et La détermination des conditions extérieures et intérieures adoptées d'un local, est une première démarche qui pourra être intéressante pour établir un bilan thermique et pour la détermination de la puissance frigorifique du local.

# Chapitre III

## Bilan thermique

## INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présentons le bilan thermique du local étudié. En fait, les différents apports thermiques sont calculés dans le but de déduire la charge frigorifique totale.

Pour le calcul de ces apports, il est donc nécessaire de connaître les plans architecturaux de l'établissement, ainsi que les éléments constituant son enveloppe et les murs de séparation.

### III.1 Paramètres géographiques du projet

Le présent projet consiste à dimensionner une centrale de climatisation à eau glacée pour le bloc pédopsychiatrie situé à (oued Ghir, Bejaia) sis à la zone climatique (A) [11] dont les paramètres climatiques sont présentés dans le chapitre précédent. Et son positionnement est :

- Latitude : 36,71° Nord
- Longitude : 4,96 ° Est
- Altitude : 71 m

### III.2 Caractéristiques des matériaux utilisés dans le projet

Dans le tableau qui suit, nous mentionnons les différents composants de chaque paroi, leurs épaisseurs, la valeur de leurs conductivités thermique, ainsi leurs masses surfacique et les résistances thermique correspondantes.

- **Murs extérieurs**

Désignation	Composition	Epaisseur e (m)	Conductivité Thermique $\lambda$ (W/m °k)	Masse surfaccique $m_s$ (kg/m <sup>2</sup> )	Resistance R m <sup>2</sup> °k/W
<b>Mur à double cloison (Ext)</b>	<b>Crépis ext</b>	<b>0.01</b>	<b>0.84</b>	<b>38</b>	<b>0.012</b>
	<b>Mortier de Ciment</b>	<b>0.01</b>	<b>1.4</b>	<b>22</b>	<b>0.007</b>
	<b>Briques Creuses</b>	<b>0.1</b>	<b>0.48</b>	<b>135</b>	<b>0.208</b>
	<b>Lame d'air</b>	<b>0.05</b>	<b>/</b>	<b>0.05</b>	<b>0.16</b>
	<b>Briques Creuses</b>	<b>0.10</b>	<b>0.48</b>	<b>135</b>	<b>0.313</b>
	<b>Mortier de Ciment</b>	<b>0.01</b>	<b>1.4</b>	<b>22</b>	<b>0.007</b>
	<b>Enduit plâtre</b>	<b>0.02</b>	<b>0.35</b>	<b>17.5</b>	<b>0.057</b>

**Tableau III.1** Caractéristiques des matériaux utilisés pour les murs extérieurs [11].

- Murs intérieurs

Désignation	Composition	Epaisseur e (m)	Conductivité Thermique $\lambda$ (W/m <sup>°k</sup> )	Masse surfacique $m_s$ (kg/m <sup>2</sup> )	Resistance R m <sup>2°k</sup> /W
<b>Murs à Simple cloison (int)</b>	Enduit plâtre	0.02	0.35	1705	0.057
	Mortier de Ciment	0.01	1.4	22	0.007
	Briques Creuses	0.1	0.48	135	0.208
	Mortier de Ciment	0.01	1.4	22	0.007
	Enduit plâtre	0.02	0.35	17.5	0.057

Tableau III.2 Caractéristiques des matériaux utilisés pour les murs intérieurs [11]

- Plancher bas

Désignation	Composition	Epaisseur e (m)	$\lambda$ (W/m <sup>°k</sup> )	Resistance R m <sup>2°k</sup> /W
<b>Plancher bas</b>	Carrelage	0.02	1	0.02
	Mortier de pose	0.05	1.7	0.03
	Béton Armé	0.15	1.75	0.085

Tableau III.3 Caractéristiques des matériaux utilisés pour le plancher bas [11].

- Plancher haut

Désignation	Composition	Epaisseur e (m)	$\lambda$ (W/m <sup>°k</sup> )	Resistance R m <sup>2°k</sup> /W
<b>Plancher haut</b>	Enduit plâtre	0.02	0.35	0.057
	Mortier ciment	0.01	1.4	0.007
	Hourdis	0.16	/	0.14
	Béton Armé	0.15	1.75	0.085
	Carrelage	0.02	1	0.257

Tableau III.4 Caractéristiques des matériaux utilisés pour le plancher haut [11].

### III.2.1 Valeurs des coefficients de transmission surfacique K

#### ❖ Coefficients de transmission surfacique des parois

Désignation	$R_m = \sum \frac{e_i}{\lambda_i}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$ ( $m^2 \cdot k/W$ )	K ( $W/m^2 \cdot k$ )
Mur à double Cloison (Ext)	0.764	0.14	1.10
Mur à Simple Cloison (int)	0.336	0.21	1.83
Plancher bas	0.135	0.18	3.17
Plancher haut	0.546	0.17	1.39

Tableau III.5 les coefficients de transmission surfacique K des parois

#### ❖ Coefficients de transmission des Fenêtres et portes

1. Dans notre cas on a des vitrages simples et la menuiserie est en métal, Le coefficient de transmission des parois vitrées peut être calculé en utilisant la formule (II.18). Nous allons calculer en premier lieu la résistance supplémentaire des occultations en prenant  $e_{OCC} = 0,003$  [m],  $\lambda_{OCC} = 0,8$  [ $W/m \cdot ^\circ C$ ]

$K_{Wn}$ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	$r_v$ ( $m^2 \cdot k/W$ )	$r_{rid}$ ( $m^2 \cdot k/W$ )	$r_{OCC}$ ( $m^2 \cdot k/W$ )	K ( $W/m^2 \cdot k$ )
4	0.025	0.030	0.1637	2.1333

Tableau III.6 les coefficients de transmission surfacique K des parois vitrées.

#### 2. Le Coefficient de transmission K des Portes

Le Coefficient K pour les portes extérieures :  $K=5.8$  ( $W/m^2 \cdot k$ ).

Le coefficient K pour les portes donnant sur non conditionnées :  $K= 4.5$  ( $W/m^2 \cdot k$ ).

### III.2.2 Variation de la température sèche de l'air extérieur $\theta_e(t)$

Heure	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
$\theta_e$ ( $^\circ k$ )	27.07	28.33	29.68	30.58	32.11	33.41	34	34	34	33.57

Tableau III.7 variation de la température sèche de l'air extérieur pour le mois de juillet.

### III.2.3 Valeurs du rayonnement total et diffus de base

Latitude	Valeurs $I_{t,b}$ et $I_{t,d}$					
36.71°	mois	Orientations des façades extérieures				
		N	NO	NE	SE	HORIZON
NORD	juillet	48,93	408.72	408.72	368	747.81

**Tableau III.8** Valeurs du rayonnement total et diffus de base.

Les valeurs du rayonnement du base et diffus sont déterminées avec des interpolations pour les valeurs intermédiaires données.

### III.3 Exemple de calcul du bilan frigorifique

Dans ce qui suit nous allons donner un exemple de calcul du bilan thermique pour le bureau qui est situé au premier étage de l'hôpital voir annexe A.9, il possède une façade extérieure orientée vers le Nord Ouest, qui possède des fenêtres en simple vitrage dont la menuiserie est en aluminium.

Les parois intérieures de ce bureau en contact avec une salle conditionnée et en contact avec des pièces non conditionnées (couloir, salle non conditionnées).

#### III.3.1 Paramètres géométriques

	parois	orientation	Surfaces (m <sup>2</sup> )					Volume (m <sup>3</sup> )
			Murs	portes	fenêtres	Plancher	Toit	Chambre
Extérieure	1	NO	11,23	/	3.24	13,83	13,83	46,33
	2	SO	14,47	/	/			
Intérieure	3	NE	9.22	2	/			
	4	SE	13.23		/			

**Tableau III.9** Paramètres géométriques du bureau

#### III.3.2 Calcul de la masse surfacique des murs

Nous allons présenter un exemple de calcul de la masse surfacique des parois du local étudié, dont le plan et la composition des parois sont présentes précédemment.

La formule (II.9) permet de calculer la masse rapportée à la surface du plancher des locaux, en calculant la masse de chaque paroi entourant le local.

La masse d'une paroi se calcule comme suit (quelque soit la paroi « extérieure ou bien séparation » :

$$M_{\text{paroi}} = S_{\text{paroi}} \cdot \sum (\rho_i \cdot e_i) \quad [k_g] \quad (\text{III.1})$$

Parois	Masse	Masse surfacique [kg/m <sup>2</sup> ]
Paroi 1	4517.33	<b>695,51</b>
Paroi 2	4127	
Toit	19826	
Paroi 3	3129.88	
Paroi 4	2608.20	

**Tableau III.10** Masse rapportée à la surface du plancher de local étudié.

### III.3.3 Apports à travers les parois opaques

#### A. Parois opaques aériennes

- **Orientation** : nord ouest
- **Paroi ensoleillée**

Formule (II.7) et (II.4)

$$\Delta \theta_e(9h) = 0 + 2,6 + \frac{0,5}{0,9} (2,2 - 0) \cdot \frac{408,72}{400} = 3,848 \text{ (°k)}$$

$$\text{APO}(9h) = 1,2 \cdot 1,10 \cdot 11,23 \cdot 3,843 = 57 \text{ (W)}$$

Heure	K (W/m <sup>2</sup> °k)	S (M <sup>2</sup> )	$\Delta \theta_{em}$ (°k)	$C_{\Delta \theta_e}$ (°k)	$\alpha$	$\Delta \theta_{es}$ (°k)	$I_{t,b}$	$I_{t,b(40)}$	$\Delta \theta_e(t)$	APO (W)
08	1,10	11,23	2,2	2,6	0,50	0	408.7	400	3,848	57
09			2,2			0			3,848	57
10			2,2			0			3,848	57
11			2,2			0			3,848	57
12			2,2			0			3,848	57
13			2,2			0,5			4,065	60,258
14			2,2			1,1			4,324	64,103
15			2,8			1,7			4,924	73
16			3,3			2,2			5,424	80,41
17			5,0			2,8			6,648	98,547

**Tableau III.11** Apports à travers une paroi opaque aérienne.

**B. Apports à travers le toit**

Heure	K (W/m <sup>2</sup> °k)	S (M <sup>2</sup> )	$\Delta\theta_{em}$ (°k)	$C_{\Delta\theta_e}$ (°k)	$\alpha$	$\Delta\theta_{es}$ (°k)	$I_{t,b}$	$I_{t,b(40)}$	$\Delta\theta_e(t)$	APO (W)
08	1,39	13,83	6,1	2,6	0,70	-1,1	747,8	737	11,97	276,255
09			6,1			-1,1			11,97	276,255
10			6,7			-1,1			12,31	283,972
11			7,2			-0,5			12,85	296,429
12			8,9			0			14,03	323,650
13			12,2			1,1			16,378	377,815
14			14,4			2,2			18,1	417,538
15			15,6			3,3			19,26	444,298
16			17,8			4,4			20,978	483,93
17			19,4			5			22,14	510,872

Tableau III.12 Apports à travers le toit.

