

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : INSTALLATIONS ÉNERGÉTIQUES ET TURBOMACHINES

PAR :

BOUCHAKEL Chabane

BOUDRAA Fayçal

Thème

**Étude et conception d'un système de conditionnement d'air des
nouveaux ateliers de maintenance**

SONATRACH-Bejaia D.R.G.B

Soutenu le 04/07/2019 devant les jurys composé de:

Mr. ALI AGHA. H	Président
Mr. DJERRADA. A	Rapporteur
Mr. BENSLIMANE. A	Examineur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2018-2019

Remerciement

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères au bon Dieu pour la patience et la santé qu'il nous a accordé pour mener à bien tous nos efforts le long de notre parcours.

Nos vifs remerciements vont à Mr A. DJERRADA, notre promoteur, pour son aide, ces critiques constructives, ses explications et suggestions pertinentes et pour la qualité de ses orientations tout au long de ce travail et pour avoir apporté tant de soins à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions tout le personnel de l'entreprise SONATRACH pour leur accueil exemplaire et de leur aide précieuse durant notre période du stage pratique à l'entreprise et surtout notre encadreur Mr GHERROUT Nassim qui nous a bien encadré et nous leurs exprimons toutes notre reconnaissance pour leur inoubliable dévouement.

Nous remercions également les membres des jurys qui nous font honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail.

Sans oublier tous les enseignants du département du génie mécanique et tout le corps administratif.

Enfin, un merci tout particulier à tous ceux qui nous ont apporté leur soutien.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail :

Au bon Dieu, de m'avoir le courage et la force pour réaliser ce travail.

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

À mes sœurs, mon frère ;

À tous les membres de ma grande famille.

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

BOUCHAKEL Chabane

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail :

*À mes chers parents dont les sacrifices et les qualités
humaines m'ont permis de vivre ce jour, que dieu me les garde le plus longtemps
possible ;*

*À ma sœur, mes frères, à tous ceux qui me sont chers, auxquels je souhaite le
bonheur et la réussite dans leur vie ;*

À tous mes amis (es) sans exception ;

Je vous aime.

BOUDRAA Fayçal

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Liste des figures	v
Liste des tableaux	vi
Nomenclature	viii
Introduction Générale	1
Présentation de l'entreprise SONATRACH.....	3

Chapitre I : Généralités sur les systèmes de conditionnement d'air

I.1. Introduction	7
I.2. Historique de la climatisation	7
I.3. Utilité du conditionnement d'air	7
I.4. Objectifs de la climatisation ou conditionnement d'air:	7
I.5. Le confort:.....	8
I.6. Chauffage et rafraichissement	8
I.7. Définition de la climatisation	9
I.7.1 Types de climatisation.....	9
I.8 Données météorologiques et climatiques en Algérie	9
I.8.1 Les zones climatiques en Algérie	9
I.8.2 Description climatique de la zone 1	10
I.8.3 Quelques conditions extérieures de base à Bejaia	10
I.9. Systèmes unitaires	10
I.9.1. Climatiser de fenêtre	10
I.9.2. L'unité compacte de toiture	10
I.9.3. Les unités compactes autonomes	11
I.10 Système de climatisation centrale.....	11
I. 10.1 Les systèmes à débit d'air constant à un seul conduit	11
I.10.2 Les systèmes à débit d'air constant, deux conduits (multizones)	12
I.10.3 Système unités de toitures	12
I. 10.4. Le système à débit d'air variable	13
I.11 Les composantes d'une centrale de traitement d'air (CTA) et leurs fonctions.....	15
I.11.1 Principe de fonctionnement	18
I.12 Réseau aéraulique	20
I.13 Renouvellement d'air neuf	21
I.14 Ventilation.....	22

Chapitre II : Réglementation thermique Algérienne

II.1 Introduction.....	23
------------------------	----

Table des matières

II.2 Réglementation thermique Algérienne	23
II.2.1 Conditions de base.....	23
II.2.2 Caractéristiques de base de l'air extérieur	23
II.2.3 Rayonnement solaire de base	24
II.2.4 Caractéristiques de base de l'air intérieur.....	24
II.3 Méthode de calcul des charges estivales.....	24
II.3.1 Apports à travers les parois opaques.....	25
II.3.2 Apports à travers les parois vitrées	27
II.3.3 Apports de chaleur internes.....	28
II.3.3.1 Les apports thermiques dus aux occupants.....	29
II.3.3.2 Les apports thermiques dus à l'éclairage et aux appareils.....	29
II.3.4 Apports dus à l'air extérieur.....	30
II.3.4.1 Apports thermiques dus au renouvellement d'air	30
II.3.5 Calcul des apports calorifiques sensibles et latents	32
II.3.6 Calcul des apports effectifs sensibles et latents.....	32
II.3.7 Calcul des apports totaux sensibles (ATs) et latents (ATI) :.....	32
II.4 Méthode de calcul de bilan calorifique.....	33
II.4.1 Définition	33
II.4.2 Déperditions thermique surfacique par transmission.....	33
II.4.2.1 Déperditions calorifiques à travers les parois	33
II.4.2.2 Déperditions calorifiques à travers les ponts thermiques	34
II.4.2.3 Déperditions calorifiques à travers les locaux non chauffés.....	34
II.4.2.4 Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	34
II.4.2.5 Déperditions calorifiques par renouvellement d'air	34
II.4.3 Puissance de chauffage à fournir :	35
II.4.4 La puissance frigorifique nécessaire.....	36
II.5 Étude du cycle de l'évolution de l'air.....	36
II.5.1 Calcul du débit d'air	36
II.5.1.1 Débit d'air soufflé	36
II.5.1.2 Débit d'air repris (ou extrait).....	37
II.5.1.3 Puissance des batteries	37
Chapitre III : Caractéristiques du projet	
III.1. Introduction	39
III.2 Description de l'atelier de conditionnement d'air	39
III.3 Données météorologiques et climatiques	40
III.4 Étude technique.....	41

Table des matières

III.4.1 Dimensions	41
III.4.2 Paramètres géométriques	42
III.4.2.1 Paramètres géométriques extérieurs	42
III.4.2.2 Paramètres géométriques intérieurs	45
III.5 Masse surfacique.....	47
III.6 Différents Matériaux de construction utilisés dans le projet.....	50

Chapitre IV : Bilan thermique

IV.1 Introduction	56
IV.2 Paramètres thermiques	56
IV.3 Calcul des apports thermiques (été)	59
IV.3.1 Apports à travers les parois opaques	59
IV.3.1.1 Parois opaques extérieures	59
IV.3.1.2 Apports à travers le toit.....	61
IV.3.1.3 Les apports totaux à travers les parois opaques extérieures	62
IV.4.2 Apports à travers les parois intérieures.....	62
IV.4.2.1 Parois opaque en contact avec des locaux conditionnés	62
IV.4.2.2 Parois opaques en contact avec des locaux non conditionnés	64
IV.4.2.3 Apports à travers les portes	64
IV.4.2.4 Apports à travers le plancher R.D.C	65
IV.4.2.5 Apports totaux à travers les parois intérieures	65
IV.4.3 Apports à travers les parois vitrées extérieures.....	65
IV.4.4 Apports totaux à travers les vitrages	67
IV.4.5 Apports de chaleur internes	69
IV.4.6 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur	71
IV.4.7 Calcul des apports calorifiques sensibles et latents.....	72
IV.4.8 Calcul des apports calorifiques effectifs sensibles et latents	73
IV.4.9 Apports calorifiques totaux sensibles et latents	73
IV.4.10 Puissance frigorifique nécessaire	74
IV.4.11 Etude du cycle de l'évolution de l'air des ateliers.....	74
IV.4.12 Les caractéristiques des différents points dans ce tableau	77
IV.5 Bilan calorifique du chauffage (hiver)	78
IV.5.1 Déperditions calorifiques à travers les parois opaques extérieures	78
IV.5.2 Déperditions totales aux parois opaques extérieures.....	79
IV.5.3 Déperditions à travers les ponts thermiques	79
IV.5.4 Déperditions à travers les parois des locaux non chauffés	79
IV.5.5 Déperditions à travers les parois en contact avec le sol.....	80

Table des matières

IV.5.6 Déperditions calorifiques par renouvellement d'air	80
IV.5.7 Déperditions totales par transmission et renouvellement	80
IV.5.8 Puissance de chauffage à fournir.....	80
IV.5.9 Etude du cycle de l'évolution de l'air des ateliers	81
IV.5.10 Les caractéristiques des différents points dans ce tableau	83
Conclusion Générale.....	84
Recherche bibliographique.....	xi
A. Annexes	xii

Liste des figures

Liste des figures

Liste des figures

Figure A.1: Terminal marin de Bejaia.....	3
Figure A.2: Port pétrolier de Bejaia	4
Figure A.3: Présentation de département maintenance.	6
Figure I.1 : La plage de confort température-humidité	8
Figure I.2: Système à débit d'air constant à un seul conduit	12
Figure I.3: Centrale à deux conduits à débit d'air constant	12
Figure I.4: Centrale unités de toitures	13
Figure I.5: Schéma d'un système à débit d'air variable	13
Figure I.6: Système direct simple conduit	14
Figure I.7: Système tout-air simple conduit à réchauffage terminal	14
Figure I.8: Système tout-air double conduit	14
Figure I.9: Système tout-air à débit d'air variable	15
Figure I.10: Différent composant d'une centrale de traitement d'air	15
Figure I.11: Batterie chaude alimentée en eau	16
Figure I.12: Batterie froide alimentée en eau.....	17
Figure I.14: Humidificateur injection d'eau liquide.....	17
Figure I.13: Humidificateur à vapeur.....	17
Figure I.15: Ventilateur	18
Figure I.16 : Différents équipements d'un système de fonctionnement central	18
Figure I.17: Centrale de traitement d'air simple flux	19
Figure I.18: Centrale de traitement d'air à double flux à récupération	20
Figure III.1 : Vue aérienne de la ville de Bejaia.....	39
Figure III.2 : Orientation et trajectoire de soleil pendant la période estivale.....	41
Figure III.3 : L'ensemble des façades pour les ateliers et leurs dimensionnements.....	41
Figure III.4 : Dimensions de la façade sud.....	42
Figure III.5 : Dimensions de la façade ouest.....	43
Figure III.6 : Dimensions de la façade nord.....	44
Figure III.7 : Dimensions de la façade est.....	44
Figure III.8 : Vue sud à l'intérieur de l'atelier mécanique	47
Figure III.9 : Vue nord à l'intérieur de l'atelier instrumentation.....	47
Figure III.10 : Mur extérieur	51
Figure III.11 : Mur intérieur	52
Figure III.12 : Planché du premier étage.....	52
Figure III.13 : Plancher du rez-de-chaussée	52
Figure III.14 : Panneau sandwich	53
Figure IV.1 : Représentation du point de soufflage	76
Figure IV.2 : Représentation graphique du cycle en régime d'été.....	78
Figure IV.3 : Représentation graphique du point S.....	81
Figure IV.4 : Représentation graphique du cycle en régime d'hiver	83

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Données météorologiques de base de la zone A	40
Tableau III.2 : Valeurs de rayonnement de base (DTR C 3.4)	40
Tableau III.3 : Paramètres géométriques	42
Tableau III.4 : Dimensions des différents espaces de la façade sud	42
Tableau III.5 : Dimensions des différents espaces de la façade Ouest.....	43
Tableau III.6 : Dimensions des différents espaces de la façade nord.....	44
Tableau III.7 : Dimensions des différents espaces de la façade est	45
Tableau III.8 : Dimensions des différentes surfaces à l'intérieure du bâtiment	45
Tableau III.9 : La masse surfacique du mur sud	47
Tableau III.10 : La masse surfacique du mur Ouest.....	48
Tableau III.11 : La masse surfacique du mur Nord.....	48
Tableau III.12 : La masse surfacique du mur Est.....	48
Tableau III.13 : La masse surfacique du Plancher 1er étage	49
Tableau III.14 : La masse surfacique du Plancher (RDC).....	49
Tableau III.15 : La masse surfacique de toiture	49
Tbleau III.16 : Nombre de machines et leur puissance	55
Tableau IV.1: Caractéristiques thermiques des murs extérieurs.....	56
Tableau IV.2 : Caractéristiques thermiques des murs intérieurs.....	57
Tableau IV.3: Caractéristiques thermiques de la toiture	57
Tableau IV.4 : Caractéristiques thermiques du plancher 1 ^{er} étage.....	57
Tableau IV.5: Caractéristiques thermiques du plancher R.D.C	58
Tableau IV.6 : Caractéristiques thermiques des vitrages.....	58
Tableau IV.7 : Caractéristiques thermiques de double vitrage	58
Tableau IV.8 : Coefficient global de transmission thermique	59
Tableau IV.9 : Apports à travers la paroi extérieure Nord pour le mois de juillet.....	60
Tableau IV.10 : Apports de chaleur par transmission à travers la paroi extérieur Sud pour le mois de juillet	60
Tableau IV.11 : Apport à travers la paroi extérieure est pour le mois de juillet.....	61
Tableau IV.12 : Apport à travers la paroi extérieure Ouest pour le mois de juillet	61
Tableau IV.13 : Apport à travers le Toit pour le mois de juillet.....	62
Tableau IV.14: Apports totaux à travers les parois opaques extérieures pour le mois de juillet ..	62
Tableau IV.15 : Apports à travers le Mur 1 intérieur pour le mois de juillet	63
Tableau IV.16 : Apports à travers le Mur 2 intérieur pour le mois de juillet	63
Tableau IV.17 : Apports à travers le Mur 3 intérieur pour le mois de juillet	63
Tableau IV.18 : Apports à travers les parois intérieures non conditionnés pour le mois de juillet.....	64
Tableau IV.19 : Apport à travers les portes pour le mois de juillet	64
Tableau IV.20 : Apport à travers le plancher pour le mois de juillet	65
Tableau IV.21 : Apports totaux à travers les parois intérieures pour le mois de juillet.....	65
Tableau IV.22 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet.....	66
Tableau IV.23 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet.....	66
Tableau IV.24 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet.....	67
Tableau IV.25 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet.....	67
Tableau IV.26 : Apports totaux à travers les vitrages pour le mois de juillet.....	68
Tableau IV.27 : Apports totaux à travers les vitrages pour le mois de juillet.....	68

Liste des tableaux

Tableau IV.28 : Apports totaux à travers les vitrages pour le mois de juillet.....	68
Tableau IV.29 : Gains de chaleur dus aux occupants.....	69
Tableau IV.30 : Gains de chaleur dus aux machines électriques.....	69
Tableau IV.31 : Gains sensibles pour des moteurs électriques.....	70
Tableau IV.32 : La Puissance nominale des tubes fluorescents.....	70
Tableau IV.33 : Gains de chaleur dus à l'éclairage.....	70
Tableau IV.34 : Gains totaux de chaleurs sensibles.....	71
Tableau IV.35 : Gains totaux de chaleurs latentes.....	71
Tableau IV.36: Gains sensibles par introduction d'air extérieur pour le mois de juillet.....	72
Tableau IV.37 : Apports calorifiques sensibles et latents pour le mois de juillet.....	73
Tableau IV.38 : Apports calorifiques effectifs sensibles et latents pour le mois de juillet.....	73
Tableau IV.39: Apports calorifiques totaux sensibles et latents pour le mois de juillet.....	74
Tableau IV.40 : Apports totaux sensibles et latents des ateliers.....	74
Tableau IV.41 : Les caractéristiques des différents points du cycle.....	77
Tableau IV.42 : Déperditions à travers les parois opaques extérieures.....	78
Tableau IV.43 : Déperditions à travers les portes.....	79
Tableau IV.44 : Déperditions à travers le toit.....	79
Tableau IV.45 : Déperditions totales aux parois opaques extérieures.....	79
Tableau IV.46 : Déperditions thermiques pour locaux non chauffés.....	79
Tableau IV.47 : Déperditions à travers le plancher.....	80
Tableau IV.48 : Déperditions totales par transmission et renouvellement.....	80
Tableau IV.49 : Les caractéristiques des différents points.....	83

Nomenclature

Nomenclature

Nomenclature

Symbole	Signification	Unités
<i>APO</i>	Apports par les parois opaques	W
<i>AVT</i>	Apports à travers les parois vitrées intérieures	W
<i>AV</i>	Apports à travers les parois vitrées extérieures	W
<i>AVE</i>	Gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées	W
<i>AI_{elec}^l</i>	L'apport interne d'appareil électrique de source latente	W
<i>AI_{elec}^s</i>	L'apport interne d'appareil électrique de source sensible	W
<i>AREN_s</i>	Gains sensibles dus au renouvellement d'air	W
<i>AINF_s</i>	Gains sensibles dus aux infiltrations d'air extérieur	W
<i>AREN_l</i>	Gains latents dus au renouvellement d'air	W
<i>AINF_l</i>	Gains latents dus aux infiltrations d'air extérieur	W
<i>AI_l</i>	Apports latents	W
<i>AI_s</i>	Apports sensibles	W
<i>AE_s</i>	Gains sensibles	W
<i>AE_l</i>	Gains latent	W
<i>AE</i>	Apports calorifiques effectifs sensibles et latents	W
<i>AT_s</i>	Apports calorifiques totaux sensibles	W
<i>AT_l</i>	Apports calorifiques totaux latents	W
<i>AT</i>	Apports calorifiques totaux	W
<i>A_j</i>	Surface de l'ouvrant	m²
<i>A_T</i>	Puissance frigorifique totale à fournir	kW
<i>C_{Δte}</i>	Facteur de correction	-
<i>C_{rs}</i>	Coefficient correcteur	-
<i>C_{inc}</i>	Coefficient correcteur	-
<i>C_{alt}</i>	Coefficient tenant compte de l'altitude	-
<i>C_{ros}</i>	Coefficient tenant compte de la valeur de point de rosée	-
<i>CS_l</i>	Coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne	-
<i>C_{soc}</i>	Puissance sensible par occupant	W
<i>C_{loc}</i>	Puissance latent par occupant	W
<i>C_{me}</i>	Coefficient de majoration	-
<i>C_{cr}</i>	Pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle	-
<i>C_r</i>	Ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauterie éventuel	-
<i>C_{in}</i>	Coefficient de surpuissance	-
<i>(D_s)_i</i>	Déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur	W/°C
<i>(D_{li})_i</i>	Déperditions à travers les liaisons	W/°C
<i>(D_{sol})_i</i>	Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	W/°C
<i>(D_{inc})_i</i>	Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés	W/°C
<i>(D_{Rv})_i</i>	Déperditions dues aux fonctionnements normaux du dispositif de ventilation	W.°C⁻¹
<i>(D_{Rs})_i</i>	Déperditions supplémentaires dues aux vents	W.°C⁻¹
<i>D_T</i>	Déperditions par transmission du local	W/°C
<i>D_R</i>	Déperditions par renouvellement d'air du local	W/°C