**C. Apports à travers les parois intérieures**

Formule (II.10) et (II.11)

$$\text{APO (8h)} = 6,07 \cdot 37 \cdot 1,83 = 411$$

Heure	$K_{été}$	$S_{int}$	$\theta_e(t)$	$C_{Inc}$	$\theta_{b,i}$	$\Delta_{tInc}$	APO (W)
08	1,83	37	27,07	-3	24	6,07	411
09			28,33	-3		7,33	496,31
10			29,68	-2		7,68	520,01
11			30,58	-2		8,58	580,95
12			32,11	-1		09,11	616,83
13			33,41	0		09,41	637,15
14			34	0		09,41	637,15
15			34	1		09	609,39
16			34	1		09	609,39
17			33,57	1		08.57	580,27

Tableau III.13 Apports à travers les parois intérieures.

**D. Apports à travers le plancher**

Heure	$K_{été}$	$S_{int}$	$\theta_e(t)$	$C_{Inc}$	$\theta_{b,i}$	$\Delta_{tInc}$	APO (W)
08	1,39	13,83	27,07	-3	24	6,07	116,688
09			28,33	-3		7,33	140,909
10			29,68	-2		7,68	147,638
11			30,58	-2		8,58	164,939
12			32,11	-1		09,11	175,127
13			33,41	0		09,41	180,895
14			34	0		09,41	180,895
15			34	1		09	173,013
16			34	1		09	173,013
17			33,57	1		08.57	173,013

Tableau III.14 Apports à travers le plancher.

**E. Apports à travers la porte du local**

Heure	$K_{été}$	$S_{int}$	$\theta_e(t)$	$C_{Inc}$	$\theta_{b,i}$	$\Delta_{tInc}$	APO (W)
08	4,5	3,24	27,07	-3	24	6,07	88,50
09			28,33	-3		7,33	106,87
10			29,68	-2		7,68	111,97
11			30,58	-2		8,58	125,09
12			32,11	-1		09,11	132,82
13			33,41	0		09,41	137,19
14			34	0		09,41	137,19
15			34	1		09	127,17
16			34	1		09	127,17
17			33,57	1		08.57	124,95

Tableau III.15 Apports à travers la porte du local.

### F. Apports à travers la paroi vitrée

- Gains dus au gradient de température :

#### Exemple du calcul

$$\text{Formule (II.16)} \quad \text{AVT}(t) = 1,2 \cdot K_{\text{été}} \cdot S_{\text{ouv}} \cdot [\theta_e(t) - \theta_{b,i}]$$

$$\text{AVT (8h)} = 1,2 \cdot 3,24 \cdot 2,133 \cdot (27,07 - 24) = 25,46 \text{ [w]}$$

Heure	coeff	$K_{\text{été}}$	$S_{\text{ouv}}$	$\theta_e(t)$	$\theta_{b,i}$	AVT (t)
08	1,2	2,133	3,24	27,07	24	25,46
09				28,33		35,90
10				29,68		47,10
11				30,58		54,56
12				32,11		67,25
13				33,41		78,03
14				34		82,93
15				34		82,93
16				34		82,93
17				33,57		79,36

Tableau III.16 Gains dus au gradient de température.

- Gains dus au rayonnement solaire :

#### Exemple du calcul

Orientation : nord ouest

$$\text{Formules (II.2) et (II.3)} \quad \text{AVE}(t) = [SV_{\text{ens}} \cdot I_t + (SV - SV_{\text{ens}})I_d] \cdot FS \cdot N_{\text{pvi}}(t)$$

$$I_t = (1 \times 1 \times 1 \times 0,9) \cdot 408,72 = 367,848 \text{ W}$$

$$I_d = (1 \times 1 \times 1 \times 0,9) \cdot 48,93 = 44,037 \text{ W}$$

$$SV_{\text{ens}} = 2,43 ; S_{\text{Ombr}} = 0,81 ; FS = 1 ; N_{\text{PVI}} = 0,25 \text{ W}$$

Formule (II.17)

$$\text{AVE (8h)} = [2,43 \times 367,848 + 0,81 \times 44,037] \times 1 \times 0,25 = 232,38 \text{ W}$$

Heure	$SV_{ens}$	$I_t$	$S_{Ombr}$	$I_d$	$N_{PVI}$	FS	AVE (W)
08	2.43	367,848	0,81	44,037	0,25	1	232,38
09					0,23		213,794
10					0,22		204,498
11					0,20		185,908
12					0,19		176,612
13					0,17		158,022
14					0,17		158,022
15					0,19		176,612
16					0,29		269,56
17					0,40		371,81

Tableau III.17 Gains dus au rayonnement solaire.

- Apports totaux à travers la paroi vitrée

Heure	AVT (W)	AVE (W)	AV (W)
08	25,46	232,38	256,84
09	35,90	213,794	249,694
10	47,10	204,498	251,598
11	54,56	185,908	240,468
12	67,25	176,612	243,862
13	78,03	158,022	236,052
14	82,93	158,022	240,952
15	82,93	176,612	259,542
16	82,93	269,56	352,49
17	79,36	371,81	451,17

Tableau III.18 Apports totaux à travers la paroi vitrée.

### III.4 Apports de chaleur internes

#### III.4.1 Apports de chaleur dus aux occupants

Formule (II.20)

Exemple :  $(0,8 \cdot 0,87 \cdot 142) + (120 \cdot 0,8) = 194,832 \text{ W}$

Heure	CS (W)	$N_{AI}$ (W)	$Q_{S,oc}$ (W)	$Q_{l,oc}$ (W)	$AI_S$ (W)	$AI_l$ (W)	AI (W)
08	0,8	0,87	142	120	98,832	96	194,832
09		0,88			99,968		195,968
10		0,90			102,24		198,24
11		0,30			34,08		130,08
12		0,26			29,536		125,536
13		0,22			24,992		120,992
14		0,19			21,584		117,584
15		0,16			18,176		114,176
16		0,15			17,04		113,04
17		0,13			14,768		110,786

Tableau III.19 Gains de chaleur dus aux occupants.

#### III.4.2 Apports dus aux éclairages

Formule (II.23)

Exemple :  $AI_S = 104 \cdot 1,25 \cdot 1 = 130 \text{ W}$

Formule (II.20)

$AI(08) = 130 \cdot 0,87 \cdot 0,7 = 79,17 \text{ W}$

Heure	CS (W)	$N_{AI}$ (W)	$AI_S$ (W)	AI (W)
08	0,7	0,87	130	79,17
09		0,88		80,08
10		0,90		81,9
11		0,30		27,3
12		0,26		23,33
13		0,22		20,02
14		0,19		17,29
15		0,16		14,56
16		0,15		13,65
17		0,13		11,83

Tableau III.20 apports de chaleur dus aux éclairages.

## III.4.3 Apports dus aux appareils électriques

Heure	CS (W)	$N_{AI}$ (W)	$AI_S$ (W)	AI (W)
08	0,6	0,87	925	482,85
09		0,88		488,4
10		0,90		499,5
11		0,30		166,5
12		0,26		144,3
13		0,22		122,1
14		0,19		105,45
15		0,16		88,8
16		0,15		83,25
17		0,13		72,15

Tableau III.21 apports dus aux appareils électriques.

- Apports internes sensibles et latents

Heure	$AI_S$ (W)	$AI_l$ (W)	AI (W)
08	660,852	96	756,852
09	668,448		764,448
10	683,64		779,64
11	227,88		323,88
12	197,166		293,166
13	170,43		266,43
14	144,324		240,324
15	121,536		217,536
16	113,97		209,97
17	98,784		194,784

Tableau III.22 Apports internes sensibles et latents.

### III.5 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur

- Apports sensibles dus aux infiltrations

Formule (II.24)

Exemple : AINFs (08) = 0,320. 46,98. (27,07 – 24) = 46,153

Heure	coeff	$qv_{inf}$	$\theta_e$ (t)	$\theta_{b,i}$	AINFs (W)
08	0,320	46,98	27,07	24	46,153
09			28,33		65,095
10			29,68		85,390
11			30,58		98,921
12			32,11		121,922
13			33,41		141,466
14			34		150,336
15			34		150,336
16			34		150,336
17			33,57		140,864

Tableau III.23 Apports sensibles dus aux infiltrations.

- Apports latents dus aux infiltrations

Formule (II.25)

$AINF_l = 0,797 \times 46,98 \times 14,5 \times (14,5 - 8,34) = 230,649 \text{ W}$

### III.6 Apports calorifiques totaux

Heure	APO	AV	$AI_s$	$AINF_s$	$A_s$	$AI_l$	$AINF_l$	$A_l$
08	738,268	256,84	660,852	46,153	1702,113	96	230,649	326,649
09	866,169	247,694	668,448	65,095	2065,433			
10	905,988	251,598	683,64	85,390	1926,616			
11	1002	240,468	227,88	98,921	1569,269			
12	1068,777	243,862	197,166	121,922	1631,727			
13	1125,085	236,058	170,43	141,466	1673,039			
14	1133,712	240,952	144,324	150,336	1669,324			
15	1123	259,542	121,536	150,336	1654,414			
16	1116,56	352,49	113,797	150,336	1733,183			
17	1110	451,17	98,784	140,864	1800,818			

Tableau III.24 Apports calorifiques totaux.