Nomenclature

D_{BT}	Déperditions de base par transmission du local	W
D_{BR}	Déperditions de base par renouvellement d'air du local	W
E_b	L'écart diurne de base	°C
e_{vi}	Infiltrations dues à l'air de la paroi	-
FS	Facteur solaire du vitrage	-
$HS_{b,i}(r^S)$	L'humidité spécifique de base de l'air intérieur	$g_{vap} \cdot kg_{as}^{-1}$
$HS_{b,e}(r^S)$	L'humidité spécifique de base de l'air extérieur	$kg_{vap} \cdot kg_{as}^{-1}$
$HR_{b,i}$	L'humidité relative de Base de l'air intérieur	%
h_s^s	Enthalpie de l'air soufflé	kJ/kg_{as}
h_i^s	Enthalpie intérieure du local considéré	kJ/kg_{as}
It_b	Rayonnement total de base pour le mois	W/m ²
It. b40	Rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord	W/m ²
I_t	Rayonnement total maximal réel	W/m ²
I_d	Rayonnement diffus maximal réel	W/m ²
$K_{été}$	Coefficient de transmission conductif	W.m ⁻² . °C ⁻¹
K_{hiver}	Coefficient de transmission	W.m ⁻² . °C ⁻¹
K	Coefficient de transmission surfacique	W.m ⁻² . °C ⁻¹
L	Longueur intérieure de chaque liaison	m
M_{as}	Débit massique d'air sec soufflé	kg_{as}/S
M_{an}	Débit d'air neuf	kg/s
M_{ar}	Débit d'air reprise	kg/s
N_{pvi}	Coefficient d'amortissement	-
N_{ALL}	Coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne	-
P_{pi}	Coefficient d'exposition au vent	-
P_{Oj}	Infiltrations surfaciques dues à l'air de l'ouvrant	m ³ /h.m ²
P_{BPC}	Puissance de la batterie de préchauffage	kW
P_{BF}	Puissance de la batterie froide	kW
P_{BC}	Puissance de la batterie chaude	kW
qv_m	Le débit volumique moyen du fluide	m ³ .s ⁻¹
qv_{an}	Représente le débit d'air neuf	m ³ .h ⁻¹
qv_{inf}	Représente le débit dû aux infiltrations	m ³ . h ⁻¹
qve_{an}	Débit minimal d'air neuf	m ³ .h ⁻¹
$qve_{réf}$	Débit d'air extrait de référence	m ³ .h ⁻¹
qve_{min}	Débit extrait minimal de référence	m ³ /h
qve_{max}	Débit extrait maximal de référence	m ³ /h
$qvo_{inf,i}$	Débit d'infiltration correspondent à l'ouvrant i	m ³ .h ⁻¹ .m ⁻²
qv	Débit spécifique de ventilation	m ³ . h ⁻¹
qs	Débit supplémentaire par infiltration due au vent	m ³ . h ⁻¹
S_{int}	Surface intérieure totale de la paroi considérée	m ²
S_{app}	Surface de la zone d'apport	m ²
S_{ouv}	Surface de l'ouverture dans la paroi opaque	m ²
SV_{ens}	Surface vitrée ensoleillée	m ²
SV	Surface totale vitrée	m²
S	Surface intérieure de chaque partie surfacique	m²
TS_e	Température sèche de l'air extérieur	°C
$TS_{b,e}$	La température sèche de base extérieure	°C
TS_m	La température moyenne	°C

Nomenclature

$TS_{b,i}$	La température sèche de base de l'air intérieur	$^{\circ}\text{C}$
TS_a	La température sèche de l'air intérieur du local adjacent	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_e	Différence équivalente de température à l'heure t	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_{es}	Différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre	$^{\circ}\text{C}$
Δt_{em}	Différence équivalente de température	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_{inc}	Écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré	$^{\circ}\text{C}$
Δp	La pression du ventilateur ou la hauteur manométrique de la pompe	Pa
Δh_e^s	Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie préchauffage	kJ/kg_{gas}
V_h	Volume habitable	m³
V_h	Volume habitable	m³
W_n	Puissance nominale de l'ampoule ou de tube fluorescent	W
W_{eff}	Puissance nominale	W
η	Rendement du moteur	-
τ	Taux de brassage	h⁻¹

Introduction Générale

Introduction Générale

L'air est un mélange, il contient environ 21% d'oxygène, 78% d'azote et 1% d'autres gaz. Composition en volume l'air est un fluide qui permet de transporter des particules en suspension, et des composés volatils comme la poussière. Ses propriétés thermodynamiques varient constamment d'un point à un autre, sa composition subit des changements en fonction des corps qu'on y rejette ou qu'on y prélève. [1]

Le conditionnement de l'air est la technique qui consiste à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques (températures, humidités, niveau de poussières, etc.) d'un local pour des raisons de confort (bureaux, magasins, salles des stockages) ou pour des raisons techniques (ateliers de fabrications et de productions). [1]

Les installations de la climatisation ont un rôle de maintenir la température et l'humidité de l'air à des valeurs prévues et désirées. Elle assure l'ensemble des quatre traitements d'air : chauffage, refroidissement, humidification et déshumidification. En règle générale, elle est aussi équipée d'un système automatique de régulation de la température et de l'humidité. [2]

Son rôle principal est la récupération de l'énergie de l'air extrait et les économies réalisées sur les coûts de fonctionnement de leurs différents composants.

Notre projet porte sur "l'Etude et Conception d'un système de conditionnement d'air des nouveaux ateliers de maintenance" à l'entreprise SONATRACH, sise dans la (zone A) sur le versant nord des chaînes côtières, une zone à climat méditerranéen de type maritime.

Notre étude est conçue de la manière suivante :

Notre projet consiste à étudier et dimensionner une centrale de conditionnement d'air pour le chauffage et la climatisation des ateliers. Pour cela nous allons calculer les déperditions thermiques pour le régime hiver et les apports thermiques pour le régime d'été en utilisant le "Réglementation Thermique Algérien" (DTR), et cette étude sera suivie par une étude technico-économique.

Le premier chapitre s'intitule " Généralités sur les systèmes de conditionnement d'air ", cite les différents types de climatisation centralisés avec leurs définitions, leurs composants et leurs principes de fonctionnements.

Le deuxième chapitre "Réglementation Thermique" contient toutes les méthodes de calcul qu'on doit suivre pour déterminer le bilan thermique pour les deux saisons, qui permet de déterminer les besoins calorifiques du local.

Le troisième chapitre s'intitule "Caractéristiques du Projet", dans ce chapitre on a cité les divers matériaux utilisés lors de la construction.

Introduction générale

Le dernier chapitre "Bilan Thermique", consiste à calculer tous les apports et les déperditions thermiques qui permettent de donner les puissances utiles pour l'installation de climatisation.

Présentation de l'entreprise SONATRACH

Présentation de l'entreprise SONATRACH

Présentation de l'entreprise SONATRACH

1. Historique

Dénomination :

SONATRACH : société nationale de transport et de commercialisations des hydrocarbures. [3]

En 1963, elle a été créée par décret N63 /491. Et elle avait pour mission de prendre en charge le transport et la commercialisation des hydrocarbures dans un contexte marqué par la mainmise des compagnes étrangères.

La Direction Régionale de Bejaia (D.R.G.B)est l'une des directions de SONATRACH, mise en service en 1963 qui est chargée du Transport par canalisation, du Stockage et de la Livraison des hydrocarbures liquides et gazeux (Le Pétrole brut, Le Condensat, Le Gaz Naturel) à travers les canalisations gérées et exploitées par elle-même ; implantée dans l'entreprise de terminal marin (TMB) relia Haoud-El-Hamra – Bejaia.

Les stations de pompage : sur la ligne de Haoud El Hamra – Bejaia.

SONATRACH a installé des stations de pompage principal et satellites pour assurer le transport du pétrole brut et condensat sur toutes ces lignes.

2. Situation géographique de la DRGB

Elle est située dans la zone industrielle à deux kilomètres au sud-ouest de la ville de Bejaia d'une superficie de (04) hectares environs, constituée d'une zone de stockage et d'un port pétrolier qui se trouve à (05) kilomètres environ au Nord Est de l'entreprise et du parc de stockage.



Figure A.1: Terminal marin de Bejaia



Figure A.2: Port pétrolier de Bejaia

3. Organisation et activité de l'entreprise

Elle a un organisme important qui se compose de plusieurs structures dirigeantes, à savoir des sous-directions : département et services qui permettent de mener à bien sa mission et ses activités.

L'exploitation et l'activité principale de la DRGB en assurant la maintenance rigoureuse et la surveillance vigilante des ouvrages qui se traduit par :

- Entretien des installations et parcs de stockage.
- Assurer les coordinations des moyens humains et matériels pour un fonctionnement continu.
- Assurer l'approvisionnement en brut pour la raffinerie d'Alger.
- Assurer le chargement des navires pétroliers à partir du port.

L'entreprise doit consacrer une vigilance importante :

- Éviter autant que possible les stockages insuffisants pour ne pas faire attendre les pétroliers ravitailleurs.
- L'enlèvement non régulier du brut qui peut handicaper les moyens de stockage.

4. Prestation des structures de l'entreprise

La DRGB est composée comme suit :

4.1. Sous-direction finances et juridique : ce service prend en charge la gestion financière de la DRG Bejaia et tout ce qui est judiciaire pour l'entreprise.

Présentation de l'entreprise SONATRACH

4.1.1. Assistant sécurité interne : il a pour mission la protection et la sauvegarde du patrimoine Humain et matérielle de l'entreprise.

4.1.2. Département de transport et d'approvisionnement : il a pour mission de fournir et assurer le matériel pour la D.R.G.B et aussi assurer le transport au personnel.

4.1.3. Centre informatique : il présente le support d'exploitation et le développement des applications informatique pour l'ensemble de la région centre.

4.2. Sous-direction administration : elle se compose de trois départements qui sont :

4.2.1. Département des Ressource Humains : sa mission est d'acquies des ressources humaines en nombres et qualité, d'assurer l'évolution de leur carrière et de planifier les besoins à court, moyen et long terme tant en effectif qu'en besoin de formation.

4.2.2. Département des moyens généraux : il représente le soutien logistique de l'entreprise.

4.2.3. Département administration et social : sa mission est l'entretien, il contrôler la conformité de réalisation des activités administrative et sociale.

4.3. Sous-direction technique : elle se compose de 4 départements qui sont :

4.3.1. Département exploitation : il est chargé de l'exploitation des installations de transport du pétrole et condensat.

4.3.2. Département de protection des ouvrages : il a comme mission de protéger les ouvrages.

4.3.3. Département travaux neuf : chargé de l'étude et du suivi des projets d'investissement de la D.R.G.B.

4.3.4. Département maintenance : est chargé de l'entretien de la ligne et s'occupe de toutes les opérations de maintenance des différentes stations de pompage de la ligne, il est constitué de cinq services. (voir la figure A.3).

Présentation de l'entreprise SONATRACH

4.3.4.1. Présentation de département maintenance

Le département maintenance est chargé de l'entretien de la ligne et s'occupe de toutes les opérations de maintenance, sa structure est représentée comme suit :

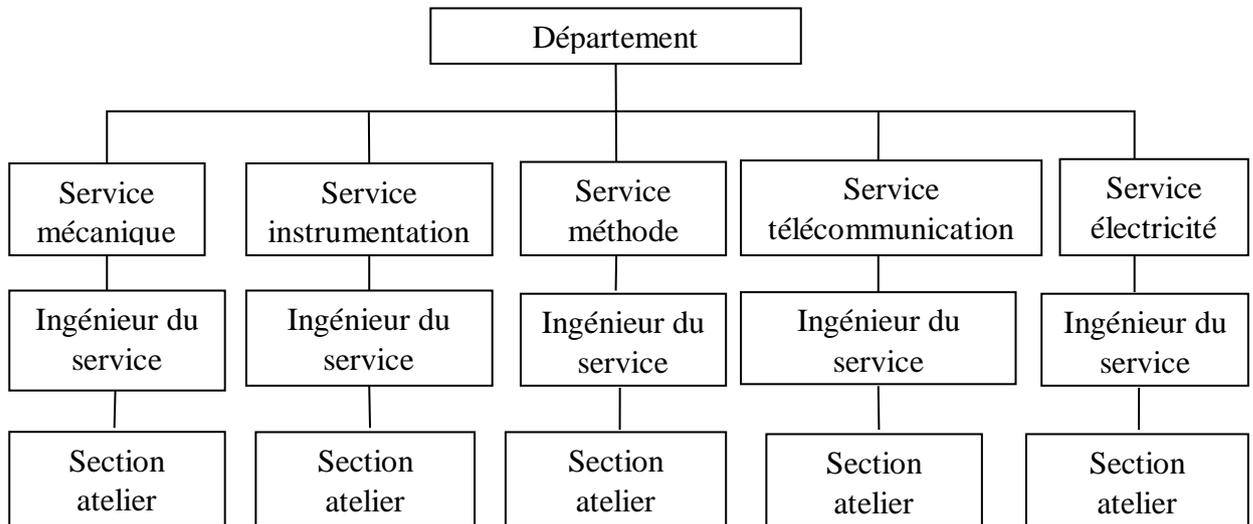


Figure A.3: Présentation de département maintenance.

Chapitre I

Généralités sur les systèmes de conditionnement d'air

I.1. Introduction

La climatisation, également appelée « Le conditionnement d'air », est une branche scientifique consistant à générer et contrôler une atmosphère intérieure agréable (température, humidité, niveau de poussière, etc.) d'un local pour des raisons d'augmentation aussi bien que pour des raisons techniques.

Les systèmes de conditionnement d'air peuvent être classés en deux catégories : le système central et le système unitaire. Une station de système central est une structure dans laquelle les composants du système sont tous regroupés ensemble dans une chambre centrale. Mécanisée, celle-ci envoie, à travers des conduites, l'air conditionné aux espaces à climatiser.

Les systèmes unitaires, par contre, font usage d'unités en monobloc qui s'installent facilement et rapidement sur un mur, une fenêtre ou au-dessus d'une porte. [4,5]

I.2. Historique de la climatisation

L'histoire de la climatisation remonte à l'époque de l'Empire romain. Les Romains utilisaient des tunnels souterrains pour provoquer une arrivée d'air extérieur. De cette technique date l'apparition de la première forme de climatiseurs. [6]

Grecs et Égyptienne antiques utilisaient le phénomène d'évaporation de l'eau à travers des vases et des jarres poreux, pour rafraîchir l'air intérieur.

I.3. Utilité du conditionnement d'air

Le conditionnement d'air s'avère nécessaire pour les locaux soumis à de fortes variations de charges qui peuvent être dues à :

- des conditions climatiques sévères (climats chauds et humides en particulier) ;
- des apports de chaleur interne importants et variables dans le temps.

I.4. Objectifs de la climatisation ou conditionnement d'air:

Les objectifs du traitement d'air varient en fonction du type du local, son utilité, et le confort désiré. L'objectif est de réaliser un microclimat intérieur confortable quelles que soient les conditions météorologiques extérieures et les apports de chaleur internes au local. Ces conditions météorologiques et ces apports internes définissent les charges que doit équilibrer le système de climatisation, selon la période pour laquelle est conçu ce système, on parle de climatisation d'hiver, d'été ou annuelle.[7]

I.5. Le confort:

C'est un état de bien-être résultant de l'absence de nuisances de toutes sortes dans des ambiances et Microclimats intérieurs. Ce confort est l'un des principaux objectifs de la climatisation ou de traitement d'air. On distingue deux types de confort. [8]

- Le confort thermique : se définit comme « état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique » Il dépend de six paramètres le métabolisme, l'habillement, la température ambiante de l'air« T_a », la température moyenne des parois« T_p », l'humidité relative de l'air « Ψ » et enfin la vitesse de l'air.
- Le confort acoustique : exige un niveau optimal de bruit, lequel est réduit en milieu industriel par le traitement des machines afin d'assurer une isolation contre les nuisances sonores. Plus précisément, on peut définir une plage de confort hygrothermique dans le diagramme suivant l'action de l'humidité spécifique de l'air sur la santé comme suit :

- 1 zone à éviter problèmes de sécheresse, manque d'humidité relative
- 2 et 3 zones de développement de bactéries et de microchampignons
- 3 zones de développement d'acariens
- 4 polygone de confort hygrothermique

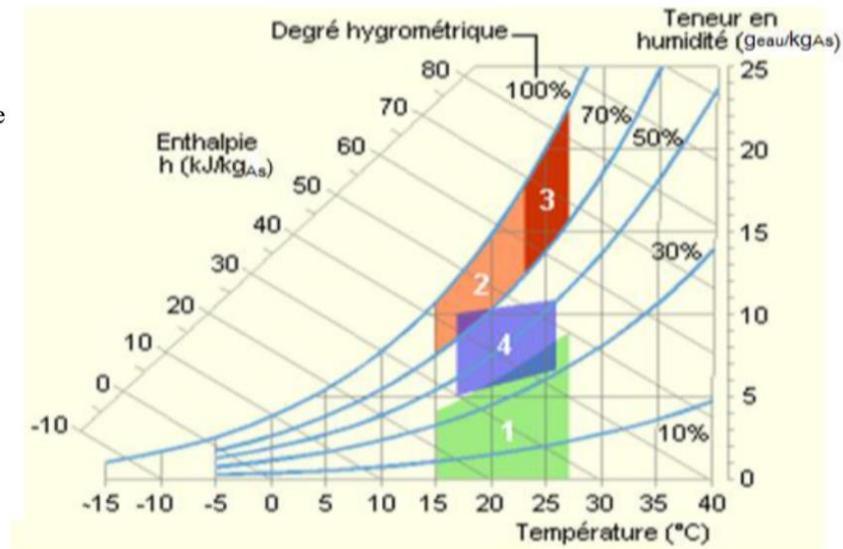


Figure I.1 : La plage de confort température-humidité

I.6. Chauffage et rafraîchissement

Le but du chauffage est l'obtention d'une température de confort en hiver, et celui du rafraîchissement l'abaissement de température de quelques degrés par rapport à celle de l'air extérieur en été, ce qui apporte une impression de fraîcheur.[9]

Dans le rafraîchissement seul la température est prise en compte, contrairement à l'humidité qui n'est pas contrôlée, ce qui résulte une sensation d'inconfort.

I.7. Définition de la climatisation

Climatiser un local consiste à préparer, et introduire de façon continue dans le local, une certaine quantité d'air dont les caractéristiques sont telles que les conditions d'ambiance du local sont réalisées. Ces conditions portent sur:

- ✓ la température de l'air.
- ✓ son humidité.
- ✓ son renouvellement.
- ✓ sa pureté.

I.7.1 Types de climatisation**A) Climatisation continue**

Distingué par une température intérieure constante, contrairement à l'humidité relative qui peut être variable durant toute la journée.

B) Climatisation discontinue

La température intérieure et l'humidité doivent être fixées en période de présence du personnel, mais hors cette période, elles peuvent être libres.

C) Climatisation résidentielle

Puissance installée qui autorise une certaine variation de température intérieure et une humidité relative qui peut être variable et libre dans le local considéré.

D) Climatisation partielle

Rafraîchissement sans obligation durant les journées les plus chaudes, de parvenir aux conditions d'une climatisation continue.

E) Climatisation naturelle

Dans ce type de climatisation, la température intérieure et l'humidité relative du local peuvent être variables.

I.8 Données météorologiques et climatiques en Algérie**I.8.1 Les zones climatiques en Algérie**

Il y a lieu de tenir compte de la situation géographique de notre pays et de ses différents reliefs existants, qui donnent plusieurs zones climatiques [10]:

Zone 1 : c'est la zone à climat méditerranéen (maritime), comprenant le littoral et une partie du versant nord des chaînes côtières.

Zone 2 : cette zone comprend les vallées entre les chaînes côtières et l'Atlas tellien, elle est appelée zone à climat continental.

Zone 3 : c'est la zone à climat méditerranéen montagneux, elle comprend les hauts-plateaux situés entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien.

Zone 4 : zone à climat saharien, elle est caractérisée par un climat chaud et désertique.

I.8.2 Description climatique de la zone 1

Un hiver froid et un été chaud et humide, la vitesse du vent pendant la journée est relativement basse, elle décroît en soirée jusqu'à l'état calme pendant la nuit. Les pluies sont très fortes durant quelques jours de l'année accompagnées d'une grande vitesse de vent.

I.8.3 Quelques conditions extérieures de base à Bejaia

- Température sèche de base 38 °C ;
- Humidité relative de base 90 % ;
- Humidité spécifique 34,33 g_{eau}/ kg air sec.

I.9. Systèmes unitaires

Ces systèmes sont établis pour être placés dans les locaux qu'ils conditionnent, renferment sous une seule enveloppe les appareils nécessaires au traitement et à la pulsion de l'air. On leur donne également le nom d'appareils individuels. On en distingue :

I.9.1. Climatiseur de fenêtre

Il utilise un système de réfrigération à expansion directe pour refroidir l'air venant de la pièce.

Dans certains cas, il permet aussi de chauffer, soit par électricité soit par pompe à chaleur.

I.9.2. L'unité compacte de toiture

Ce système fonctionne habituellement comme un système à débit variable. Conçu d'une manière compacte, il incorpore dans un caisson toutes les composantes essentielles permettant ainsi une installation sur toit.

I.9.3. Les unités compactes autonomes

Les unités compactes autonomes contiennent tous les éléments nécessaires au traitement de l'air; elles sont donc semblables aux climatiseurs de fenêtre mais sont conçues pour laisser circuler des débits plus importants. On en distingue deux types :

- L'unité compacte autonome avec système de réfrigération intégré dont le condenseur peut être refroidie à l'air ou à l'eau. Dans ce cas elle assure le traitement de la totalité des charges du local.
- L'unité compacte autonome sans système de refroidissement est donc alimentée en eau glacée.

Dans certains cas, il sert d'appoint pour le traitement d'ambiance.

○ **Domaine d'utilisation**

Les systèmes unitaires sont employés dans les petits édifices à bureaux (02 étages et moins) ou dans une pièce unique. Ces groupes sont utilisés aussi pour régler un problème local.

I.10 Système de climatisation centrale

Lorsqu'on cherche à réunir plusieurs éléments pour réduire les frais de première installation ainsi que l'encombrement, le système de climatisation centrale s'illustre comme le plus convenable.[4]

Ce système peut être classifié en sous-systèmes dont les plus couramment rencontrés sont les systèmes simples, notamment :

- Le système à débit d'air constant à un seul conduit;
- Le système à débit d'air constant, deux conduits (multizones) ;
- Le système unités de toitures;
- Le système à débit d'air variable.

I. 10.1 Les systèmes à débit d'air constant à un seul conduit

Dans ce système, l'air est utilisé comme gaz caloporteur de froid pour moduler la température et l'humidité des espaces internes. Il est préparé dans un caisson de traitement avant d'être envoyé vers les espaces intérieurs via des bouches de soufflage.

Le débit d'air est fixe par un ventilateur à vitesse unique : la régulation de la température se fait donc directement en modifiant les caractéristiques thermiques de l'air entrante (via les batteries de chauffage ou refroidissement). Le traitement peut-être uni zone (ci-dessus) ou multizone, ou l'air provenant d'une même centrale est insufflé dans plusieurs locaux, comme illustre ci-après.[4]

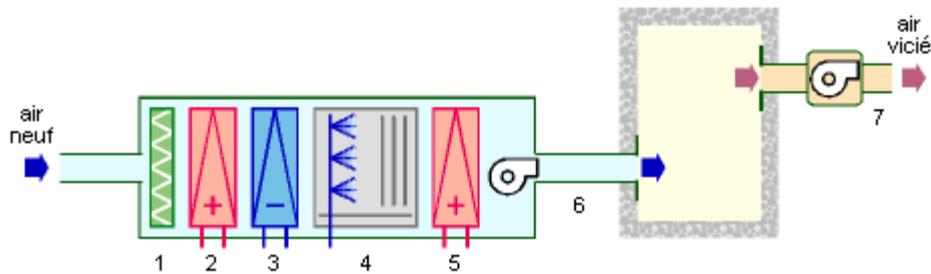


Figure I.2: Système à débit d'air constant à un seul conduit

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. Filtre | 5. Batterie de préchauffage |
| 2. Batterie de préchauffage | 6. Gaine de pulsion |
| 3. Batterie de refroidissement | 7. Gaine d'extraction |
| 4. Humidificateur | |

I.10.2 Les systèmes à débit d'air constant, deux conduits (multizones)

A double conduit, ou double gaine, la centrale de refroidissement prépare deux niveaux de températures de l'air avec des réseaux de distribution séparés vers les locaux. Cela permet notamment d'avoir plus de flexibilité et d'obtenir un confort différencié dans les différentes pièces climatisées.[4]

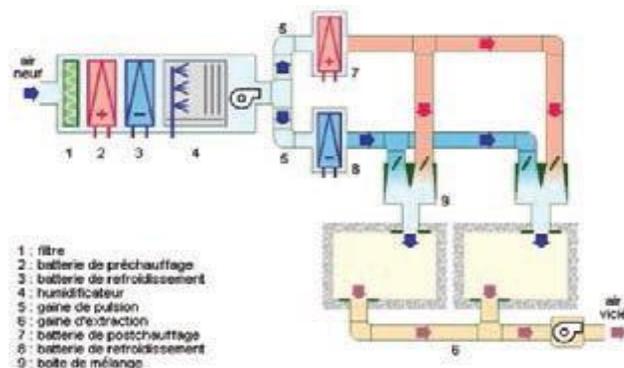


Figure I.3: Centrale à deux conduits à débit d'air constant

I.10.3 Système unités de toitures

Installés à l'extérieur du bâtiment (et donc devant intégrer une protection contre les aléas climatiques), les roof tops sont des centrales uni zones à détente directe fréquemment utilisées pour climatiser de grandes salles (bureaux, supermarchés, halls, etc.), ou en climatisation industrielle.

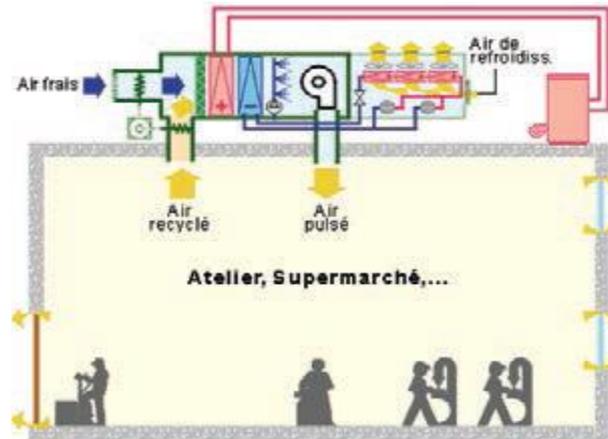


Figure I.4: Centrale unités de toitures

Ces systèmes présentent l'avantage d'être faciles à installer, ils n'encombrent pas et disposent également d'une régulation simple et centralisée, avec variabilité du débit d'air et de la puissance de livraison. Ils amènent en revanche généralement des coûts élevés tant en consommation énergétique que dans l'installation.[4]

I. 10.4. Le système à débit d'air variable

Le débit peut par exemple être réglé pour chaque pièce par un clapet commande par un thermostat d'ambiance ou un servomoteur. Ce clapet peut être installé directement au niveau des boîtes de détente (gauche) ou au niveau des diffuseurs.

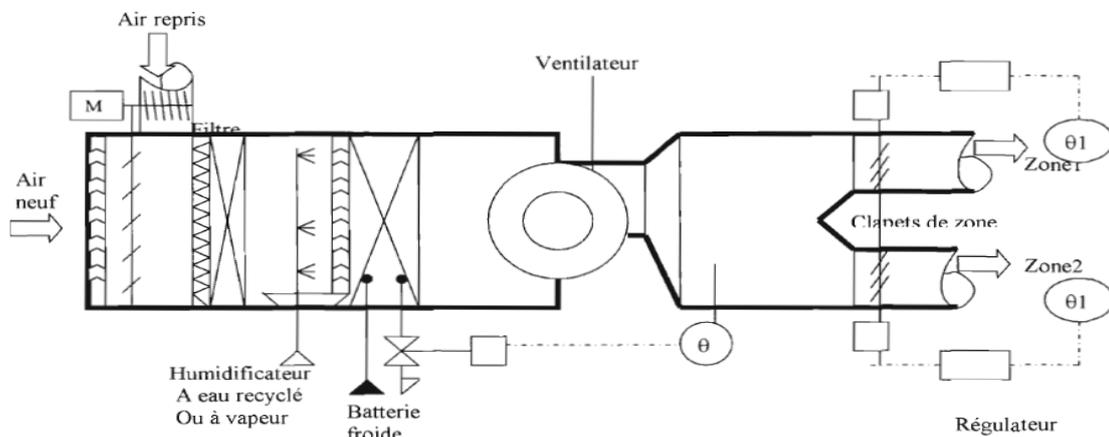


Figure I.5: Schéma d'un système à débit d'air variable

Les systèmes de conditionnement d'air offrent nombre de possibilités d'économie de coût et d'énergie. Un personnel vigilant et sensibilisé aux techniques de gestion d'énergie peut facilement apprendre à reconnaître ces possibilités et en tirer profit.

Il existe plusieurs facteurs influant sur la consommation énergétique des systèmes de conditionnement d'air. On distingue parmi eux :

- Les gains et pertes de chaleur à travers l'enveloppe du local considéré ;

- La ventilation indésirable causée par les infiltrations ;
- Les apports de chaleur internes occasionnés par les occupants, l'appareillage et les procédés.[4]

D'une manière générale, aucun système n'est capable de répondre à tous les cas posés, et chaque projet doit faire l'objet d'une étude spécifique prenant en compte les différents critères parmi lesquels on peut citer : les contraintes de construction, le service à rendre à l'utilisateur, l'enveloppe financière pour la construction et l'exploitation, la qualité de l'ambiance et le respect de l'efficacité énergétique.

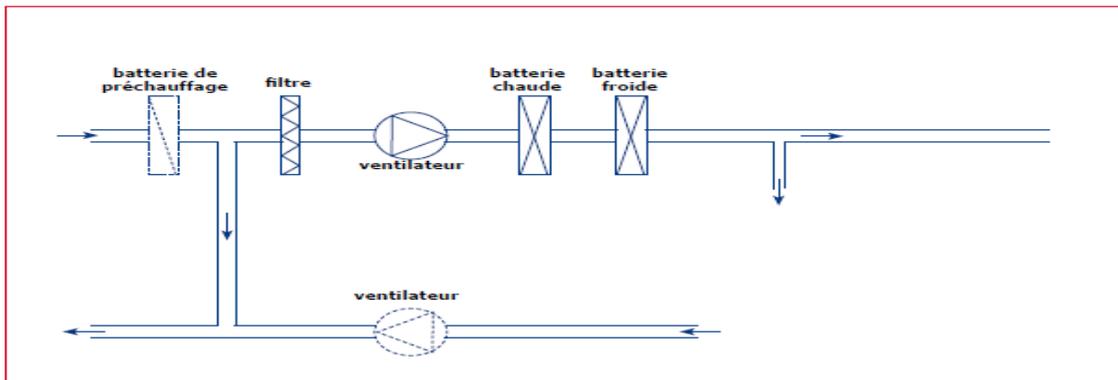


Figure I.6: Système direct simple conduit

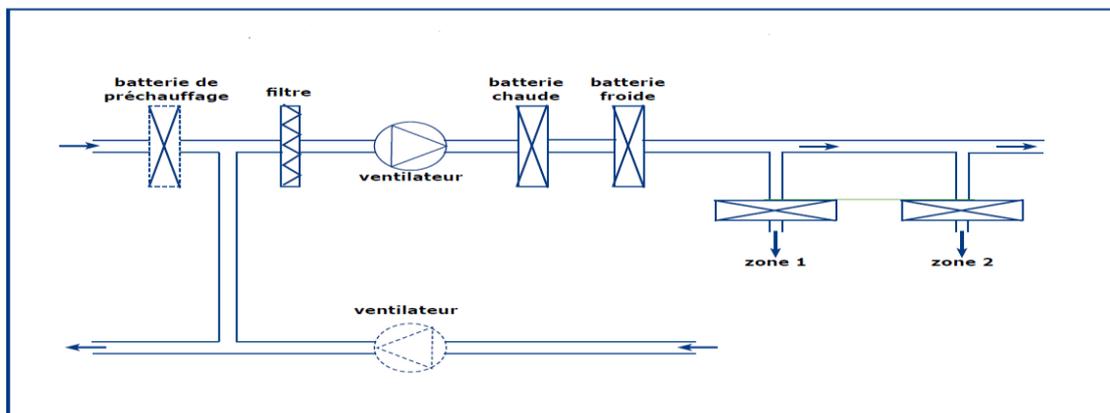


Figure I.7: Système tout-air simple conduit à réchauffage terminal

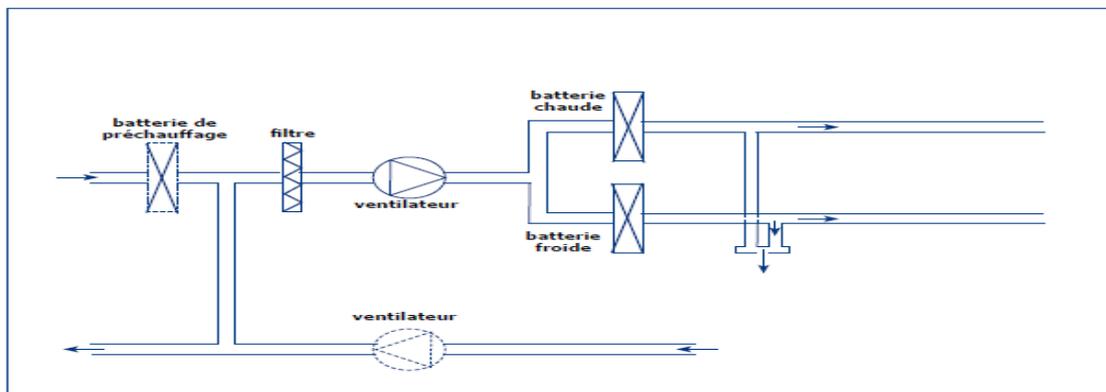


Figure I.8: Système tout-air double conduit

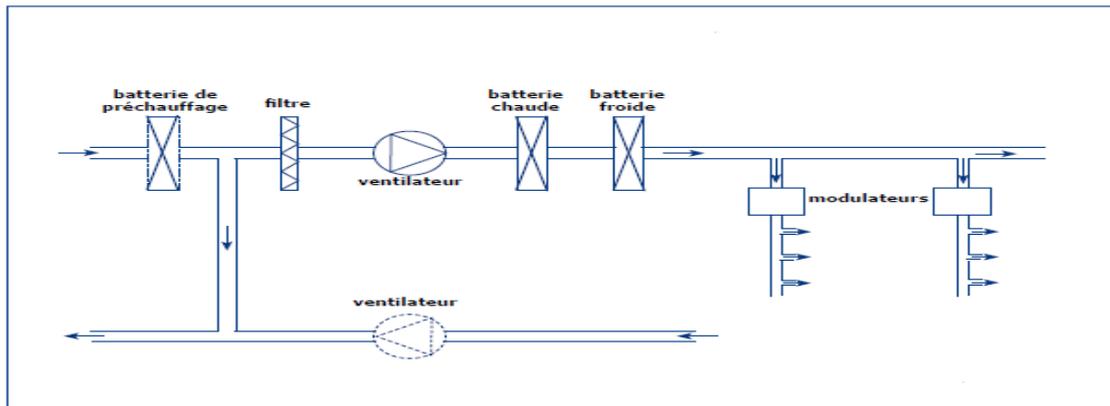


Figure I.9: Système tout-air à débit d'air variable

I.11 Les composants d'une centrale de traitement d'air (CTA) et leurs fonctions

Une centrale de traitement d'air est un élément technique dédié au chauffage au rafraichissement, à l'humidification ou à la déshumidifiions des locaux tertiaires ou industriels, les CTA sont des appareils destinés à insuffler de l'air neuf, à extraire ou à brasser l'air des locaux. Elle nous permet aussi de maintenir une surpression dans un local par rapport à un autre ou une pression en gain. [11]

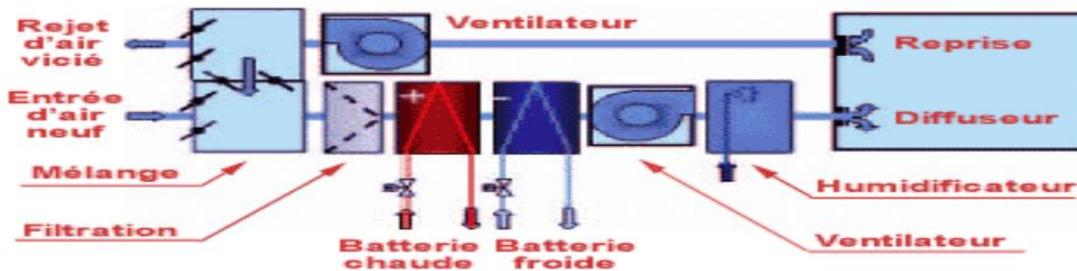


Figure I.10: Différent composant d'une centrale de traitement d'air

Le concepteur détermine la nature et l'ordre des composants de la centrale de traitement d'air (CTA) en fonction des résultats désirés. [12]

Une centrale de traitement d'air est généralement composée de :

1. Un caisson de mélange ;
2. Un caisson de filtration ;
3. Batterie chaude (préchauffage) ;
4. Batterie chaude (réchauffage) ;
5. Batterie froide ;
6. Humidificateur ;
7. Ventilateurs.

➤ **Caisson de mélange**

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

- L'air neuf
- L'air recyclé

➤ Caisson de filtration

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

L'opération de filtration n'a aucune action sur les caractéristiques thermiques de l'air. N'apparaissant pas sur le diagramme de l'air humide, l'opération provoque une chute de la pression de l'air, mais fait cependant partie intégrante d'une centrale de traitement d'air.

➤ Batterie chaude

La batterie chaude assure le préchauffage ou le chauffage de l'air à l'aide d'un fluide chaud qui peut être de l'eau, de l'eau surchauffée, de la vapeur, la condensation d'un fluide frigorigène ou des résistances électriques. Durant l'opération de chauffage, l'humidité absolue reste constante. En revanche, l'humidité relative (en %) diminue.