**III.7 Apports totaux sensibles et latents (puissance frigorifique)**

Formule (II.30) et (II.31)

Exemple :  $AT(8h) = 1702,13 \times 1,05 + 326,649 \times 1,00 = 2113,867$  (W)

Heure	$A_s$	$C_{\Delta as}$	$AT_s$	$A_l$	$C_{\Delta al}$	$AT_l$	AT
08	1702,113	1,05	1787,218	326,649	1,00	326,649	2113,867
09	2065,433		2168,704				2495,353
10	1926,616		2022,946				2449,595
11	1569,269		1647,732				1974,381
12	1631,727		1713,313				2039,962
13	1673,039		1756,690				2083,339
14	1669,324		1752,902				2079,551
15	1654,414		1737,134				2063,783
16	1733,183		1819,842				2146,491
17	1800,818		1890,857				2214,506

Tableau III.25 Apports totaux sensibles et latents

**III.8 Bilan frigorifique pour le bloc pédopsychiatrie**

La démarche à suivre pour le calcul du bilan frigorifique du bloc est pareille à celle de l'exemple donné au-dessus, suivant les étapes et appliquant les mêmes méthodes de calcul précédentes pour chaque pièce de bloc, en calculant les différents apports calorifiques pour les mêmes conditions et les mêmes exigences.

Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs des différents apports calorifiques pour toutes les pièces du bloc.

## A. Apports à travers les parois opaques

## • Parois aériens

Local / heure	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	133,53	133,53	133,53	178,52	223,51	238,99	257,57	276,15	273,96	273,26
Salle d'attente 1	43,773	43,773	43,773	58,522	73,270	78,345	84,436	90,526	89,808	89,577
Salle d'attente 1	42,371	42,371	42,371	42,371	42,371	44,751	47,606	54,212	59,716	73,196
Réception	130,66	130,66	130,66	130,66	130,66	138	146,80	167,17	184,14	225,71
Salle de staff	68,307	68,307	68,307	91,321	114,33	122,25	131,75	141,26	140,14	139,78
Bureau	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Salle de soin	104,08	104,08	104,08	104,08	104,08	109,92	116,94	133,16	146,68	179,8
secrétariat	111,92	111,92	111,92	130,39	149,42	152,35	157,1	165,03	170,05	199,50
Salle de consultation	98,831	98,831	98,831	137,49	176,68	182,83	191,50	196,74	191,38	196,63
Salle de consultation	97,915	97,915	97,915	145,57	194,67	191,50	190,88	181,6	169,77	185,03
Salle de consultation	36,732	36,732	36,732	54,610	73,03	71,842	71,609	68,125	63,687	69,413
Salle de consultation	33,988	33,988	33,988	50,531	67,575	66,476	66,260	63,037	58,930	64,229
Bureau	57,08	57,08	57,08	57,08	57,08	60,29	64,13	73,03	80,44	98,60
Dortoir	50,89	50,89	50,89	68,03	85,18	91,08	98,16	105,24	104,40	104,14
Archive	64,15	64,15	64,15	85,76	107,38	114,8	123,74	132,67	131,61	131,28
Salle de détente	111,06	111,06	111,06	145,55	181,1	181,11	183,32	182,86	179,52	203,35
Salle d'attente	63,07	63,07	63,07	84,32	105,57	112,9	121,65	130,43	129,39	129,07
Salle polyvalente 1	81,13	81,13	81,13	81,13	81,13	85,69	91,16	103,80	114,35	140,16
Salle polyvalente 2	52,20	52,20	52,20	69,78	87,37	93,42	100,68	107,95	107,09	106,82

Tableau III.26 Apports de chaleur par transmission à travers la paroi extérieur.

- **Apports à travers le toit**

Local /heures	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Bureau	276,25	276,26	284,1	296,63	323,83	377,93	417,67	444,35	484,1	510,99
Dortoir	291,77	291,78	291,77	395,21	498,64	531,31	570,51	609,71	601,75	596,61
Archive	296,43	296,43	296,43	364,94	460,45	490,61	526,81	563,02	555,66	550,92
Salle de détente	214,60	214,60	214,60	290,68	366,76	390,78	419,61	448,45	442,59	438,82
Salle d'attente	344,81	344,81	344,81	467,05	589,28	627,88	674,21	720,54	711,13	705,06
Salle polyvalente 1	235,68	235,68	235,68	319,23	402,78	429,17	460,83	492,5	486,07	481,92
Salle polyvalente 2	287,68	287,68	267,68	389,66	491,67	523,85	562,5	601,15	593,3	588,24

Tableau III.27 apports à travers le toit.

- **Apports à travers les parois en contact avec le sol**

Local / heure	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	78,623	226,48	384,90	490,51	670,06	822,60	891,84	891,84	891,84	841,38
Salle d'attente 1	50,781	146,27	248,60	316,81	432,77	531,30	576,02	576,02	576,02	543,48
Salle d'attente 1	37,45	107,9	183,37	233,7	319,23	391,91	424,90	424,94	424,9	400,85
Réception	51,05	147,05	249,92	318,5	435,07	534,12	579,08	579,08	579,08	546,32
Salle de staff	67,77	195,21	331,77	422,81	577,58	709,07	768,75	768,75	768,75	725,26
Bureau	21,64	62,34	105,96	135,04	184,46	226,45	245,52	245,52	245,52	231,62
Salle de soin	20,12	57,95	98,49	125,52	171,46	210,5	228,22	228,22	228,22	215,30
secrétariat	36,68	105,67	179,60	228,87	312,65	383,82	416,14	416,14	416,14	392,60
Salle de consultation	25,75	74,19	126,1	161	219,51	269,48	292,17	292,17	292,17	275,64
Salle de consultation	25,17	72,52	123,25	157,08	214,58	263,42	285,6	285,6	285,6	269,44
Salle de consultation	27,6	79,47	135,07	172,14	235,14	288,68	313	313	313	295,27
Salle de consultation	28,15	81,1	137,81	175,63	239,92	294,53	319,33	319,33	319,33	301,26

Tableau III.28 Apports à travers les parois en contact avec le sol.

- Apports à travers les parois intérieures

Local / heure	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	774,02	934,7	979,32	1094,1	1161,6	1200	1275,1	1147,6	1147,6	1092,8
Salle d'attente 1	589,40	711,75	709,20	792,31	841,25	913,72	971,01	873,91	873,91	832,16
Salle d'attente 1	560,53	676,88	709,20	792,31	841,25	868,96	923,44	831,10	831,10	791,39
Réception	505,79	610,79	639,95	714,94	759,11	784,10	833,27	749,94	749,94	714,11
Salle de staff	594,49	717,89	752,17	840,31	892,22	921,60	797,39	881,45	881,45	839,33
Bureau	478,20	577,64	605,04	675,94	717,70	741,33	787,81	709,03	709,03	675,15
Salle de soin	337,26	407,26	426,71	476,72	506,16	522,83	555,61	500,05	500,05	476,16
secrétariat	308,61	372,67	390,46	436,22	463,17	478,42	508,42	457,58	457,58	435,71
Salle de consultation	256,93	310,26	325,08	363,17	385,60	398,30	423,27	380,95	380,95	362,75
Salle de consultation	420,24	507,47	531,70	594,01	630,71	651,47	692,32	632,1	623,1	593,32
Salle de consultation	458,94	554,21	580,67	648,72	688,8	711,47	756,08	680,47	680,47	647,96
Salle de consultation	467,87	564,99	591,97	661,34	702,19	725,32	770,8	693,71	693,71	660,57
Bureau	410,24	495,40	519,05	579,88	615,70	635,98	675,85	608,27	608,27	579,20
Dortoir	798,19	963,88	1009,9	1128,2	1197,9	1237,4	1315	1183,4	1183,4	1127
Archif	459,06	554,35	580,82	648,90	688,97	711,66	756,28	680,65	680,65	684,13
Salle de détente	359,43	434,04	454,77	508,06	539,45	557,21	592,15	532,93	532,92	507,47
Salle d'attente	805,19	972,33	1018,7	1138,1	1208,4	1248,2	1326,5	1193,8	1193,8	1136,8
Salle polyvalente 1	567,44	685,23	717,95	802,1	851,63	897,68	934,83	841,35	841,35	801,15
Salle polyvalente 2	766,46	925,56	969,75	1083,4	1150,3	1188,2	1262,7	1136,4	1134,4	1082,1

Tableau III.29 Apports à travers les parois intérieures.

- Apports à travers les portes

Local / heure	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	81,325	98,20	102,9	114,95	122,05	126,07	133,98	120,58	120,58	114,82
Salle d'attente 1	107,20	129,45	135,63	151,53	160,9	166,19	176,61	158,95	158,95	151,35
Salle d'attente 1	73,93	89,28	93,54	104,50	110,96	114,61	121,8	109,62	109,62	104,38
Réception	316,85	382,62	400,90	447,87	475,54	491,20	522	469,8	469,8	447,35
Salle de staff	155,25	187,48	196,43	219,46	233,01	240,68	255,78	230,20	230,20	219,20
Bureau	66,54	80,35	84,18	94,05	99,05	103,15	109,62	98,65	98,65	93,94
Salle de soin	184,83	223,2	233,85	261,26	277,4	286,53	304,5	274,05	274,05	260,94
secrétariat	73,93	89,27	93,54	104,50	110,95	114,61	121,8	109,62	109,62	104,38
Salle de consultation	70,41	85,02	89,08	99,528	105,67	109,15	116	104,4	104,4	99,41
Salle de consultation	98,576	119,04	124,72	139,34	147,94	152,81	162,4	146,16	146,16	139,17
Salle de consultation	84,5	102,03	106,90	119,43	126,81	130,98	139,2	125,28	125,28	119,29
Salle de consultation	73,93	89,279	93,54	104,50	110,96	114,61	121,8	109,62	109,62	104,38
Bureau	70,412	85,028	89,088	99,528	105,67	109,15	116	104,4	104,4	99,41
Dortoir	84,494	102,03	106,90	119,43	126,81	130,98	139,2	125,28	125,28	119,29
Archif	42,247	51,016	53,452	59,716	63,405	65,493	69,6	62,64	62,64	59,647
Salle de détente	85,022	102,67	107,57	120,18	127,60	131,80	140,07	126,06	126,06	120,04
Salle d'attente	73,932	89,279	93,542	104,50	110,96	114,61	121,8	109,62	109,62	104,38
Salle polyvalente 1	84,494	102,03	106,90	119,43	126,81	130,98	139,2	125,28	125,28	119,29
Salle polyvalente 2	80,973	97,78	102,45	114,45	121,52	125,53	133,4	120,06	120,06	114,32

Tableau III.30 Apports à travers les portes.