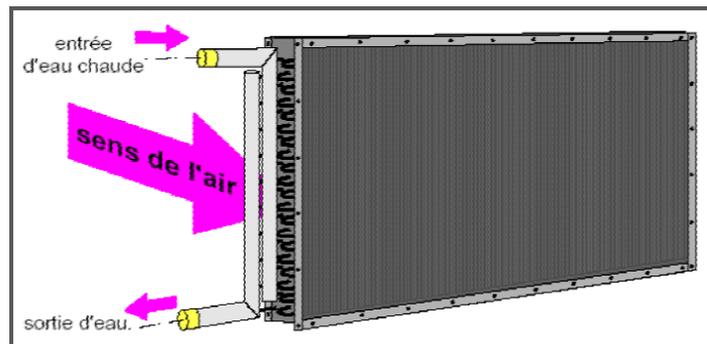


Figure I.4: Batterie chaude alimentée en eau

➤ Batterie froide

La batterie froide assure le refroidissement de l'air, avec ou sans déshumidification, à l'aide d'un fluide froid qui peut être de l'eau glacée, gly-colée ou par évaporation d'un fluide frigorigène (batterie à détente directe). Durant l'opération de refroidissement sans déshumidification, l'humidité absolue reste constante. En revanche, l'humidité relative (en %) augmente. Durant l'opération de refroidissement avec déshumidification, l'humidité absolue diminue tandis que l'humidité relative (en %) augmente.

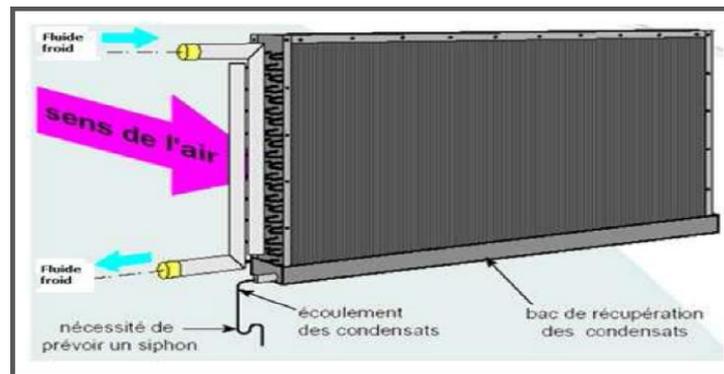


Figure I.5: Batterie froide alimentée en eau

➤ **Humidificateur**

L'humidificateur sert à augmenter la teneur en eau de l'air traité, c'est-à-dire à augmenter l'humidité absolue. Pour qu'il y ait humidification, il faut un contact étroit et intensif entre l'air et la source d'humidité.

Cette source d'humidité peut être :

- De l'eau finement pulvérisée et projetée dans le flux d'air où elle se transforme en vapeur. Le changement d'état nécessite un apport de chaleur qui est fourni par l'air traité (chaleur latente de vaporisation) ;
- De la vapeur produite de deux manières, soit :
 - ✓ Soit indépendamment dans un circuit de distribution alimenté par une chaudière de production de vapeur.
 - ✓ Soit par un dispositif incorporé.
- Les différents types d'humidificateur (injection d'eau liquide) sont des :
 - ✓ Humidificateurs adiabatiques
 - ✓ Humidificateurs à vapeur

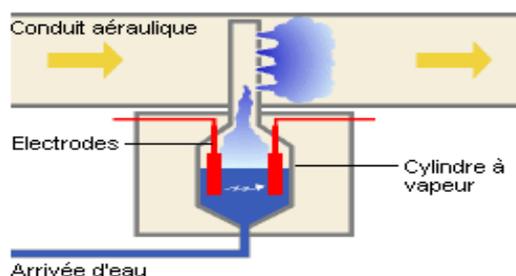


Figure I.13: Humidificateur à vapeur

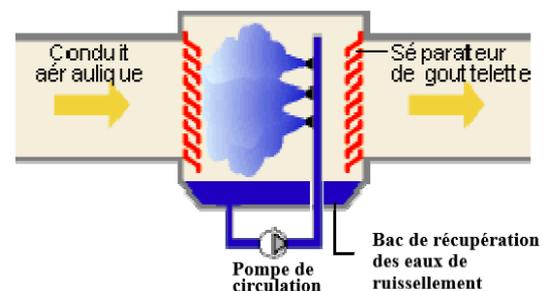


Figure I.14: Humidificateur injection d'eau liquide

➤ Ventilateurs

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

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

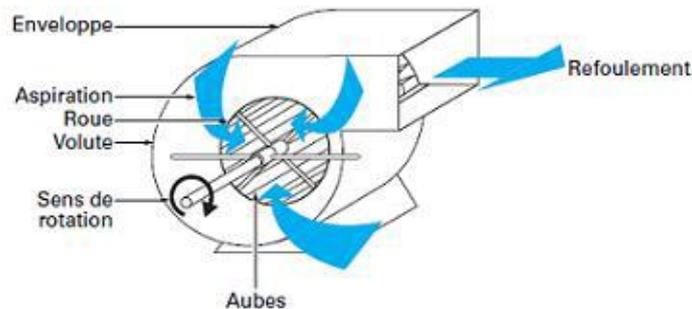


Figure I.15: Ventilateur

I.11.1 Principe de fonctionnement

La centrale de traitement d'air (CTA) est un équipement destiné à :

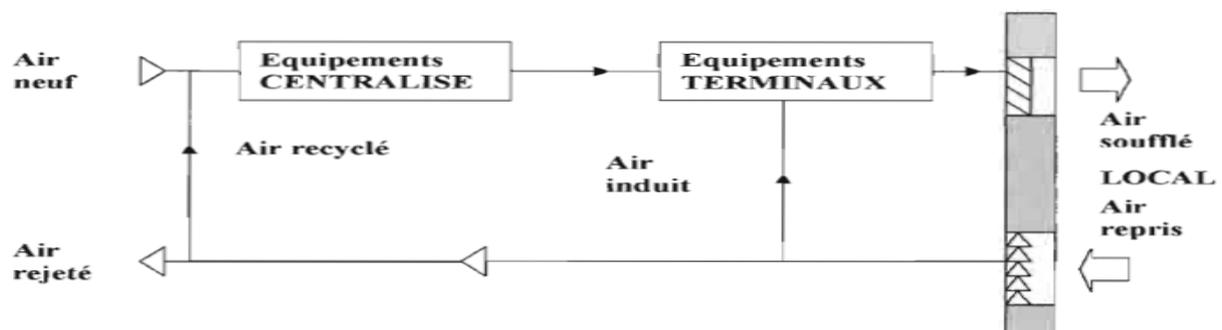


Figure I.16 : Différents équipements d'un système de fonctionnement central

- Ventilé par l'introduction d'air neuf et l'extraction d'air vicié,
- Filtrer d'air,
- Chauffer par soufflage d'air chaud,
- Rafraichir par soufflage d'air froid,
- Echanger les calories entre 2 flux d'air,
- Déshumidifier par condensation de la vapeur d'eau,
- Humidifier par vaporisation d'eau, [13]

L'air traité sera ensuite diffusé dans les locaux desservis grâce à des réseaux de conduits, de matière, formes et section adaptées, avec des diffuseurs choisis en fonction des critères de confort recherchés (bouches à induction, à déplacement, gaines textiles, etc.)

On distingue deux catégories de CTA :

- **La CTA simple flux** : qui ne traite qu'un seul flux d'air (en extraction d'air vicié, en recyclage ou en soufflage d'air neuf).
- **La CTA double flux** : qui traite à la fois l'extraction et le soufflage et qui permet toutes les combinaisons possibles entre les 2 flux d'air.

A) Pour la centrale a simple flux :

L'air à traiter est aspiré en suite il passe par un filtre, on le chauffe ou on le refroidi suivant les besoins de notre local en le faisant passer sur une batterie chaude ou froid, l'humidifier si nécessaire, et enfin le soufflé dans le local à traité. [13]

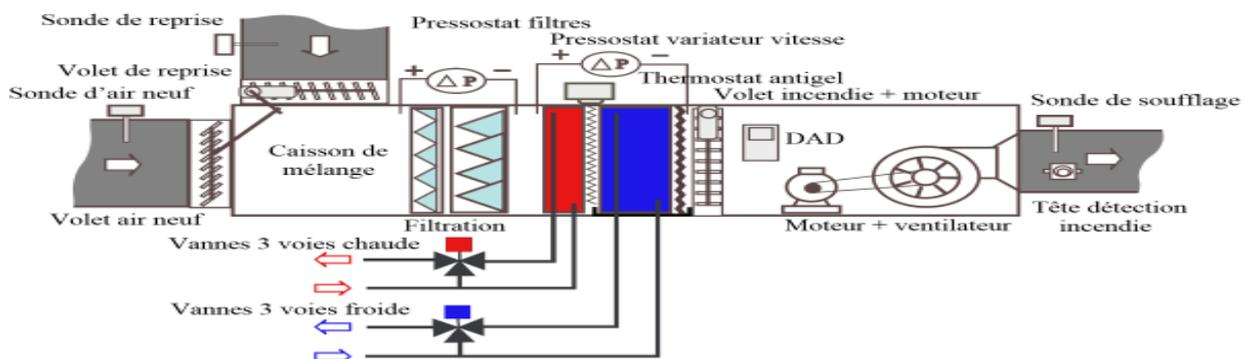


Figure I.17: Centrale de traitement d'air simple flux

B) Pour une centrale à double flux

Aspire l'air dans les locaux traités :

- Le filtre,
- Récupère l'énergie qu'il contient grâce à un récupérateur à roue,
- La rejette à l'extérieur.

Aspire l'air neuf :

- Le filtre,
- Réinjecte l'énergie récupérée dans l'autre flux d'air,

- Le réchauffe ou le refroidi, suivant les besoins du local, en le faisant passer sur les batteries chaudes ou froides,
- Eventuellement, l'humidifie et le filtre à nouveau.
- Le souffle dans les locaux à traité. [13]

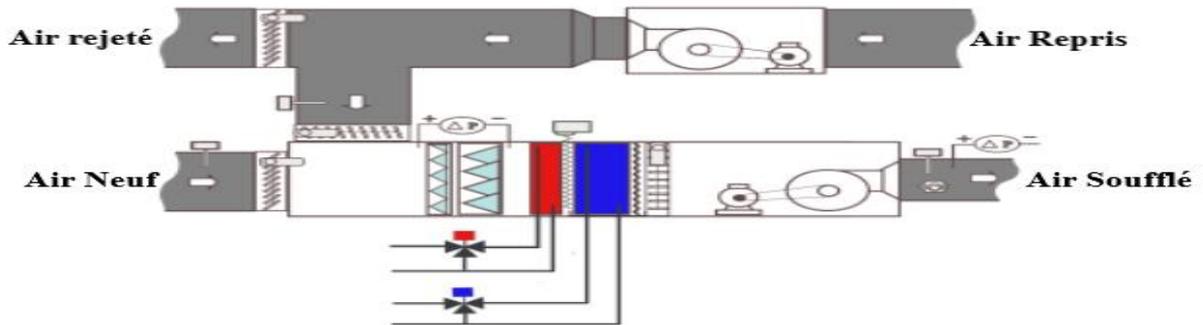


Figure I.18: Centrale de traitement d'air à double flux à récupération

I.12 Réseau aéraulique

Maillon important dans le système de climatisation, l'air y joue le rôle de fluide caloporteur. Il est donc nécessaire d'assurer les liaisons entre les composants (centrale de traitement d'air, ventilateur d'extraction, etc.) et les locaux desservis :

- Distribution de l'air traité ;
- Reprise de l'air recyclé ;
- Évacuation de l'air extrait ;
- Aspiration d'air neuf à la centrale de traitement d'air.

Ces liaisons comportent les éléments suivants :

- Des ventilateurs (incorporés ou non dans la centrale de traitement d'air) ;
- Des gaines de distribution ;
- Des clapets ou registres pour le réglage ou la sécurité ;
- Des bouches ou grilles de diffusion, de transfert ou de reprise.

Chacun de ces éléments doit être choisi et calculé dans un projet d'ensemble, en tenant compte des impératifs de l'installation.

➤ Gaines

Le réseau de gaines s'étudie dès le début du projet par un travail d'équipe :

- Avec l'architecte, au moment de la conception du bâtiment (création) ou de l'étude d'implantation (rénovation) ;
- Avec l'utilisateur, afin de connaître le type de locaux traversés et les ambiances correspondantes (détermination du meilleur tracé).

Le choix de la section de la gaine (circulaire, rectangulaire ou carrée) dépend :

- Du type de matériau utilisé ;
- Du lieu d'installation (place disponible) ;
- Du type de raccordement aux ventilateurs, grilles et bouches.

➤ Bouches d'air

Les bouches sont des orifices qui permettent d'introduire ou d'évacuer l'air.

Les bouches d'introduction (soufflage) se sélectionnent en fonction :

- Du débit d'air ;
- De la portée de l'air soufflé ;
- Des caractéristiques du local ;
- Du niveau sonore requis ;
- De la perte de charge admissible ;
- Des critères architecturaux et économiques (confort, industrie, locaux spécifiques, coût).

Les bouches d'évacuation d'air (reprise, extraction, transfert) se sélectionnent en fonction :

- Du débit d'air ;
- Du niveau sonore requis ;
- De la perte de charge admissible ;
- Des critères architecturaux et économiques (confort, industrie, locaux spécifiques, coût).

I.13 Renouvellement d'air neuf

Le renouvellement d'air assure un échange d'air entre le local à ventiler et l'atmosphère extérieure, due à une différence de pression entre eux. Le débit de renouvellement d'air neuf dépend du type de local aussi bien que du nombre du personnel. [4]

Plusieurs solutions technologiques existent pour l'apport d'air neuf hygiénique au local :

- **Premier cas** : l'air neuf aux conditions extérieures est mélangé à l'air recyclé par l'intermédiaire d'un caisson de mélange ;
- **Deuxième cas** : l'air neuf est préparé dans une centrale dédiée (CTAN). Il est filtré, soit soufflé aux conditions de température et d'hygrométrie dans le local, soit soufflé aux conditions extérieures.

Cette diffusion peut s'effectuer selon deux principes : par mélange/induction ou par déplacement/substitution. Après le diffuseur, l'écoulement du flux d'air peut être soit permanent (toutes les caractéristiques sont stables et invariables dans le temps), soit incompressible (les modifications thermodynamiques liées à la compression ou la détente sont considérées comme négligeables).

I.14 Ventilation

La ventilation et l'aération des lieux de travail jouent un rôle essentiel pour limiter la concentration de polluants dans l'air ambiant des lieux de travail. Le temps d'exposition doit tenir en compte pour éviter les conséquences fâcheuses sur la santé des travailleurs [14]. On distingue deux types de ventilation :

A) Ventilation naturelle

La ventilation naturelle est le renouvellement de l'air généré par la force ascensionnelle naturelle de l'air lors de différence de température ou bien par l'effet du vent.

B) Ventilation mécanique

La ventilation mécanique est une ventilation contrôlée et réalisée par des ventilateurs mécaniques.

La ventilation a pour but d'éviter la dégradation de la salle et de préserver la qualité de l'air intérieur.

Elle permet d'évacuer l'humidité produite par les occupants et leurs activités, les gaz étales particules volatiles et autres polluants qui pourraient stagner. L'aération générale est permanente est recommandée dans l'atelier.

Chapitre II

Réglementation thermique

II.1 Introduction

La documentation technique réglementaire (DTR) est un ensemble de lois qui a porté une première réponse aux problèmes liés à la thermique des bâtiments. Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermique des logements pour les problèmes d'été et d'hiver. Les enjeux de la réglementation thermique sont économiques pour réduire la facture énergétique.

La réglementation thermique donne un seuil réglementaire de performance pour notre habitation. Ce seuil tient compte de nombreux paramètres dont l'isolation bien entendu, l'ensoleillement, la ventilation, les équipements et systèmes de chauffage, et leur finesse de régulation et de programmation. La réglementation thermique est un ensemble de règles obligatoires à suivre lors de la construction des bâtiments afin d'estimer sa consommation en énergie tout en assurant le confort des bâtiments.

II.2 Réglementation thermique Algérienne

II.2.1 Conditions de base

II.2.2 Caractéristiques de base de l'air extérieur

L'air extérieur est défini par :

- La température sèche de base $TS_{b,e}$ (en °C);
- L'humidité spécifique de base $HS_{b,e}$ (en $kg_{d'eau} \cdot kg_{as}^{-1}$);
- L'écart diurne de base E_b (en °C);
- La température moyenne TS_m (en °C);

La température sèche de base de l'air extérieur : c'est une température qui n'est dépassée que pendant 2,5% des heures de juin, de juillet, d'août et de septembre.

L'écart diurne de base : 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 une journée.

Les caractéristiques climatiques de base de l'air extérieur sont fonction de la zone climatique ou est implanté le projet. [15]

La courbe type des variations de la température sèche de l'air extérieur, pour le mois de juillet et d'août, est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$TS_e(t) = TS_{b,e} - [C_{rs}(t) \times E_b] \quad [^\circ C] \quad (II.1)$$

- $TS_e(t)$: Température sèche de l'air extérieur à l'heure t .
- $TS_{b,e}$: Température sèche de base de l'air extérieur ; les valeurs de $TS_{b,e}$ sont donnée dans le tableau 9.1 (DTR C-3.4) en fonction de l'heure t .
- $C_{rs}(t)$: Coefficient correcteur ; les valeurs de $C_{rs}(t)$ sont données dans le tableau 9.2 (DTR C-3.4) en fonction de l'heure t .

II.2.3 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.

Les valeurs du rayonnement diffus de base sont données dans le tableau 9.4 (DTR C 3.4).

- **Notes pour le tableau 9.4 (DRT)**

- Il y a lieu l'interpolation pour les valeurs intermédiaires.
- Les valeurs pour l'orientation nord correspondent au rayonnement diffus de base.

II.2.4 Caractéristiques de base de l'air intérieur

Les Caractéristiques de base de l'air intérieur sont définies par :

- La température sèche de base de l'air intérieur $TS_{b,i}$ (en °C) et l'humidité relative de Base de l'air intérieur $HR_{b,i}$ en (%)
- L'accroissement de la température sèche de base de l'air intérieur.

NB : Le tableau 9.6 (DTR C-3.4) fixe les valeurs des conditions intérieures de base.

II.3 Méthode de calcul des charges estivales

La charge estivale consiste à calculer :

- Les apports thermiques par les parois opaques.
- Les apports thermiques dus aux charges internes.
- Les apports thermiques dus au renouvellement d'air.
- Les apports sensibles et latents, effectifs et latents.

- Les apports thermiques par les parois vitrées, qui sont souvent prépondérantes.[15]

II.3.1 Apports à travers les parois opaques

❖ Parois aériennes

Les apports de chaleurs à travers une paroi opaque à un instant, $APO(t)$ sont typiquement de nature chaleur sensible et sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta T_e(t) \quad [W] \quad (\text{II.2})$$

Avec :

- **1,2** : Coefficient de majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermique) ;
- **$K_{\text{été}}$** : Coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$) ;
- **S_{int}** : Surface intérieure totale de la paroi considérée. (m^2) ;
- **$\Delta T_e(t)$** : Différence équivalente de température à l'heure t en ($^\circ C$).