- Apports à travers le plancher

Local / heure	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	343,56	414,88	434,69	485,63	515,63	532,61	566	509,40	509,40	485,06
Salle d'attente 1	221,90	267,96	280,75	313,66	333,03	344	365,57	329	329	313,29
Salle d'attente 1	163,68	197,66	207,1	231,36	245,66	253,75	269,66	242,69	242,69	231,1
Réception	223,08	269,39	282,25	315,32	334,80	345,83	367,51	330,76	330,67	314,96
Salle de staff	269,15	357,62	374,70	418,61	444,46	459,10	487,89	439,10	439,10	418,12
Bureau	94,58	114,21	119,67	133,69	141,95	146,62	155,81	140,23	140,23	133,53
Salle de soin	87,916	106,16	111,23	124,27	131,94	136,29	144,83	130,35	130,35	124,12
secrétariat	160,30	193,58	202,82	226,60	240,59	248,51	264,1	267,70	267,70	226,33
Salle de consultation	112,55	135,91	142,40	159,1	168,92	174,48	185,42	166,88	166,88	158,91
Salle de consultation	110,02	132,86	139,20	155,51	165,12	170,56	181,25	163,13	163,13	155,33
Salle de consultation	120,57	145,60	154,54	170,42	180,95	186,91	198,63	178,76	178,76	170,22
Salle de consultation	123,01	148,55	155,64	173,88	184,62	190,70	202,66	182,39	182,39	173,68
Bureau	116,68	140,91	147,63	164,94	175,12	180,89	192,23	173,01	173,01	164,74
Dortoir	330,49	399,1	418,14	467,15	496	512,34	544,46	490,01	490,01	435,03
Archif	308,13	372,1	389,85	435,54	462,45	477,67	507,62	456,86	456,86	435,03
Salle de détente	243,07	293,53	307,55	343,59	364,81	376,83	400,46	360,41	360,41	343,19
Salle d'attente	390,56	471,63	494,15	552,06	586,16	605,46	643,43	579,08	579,08	551,42
Salle polyvalente 1	266,95	322,37	337,76	377,34	400,65	413,84	439,79	395,81	395,81	376,90
Salle polyvalente 2	325,84	393,48	412,27	460,59	489,04	505,14	536,81	483,13	483,13	460,05

Tableau III.31 Apports à travers le plancher.

- Apports à travers les parois vitrées

Heures / local	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	374,85	501,57	597,57	657,92	628,04	511,50	463,33	410,34	367,95	322,63
Salle d'attente 1	1028	1041,3	1054,3	1062,8	1073,3	1079,3	1082,1	1080,5	1079,2	1075
Salle d'attente 1	319,38	306,15	305,42	289,24	290	277,07	281,90	305,44	423,15	549,12
Réception	102,57	98,22	97,88	92,61	92,74	88,49	900	97,578	135,46	176,03
Salle de staff	608,16	814,51	971,25	1070	1025,5	841,53	765,59	680,58	612,58	554,98
Bureau	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Salle de soin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
secrétariat	732,81	761,8	734	725,26	642,74	613,78	553,77	539,06	509,63	470,31
Salle de consultation	776,80	873,83	906,91	933,96	840,88	731,90	650,45	604,10	553,77	503,91
Salle de consultation	390,10	397,35	372	360,63	303,21	277,58	239,60	231,19	214,76	195,74
Salle de consultation	390,10	397,35	373	360,63	330,21	277,58	239,60	231,19	241,76	195,74
Salle de consultation	390,10	397,35	373	360,63	330,21	277,58	239,60	231,19	241,76	195,74
Bureau	323,38	309,98	309,24	392,85	293,61	280,54	285,42	309,26	428,44	555,98
Dortoir	521,14	698,31	833,47	918,77	883,31	792,01	665,42	593,24	535,5	485,91
Archif	970,43	1065,7	1081,5	1100,7	985,70	879,41	784,22	738,27	682,80	623,82
Salle de détente	967,29	980,68	941,56	915,48	818,13	770,06	705,66	705,66	752,43	797,11
Salle d'attente	502,25	673,12	803,70	886,14	852,97	705,54	644,81	575,5	520,03	472,17
Salle polyvalente 1	617,63	595,16	596,87	567,90	572,76	551	561,56	606,58	831,66	1071,6
Salle polyvalente 2	478,18	893,73	1064,4	1171,9	1118,7	911,11	825,31	730,92	655,40	592,50

Tableau III.32 Apports à travers les parois vitrées.

**B. Apports de chaleur internes**

- Apports de chaleur dus aux occupants

Heures / local	Gains de chaleur des occupants (AIs)										AIi
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	
Salle d'attente 1	391,92	408,96	420,32	335,12	295,36	261,28	238,5	210,2	193,12	167	480
Salle d'attente 1	313,53	327,16	336,25	268,1	236,28	209	190,84	168,1	154,5	140,8	384
Salle d'attente 1	274,34	286,27	294,22	234,58	206,75	182,90	167	147,11	135,18	123,2	336
Réception	195,96	204,48	210,16	167,56	147,68	130,64	119,28	105,08	96,56	88,04	240
Salle de staff	391,92	408,96	420,32	335,12	295,36	261,28	238,56	210,16	193,12	176	480
Bureau	117,57	122,68	126,1	100,5	88,6	78,38	71,56	63,04	57,93	52,82	144
Salle de soin	117,57	122,68	126,1	100,5	88,6	78,38	71,56	63,08	57,93	52,82	144
Secrétariat	156,76	163,58	168,12	134,05	118,14	104,51	95,42	84,06	77,24	70,43	192
Salle de consultation	78,38	81,79	84,06	67,02	59,07	52,25	47,71	42,03	38,62	35,21	96
Salle de consultation	117,57	122,68	126,1	100,53	88,60	78,38	71,56	63,04	57,93	52,82	144
Salle de consultation	156,78	163,58	168,12	134,04	118,14	104,51	95,42	84,06	77,24	70,43	192
Salle de consultation	78,38	81,80	84,06	67,02	59,07	52,25	47,71	42,03	38,62	35,21	96
Bureau	39,192	40,90	42,03	33,512	29,536	26,128	23,856	21,016	19,312	17,608	48
Dortoir	391,92	409	420,3	335,12	295,36	261,28	238,56	210,16	193,12	176,08	480
Archif	78,384	81,792	84,064	67,024	59,072	52,256	47,712	42,032	38,624	3,216	96
Salle de détente	391,92	408,96	420,32	335,12	295,36	261,28	238,56	210,16	193,12	176,08	480
Salle d'attente	195,96	204,48	210,16	167,56	147,68	130,64	119,28	105,08	96,56	88,04	240
Salle polyvalente 1	313,53	327,16	336,25	268,1	236,28	209,02	190,84	168,12	154,5	140,86	384
Salle polyvalente 2	235,15	245,37	252,19	201,07	177,216	156,76	143,13	126,1	115,87	105,64	288

Tableau III.33 Apports de chaleur dus aux occupants.

- Apports de chaleur dus aux éclairages

Heures local	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	786,71	820,91	843,71	672,7	592,88	524,47	478,86	421,86	387,65	353,45
Salle d'attente 1	653,29	681,69	700,63	558,61	492,33	435,52	397,65	350,31	321,91	293,50
Salle d'attente 1	374,80	391,10	401,96	320,48	282,46	249,87	228,14	200,98	184,68	168,39
Réception	510,82	533,03	547,83	436,78	384,96	340,54	310,93	273,91	251,70	229,49
Salle de staff	678,13	707,61	727,27	579,85	511,05	452,08	412,77	363,63	334,15	304,66
Bureau	216,57	225,99	232,27	185,19	163,21	144,38	131,83	116,13	106,71	97,302
Salle de soin	201,31	210,06	215,90	172,13	151,71	134,21	122,54	107,95	99,198	90,445
secrétariat	367,08	383,04	393,68	313,88	276,64	244,72	223,44	196,84	180,88	164,92
Salle de consultation	258,88	270,14	277,64	221,36	195,10	172,59	157,58	138,82	127,56	116,31
Salle de consultation	251,93	262,88	270,18	215,42	189,86	167,95	153,35	135,09	124,14	113,18
Salle de consultation	276,08	288,08	296,08	236,07	208,06	184,05	168,05	148,04	136,04	124,03
Salle de consultation	281,68	293,93	302,09	240,86	212,28	187,79	171,46	151,04	138,80	126,55
Bureau	267,19	278,81	286,55	228,47	201,36	178,13	162,64	143,27	131,66	120,04
Dortoir	756,76	789,66	811,60	647,08	570,31	504,50	460,63	405,80	372,89	339,99
Archif	705,56	736,24	756,69	603,31	531,73	470,37	429,47	378,34	347,67	316,99
Salle de détente	556,61	145,20	149,23	118,98	104,86	92,768	84,701	74,617	68,567	62,517
Salle d'attente	223,58	233,30	239,78	191,17	168,49	149,05	136,09	119,89	110,17	100,45
Salle polyvalente 1	586,83	612,34	629,35	501,78	442,25	391,22	357,20	314,67	289,16	263,65
Salle polyvalente 2	746,13	778,58	800,20	638,00	562,30	497,42	454,17	400,10	367,66	335,22

Tableau III.34 Apports de chaleur dus aux éclairages.