❖ Différence de température équivalente

- Paroi ensoleillée :

$$\Delta T_e(t) = \Delta T_{\text{es}}(t) + C_{\Delta te} + \frac{\alpha}{0.9} \times \left[[\Delta t_{\text{em}}(t) - \Delta t_{\text{es}}(t)] \times \frac{I_{\text{tb}}}{I_{\text{t.b40}}} \right] \quad [^\circ C] \quad (\text{II.3})$$

- Paroi à l'ombre 24 h / 24 :

$$\Delta T_e(t) = \Delta T_{\text{es}}(t) + C_{\Delta te} \quad [^\circ C] \quad (\text{II.4})$$

Avec :

- ✓ **$\Delta T_{\text{es}}(t)$** (en $^\circ C$) : Différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre, tableau 10.5 (Annexe A.8)
- ✓ **$C_{\Delta te}$** (en $^\circ C$) : est un facteur de correction, tableau 10.7 (Annexe A.4).et d'autre part à l'écart diurne de base E_b pour le mois considéré tableau 9.1 (DTR C 3.4)
- ✓ **α** : Facteur d'absorption de la paroi, Tableau 10.8 (Annexe A.13)
- ✓ **$\Delta t_{\text{em}}(t)$** (en $^\circ C$) : Différence équivalente de température à l'heure t pour l'orientation de la paroi considérée, Tableau 10.5 (Annexe A.8)
- ✓ **I_{tb}** (en $W \cdot m^{-2}$) : Rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérés par interpolation linéaire, Tableau 9.4 (Annexe A.15)

- ✓ **It. b40** (en $W.m^2$) : Rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée, Tableau 9.4

❖ Parois en contact avec des locaux non conditionnés

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

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta T_{inc(t)}(t) \quad [W] \quad (II.5)$$

Avec :

- $K_{été}$: Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été ($W.m^{-2}.\text{°C}^{-1}$)
- S_{int} : La surface intérieure totale de la paroi considérée (m^2)
- $\Delta T_{inc(t)}$: Écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré ($^\circ C$)

Avec, $\Delta T_{inc(t)}$ est donné par la formule suivante :

$$\Delta T_{inc(t)} = [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}] \quad [^\circ C] \quad (II.6)$$

Avec :

- $TS_e(t)$: Température extérieure sèche à l'instant considéré. ($^\circ C$)
- C_{inc} : est un coefficient correcteur, cette valeur s'obtient par interpolation dans le Tableau 10.12 (Annexe A.3) pour une température de base égale à $34^\circ C$.
- $TS_{b,i}$: représente la température intérieure du local conditionné. ($^\circ C$)

❖ Parois opaques en contact avec deux locaux conditionnés

Les apports de chaleurs à un instant t , $APO(t)$, traversant une paroi opaque en contact avec deux locaux non conditionnés sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times [TS_a - TS_{b,i}] \quad [W] \quad (II.7)$$

Avec :

- $K_{été}$: le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été ($W.m^{-2}.\text{°C}^{-1}$)
- S_{int} : la surface intérieure totale de la paroi considérée. (m^2)
- TS_a : La température sèche de l'air intérieur du local adjacent ($^\circ C$)

- $TS_{b,i}$: La température sèche de l'air intérieur du local considéré ($^{\circ}\text{C}$)

❖ **Paroi en contact avec le sol**

$$APO(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{app}} \times [TS_m - TS_{b,i}] \quad [\text{W}] \quad (\text{II.8})$$

- $K_{\text{été}}$: Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$);

- S_{app} : Surface de la zone d'apport (m^2);
- TS_m : Température moyenne sèche de l'air extérieur ($^{\circ}\text{C}$);
- $TS_{b,i}$: Température intérieure du local conditionné;

II.3.2 Apports à travers les parois vitrées

Les apports à travers les parois vitrées intérieures AVT(t) sont dus uniquement à la différence de température de part et d'autre et d'autre de la paroi. Ils sont donnés par :

$$AVT(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times [(TS_e(t) - C_{\text{inc}}) - TS_{b,i}] \quad [\text{W}] \quad (\text{II.9})$$

- ✓ AVT(t)(en W) : Apports à travers les parois vitrées intérieures ;
- ✓ S_{ouv} (en m^2) : Surface de l'ouverture dans la paroi opaque ;
- ✓ C_{inc} (en $^{\circ}\text{C}$) : Coefficient correcteur ;
- ✓ $TS_{b,i}$ (en $^{\circ}\text{C}$) : Température intérieure du local conditionné ;
- ✓ $TS_e(t)$ (en $^{\circ}\text{C}$) : Température extérieure sèche à l'heure (t) ;

Les gains à travers les parois vitrées extérieures AV (t) sont donnés par

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad [\text{W}] \quad (\text{II.10})$$

- AV(t)(en W) : Apports à travers les parois vitrées extérieures ;
- AVT(t)(en W) : Gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées ;
- AVE(t)(en W) : 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 :

$$AV(t) = [SV_{\text{ens}} \times I_t + (SV - SV_{\text{ens}}) \times I_d] \times FS \times N_{\text{pvi}}(t) \quad [\text{W}] \quad (\text{II.11})$$

- SV_{ens} (en m^2) : Surface vitrée ensoleillée ;
- SV (en m^2) : Surface totale vitrée ;
- $(SV - SV_{\text{ens}})$ (en m^2) : Surface vitrée à l'ombre ;
- I_t (en W/m^2) : Rayonnement total maximal réel ;
- I_d (en W/m^2) : Rayonnement diffus maximal réel ;

- $N_{pvi}(t)$: Coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérer ;
- **FS**: Facteur solaire du vitrage, tableaux 4.6 à 4.10 (DTR C3.4).

$$I_t = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,b} \quad [W/m^2] \quad (II.12)$$

$$I_d = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,d} \quad [W/m^2] \quad (II.13)$$

- **C_{cadre}** : Coefficient tenant compte de la nature du cadre ;
 $C_{cadre} = 1,7$ Pour un cadre métallique
 $= 1$ Pour un cadre en bois, ou en PVC.
- **C_{limp}** : Coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère
 $C_{limp} = 1$ 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_{alt}** : Coefficient tenant compte de l'altitude ;
- **C_{ros}** : Coefficient tenant compte de la valeur de point de rosée.

II.3.3 Apports de chaleur internes

On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les qualités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieur des locaux conditionnés, ils sont donnés par la formule :

$$AI(t) = \sum_j (CS_I \times AI_{Is,I} \times N_{AI,I}) + \sum_j (CS_I \times AI_{I,I}) \quad [W] \quad (II.14)$$

Avec :

- **AI_{Is,I}**: représente la partie sensible de l'apport interne. (W)
- **AI_{I,I}**: représente la partie latente de l'apport interne. (W)
- **CS_I**: coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne. . (Tableau12.1).
- **N_{AI,I}**: coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne. (Tableau12.2).

II.3.3.1 Les apports thermiques dus aux occupants

Les gains dus aux occupants sont une source de chaleur sensible et latente. Le calcul doit tenir compte des personnes susceptibles de fréquenter les locaux, Les gains internes pour un occupant sont donnés dans le tableau

✓ **Gains sensibles dus aux occupants :**

$$AO_s = n \times C_{soc} [W] \quad (II.15)$$

✓ **Gains latents dus aux occupants :**

$$AO_l = n \times C_{Loc} [W] \quad (II.16)$$

- n : nombre d'occupants ;
- C_{soc} : chaleur sensible par occupant (W), (tableau 12.3);
- C_{Loc} : chaleur latente par occupant (W), (tableau 12.3);

II.3.3.2 Les apports thermiques dus à l'éclairage et aux appareils

✓ **Gains dus aux machines entraînées par un moteur électrique :**

Si le moteur électrique est positionné à l'extérieur du local :

$$AI = [W_{eff} - \Delta p \times qv_m] [W] \quad (II.17)$$

Si le moteur électrique est positionné dans le local :

$$AI = \left[\frac{W_{eff}}{\eta} - \Delta p \times qv_m \right] [W] \quad (II.18)$$

- W_{eff} : désigne la puissance nominale. (W) ;
- η : désigne le rendement du moteur. (Tableau 12.5)
- Δp : désigne la pression du ventilateur ou la hauteur manométrique de la pompe (Pa)
- qv_m : est le débit volumique moyen du fluide. ($m^3.s^{-1}$)

✓ **Gains dus aux machines électriques :**

Ce type d'appareils peut produire de la chaleur soit de source sensible ou latente en dépit de la nature de l'appareil :

$$AI_{elec} = n \times (AI_{elec^l} \times AI_{elec^s}) [W] \quad (II.19)$$

- n : Nombre d'appareils électriques.
- AI_{elec^l} : L'apport interne d'appareil électrique de source latente. [W]
- AI_{elec^s} : L'apport interne d'appareil électrique de source sensible. [W]

Pour la détermination des apports dus aux machines électriques, on utilisera soit

- Les indications données par les fabricants ou bien les formules de tableau 5.4 (DTR 3.4)
- A défaut les valeurs des tableaux 5.6 à 5.8 (DTR C3.4)

✓ **Gains dus à l'éclairage :**

Les appareils d'éclairages constituent une source de chaleur sensible. Si l'on connaît la puissance installée pour l'éclairage est donnés par la formule suivante :

$$AI = \sum(W_n \times C_{me} \times C_{cr}) \quad [W] \quad (II.20)$$

- W_n : puissance nominale de l'ampoule ou de tube fluorescent. [W]
- C_{me} : Coefficient de majoration.
- C_{cr} : pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans les locaux (Tableau 12.9 Annexe A.5).
- C_{me} Qui est égal à :
 - **1.2** : pour les lampes à incandescence.
 - **1.25** : pour les tubes fluorescents.

II.3.4 Apports dus à l'air extérieur

Les apports dus à l'introduction d'air extérieur sont de nature sensible ou latente, ils sont donnés par les formules suivantes :

II.3.4.1 Apports thermiques dus au renouvellement d'air

✓ **Gains sensibles :**

$$AREN_s(t) = 0.320 \times qv_{an} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad [W] \quad (II.21)$$

$$AINF_s(t) = 0.320 \times qv_{inf} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad [W] \quad (II.22)$$

- $AREN_I(t)$: Gains sensibles dus au renouvellement d'air (W).
- $AINF_I(t)$: Gains sensibles dus aux infiltrations d'air extérieur (W).
- **0,320** : le produit de la chaleur spécifique de l'air ($1004 J.kg.^{\circ}C$) par la masse volumique de l'air ($1,15 kg.m^{-3}$) et par un facteur de conversion d'unité (1/3600).
- qv_{an} : représente le débit d'air neuf. ($m^3.h^{-1}$)
- qv_{inf} : représente le débit dû aux infiltrations. ($m^3.h^{-1}$)
- $TS_e(t)$: représente la température sèche de l'air extérieur. ($^{\circ}C$)
- $TS_{b,i}$: représente la température sèche de l'air intérieur. ($^{\circ}C$)

✓ Gains latents

$$\text{AREN}_1(t) = 0.797 \times \text{qv}_{\text{an}} \times \text{Max}(\text{HS}_{\text{b,e}} - \text{HS}_{\text{b,i}}) \text{ [W]} \quad (\text{II.23})$$

$$\text{AINF}_1(t) = 0.797 \times \text{qv}_{\text{inf}} \times \text{Max}(\text{HS}_{\text{b,e}} - \text{HS}_{\text{b,i}}) \text{ [W]} \quad (\text{II.24})$$

- $\text{AREN}_1(t)$: Gains latentes dus au renouvellement d'air (W).
- $\text{AINF}_1(t)$: Gains latentes dus aux infiltrations d'air extérieur (W).
- **0,797** : représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air [$1,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$] par la chaleur de vaporisation de l'eau [$2498 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$] et par un facteur de conversion ($1/3600$) en ($\text{J} \cdot \text{kg}_{\text{air}} / \text{g}_{\text{vap}} \cdot \text{m}_{\text{air}}^{-3}$)
- qv_{inf} : représente le débit dû aux infiltrations. ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
- $\text{TS}_e(t)$: représente la température sèche de l'air extérieur. ($^{\circ}\text{C}$)
- $\text{TS}_{\text{b,i}}$: représente la température sèche de l'air intérieur. ($^{\circ}\text{C}$)
- $\text{HS}_{\text{b,e}}$: représente l'humidité spécifique de base de l'air extérieur. ($\text{g}_{\text{vap}} \cdot \text{kg}_{\text{as}}^{-1}$) ; (Tableau 9.1 Annexe A.9)
- $\text{HS}_{\text{b,i}}$: représente l'humidité spécifique de base de l'air intérieur. ($\text{g}_{\text{vap}} \cdot \text{kg}_{\text{as}}^{-1}$) (Tableau 9.6 Annexe A.10)

❖ Débit d'air neuf :

$$\text{qve}_{\text{an}} = \text{Max}[0,6 \times V_h ; \text{qve}_{\text{réf}}] [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (\text{II.25})$$

- qve_{an} : Débit minimal d'air neuf ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) ;
- V_h : Volume habitable (m^3) ;
- $\text{qve}_{\text{réf}}$: Débit d'air extrait de référence ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) ;

$$\text{qve}_{\text{réf}} = \frac{(5 \times \text{qve}_{\text{min}}) + \text{qve}_{\text{max}}}{6} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (\text{II.26})$$

- qve_{min} (m^3/h) : Débit extrait minimal de référence, tableau 13.2 (A.11);
- qve_{max} (m^3/h) : Débit extrait maximal de référence, tableau 13.3 (A.12);

❖ Débit d'air dû aux infiltrations :

$$\text{qv}_{\text{inf}} = ((\text{qvo}_{\text{inf,i}} \times S_{\text{ouv,i}}) [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (\text{II.27})$$

- qv_{inf} : Débit d'air infiltre (m^3/h) ;
- $\text{qvo}_{\text{inf,i}}$: Débit d'infiltration correspondent à l'ouvrant i en ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) ;
- $S_{\text{ouv,i}}$: Surface de l'ouverture dans la paroi pour l'ouvrant i (m^2) ;

II.3.5 Calcul des apports calorifiques sensibles et latents

$$A = A_s + A_l \text{ [W]} \quad (\text{II.28})$$

$$A_s = APO + AV + AI_s + AINF_s \text{ [W]} \quad (\text{II.29})$$

$$A_l = AI_l + AINF_l \text{ [W]} \quad (\text{II.30})$$

- AI_l en (W) : Apports latents ;
- A_s en (W) : Apports sensibles ;
- $AP0$ en (W) : Apports par les parois opaques ;
- AV en (W) : Apports à travers les parois vitrées ;
- AI_s et AI_l en (W) : Parties sensibles et latentes des apports internes ;
- $AINF_s$ et $AINF_l$ en (W) : Gains sensibles et latentes des apports aux infiltrations d'air.

II.3.6 Calcul des apports effectifs sensibles et latents

$$AE = AE_s + AE_l \text{ [W]} \quad (\text{II.31})$$

$$AE_s = (C_{\Delta as} \times A_s) + (BF \times AREN_s) \quad (\text{II.32})$$

$$AE_l = (C_{\Delta al} \times A_l) + (BF \times AREN_l) \quad (\text{II.33})$$

- AE_s en (W) : Gains sensibles ;
- AE_l en (W) : Gains latent ;
- AE en (W) : Apports calorifiques effectifs sensibles et latents ;
- $C_{\Delta al}$ et $C_{\Delta as}$: Coefficients majorateurs des gains sensibles et latents ; (annexe A.6).
- BF : Ou facteur de by _ passe : exprime la partie de l'air extérieur (air neuf) non traité par l'installation de climatisation (imperfection de l'appareil de traitement), et qui parvient au les ateliers sans modification ; est donnée dans le tableau 8.1 (annexe A.7).

II.3.7 Calcul des apports totaux sensibles (AT_s) et latents (AT_l) :

$$AT_s = (C_{\Delta as} \times A_s) + AREN_s \text{ [W]} \quad (\text{II.34})$$

$$AT_l = (C_{\Delta al} \times A_l) + AREN_l \text{ [W]} \quad (\text{II.35})$$

- AT_s (en W) : Apports calorifiques totaux sensibles.
- AT_l (en W) : Apports calorifiques totaux latents.
- AT (en W) : Apports calorifiques totaux.

II.4 Méthode de calcul de bilan calorifique

II.4.1 Définition

Les déperditions calorifiques de base sont égales aux flux de chaleur sortants d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, dans les conditions intérieures et extérieures de base. Elles sont exprimées en watts (W), et pour les calculer, elles se divisent en :

- ✓ Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois
- ✓ Déperditions à travers les liaisons (ponts thermiques)
- ✓ Déperditions à travers les parois en contact avec le sol
- ✓ Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.[4]

II.4.2 Déperditions thermique surfacique par transmission

Les déperditions par transmission $(D_T)_i$ d'un volume i sont données par la formule suivante :

$$(D_T)_i = (D_s)_{i+} + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i \text{ [W]} \quad (\text{II.36})$$

- $(D_s)_i$ (en W/°C) : Déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur ;
- $(D_{li})_i$ (en W/°C) : Déperditions à travers les liaisons (ponts thermiques) ;
- $(D_{sol})_i$ (en W/°C) : Déperditions à travers les parois en contact avec le sol ;
- $(D_{inc})_i$ (en W/°C) : Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

II.4.2.1 Déperditions calorifiques à travers les parois

Pour une paroi séparant deux ambiances à des températures différentes, les déperditions surfaciques par transmission sont données par la formule suivante :

$$D_s = K \times S \times (T_{b,i} - T_{b,e}) \text{ [W]} \quad (\text{II.37})$$

- K (en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$) : Coefficient de transmission surfacique ;
- S (en m^2) : Surface intérieure de la paroi ;
- $T_{b,i}$ (en °C) : Température intérieure de base ;
- $T_{b,e}$ (en °C) : Température extérieure de base ;

Coefficient K des parois opaques

Le coefficient K est donné par la formule suivante

$$\frac{1}{k} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]} \quad (\text{II.38})$$

- $\sum R$ en (m².°C/W) : Somme des résistances thermiques des différentes couches des matériaux constituant les parois :
- $\frac{1}{h_e}$ et $\frac{1}{h_i}$ en (m².°C/W) : Somme des coefficients d'échange superficiel.

II.4.2.2 Déperditions calorifiques à travers les ponts thermiques

Les déperditions à travers une liaison (D_{li}) pour une différence de 1°C sont données par la formule suivante :

$$D_{li} = 0.20 \times \sum (K \times S) \times (T_{b,i} - T_{b,e}) \text{ [W]} \quad (\text{II.39})$$

- L (en m) : Longueur intérieure de la liaison
- K (en W.m⁻².°C⁻¹) : Coefficient de transmission surfacique ;
- S (en m²) : Surface intérieure de chaque élément ;
- $T_{b,i}$ (en °C) : Température intérieur de base ;
- $T_{b,e}$ (en °C) : Température extérieur de base ;

II.4.2.3 Déperditions calorifiques à travers les locaux non chauffés

Elles sont données par la formule suivante :

$$D_{inc} = \tau \times [\sum (K \times S) + \sum (K_l \times L)] \times (T_{b,i} - T_{b,e}) \text{ [W]} \quad (\text{II.40})$$

- K (en W.m⁻².°C⁻¹) : Surface intérieure de chaque partie surfacique ;
- S (en m⁻¹) : Surface intérieure de chaque partie surfacique;
- K_l (en W.m⁻¹.°C⁻¹) : Coefficient de transmission linéique de chaque liaison ;
- L (en m) : Longueur intérieure de chaque liaison;
- τ : Coefficient de réduction de température.