- Apports de chaleur dus aux machines électrique

Heures / local	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Salle d'attente 1	414	432	444	354	312	276	252	222	204	186
Salle d'attente 1	103,5	108	111	88,5	78	69	63	55,5	51	46,5
Salle d'attente 1	103,5	108	111	88,5	78	69	63	55,5	51	46,5
Réception	248,4	259,2	266,4	212,4	187,2	165,6	151,2	133,2	122,4	111,6
Salle de staff	414	432	444	354	312	276	252	222	204	186
Bureau	124,2	129,6	133,2	106,2	93,6	82,8	75,6	66,6	61,2	55,8
Salle de soin	828	864	888	708	624	552	504	444	408	372
secrétariat	289,8	302,4	310,8	247,8	218,4	193,2	176,4	155,4	142,8	130,2
Salle de consultation	165,6	172,8	177,6	141,6	124,8	110,4	100,8	88,8	81,6	74,4
Salle de consultation	165,6	172,8	177,6	141,6	124,8	110,4	100,8	88,8	81,6	74,4
Salle de consultation	165,6	172,8	177,6	141,6	124,8	110,4	100,8	88,8	81,6	74,4
Salle de consultation	165,	172,8	177,6	141,6	124,8	110,4	100,8	88,8	81,6	74,4
Bureau	165,6	172,8	177,6	141,6	124,8	110,4	100,8	88,8	81,6	74,4
Dortoir	289,8	302,4	310,8	247,8	218,4	193,2	176,4	155,4	142,8	130,2
Archif	144,9	151,21	155,4	123,9	109,2	96,6	88,2	77,7	71,4	65,1
Salle de détente	207	216	222	177	156	138	126	111	102	93
Salle d'attente	165,6	172,8	177,6	141,6	124,8	110,4	100,8	88,8	81,6	74,4
Salle polyvalente 1	207	216	222	177	156	138	126	111	102	93
Salle polyvalente 2	207	216	222	177	156	138	126	111	102	93

Tableau III.35 Apports de chaleur dus aux machines électriques.

### C. Apports de chaleur par introduction d'air extérieur

- Apports sensibles et latents dus aux infiltrations d'air

Heures / local	Apports sensibles dus aux infiltrations (AINFs)										AINFI
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	
Salle d'attente 1	94,72	133,60	175,26	203,03	250,24	290,35	308,56	308,56	308,56	295,29	473,40
Salle d'attente 1	85,46	120,54	158,13	183,18	225,78	261,97	278,4	278,4	278,4	266,42	427,12
Salle d'attente 1	48,43	68,31	89,60	103,80	127,94	148,45	157,76	157,76	157,76	150,97	242,04
Réception	57	80,36	105,42	122,12	150,52	174,65	185,6	185,6	185,6	177,62	291,87
Salle de staff	85,47	120,54	158,13	183,18	225,78	261,97	278,4	278,4	278,4	266,43	427,12
Bureau	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Salle de Soin	44,87	63,28	83,02	96,17	118,53	137,53	146,16	146,16	146,16	139,87	224,24
Secrétariat	128,2	180,82	237,2	274,78	338,67	362,96	417,6	417,6	417,6	399,64	640,70
Salle de consultation	85,47	120,54	158,13	183,18	225,78	261,97	278,4	278,4	278,4	266,42	427,12
Salle de consultation	32,05	45,20	59,30	68,70	84,66	98,24	104,4	104,4	104,4	100	160,17
Salle de consultation	32,05	45,20	59,30	68,70	84,66	98,24	104,4	104,4	104,4	100	160,17
Salle de consultation	32,05	45,20	59,30	68,70	84,66	98,24	104,4	104,4	104,4	100	160,17
Bureau	46,153	65,1	85,40	98,921	121,92	141,46	150,33	150,33	150,33	143,87	231,36
Dortoir	81,195	114,52	150,22	174,02	214,5	248,87	264,48	264,48	264,4	253,10	405,77
Archif	123,93	174,79	229,3	265,62	327,38	379,86	403,68	403,68	403,68	386,32	619,33
Salle de détente	134,61	189,86	249,06	288,52	355,60	412,61	438,48	438,48	438,48	419,62	672,72
Salle d'attente	81,195	114,52	150,22	174,02	214,5	248,87	264,48	264,48	264,48	253,10	405,77
Salle polyvalente 1	99,714	140,63	184,48	213,71	263,41	305,63	234,8	324,8	324,8	310,83	498,31
Salle Polyvalente 2	81,195	114,52	150,22	174,02	214,5	248,87	264,48	264,48	264,48	253,10	405,77

Tableau III.36 Apports sensibles et latents dus aux infiltrations d'air.

**D. Apports calorifique sensibles et latents du bâtiment**

HEURE	APO	AV	AIs	AIi	AINFs	AINFi
08	19639,080	9493,288	17311,488	4944	1373,768	6873,205
09	23817,953	10805,913	17628,554		1937,595	
10	25689,315	11414,120	18118,236		2541,695	
11	29603,636	11767,647	14445,621		2944,429	
12	33012,792	11028,126	12732,733		3629,075	
13	35030,724	9803,035	11124,687		4210,801	
14	37356,835	9078,445	10283,323		4474,816	
15	35118,317	8671,02	9059,118		4474,816	
16	32545,612	8732,331	8324,595		4474,816	
17	33921,583	8848,216	7590,072		4282,400	

Tableau III.37 apports calorifique sensibles et latents du bâtiment.

**E. Apports totaux sensibles et latents du bâtiment**

Heure	A <sub>S</sub>	C <sub>Δas</sub>	AT <sub>S</sub>	A <sub>I</sub>	C <sub>Δal</sub>	AT <sub>I</sub>	A <sub>T</sub>
08	47817,624	1,05	50208,506	11817,205	1	11817,205	62025,711
09	54190,015		56900,516				68716,721
10	57763,368		60651,536				72468,741
11	58761,334		61699,400				73516,605
12	60401,728		63421,814				75239,02
13	60169,249		63177,711				74994,916
14	61193,420		64253,091				76070,296
15	57323,271		60189,434				72006,640
16	54077,355		56781,223				68598,428
17	54642,270		57374,384				69191,589

Tableau III.38 Apports totaux sensibles et latents du bloc.

- Après avoir calculé le bilan thermique pour notre local, on constat des apports importantes à 14h par rapport aux autres heurs de la journée, évidemment c'est l'heure critique,

on doit prendre cette heure pour le choix de la puissance nécessaire et pour couvrir nos besoins.

Les apports de chaleurs sont :

$$AT_S = 64253,091 \text{ W}$$

$$AT_L = 11817,205 \text{ W}$$

$$AT = 64253,091 + 11817,205 = 76070,296 \text{ W}$$

### III.9 Evolution de l'air

Dans le but d'extraire les chaleurs latents et les chaleurs sensibles nous avons pensé à une solution qui consiste à une CTA ( centrale de traitement d'air ) qui est un élément technique dédié au chauffage et au rafraîchissement, à l'humidification ou à la déshumidification des locaux tertiaires ou industriels, c'est un système tout air à débit constant ou variable. Une CTA est soit de type monobloc, soit elle est constituée de modules additionnés les uns aux autres.

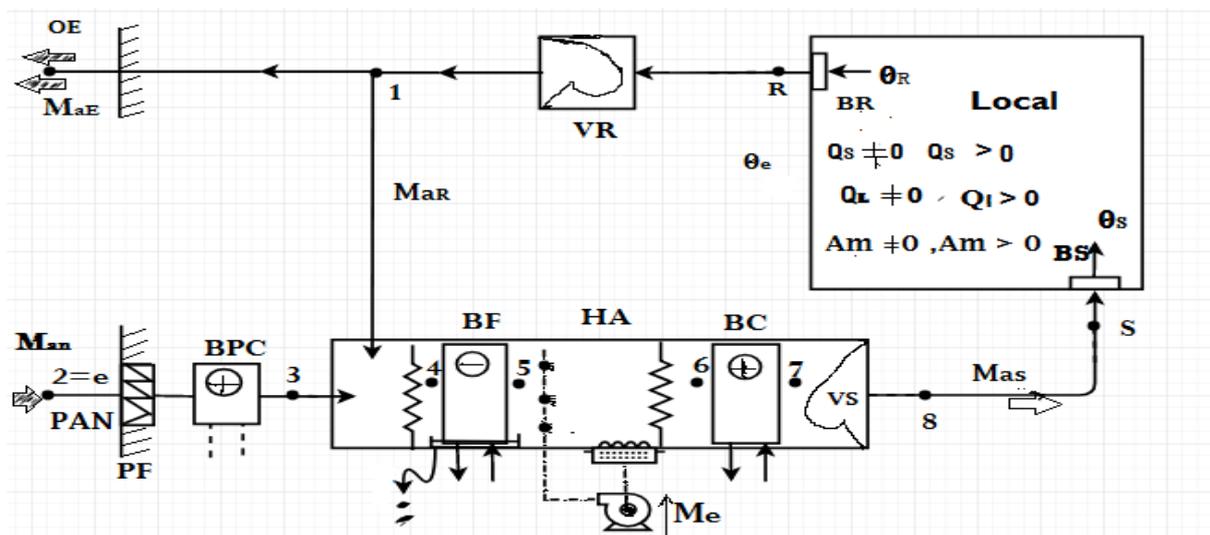


Figure III.1 Différents composants d'une centrale de traitement d'air.

#### ➤ Description

L'air est traité dans la centrale et acheminé par un conduit d'air, Des volets placés sur les conduits d'air neuf, d'air recyclé et d'air rejeté règlent les débits d'air correspondant.

#### • Filtres

Un filtre placé sur le conduit d'air neuf assure une pré filtration de cet air. Un autre filtre est disposé après le mélange de l'air neuf et l'air recyclé.

- **Une batterie froide**

Elle assure le refroidissement et la déshumidification de l'air mélangé. Elle peut être à fluide frigorigène (détente directe) mais le plus souvent, elle reçoit de l'eau glacée ou de l'eau glycolée en provenance d'un groupe d'eau glacée.

- **Une batterie chaude**

Elle assure le chauffage de l'air mélangé. Elle peut être composée de résistance électrique, mais le plus souvent elle est irriguée par de l'eau chaude, en provenance d'une chaudière, elle peut être alimentée en vapeur.

- **Les ventilateurs de soufflage et de reprise**

Les assurent la circulation de l'air, ils fonctionnent en harmonie et maintiennent souvent une légère surpression dans le local à climatiser.

- **L'air distribué**

Il est distribué à basse vitesse (2 à 7m.s<sup>-1</sup>), Cette basse vitesse minimise la puissance électrique nécessaire aux ventilateurs mais impose des conduits de plus grande section.