II.4.2.4 Déperditions à travers les parois en contact avec le sol

Les déperditions D_{sol} pour un plancher sont données par la formule :

$$D_{sol} = (K \times S) \times (TS_{b,i} - TS_{b,e}) \text{ [W]} \quad (\text{II.41})$$

On distingue plusieurs planchers avec laquelle en calcul la conductivité thermique pour chaque type de plancher dans la (DTR C 3.2).

II.4.2.5 Déperditions calorifiques par renouvellement d'air

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume (D_R)_i sont données par :

$$(\mathbf{D}_R)\mathbf{i} = 0,34 \times (\mathbf{q}_V + \mathbf{q}_S) \times (\mathbf{T}_{b,i} - \mathbf{T}_{b,e}) \text{ [W]} \quad (\text{II.42})$$

$$(\mathbf{D}_R)\mathbf{i} = [(\mathbf{D}_{RV})\mathbf{i} + (\mathbf{D}_{RS})\mathbf{i}] \times (\mathbf{T}_{b,i} - \mathbf{T}_{b,e}) \text{ [W]} \quad (\text{II.43})$$

- $(\mathbf{D}_{RV})\mathbf{i}$ (en $\text{W} \cdot \text{°C}^{-1}$) : Déperditions dues aux fonctionnements normaux du dispositif de ventilation ;
- $(\mathbf{D}_{RS})\mathbf{i}$ (en $\text{W} \cdot \text{°C}^{-1}$) : Déperditions supplémentaires dues aux vents ;
- $0,34$ (en $\text{Wh/m}^{-3} \cdot \text{°C}$) : Chaleur volumique de l'air ;
- \mathbf{q}_V (en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) : Débit spécifique de ventilation ;
- \mathbf{q}_S (en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) : Débit supplémentaire par infiltration due au vent ;

Le débit spécifique de ventilation q_v pour un local est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{q}_V = \text{Max}[0,6 \times \mathbf{V}_h ; \mathbf{q}_{V_{\text{réf}}}] \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (\text{II.44})$$

- \mathbf{V}_h : Volume habitable (m^3) ;
- $\mathbf{q}_{V_{\text{réf}}}$: Débit d'air extrait de référence ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) ;

qui est donnée par la formule :

$$\mathbf{q}_{V_{\text{réf}}} = \frac{(5 \times \mathbf{q}_{V_{\text{min}}}) + \mathbf{q}_{V_{\text{max}}}}{6} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (\text{II.45})$$

- $\mathbf{q}_{V_{\text{min}}}$ (m^3/h) : Débit extrait minimal de référence,
- $\mathbf{q}_{V_{\text{max}}}$ (m^3/h) : Débit extrait maximal de référence,

Le débit supplémentaire par infiltration \mathbf{Q}_S est donné par la formule suivante

$$\mathbf{Q}_S = \sum (\mathbf{P}_{pi} \times \mathbf{e}_{vi}) \mathbf{P}_{pj} = \sum (\mathbf{P}_{0j} \times \mathbf{A}_j)$$

- \mathbf{P}_{pi} : Coefficient d'exposition au vent;
- \mathbf{e}_{vi} : Infiltrations dues à l'air de la paroi, tableau 7.4. (DTR);
- \mathbf{P}_{0j} : Infiltrations surfaciques dues à l'air de l'ouvrant, tableau 7.3. (DTR)
- \mathbf{A}_j : (en m^2) Surface de l'ouvrant.

II.4.3 Puissance de chauffage à fournir :

La puissance de chauffage \mathbf{Q} nécessaire pour un local est donnée par :

$$\mathbf{Q} = [1 + \text{Max}(\mathbf{C}_r; \mathbf{C}_{in})] \times \mathbf{D}_T + [(1 + \mathbf{C}_r) \times \mathbf{D}_R] \text{ [W]} \quad (\text{II.46})$$

$$\mathbf{Q} = \mathbf{D}_{BT} [1 + \text{Max}(\mathbf{C}_r; \mathbf{C}_{in})] + [(1 + \mathbf{C}_r) \times \mathbf{D}_R] \text{ [W]} \quad (\text{II.47})$$

- t_{be} (en °C) : Température extérieure de base ;
- t_{bi} (en °C) : Température intérieure de base ;
- D_T (en W/°C) : Déperditions par transmission du local ;
- D_R (en W/°C) : Déperditions par renouvellement d'air du local ;
- D_{BT} (en W) : Déperditions de base par transmission du local ;
- D_{BR} (en W) : Déperditions de base par renouvellement d'air du local ;
- C_T (sans dimension) : Ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauterie éventuel ;
- C_{in} : Coefficient de surpuissance.

II.4.4 La puissance frigorifique nécessaire

Le bilan thermique total A_{tot} est la somme de toutes les charges externes et internes.

Il est plus pratique de faire la somme des charges sensibles.

- **Charges sensibles totales**

Ce sont les apports de chaleur sensible dans le local, apports dus à la différence de Température entre l'intérieur et l'extérieur, d'où la formule :

$$AI_{S.Tot} = AI_{Socc} + AI_{Smachi} + AI_{Séclai} + AREN_S + AINF_S + APO \quad (II.48)$$

II.5 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.5.1 Calcul du débit d'air

II.5.1.1 Débit d'air soufflé

Le calcul du bilan thermique nous a permis de déterminer le débit en masse d'air sec à envoyer dans les ateliers [4]. 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 ateliers compris dans l'intervalle [7 °C, 15°C]. Dans notre cas, nous nous sommes fixés un écart de soufflage de 14°C. Le calcul des différents débits à envoyer dans les zones à climatiser est donné par la formule :

$$M_{as} = \frac{A_T}{h_1^s - h_3^s} \quad (II.49)$$

- M_{as} [kg_{as}/s] : Débit massique d'air sec soufflé ;

- A_T [kW] : Puissance frigorifique totale à fournir ;
- h_S^s [$\frac{kJ}{kg_{as}}$] : Enthalpie de l'air soufflé ;
- h_I^s [$\frac{kJ}{kg_{as}}$] : 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 :

$$\tau = \frac{\text{Débit d'air soufflé}}{\text{Volume du local}} = \frac{q_V}{V} \quad (\text{II.50})$$

- τ [h^{-1}] : Taux de brassage ;
- q_V [m^3/h] : Débit volumique de soufflage ;
- V [m^3] : Volume du local ;

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

II.5.1.2 Débit d'air repris (ou extrait)

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.5.1.3 Puissance des batteries

✚ Batterie préchauffage

$$P_{BPC} = M_{an} \times \Delta h_e^s \quad (\text{II.51})$$

- P_{BPC} (en kW) : puissance de la batterie de préchauffage ;
- M_{an} (en kg/s) : débit d'air neuf ;
- Δh_e^s [$\frac{kJ}{kg_{as}}$] : Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie préchauffage.

✚ Puissances de la batterie chaude

$$P_{BC} = M_{as} \times \Delta h_e^s \quad (\text{II.52})$$

- P_{BC} [kW] : Puissance de la batterie chaude ;
- M_{as} [kg/s] : Débit massique d'air soufflé ;
- Δh_e^s [$\frac{kJ}{kg_{as}}$] : Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie chaude.

✚ Puissances de la batterie froide

$$P_{BF} = M_{as} \times \Delta h_e^s \quad (\text{II.53})$$

- P_{BF} [kW] : Puissance de la batterie froide ;

- $M_{as}[\text{kg/s}]$: Débit massique d'air soufflé ;
- $\Delta h_e^s[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{as}}]$: Variation d'enthalpie entrée-sortie de la batterie froide.

Chapitre III

Caractéristiques du projet

III.1.Introduction

Pour concevoir un système de climatisation, il est nécessaire d'exploiter les données de base telles que les conditions intérieures (apports, exigences, etc.) et extérieures (température de l'air, l'ensoleillement, les vents, le taux d'humidité etc.), ainsi que les caractéristiques des locaux (dimensions, orientation, matériaux de construction, etc.) de manière à pouvoir déterminer toutes les charges de conditionnement d'air (climatisation).

III.2 Description de l'atelier de conditionnement d'air

✚ Paramètres géographiques

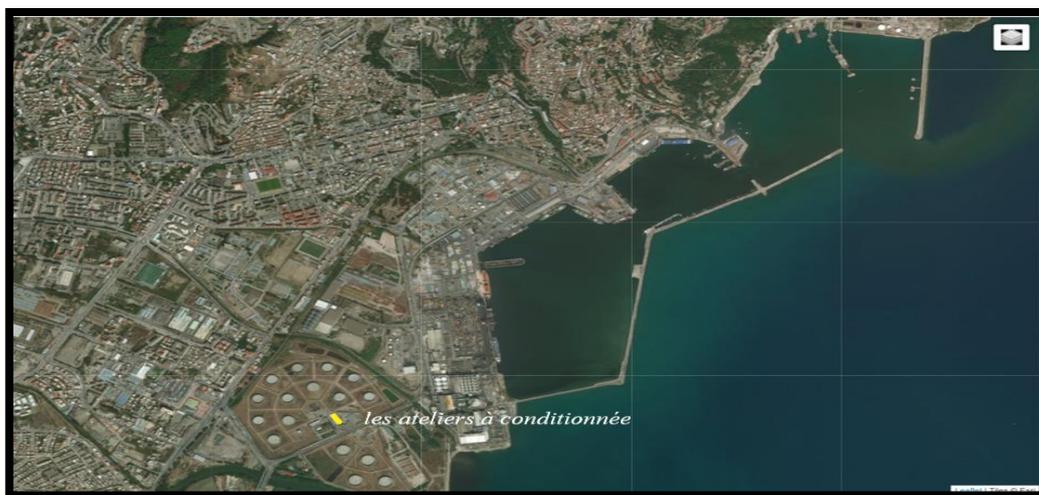


Figure III.1 : Vue aérienne de la ville de Bejaia.

Notre projet consiste à dimensionner une centrale de conditionnement d'air pour le chauffage et la climatisation, l'application du projet se fait au niveau des ateliers situés à environ 1500 m à l'Ouest du centre-ville du chef-lieu de la Wilaya de Bejaia [16], et au sein de l'entreprise SONATRACH, avec des points cardinaux géographiques définis comme suit :

- Latitude : $36^{\circ}73'12''N$ ($36^{\circ}.73$ Nord) ;
- Longitude : $5^{\circ}04'17''E$ (5.4 Est) ;
- L'altitude est $<$ à 100 m.

✚ Paramètres climatiques

Une telle situation permet de prendre la (zone A) du versant Nord des chaînes côtières comme la zone d'étude de notre projet, une zone à climat méditerranéen maritime avec une température extérieure atteignant en été environ 35 à 38 °C, et peut atteindre 45 à 50 C° à l'intérieur de l'atelier, avec un taux d'humidité varié de 55 à 90 %.

III.3 Données météorologiques et climatiques

✚ Bases de données climatiques

Elles correspondent à des températures sèches et humides simultanées qui pourront être dépassées pendant quelques heures par année pour le mois le plus chaud [15]. Les données de l’office national de météorologie pour la zone (A) sont rapportées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.1 : Données météorologiques de base de la zone A

Paramètres Climatiques	Conditions extérieures de base			Conditions intérieures de base		
	HR(Ψ) %	$TS_{b,e}(\theta_e)$ (°C)	$HS_{b,e}(r_s)$ [g _{vap} /kg _{gas}]	HR(Ψ) %	$TS_{b,i}(\theta_i)$ (°C)	$HS_{b,i}(r_s)$ g _{vap} /kg _{gas}]
été (Juillet)	43	34	14.5	50	24	9.31
Hiver	90	7	5.59		21	7.74

La température sèche de base de l’air extérieur est une température qui n’est dépassée que pendant 2,5 % des heures de juillet et aout. L’humidité spécifique de base de l’air extérieur est la moyenne mensuelle durant le mois le plus chaud de l’humidité spécifique à 15 heures.

✚ Les Valeurs du rayonnement solaire de base

Tableau III.2 : Valeurs de rayonnement de base (DTR C 3.4)

Latitude N	Rayonnement solaire de base (W/m ²)					
	Mois	Orientation				
		N	E	S	O	Horizontal
36,44	Juillet	48,06	516	172,84	516	749,07
	Aout	34	514,23	276,84	514,23	760

 Orientation



Figure III.2 : Orientation et trajectoire de soleil pendant la période estivale.

III.4 Étude technique

III.4.1 Dimensions



Figure III.3 : L'ensemble des façades pour les ateliers et leurs dimensionnements [3]

III.4.2 Paramètres géométriques

Tableau III.3 : Paramètres géométriques

Orientation	Surface m ²				
	Mur	Vitrage	Porte	Plancher	Toiture
Nord	276,76	52,41	2,75	1507,294	1510,348
Est	561,32	71,41	85,1		
Ouest	563,811	75,5	68		
Sud	284	22,5	-		

III.4.2.1 Paramètres géométriques extérieurs

○ Façade sud

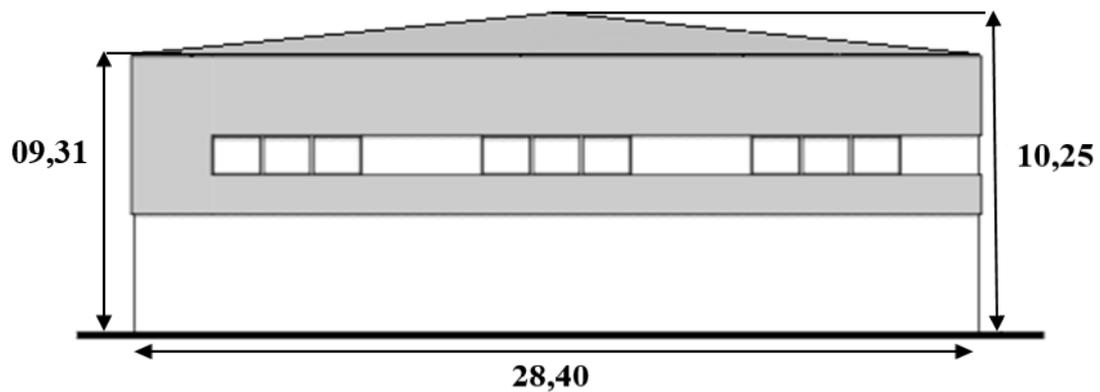


Figure III.4 : Dimensions de la façade sud

Tableau III.4 : Dimensions des différents espaces de la façade sud

Orientation		Longueur [m]	Hauteur [m]			Surface [m ²]
			maximal	minimal	moyen	
Façade S		28,40	10,25	9,31	10	284
Vitrages	3 Doubles vitrages	5	1,5			22,5

○ Façade Ouest

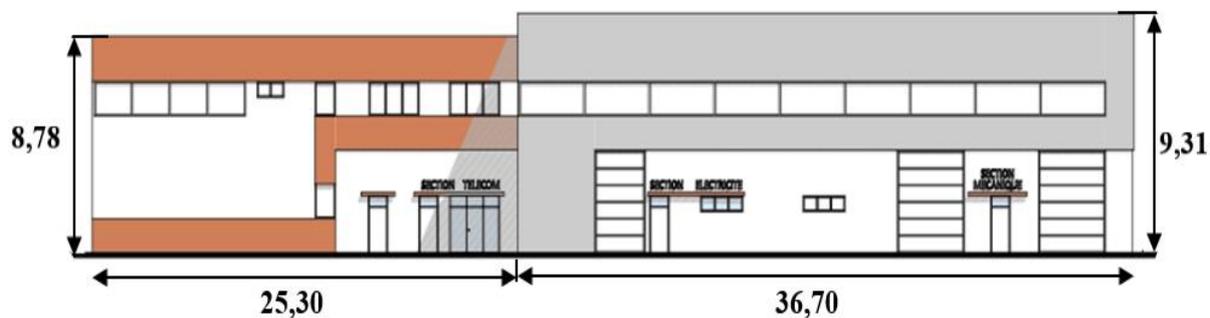


Figure III.5 : Dimensions de la façade ouest

Tableau III.5 : Dimensions des différents espaces de la façade Ouest

Orientation		Longueur[m]	Hauteur [m]	Surface [m ²]
S 01				
Façade Ouest		36,70	9,31	341,677
Portes	02 portes	4,00	4,50	36
	01 porte	3,00	4,50	13,5
	02 portes	1,10	2,50	5,5
Vitrages	02 Doubles vitrages	2,5	0,5	2,25
	01 Double vitrage	35,00	1,5	52,5
S 02				
Façade Ouest		25,30	8,78	222,134
Portes	02 portes	1,10	2,5	5,5
	01 porte	3,00	2,5	7,5
Vitrages	01 Double vitrage	3,00	1,5	4,5
	01 Double vitrage	9,10	1,5	13,65
	01 Double vitrage	1,20	1,5	1,8
	01 Double vitrage	1,6	0,5	0,8

○ Façade Nord

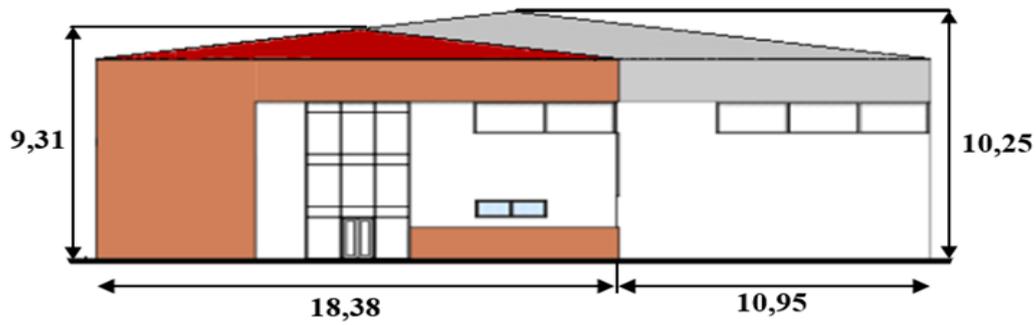


Figure III.6 : Dimensions de la façade nord

Tableau III.6 : Dimensions des différents espaces de la façade nord

Orientation		Longueur[m]	Hauteur[m]	Surface[m ²]
S 01				
Façade nord		10,95	10,00	109,5
Vitrages	01 Double vitrage	8,90	1,5	13,35
S 02				
Façade nord		18,38	9,10	167,258
Portes	01 porte	1,10	2,5	2,75
Vitrages	01 Double vitrage	3,70	8,00	29,6
	01 Double vitrage	5,14	1,5	7,71
	01 Double vitrage	2,5	0,70	1,75