### III.9.1 Etude du cycle de l'évolution de l'air

La détermination de l'heure critique, pour laquelle les apports de chaleur sont maximaux, qui est dans notre cas à 14h, est essentielle pour trouver les conditions de soufflage :

Apports	$AT_s$ (W)	$AT_i$ (W)	AT(W)
<b>Bloc</b>	64253,091	11817,205	76070,296

- **Température de l'air soufflé :**

La différence de température  $\Delta T_s$  est prise dans l'intervalle [8°C, 15°C], avec:

$$\Delta T = T_i - T_s$$

$T_s$  : Température de soufflage en °C.

$T_i$  : Température de base intérieure en °C.

On prend:  $\Delta T = 12^\circ\text{C}$ ; on trouve  $T_s = 12^\circ\text{C}$ .

Les caractéristiques du point intérieur i sont :

$$T_i = 24 \text{ °C}$$

$$h_i = 49 \text{ kJ/kg}_{as}$$

$$HS_i = 0,0096 \text{ kg}_{eau} / \text{kg}_{as}$$

$$HR_i = 50 \%$$

- **Determination du point de soufflage**

On a :  $\tan \alpha = \frac{AT_l}{AT_s}$  (on met les calculs puis on trace la droite de soufflage).

$$\frac{AT_l}{AT_s} = \frac{11817,205}{64253,91} = 0,18$$

Si on suppose que :

$AT_l = 11817.205 \text{ (W)}$  : Est représenté sur le diagramme par 2 cm.

$$\frac{2}{AT_s} = 0,18 \rightarrow AT_s = \frac{2}{0,18} = 11,1 \text{ cm}$$

$AT_s = 64253.091 \text{ (W)}$  : il va nous donner sur le diagramme 11.1 cm.

– Pour tracer la droite de soufflage il faut relier entre la droite  $AT_s$  et  $AT_l$  on respecte l'échelle donnée et on obtient la droite de soufflage. Et le point de soufflage se trouve à l'intersection de cette droite de soufflage et l'isotherme  $T_s$ .

D'après le diagramme psychrométrique Les caractéristiques du point **S** sont :

$$T_s = 12 \text{ °C}$$

$$h_s = 32,7 \text{ KJ/kg}_{as}$$

$$HS_s = 0,0083 \text{ kg}_{eau} / \text{kg}_{as}$$

$$HR_s = 91 \%$$

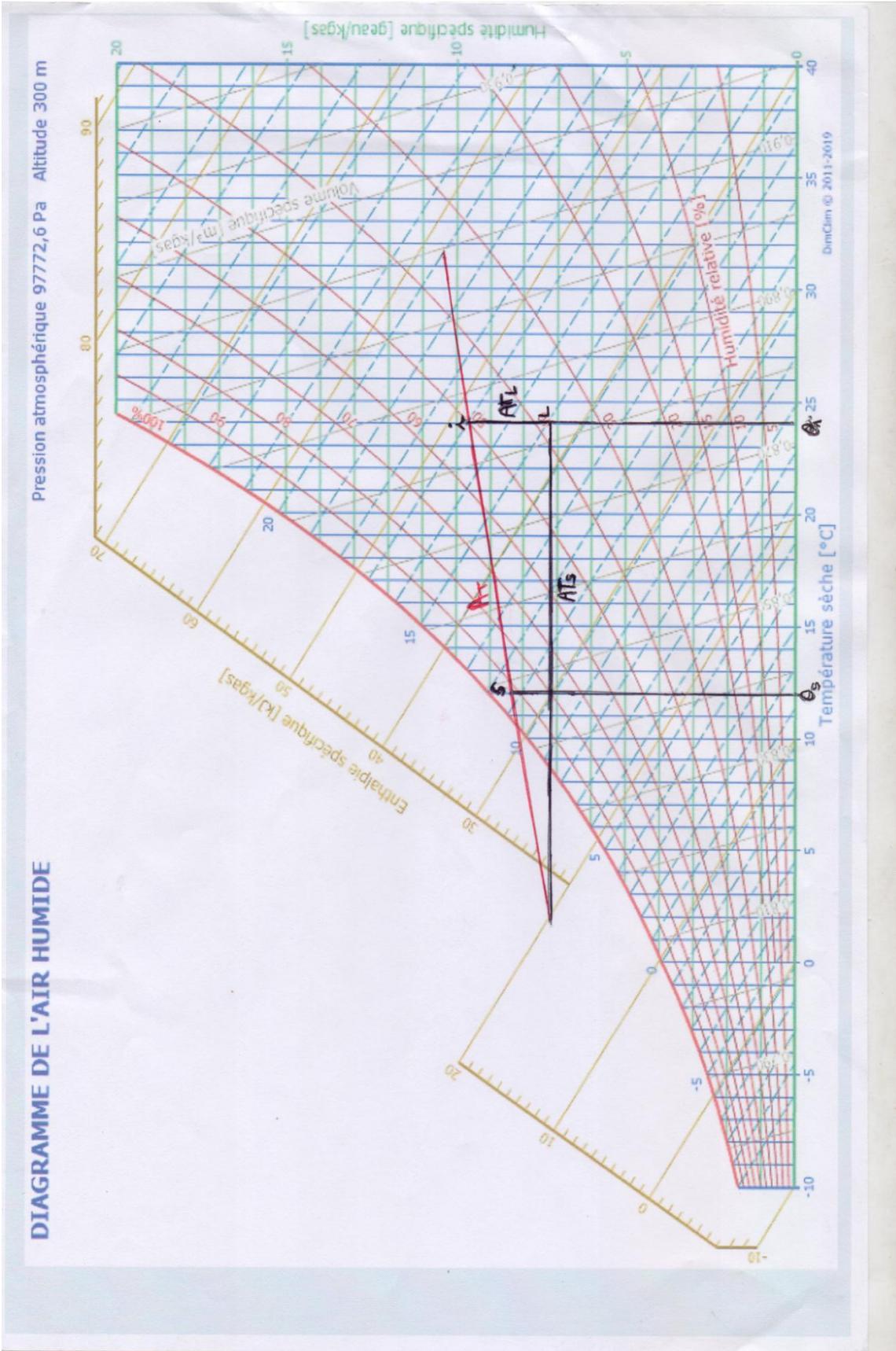


Figure III.1 : Représentation de point de soufflage

- **Débit de soufflé**

Le débit de soufflage  $M_{as}$  se calcule pour un volume thermique par la relation suivante :

$$M_{as} = \frac{AT}{h_i^S - h_s^S}$$

$$M_{as} = \frac{76,070296}{49 - 32,7} = 4,67 \text{ kg/s}$$

- **Débit d'air neuf**

Le taux de renouvellement d'air d'un local est selon l'utilité du local. Les normes proposent en moyenne un taux de renouvellement de  $[5 - 15] \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$M_{an} = \tau_{brassage} \times V_{bloc} \quad [m^3/h]; \tau = 6$$

$$M_{an \text{ s att1}} = 6 \times 136,412 = 818,472 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ s att2}} = 6 \times 88,105 = 528,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ s staff}} = 6 \times 177,585 = 1065,51 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ rec}} = 6 \times 88,574 = 531,444 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ bureau 1}} = 6 \times 37,5535 = 225,321 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ cons1}} = 6 \times 44,689 = 268,134 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ cons 2}} = 6 \times 43,684 = 262,104 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ cons3}} = 6 \times 74,871 = 287,229 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ cons4}} = 6 \times 48,843 = 293,058 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ secr medic}} = 6 \times 63,65 = 381,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ sal soi}} = 6 \times 34,907 = 209,442 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ sall att}} = 6 \times 64,99 = 389,94 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ burau 2}} = 6 \times 46,3305 = 277,983 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ dortoir}} = 6 \times 131,2195 = 787,317 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ salle pol2}} = 6 \times 129,377 = 776,262 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{an \text{ sal att3}} = 6 \times 155,0715 = 930,429 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{\text{an archif}} = 6 \times 122,342 = 734,052 \quad m^3/h$$

$$M_{\text{an salle détt}} = 6 \times 96,5135 = 579,08 \quad m^3/h$$

$$M_{\text{sall pol1}} = 6 \times 105,994 = 635,964 \quad m^3/h$$

$$M_{\text{an Tot}} = 998,272 \quad m^3/h \rightarrow (998,272/0,923)/3600 \rightarrow 3,004 \quad Kg_{as}/s$$

- **Débit d'air repris(ou recyclé)**

$$M_{\text{ar}} = M_{\text{as}} - M_{\text{an}} = 4,67 - 3,004 = 1,67 \quad kg_{as}/s$$

- **Calcul du point de mélange**

On applique la règle géométrique du mélange :

$$\frac{M_I}{E_I} = \frac{M_{\text{an}}}{M_{\text{as}}} \rightarrow M_I = \frac{3,004}{4,67} \times 6,1 = 3,9 \quad \text{cm}$$

$M_I$  (En cm): Distance entre le point intérieur et le point de mélange.

$E_I$  (En cm): Distance entre le point intérieur et le point extérieur.

$M_{\text{an}}$  (En kg/ s) : Débit d'air neuf.