○ Façade Est

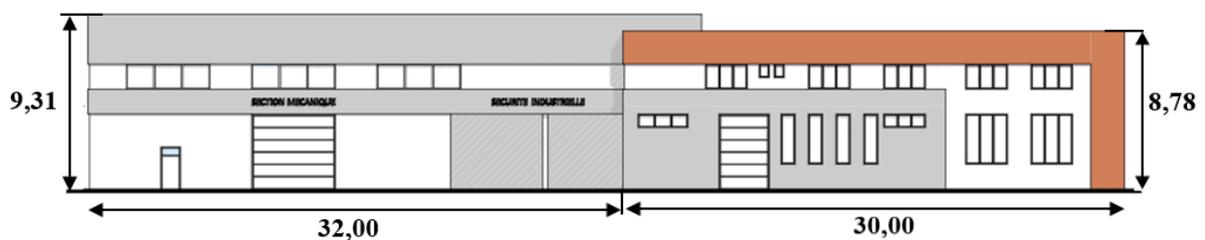


Figure III.7 : Dimensions de la façade est

Tableau III.7 : Dimensions des différents espaces de la façade est

Orientation		Longueur[m]	Hauteur [m]	Surface [m ²]
S 01				
Façade est		32,00	9,31	297,92
Portes	01 porte	5,00	4,5	22,5
	01 porte	10,30	4,5	46,35
	01 porte	1,10	2,5	2,75
Vitrages	03 Doubles vitrages	5,00	1,5	22,5
S 02				
Façade Est		30,00	8,78	263,4
Portes	01 porte	3,00	4,5	13,5
Vitrages	02 Doubles vitrages	2,5	3,00	15
	04 Doubles vitrages	0,85	3,00	10,2
	02 Doubles vitrages	2,5	0,80	4
	05 Doubles vitrages	2,5	1,5	18,75
	02 Doubles vitrages	0,60	0,80	0,96

III.4.2.2 Paramètres géométriques intérieurs

Tableau III.8 : Dimensions des différentes surfaces à l'intérieure du bâtiment

Section mécanique			Section électricité		
	surface	volume		surface	Volume
Atelier usinage	250,12	2501,2	Atelier Froid	101,92	1019,2
Atelier réparation	123,52	1235,2	Atelier E,M E,I	81,91	819,1
Magasin matières	90,30	903	Bureau 01	22,95	68,85
Sanitaires	17,18	51,54	Bureau 02	13,76	41,28
Bureau 01	22,68	68,04	Bureau 03	15,93	47,79
Bureau 02	22,70	68,1	Bureau 04	15,61	46,83
Bureau 03	18,56	55,68	Magasin 01	18,39	55,17
Magasin 01	25,71	77,13	Magasin 02	19,08	55,24
Magasin 02	32,13	96,39	Sanitaires	17,58	52,74
Magasin 03	33,94	101,82	Vestiaires	9,58	28,74
Vestiaires	13,01	39,03	Bancs d'essai	19,40	194,00
Salle de réunions	30,45	91,35	Section SI/ informatique		
Section Télécom				Surface	Volume
	Surface	Volume	Atelier S, interne	36,78	110,34
Atelier	88,09	264,27	Bureau 01	22,59	67,77
Bureau 01	14,06	42,18	Bureau 02	21,20	63,6
Bureau 02	13,20	39,6	Bureau 03	17,50	52,5
Magasin 01	20,06	60,18	Magasin 01	10,90	32,7
Magasin 02	20,14	60,42	Magasin 02	10,67	32,01
Sanitaires	16,25	48,75	Holl	31,50	94,5
Circulation	7,08	21,24	Archives	18,05	54,15
Garage	24,00	115,2	Stockage informatique	29,50	88,5
Section Instrumentation			Vestiaires	8,44	25,32
	Surface	Volume	Bureau	15,37	46,11
Atelier	78,63	715,533	Magasin	12,38	37,14
Bureau 01	13,32	39,96	Atelier Info	22,63	67,89
Bureau 02	13,11	39,33	Sanitaires	9,77	29,31
Bureau 03	12,48	37,44	Sécurité Industrielle		
Banc d'essai	47,08	428,428		Surface	Volume
Magasin 01	18,96	56,88	Sécurité Industrielle	103,31	1033,1
Magasin 02	17,16	51,48	Sanitaires	17,20	51,6
Sanitaires	17,55	52,65	Vestiaires	8,39	25,17

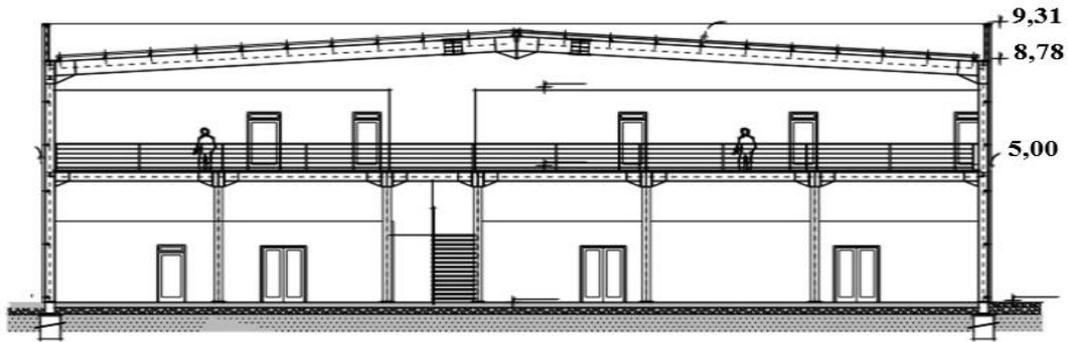


Figure III.8 : Vue sud à l'intérieur de l'atelier mécanique

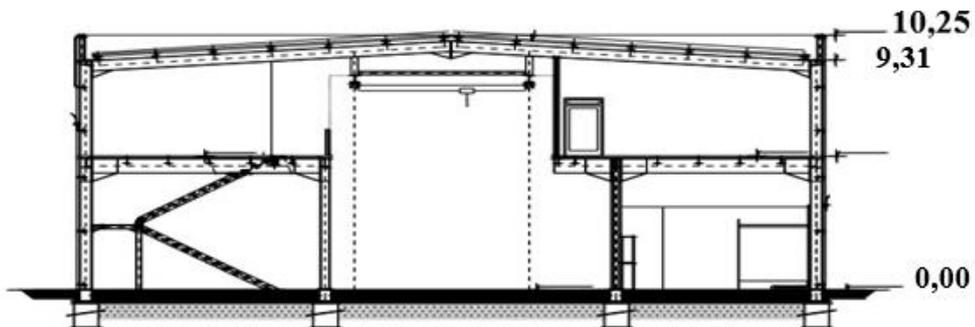


Figure III.9 : Vue nord à l'intérieur de l'atelier instrumentation

III.5 Masse surfacique

Les tableaux suivant sont nous donner les différentes masses volumiques (ρ) des matériaux composant les murs, planchers toitures et vitrages ainsi et leur épaisseurs (E) et la masse surfacique (M_{sur}). Sachant que : $M_{sur} = \sum(\rho \times E)$.

Tableau III.9 : La masse surfacique du mur sud

Matériaux du mur sud	Epaisseur (m)	Masse Volumique (kg/m ³)	Masse Surfaccique (kg/m ²)
Couche de mortier ciment	0,02	2200	44
Brique creuse (12 trous)	0,15	900	135
Lame d'air	0,05	1	0,05
Brique creuse (08 trous)	0,1	900	90
plaque de ciment en Aquapanel	0,0125	1134,12	14,18
Enduit et vinylique	0,005	825	4,125
Masse Surfaccique Totale			287,355

Tableau III.10 : La masse surfacique du mur Ouest

Matériaux du mur Ouest	Epaisseur (m)	Masse Volumique (kg/m ³)	Masse Surfaccique (kg/m ²)
Couche de mortier-ciment	0,02	2200	44
Brique creuse (12 trous)	0,15	900	135
Lame d'air	0,05	1	0,05
Brique creuse (08 trous)	0,1	900	90
plaque de ciment en Aquapanel	0,0125	1134,12	14,18
Enduit et vinylique d'épaisseur	0,005	825	4,125
Masse Surfaccique Totale			287,355

Tableau III.11 : La masse surfaccique du mur Nord

Matériaux du mur Nord	Epaisseur (m)	Masse Volumique (kg/m ³)	Masse Surfaccique (kg/m ²)
Couche de mortier ciment	0,02	2200	44
Brique creuse (12 trous)	0,15	900	135
Lame d'air	0,05	1	0,05
Brique creuse (08 trous)	0,1	900	90
plaque de ciment en Aquapanel	0,0125	1134,12	14,18
Enduit et vinylique d'épaisseur	0,005	825	4,125
Masse Surfaccique Totale			287,355

Tableau III.12 : La masse surfaccique du mur Est

Matériaux du mur Est	Epaisseur(m)	Masse Volumique (kg/m ³)	Masse Surfaccique (kg/m ²)
Couche de mortier ciment	0,02	2200	44
Brique creuse (12 trous)	0,15	900	135
Lame d'air	0,05	1	0,05
Brique creuse (08 trous)	0,1	900	90
plaque de ciment en Aquapanel	0,0125	1134,12	14,18
Enduit et vinylique d'épaisseur	0,005	825	4,125
Masse Surfaccique Totale			287,355

Tableau III.13 : La masse surfacique du Plancher 1er étage

Matériaux du Plancher 1er étage	Epaisseur(m)	Masse Volumique (kg/m ³)	Masse Surfaccique (kg/m ²)
Dalle pleine	0,1	1450	145
Mortier de pose	0,02	2700	54
Revêtement du sol (carrelage compacte)	0,05	1350	67,5
Masse Surfaccique Totale			266,5

Tableau III.14 : La masse surfaccique du Plancher (RDC)

Matériaux du Plancher (RDC)	Epaisseur(m)	Masse Volumique (kg/m ³)	Masse Surfaccique (kg/m ²)
Béton pleine	0,1	1700	170
Mortier de pose	0,02	2700	54
Revêtement du sol (carrelage compacte)	0,05	1350	67,5
Revêtement du sol (Résine d'époxy)	0,05	984	49,2
Masse Surfaccique Totale			340,7

Tableau III.15 : La masse surfaccique de toiture

Matériaux de la toiture	Epaisseur(m)	Masse Volumique (kg/m ³)	Masse Surfaccique (kg/m ²)
Deux Tôle en acier inoxydable	0,0025	7780	19,45
Mousse polyuréthane	0,03	35	1,05
Faux plafond démontable en B13	0,013	875	11,375
Masse Surfaccique Totale			31,875

III.6 Différents Matériaux de construction utilisés dans le projet

✓ Acier

L'acier est un élément essentiel dans la construction des ateliers. Il entre dans la structure des façades, des toitures et autres formes, on a le Fe 400 pour le béton, il représente en moyenne 7% des charges de l'ensemble des entreprises, le S 355 pour la construction métallique il peut monter à plus de 40% de celles de la construction métallique.

✓ Béton

Le béton est un matériau indispensable dans les travaux de construction et de rénovation de différents locaux. Les proportions courantes des constituants d'un mélange en béton par de volume sont :

- Le ciment : 350 kg/m² ;
- Les granulats :
 - Le sable : 0,44 m³ ;
 - Le gravillon : 0,9 m³.
- L'eau de gâchage : 175 litres (variable).

✓ Isolants

Les isolants thermiques sont utilisés dans la construction pour réduire les déperditions thermiques (hivernales) et les apports calorifiques (en été). Ce sont des corps à faible conductivité thermique, ils ne sont pas parfaits, car même le vide transmet la chaleur par rayonnement. Ils sont constitués d'une carcasse solide de cellules d'air. Il existe plusieurs isolants thermiques, certains d'entre eux sont fabriqués en Algérie. Les Plus connus sont :

- Liège aggloméré expansé ;
- Béton cellulaire autoclave ;
- Polystyrène expansé ;
- Mousses polyuréthane ;
- Fibres végétales ;
- Lamé d'air.

Dans notre cas, l'isolant utilisé dans l'atelier de conditionnement d'air pour les parois horizontales et verticales est une mousse polyuréthane rigide injectée en continu entre les deux murs, et la toiture en panneaux sandwichs.

✓ **Lame d'air**

La lame d'air est le vide entre les couches d'une paroi pour mieux l'isoler. L'épaisseur de la lame influe sur l'isolation thermique, on la choisit pour sa bonne faculté d'isolation et sa gratuité.

✓ **Construction des parois**

A) Murs extérieurs

Les murs extérieurs sont en contact direct avec les paramètres extérieurs, c'est pour cette raison qu'on a opté pour l'utilisation d'un isolant thermique afin de diminuer les déperditions de chaleur, ils sont composé de :

- Couche de mortier ciment : $e = 2\text{ cm}$ 1
- Brique creuse (12 trous) : $e = 15\text{ cm}$ 2
- Lame d'air : $e = 5\text{ cm}$ 3
- Brique creuse (08 trous) : $e = 10\text{ cm}$ 4
- plaque de ciment en Aquapanel : $e = 1.25\text{ cm}$ 5
- Enduit et vinylique : $e = 0.5\text{ cm}$ 6

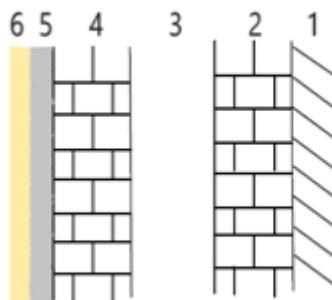


Figure III.10 : Mur extérieur

B) Murs intérieurs

- Enduit et vinylique : $e = 0,5\text{ cm}$ (1)
- Placoplatre en BA 13 : $e = 1,3\text{ cm}$ (2)
- Mur en maçonnerie : $e = 10\text{ cm}$ (3)
- Couche mortier ciment : $e = 2\text{ cm}$ (4)

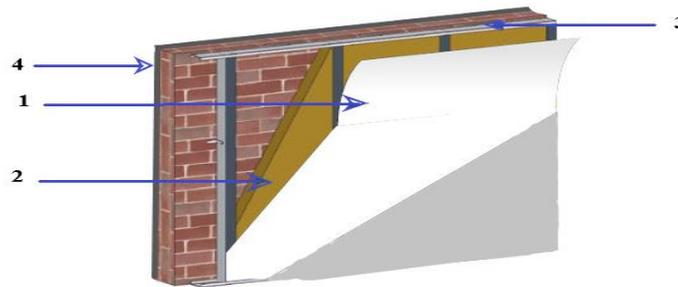


Figure III.11 : Mur intérieur

C) Plancher de premier étage

Le plancher repose directement sur les fêrâts, ce qui veut dire qu'il est en contact direct avec celui-ci et il est composé de :

- Revêtement du sol en gré Céram (compacto) : $e = 0,5\text{ cm}$ (1)
- Mortier de pose : $e = 2\text{ cm}$ (2)
- Dalle pleine : $e = 10\text{ cm}$ (3)



Figure III.12 : Planché du premier étage

D) Plancher rez-de-chaussée (RDC)

Le plancher repose directement sur le sol, ce qui veut dire qu'il est en contact direct avec celui-ci et il est composé de:

- Revêtement du sol en gré Céram (compacte) ou bien (Résine d'époxy) : $e = 0,5\text{ cm}$... (1)
- Mortier de pose : $e = 2\text{ cm}$ (2)
- Béton plein: $e = 10\text{ cm}$ (3)



Figure III.13 : Plancher du rez-de-chaussée

E) Toiture

La géométrie du toit des ateliers est en charpente métallique, construite en panneaux sandwich.

- D'épaisseur de 3,5 cm ;
- Couleurs des matériaux : la couleur de toit est gris clair.

Le panneau sandwich représente un élément autoportant remplissant simultanément les fonctions de bavardage vertical et d'isolation thermique. Il est composé de :

- Deux parements d'acier de faible profondeur, de type lisse (2,5 mm).
 - Lamé isolante : mousse polyuréthane rigide injectée en continu entre les deux parements métalliques
- Faux plafond démontable : $e = 0,7$ cm ;

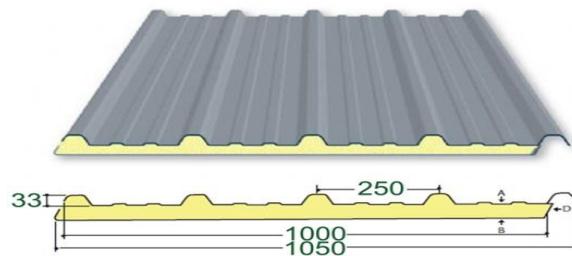


Figure III.14 : Panneau sandwich

✓ **Types d'ouvertures**

• **Portes**

Les portes extérieures des ateliers sont en acier.

• **Fenêtres**

Sont de type :

- Ordinaires.
- Plexiglas : c'est un thermoplastique dont le monomère est le méthacrylate de méthyle (MAM) d'épaisseur de 20 mm

✓ **Étude fonctionnelle**

• **Occupants**

Les occupants, un des facteurs les plus favorables dans chaque étape d'activité de production dans toutes les sections, ce qui fait un dégagement de chaleur sous forme sensible et latente dépendant essentiellement de la température ambiante et du type d'activité.

La chaleur emmagasinée dans l'atelier et les bureaux dépend de :

- ✓ Nombre du personnel : 56 occupants ;
- ✓ Activité : moyenne ;
- ✓ Durée d'occupation du local : 12/24 h.

- **Éclairage**

L'éclairage artificiel à l'intérieur de l'atelier et les bureaux est en tube fluorescent(LED) de puissance 20 W ayant une durée de fonctionnement de 12/24 h.

Le nombre de tubes est réparti selon les espaces suivants :

- Dans l'atelier : 180 tubes ;
- Les bureaux : 114 tubes ;
- Les magasins : 72 tubes ;
- Reste des locaux : 200 tubes ;

- Nombre de machines et puissance dégagée

Tableau III.16 : Nombre de machines et leur puissance

Type de machine	Puissance dégagée (W)	Puissance totale (W)
Section mécanique		
03 tours	18000	67264
02 fraiseuses	24000	
04 Rectifieuse plane	8000	
01 Rectifieuse horizontale	2000	
01 Perceuse à colonne	2000	
01 Perceuse radiale	6000	
01 Scie à ruban	4000	
07 Micro-ordinateur	3150	
01 Imprimante à jet d'encre	52	
01 Fax	62	
Section instrumentation		
01 Perceuse colonne	2000	3914
04 Micro-ordinateur	1800	
01 Imprimante à jet d'encre	52	
01 Fax	62	
Section électrique		
01 Perceuse colonne	2000	4364
05 Micro-ordinateur	450	
01 Imprimante à jet d'encre	52	
01 Fax	62	
Section informatique		
06 Micro-ordinateur	450	2814
01 Imprimante à jet d'encre	52	
01 Fax	62	
Section télécommunication		
02 Micro-ordinateur	450	1014
01 Imprimante à jet d'encre	52	
01 Fax	62	

Chapitre IV

Bilan Thermique

IV.1 Introduction

Le bilan thermique pour but de la détermination des besoins de chauffage et de climatisation en prendra compte tous les apports et les déperditions thermiques à travers les parois des ateliers à climatiser en été comme à chauffé en hiver, pour cela le dimensionnement d’une installation joue un rôle très important dans le confort thermique des usagers.

Suivant la Réglementation technique algérienne dont les conditions du confort sont imposées avec tolérance des équipements devront en effet être suffisamment puissants pour éviter aux plus fortes les perturbations prévisibles pour les deux saisons dont on a le besoin.

IV.2 Paramètres thermiques

Le coefficient de transmission pour les parois opaques se calcule comme suite :

$$\frac{1}{k} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2 \cdot ^\circ C/W]$$

* les valeurs de $(\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i})$ sont données pour l’été et pour l’hiver dans le tableau IV.1

* $\sum R$ en $(m^2 \cdot ^\circ C/W)$: somme des résistances thermiques des différentes couches des matériaux constituant la paroi.