D'après le diagramme psychrométrique, les caractéristiques de point de mélange sont :

$$T_M = 30 \quad ^\circ\text{C}$$

$$h_M = 62,1 \quad \text{kJ}/kg_{as}$$

$$HS_M = 0,0127 \quad kg_{eau}/kg_{as}$$

$$HR_M = 47 \quad \%$$

- **Sortie de la batterie froide**

On prolonge la droite qui relie le point de soufflage au voisinage de la saturation.

$$T_5 = 11,5 \quad ^\circ\text{C}$$

$$h_5 = 32,2 \quad \text{kJ}/kg_{as}$$

$$HS_5 = 0,0083 \quad kg_{eau}/kg_{as}$$

$$HR_5 = 95 \quad \%$$

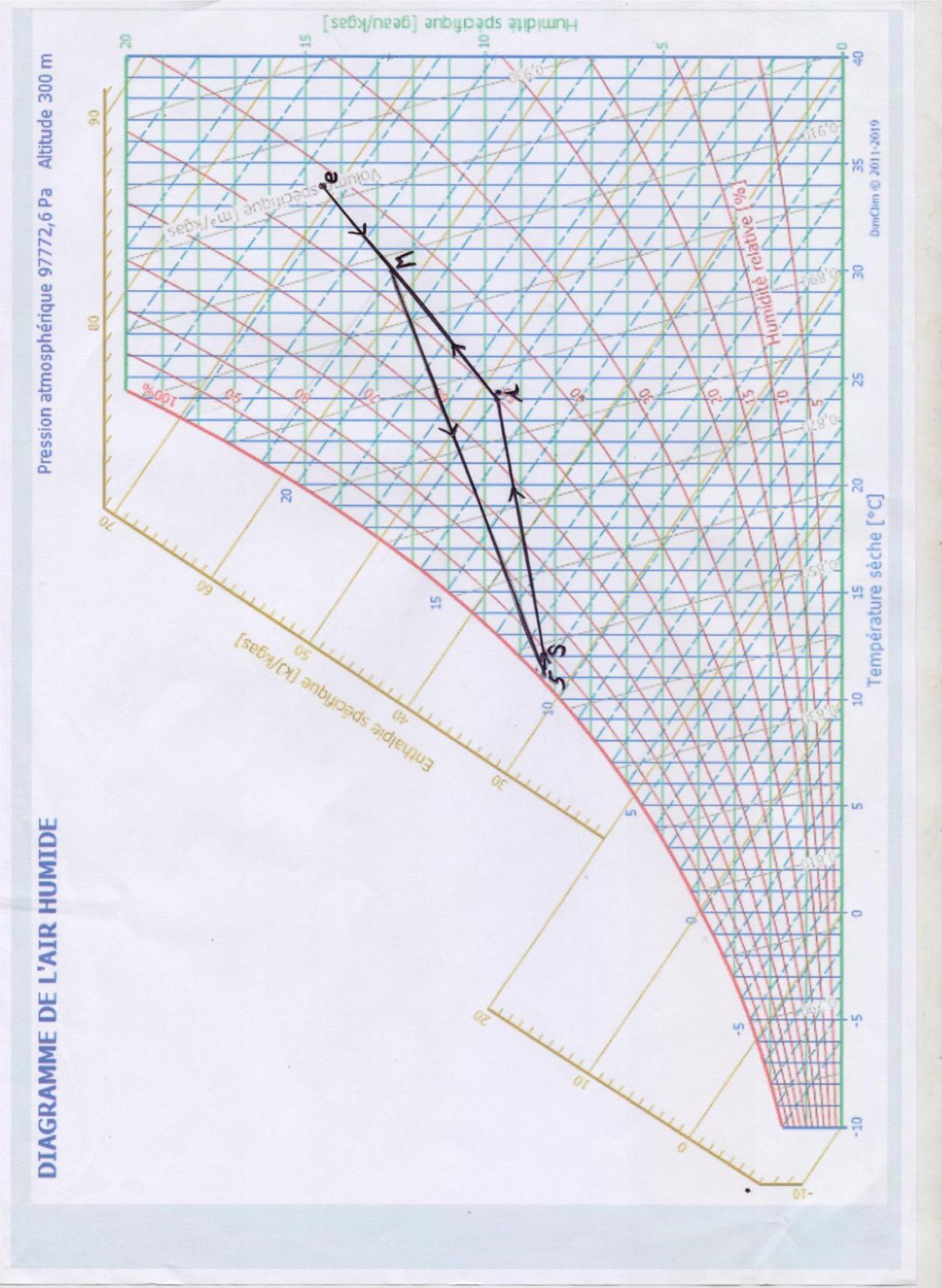


Figure III.2 : représentation graphique du cycle en régime été

- Les caractéristiques des différents points dans ce tableau

POINTS	e	I	S	M	5
T (°C)	34	24	12	30	11,5
h (kJ/kg <sub>as</sub> )	71	49	32,7	62,1	32,2
HS kg <sub>eau</sub> /kg <sub>as</sub>	0,0145	0.0096	0.0083	0.0127	0.0083
HR (%)	42	50	91	47	95

**Tableau III.39** Caractéristiques des différents points du cycle.

- Calcul de la puissance de la batterie froide

$$P_{bF} = M_{as} \times (h_M - h_5) = 4,67 \times (62,1 - 32,2) = 139,64 \text{ kW}$$

- Calcul de la puissance de la batterie de chauffage

$$P_{bpc} = M_{as} \times (h_s - h_5) = 4,67 \times (32,7 - 32,2) = 2,34 \text{ kW}$$

- Débit masse d'eau condensé sur la batterie froide

$$M_e = M_{as} \times (HS_M - HS_s) = 4,67 \times (12,8 - 8,3) = 20,55 \text{ g}_{eau}/s$$

### Conclusion

Le calcul du bilan thermique suivant la méthode technique réglementaire nous à permis de déterminer la puissance nécessaire pour climatiser notre bloc et désigné la capacité de l'équipement a fin d'obtenir les meilleurs conditions climatique adéquates.

# Conclusion Générale

# Conclusion générale

---

## Conclusion Générale

Le but de ce projet de fin d'étude est d'étudier et dimensionner une installation à conditionnement d'air d'un bloc pédopsychiatrie (Oued Ghir Bejaia) pour ce faire nous avons Suivi plusieurs étapes, la définition de toutes les caractéristiques du local à climatiser, comme les différents paramètres climatiques, géométriques, la nature des matériaux constituant les diverses parois.

Après avoir défini toutes les caractéristiques de notre local à conditionner, nous avons arrivé aux calculs de bilan thermique à l'aide des recommandations du DTR (document technique réglementaire)

D'après notre étude nous avons déterminé que la puissance nécessaire pour répondre aux exigences frigorifique du local est de (76,070 kw), on est aussi parvenu de déterminer la puissance de la batterie froide qui est de l'ordre (139,64) kw et le débit de soufflage et reprise adéquat.

Il est important d'utiliser de bons isolants pour minimiser au maximum la surcharge échangée avec le milieu extérieur comme l'infiltration par les étanchéités (portes et fenêtres), de l'air extérieur, et pour réduire considérablement la contribution solaire en agissant sur l'ombrage et l'opacité des parois et vitrages exposés.

Le domaine de climatisation est très passionnant et vaste. D'après cette étude on conclut que pour obtenir les meilleures conditions climatiques il faut assurer aussi la qualité de l'air par le renouvellement d'air neuf.

# Références Bibliographiques

# Références Bibliographique

- [1] ANDRE DUPIS, Climatisation, histoire, 110 ans de climatisation ; IMB-juin 2012.
- [2] BENOIT BREVILLE, aout 2007, l'air conditionné à l'assaut de la planète (Histoire d'une passion américaine) le monde diplomatique.
- [3] BOUVENOT A, (transfert de chaleur), édition 2010.
- [4] J.Yves CHARBONEAU, confort thermique à l'intérieur d'un établissement. Bibliothèque nationale de Québec, 2004.
- [5] (climat intérieur, confort, santé, confort visuel) Revue européenne d'architecture N, 77, novembre, décembre 1988, p 12.
- [6] LIEBARD, A. E T de HERDE, A (traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique). ED. Le moniteur. Paris 2005. P 30.
- [7] COLLARD F, (les énergies renouvelables), courrier Hebdomadaire de corisp 2015
- [8] APRUE : Agence Nationale pour la promotion et rationalisation de l'énergie Algérie 2014.
- [9] HUGUES BOIVIN, la ventilation naturelle et développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et l'aide à la conception architecturale), mémoire de maitrise université de Laval, Québec, 2007, P 115.
- [10] IZARD-L, (Architectures d'été construire pour le confort d'été), édition Edi sud, 1994, P 141.
- [11] Document technique réglementaire algériennes.
- [12] P. ISELT et U. ARNDT, (Manuel de l'humidification de l'air, grundlagen der luftbefeuchtung.
- [13] Jean Desmons, 2008, AIDE-MEMOIRE «Génie climatique», livre, ISBN 978-2-10-072348-5, DUNOD

## Références bibliographique

---

[14] TECHNIQUE GENERALE, TECHNIQUE DU FROID, COURS DE BASE,30 juin 1998 – *CfmnLog*, Edition : juillet07, YSH04054

[15] ABC clim

# Annexes

# Annexes

Déférence équivalente de température $\Delta t_{es}(t)$ ou $\Delta t_{em}(t)$ (en °C)-Murs ensoleillés ou à l'ombre																									
Orientation	$m_{ext}$ kg/m <sup>2</sup>	Temps Solaire Vrais																							
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
NE	≤100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8
	≥700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9	3,9
E	≤100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3
	≥700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7	6,7
SE	≤100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9
	≥700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0
S	≤100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8
	≥700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9
SO	≤100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0	0,5	0,5	0	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,1
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
	≥700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	8,3	10,6	11,1	12,2	12,8	12,2	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4
O	≤100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4
	≥700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2
NO	≤100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8
	≥700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0
N (à l'ombre)	≤100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5
	≥700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1

**Tableau A. 1**

M kg/m <sup>2</sup>	Temps Solaire Vrai																								
	Protection intérieure										Sans protection ou avec protection extérieure														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
NE	≥750	59	67	62	49	33	27	25	24	22	21	20	17	34	42	47	45	42	39	36	33	30	29	26	25
	900	59	68	64	52	35	29	24	13	20	19	17	15	35	45	50	49	45	42	34	30	27	26	23	20
	≤150	62	80	75	60	37	25	19	17	15	13	12	11	40	62	69	64	48	34	27	22	18	16	14	12
E	≥750	51	66	71	67	57	40	29	26	25	23	21	19	36	44	50	53	53	50	44	39	36	34	30	28
	900	52	67	73	70	58	40	29	26	24	21	19	16	34	44	54	58	57	51	44	39	34	31	28	24
	≤150	53	74	82	81	65	43	25	19	16	14	11	9	36	56	71	79	70	54	39	28	23	18	15	12
SE	≥750	20	42	59	70	74	71	61	48	33	30	26	24	34	37	43	50	54	58	57	55	50	45	41	37
	900	18	40	57	70	75	72	63	49	34	28	25	21	29	33	41	51	58	61	61	56	49	44	37	33
	≤150	9	35	61	78	86	82	69	50	30	20	17	13	14	27	47	64	75	79	73	61	45	32	23	18
S	≥750	28	25	40	53	64	72	77	77	73	67	49	31	47	43	42	46	51	56	61	65	66	65	61	54
	900	26	22	38	51	64	73	79	79	77	65	51	31	44	37	39	43	50	57	64	68	70	68	63	53
	≤150	21	29	48	67	49	82	89	83	56	50	24	16	28	19	25	38	54	68	78	84	82	76	61	42
SO	≥750	31	27	27	26	25	27	50	63	72	74	69	54	51	44	40	37	34	36	41	47	54	57	60	58
	900	33	28	25	23	23	35	50	64	74	77	70	55	53	44	37	35	31	33	39	46	55	62	64	60
	≤150	29	21	18	15	14	27	50	69	82	87	79	60	48	32	25	20	17	19	39	56	70	80	79	69
O	≥750	63	31	28	27	25	24	22	29	46	61	71	72	56	49	44	39	36	33	31	31	35	42	49	54
	900	67	33	28	26	24	22	20	28	44	61	72	73	60	52	44	39	34	31	29	28	33	43	51	57
	≤150	77	34	25	20	17	14	13	22	44	67	82	85	77	56	38	28	22	18	16	19	33	52	69	77
NO	≥750	68	28	27	25	23	22	20	19	24	41	56	67	49	44	39	36	33	30	28	26	26	30	37	44
	900	71	31	27	24	22	21	19	18	23	40	58	70	54	49	41	35	31	28	25	23	24	30	39	48
	≤150	82	33	25	20	18	15	14	13	19	41	64	80	75	53	36	28	24	19	17	15	17	30	50	66
N	≥750	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	75	75	79	83	84	86	88	88	91	92	93	93
	900	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	81	84	86	89	91	93	93	94	94	95	95	95
	≤150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tableau A.2** coefficient d'amortissement.

## Annexes

Rayonnement total de base $I_{t, b}$ et diffus de base $I_{d, b}$ (en $W/m^2$ )										
Latitude Nord	Mois	ORIENTATION								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.
20°	Juillet	59	435	514	267	44	267	514	435	791
	Août	34	372	520	356	81	356	520	372	788
	Septembre	31	273	514	441	205	441	514	273	733
30°	Juillet	50	413	516	315	94	315	516	413	776
	Août	34	340	520	406	198	406	520	340	741
	Septembre	28	284	498	479	330	479	498	284	668
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	734
	Août	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

**Tableau au A.3** Conditions intérieures de base.

APPLICATION	Niveau de confort amélioré		Niveau de confort normal		
	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Accroissement toléré de la température (°C)
<b>Séjour de longue durée</b> Logement, hôtel, bureaux, hôpital, école, etc.	24	45	27	50	2
<b>Séjour de courte durée</b> Magasin, banque, bureaux de poste, salon de coiffure, etc.	24	45	27	50	2
<b>Séjour de durée limitée avec gains latents importants</b> Amphithéâtre, salle de spectacle, lieu de culte, salle de restauration, cuisine, etc.	24	50	27	60	1

**Tableau A.4** Conditions intérieures de base.

## Annexes

TS <sub>b,e</sub> = 34°C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-2	-14	-3	-4	13	2	-11	0	-6
2	-2	-15	-4	-4	14	2	-11	0	-6
3	-3	-15	-4	-4	15	3	-10	1	-5
4	-3	-16	-4	-5	16	4	-9	1	-5
5	-3	-16	-4	-4	17	3	-10	1	-5
6	-3	-16	-4	-4	18	3	-10	1	-6
7	-3	-16	-4	-4	19	3	-10	0	-6
8	-2	-15	-3	-3	20	2	-11	0	-7
9	-1	-14	-3	-8	21	2	-11	-1	-2
10	-1	-14	-2	-7	22	1	-12	-1	-2
11	0	-13	-2	-7	23	0	-13	-2	-3
12	1	-12	-1	-7	24	-1	-14	-2	-3

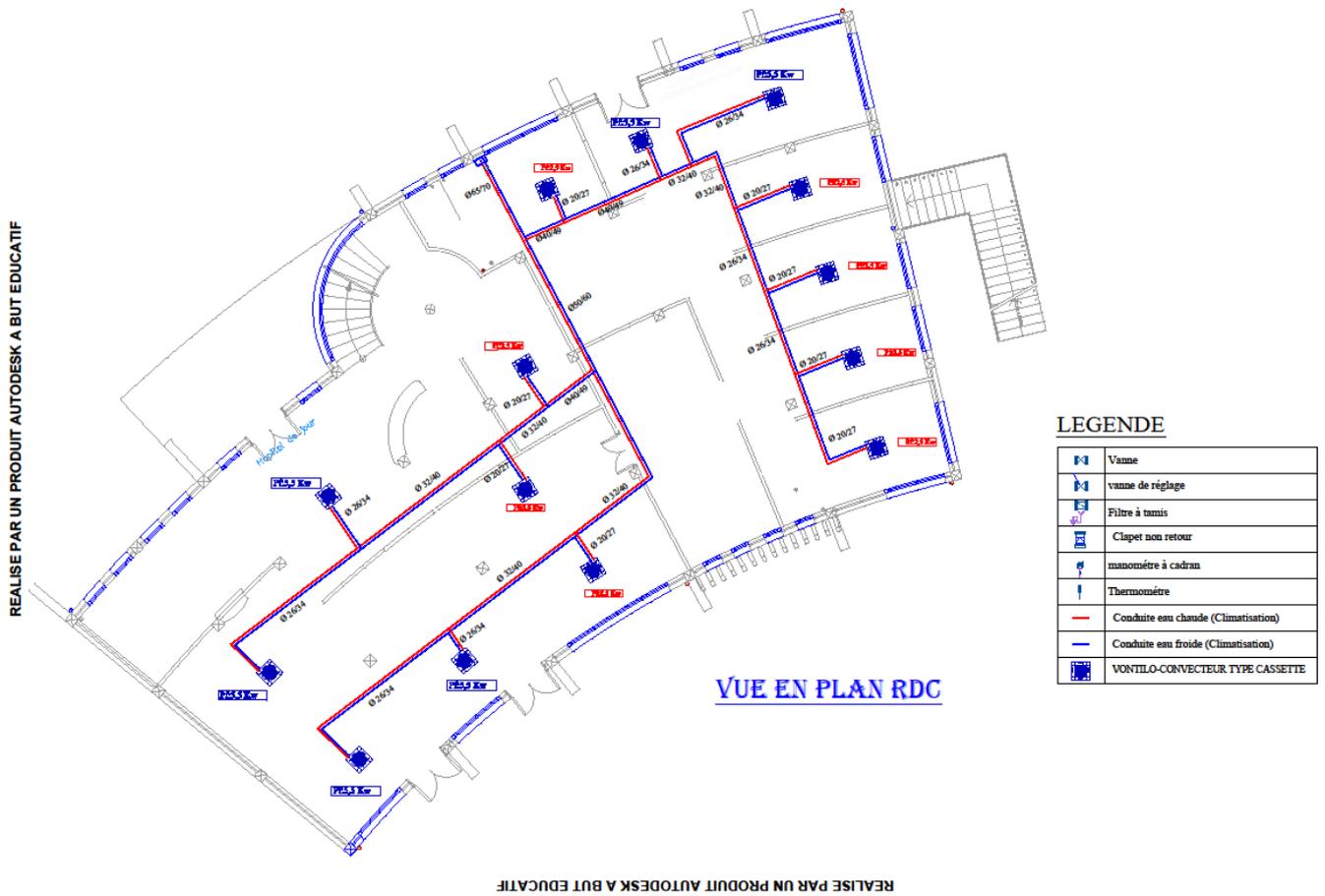
**Tableau A.5** Valeur de *C<sub>Inc</sub>* pour une température de base égale à 34°C

Degré d'activité	Exemple d'application	Température sèche du local (°C)									
		28		27		26		24		21	
		Apports sensibles (Sen) et latents (Lat) en W/pers.									
		Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat
Assis, repos	Classe, salle de spectacle	51	51	57	45	62	40	67	35	76	27
Assis, travail très léger	Logement, bureau, hôtel, amphithéâtre	52	79	58	73	63	69	71	60	83	49
		52	94	58	88	64	83	74	72	85	62
Debout, marche	Magasin, accueil	60	102	66	96	72	91	82	80	93	70
Travail léger	Atelier, usine	56	164	64	156	72	148	86	134	107	113
Travail assez pénible	Atelier, usine, salle de sport	79	214	88	205	97	197	112	181	135	158
Travail pénible	Atelier, usine, salle de sport	131	293	136	288	142	283	154	271	177	248

**Tableau A.7** Gains dus aux occupants.

# Annexes

REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF



## A.8 Plan de red chauffé



## Résumé

L'objectif de ce mémoire est d'étudier et dimensionner une centrale de conditionnement d'air à eau glacée pour climatiser le bloc pédopsychiatrie (sis à oued Ghir Bejaia) en raison d'améliorer et contrôler les paramètres d'humidité et température de l'air pour assurer le confort thermique des bâtiments à des valeurs prévues et désirer. Afin d'augmenter le rendement physiologique des occupants.

En premier lieu nous avons défini l'air humide et ces principaux grandeurs physique, puis nous sommes passé au calcul du bilan thermique du local, en utilisant la méthode énoncé par le document technique réglementaire DTR, ce qui nous a permis de connaître la puissance calorifique nécessaire au maintien des conditions de base intérieure, Suivi par l'étude du cycle de l'évolution de l'air dans le bloc.

Mot clés: Conditionnement d'air, Bilan thermique, Pédopsychiatrie

### **Abstract**

The objective of this memory study is an installation of central air conditioning and size of a cooled water chiller, for the child psychiatry unit due (Oued ghir Bejaia) which will aim, to improve and control temperature and humidity parameters to ensure thermal comfort of buildings for expected and desired values. In order to increase the physiological performance of the occupants.

Firstly we defined the humid air and the main physical quantities characterizing, then we proceeded to the calculation of the heat balance of the local, using the method set out in the technical and regulatory document DTR, which allowed us to know the necessary calorific power maintaining basic indoor conditions, followed by the study of the cycle of air evolution in the local.

Keywords: Air conditioning, Heat balance, Child psychiatry.