❖ Murs extérieurs :

Tableau IV.1: Caractéristiques thermiques des murs extérieurs

Désignation	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	$[\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}]$ (m ² .°C/W)	
Couche de mortier-ciment	0,02	1,4	0,014	0,17	0,14
Brique creuse	0,15	0,5	0,30		
Lame d’air	0,05	0,31	0,16		
Brique creuse	0,10	0,5	0,20		
Plaque de ciment en Aquapanel	0,0125	0,055	0,23		
Enduit et vinylique	0,005	0,35	0,014		
$\sum R=0,918$				K_{hiver}: 0,92	K_{été}: 0,95

❖ Murs intérieurs :

Tableau IV.2 : Caractéristiques thermiques des murs intérieurs

Désignation	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	$[\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}]$ (m ² .°C/W)	
Couche mortier-ciment	0,02	0,35	0,057	0,34	0,17
Mur en maçonnerie	0,10	0,20	0,5		
Mur en BA 13	0,013	0,35	0,037		
Enduit et vinylique	0,005	0,35	0,014		
$\Sigma R=0,608$				K_{hiver} : 1,055	K_{été} : 1,29

❖ Toiture :

Tableau IV.3: Caractéristiques thermiques de la toiture

Désignation	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	$[\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}]$ (m ² .°C/W)	
Tôle en acier Inoxydable	0,0025	52	0,00005	0,14	0,20
Mousse polyuréthane	0,03	0,031	0,97		
Tôle en acier	0,0025	52	0,00005		
Faux plafond démontable en B13	0,013	0,35	0,037		
$\Sigma R=1,007$				K_{hiver} : 0,87	K_{été} : 0,83

❖ Plancher 1^{er} étage :

Tableau IV.4 : Caractéristiques thermiques du plancher 1^{er} étage

Désignation	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	$[\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}]$ (m ² .°C/W)	
Mortier de pose	0,02	1,7	0,012	0,34	0,17
Dalle pleine	0,1	1,45	0,057		
Revêtement Sol Compacto	0,005	0,104	0,048		
$\Sigma R=0,117$				K_{hiver} : 2,19	K_{été} : 3,48

❖ Plancher R.D.C :

Tableau IV.5: Caractéristiques thermiques du plancher R.D.C

Désignation	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	$[\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}]$ (m ² .°C/W)	
Béton plein	0,1	1,75	0,057	0 ,34	0,17
Mortier de pose	0,02	1,7	0,013		
Revêtement Sol Résine Epoxy	0,005	0,091	0,055		
Revêtement du Sol Compacte	0,005	0,104	0,048		
$\Sigma R=0,173$				K_{hiver} : 1,95	K_{été} : 2,92

❖ Fenêtres et portes

Le coefficient K des parois vitrées est donné par :

Tableau IV.6 : Caractéristiques thermiques des vitrages

Désignation	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	$[\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}]$ (m ² .°C/W)	
Aluminium	230	0,00017	0 ,17	0,14
acier	52	0,00077		
Boit	0,15	0,2		
$\Sigma R=0,20$			K_{hiver} : 2,70	K_{été} : 2,94

Tableau IV.7 : Caractéristiques thermiques de double vitrage

Désignation	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	$[\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}]$ (m ² .°C/W)	
Verre	0,025	1,10	0,0227	0 ,34	0,17
Lame d'air	0,01	0,009	0,130		
Verre	0,025	1,10	0,0227		
$\Sigma R=0,175$				K_{hiver} : 1,82	K_{été} : 2,9

❖ Les coefficients globaux de transmission thermique

Tableau IV.8 : Coefficient global de transmission thermique

Désignation	Résistance thermique (m ² .°C/W)	Coefficient K _{hiver} (W/m ² .°C)	Coefficient K _{été} (W/m ² .°C)
Murs extérieurs	0,918	0,92	0,95
Murs intérieurs	0,608	1,055	1,29
Toiture	1,007	0,87	0,83
Plancher 1 ^{er} étage	0,117	2,19	3,48
Plancher R.D.C	1,173	1,95	2,92
Portes et Fenêtres	Aluminium	0,158	2,70
	Acier	0,318	2,70
	Boit	0,055	2,70
Double vitrage	Verre	0,0227	1,82
	Verre	0,0227	1,82
	Verre	0,0227	1,82

❖ Les portes

Le coefficient K pour les portes extérieures : **K**=5.8 (W/m² °C).

Le coefficient K pour les portes non conditionnées : **K**= 4.5 (W/m² °C).

IV.3 Calcul des apports thermiques (été)

Dans ce qui suit, nous allons donner un exemple de calcul du bilan thermique pour les ateliers et les autres résultats seront données dans les tableaux.

IV.3.1 Apports à travers les parois opaques

IV.3.1.1 Parois opaques extérieures

- Orientation Nord

Paroi à l'ombre

Formule (II.4) :

$$\Delta T_e(t) = \Delta T_{es}(t) + C_{\Delta te} = 0 + 4,3 = 4,3[°C]$$

Formule (II.2) :

$$APO(8) = 1,2 \times 0,95 \times 276,76 \times 2,1(8) = 662,56[W]$$

Tableau IV.9 : Apports à travers la paroi extérieure Nord pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	ΔT_{es} (°C)	$C_{\Delta te}$	$\Delta T_e(t)$ (°C)	APO(t) (W)
08	0,95	276,76	-2,2	4,3	2,1	662,563
09			-1,7		2,6	820,317
10			-1,1		3,2	1009,620
11			-0,5		3,8	1198,924
12			0		4,3	1356,678
13			1,7		6	1893,038
14			3,3		7,6	2397,849
15			4,4		8,7	2744,906
16			5,5		9,8	3091,963
17			6,1		10,4	3281,267

- Orientation Sud**

Parois ensoleillées

Formule (II.3) et (II.2)

$$\Delta T_e(t) = -2,2 + 4,3 + \frac{0,7}{0,9} \times \left[[-2,2 + 2,2] \times \frac{172,84}{217} \right] \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{APO}(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta T_e(t) \text{ [W]}$$

Tableau IV.10 : Apports de chaleur par transmission à travers la paroi extérieur Sud pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	Δt_{em} (°C)	$C_{\Delta te}$ (°C)	α	Δt_{es} (°C)	It_b W/m ²	$It. b40$ W/m ²	$\Delta T_e(t)$ (°C)	APO(t) (W)
08	0,95	284	-2,2	4,3	0,70	-2,2	172,84	217	2,1	679,896
09			-1,7			-1,7			2,6	841,776
10			-1,1			-1,1			3,2	1036,032
11			-0,5			3,9			5,503	1781,701
12			0			6,7			6,893	2231,819
13			1,7			11,1			9,639	3120,578
14			3,3			13,3			11,470	3713,786
15			4,4			13,9			12,377	4007,262
16			5,5			14,4			13,245	4288,205
17			6,1			12,8			12,993	4206,755

- Orientation E :**

Parois ensoleillées : On applique les Formule (II.3) et (II.2)

$$\Delta T_e(t) = 0 + C_{\Delta te} + \frac{0,7}{0,9} \times [[0 - 0] \times 1] = 4,3 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$APO(t) = 1,2 \times 0,95 \times 561,32 \times 4,3 = 2751,591 \quad [W]$$

Tableau IV.11 : Apport à travers la paroi extérieure est pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	Δt_{em} (°C)	$C_{\Delta t_e}$ (°C)	α	Δt_{es} (°C)	It_b W/m ²	$It. b40$ W/m ²	$\Delta T_e(t)$ (°C)	$APO(t)$ (W)
08	0,95	561,32	0	4,3	0,70	0	516	516	4,3	2751,591
09			7,2			11,7			12,535	8021,207
10			11,1			16,7			16,688	10678,7313
11			13,3			17,2			18,497	11836,3191
12			15,6			17,2			20,268	12969,591
13			14,4			10,6			17,826	11406,943
14			13,9			7,8			16,797	10748,481
15			11,7			7,2			14,965	9576,175
16			10			6,7			13,541	8664,951
17			8,3			7,2			12,347	7900,905

- Orientation Ouest :**

Parois ensoleillées : On applique les Formules (II.3) et (II.2)

$$\Delta T_e(t) = 0 + 4,3 + \frac{0,7}{0,9} \times [0 - 0] \times 1 = 4,3 \text{ [°C]}$$

$$APO(t) = 1,2 \times 0,95 \times 563,81 \times 4,3 = 2763,797 \quad [W]$$

Tableau IV.12 : Apport à travers la paroi extérieure Ouest pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	Δt_{em} (°C)	$C_{\Delta t_e}$ (°C)	α	Δt_{es} (°C)	It_b W/m ²	$It. b40$ W/m ²	$\Delta T_e(t)$ (°C)	$APO(t)$ (W)
08	0,95	563,81	0	4,3	0,70	0	516	516	4,3	2763,797
09			0			0			4,3	2763,797
10			0			0			4,3	2763,797
11			0,5			1,1			4,938	3173,867
12			1,1			2,2			5,653	3633,428
13			4,4			3,9			8,585	5517,952
14			6,7			5,5			10,724	6892,780
15			13,3			10,6			16,979	10913,140
16			17,8			14,4			21,318	13702,004
17			19,4			18,9			23,585	15159,103

IV.3.1.2 Apports à travers le toit

On applique la formule (II.2)

$$APO(t) = 1,2 \times 0,83 \times 1510,348 \times 1,735 = 2609,972 \quad [W]$$

Tableau IV.13 : Apport à travers le Toit pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	Δt_{em} (°C)	$C_{\Delta t_e}$ (°C)	α	Δt_{es} (°C)	It_b W/m ²	$It. b40$ W/m ²	$\Delta T_e(t)$ (°C)	$APO(t)$ (W)
08	0,83	1510,348	-2,2	4,3	0,70	-3,9	749,2	734	1,735	2609,972
09			-1,1			-2,8			2,835	4264,709
10			0			-0,5			4,1927	6307,106
11			1,1			3,9			6,001	9027,344
12			3,5			8,3			8,830	13283,027
13			5			13,3			11,081	16669,222
14			6,7			17,8			13,382	20130,631
15			7,2			21,1			14,483	21786,873
16			7,8			23,9			15,555	23399,489
17			7,2			25,6			15,449	23240,033

IV.3.1.3 Les apports totaux à travers les parois opaques extérieures

Tableau IV.14: Apports totaux à travers les parois opaques extérieures pour le mois de juillet

Heurs	APO/N (W)	APO/S (W)	APO/E (W)	APO/O (W)	APO/Toi (W)	APO/Totale (W)
8	662,563	679,896	2751,591	2763,797	2609,972	9467,819
9	820,317	841,776	8021,207	2763,797	4264,709	16711,806
10	1009,620	1036,032	10678,7313	2763,797	6307,106	21795,287
11	1198,924	1781,701	11836,3191	3173,867	9027,344	27018,155
12	1356,678	2231,819	12969,591	3633,428	13283,027	33474,543
13	1893,038	3120,578	11406,943	5517,952	16669,222	38607,733
14	2397,849	3713,786	10748,481	6892,780	20130,631	43883,527
15	2744,906	4007,262	9576,175	10913,140	21786,873	49028,356
16	3091,963	4288,205	8664,951	13702,004	23399,489	53146,612
17	3281,267	4206,755	7900,905	15159,103	23240,033	53788,063

IV.4.2 Apports à travers les parois intérieures

IV.4.2.1 Parois opaque en contact avec des locaux conditionnés

On applique formule (II.7)

$$APO(t) = 1,29 \times 180,69 \times [24 - 24] = 24 \text{ [W]}$$

✓ Mur 1

Tableau IV.15 : Apports à travers le Mur 1 intérieur pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	TS_a (°C)	$TS_{b,i}$ (°C)	APO(t) (W)
8	1,29	180,69	24	24	0
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

✓ Mur 2

Tableau IV.16 : Apports à travers le Mur 2 intérieur pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	TS_a (°C)	$TS_{b,i}$ (°C)	APO(t) (W)
8	1,29	167,256	24	24	0
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

✓ Mur 3

Tableau IV.17 : Apports à travers le Mur 3 intérieur pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	TS_a (°C)	$TS_{b,i}$ (°C)	APO(t) (W)
8	1,29	167,258	24	24	0
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

IV.4.2.2 Parois opaques en contact avec des locaux non conditionnés

Exemple de calcul

$$\text{Formule (II.1)} : TS_a(t) = 34 - [0,77(t) \times 10] = 26,3 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Formule (II.5)} : APO(t) = 1,29 \times 372,568 \times 5,3 = 1105,409 \text{ [W]}$$

$$\text{Formule (II.6)} : \Delta T_{inc(t)} = [(26,3 - (-3)) - 24] = 5,3 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Tableau IV.18 : Apports à travers les parois intérieures non conditionnés pour le mois de juillet

Heurs	$K_{été}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	TS_a (°C)	C_{inc} (°C)	$TS_{b,l}$ (°C)	Δt_{inc} (°C)	APO (W)
8	1,29	372,568	26,3	-3	24	5,3	1105,409
9			27,7	-3		6,7	1778,267
10			29,2	-2		7,2	2499,186
11			30,5	-2		8,5	3123,983
12			31,9	-1		8,9	3796,840
13			33,33	0		9,33	4484,117
14			34	0		10	4806,127
15			34	1		9	4806,127
16			34	1		9	4806,127
17			33,53	1		8,53	4580,239

IV.4.2.3 Apports à travers les portes

On applique la formule (II.8) :

$$APO(t) = 4,15 \times 6,116 \times [26,3 - 24] = 58,377 \text{ [W]}$$

Tableau IV.19 : Apport à travers les portes pour le mois de juillet

Heurs	$K_{été}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	TS_m (°C)	C_{In} (°C)	$TS_{b,l}$ (°C)	Δt_{inc} (°C)	APO (W)
8	4,15	6,116	26,3	-3	24	5,3	58,377
9			27,7	-3		6,7	93,911
10			29,2	-2		7,2	131,983
11			30,5	-2		8,5	164,979
12			31,9	-1		8,9	200,513
13			33,33	0		9,33	236,808
14			34	0		10	253,814
15			34	1		9	253,814
16			34	1		9	253,814
17			33,53	1		8,53	241,885

IV.4.2.4 Apports à travers le plancher R.D.C

Formule (II.8) :

$$APO(t) = 2,92 \times 1507 \cdot 294 \times [26,3 - 24] = 10122,987 \text{ [W]}$$

Tableau IV.20 : Apport à travers le plancher pour le mois de juillet

Heurs	$K_{\text{été}}$ (W/m ² .°C)	S_{int} (m ²)	TS_m (°C)	C_{Inc} (°C)	$TS_{b,l}$ (°C)	Δt_{Inc} (°C)	APO (W)
8	2,92	1507 .294	26,3	-3	24	5,3	10122,987
9			27,7	-3		6,7	16284,804
10			29,2	-2		7,2	22886,752
11			30,5	-2		8,5	28608,440
12			31,9	-1		8,9	34770,258
13			33,33	0		9,33	41064,115
14			34	0		10	44012,985
15			34	1		9	44012,985
16			34	1		9	44012,985
17			33,53	1		8,53	41944,375

IV.4.2.5 Apports totaux à travers les parois intérieures

Tableau IV.21 : Apports totaux à travers les parois intérieures pour le mois de juillet

Heure	APO/Murs (W)	APO/Portes (W)	APO/R.D.C (W)	APO/Tot (W)
8	1105,409	58,377	10122,987	11286,773
9	1778,267	93,911	16284,804	18156,982
10	2499,186	131,983	22886,752	25517,921
11	3123,983	164,979	28608,440	31897,402
12	3796,840	200,513	34770,258	38767,611
13	4484,117	236,808	41064,115	45785,04
14	4806,127	253,814	44012,985	49072,926
15	4806,127	253,814	44012,985	49072,926
16	4806,127	253,814	44012,985	49072,926
17	4580,239	241,885	41944,375	46766,499

IV.4.3 Apports à travers les parois vitrées extérieures

Orientation Nord : les formules (II.11) et (II.12)

$$I_t = [C_{\text{cadre}} \times C_{\text{limp}} \times C_{\text{alt}} \times C_{\text{ros}}] \times I_{t,b} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$I_d = [C_{\text{cadre}} \times C_{\text{limp}} \times C_{\text{alt}} \times C_{\text{ros}}] \times I_{t,d} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

On applique les formules (II.9) et (II.10)

$$AVT(t) = 1,2 \times 2,9 \times 52,41 \times [26,3 - 0 - 24] = 419,489 \text{ [W]}$$

$$AVE(t) = [52,41 \times 41,39 + (52,41 - 52,41) \times 40,48] \times 0,98 \times 0,86 = 1828,24 \text{ [W]}$$

Tableau IV.22 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet

Heure	SV m ²	SV _{ens} m ²	FS	I _t W/m ²	TS _{b,i} °C	TS _e °C	N _{pvi}	I _d W/m ²	It _b W/m ²	It. b40 W/m ²	AVE (W)	AVT (W)
8	52,41	52,41	0,98	41,39	24	26,3	0,86	40,48	48,06	47	1828,24	419,489
9						27,7	0,89				1892,02	674,831
10						29,2	0,91				1934,537	948,411
11						30,5	0,93				1977,054	1185,514
12						31,9	0,93				1977,054	1440,856
13						33,33	0,94				1998,313	1701,669
14						34	0,94				1998,313	1823,868
15						34	0,95				2019,572	1823,868
16						34	0,95				2019,572	1823,868
17						33,53	0,95				2019,572	1738,146

Orientation Sud :

Tableau IV.23 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet

Heure	SV m ²	SV _{ens} m ²	FS	I _t W/m ²	TS _{b,i} °C	TS _e °C	N _{pvi}	I _d W/m ²	It _b W/m ²	It. b40 W/m ²	AVE (W)	AVT (W)
8	22,5	22,5	0,98	148,87	24	26,3	0,39	186,9	172,84	217	1280,208	180,09
9						27,7	0,43				1411,511	289,71
10						29,2	0,50				1641,292	407,16
11						30,5	0,57				1871,073	508,95
12						31,9	0,64				2100,853	618,57
13						33,33	0,68				2232,157	730,539
14						34	0,70				2297,808	783
15						34	0,68				2232,157	783
16						34	0,63				2068,028	783
17						33,53	0,53				1739,769	746,199

Orientation Est :

Tableau IV.24 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet

Heure	SV m ²	SV _{ens} m ²	FS	I _t W/m ²	TS _{b,i} °C	TS _e °C	N _{pvi}	I _d W/m ²	It _b W/m ²	It. b40 W/m ²	AVE (W)	AVT (W)
8	71,41	71,41	0,98	444,43	24	26,3	0,54	444,43	516	516	16795,086	571,566
9						27,7	0,58				18039,167	919,475
10						29,2	0,57				17728,146	1292,235
11						30,5	0,51				15862,026	1615,294
12						31,9	0,44				13684,885	1963,204
13						33,33	0,39				12129,784	2318,568
14						34	0,34				10574,684	2485,068
15						34	0,31				9641,624	2485,068
16						34	0,28				8708,563	2485,068
17						33,53	0,24				7464,483	2368,27

Orientation Ouest :

Tableau IV.25 : Apports à travers les parois vitrées pour le mois de juillet

Heure	SV m ²	SV _{ens} m ²	FS	I _t W/m ²	TS _{b,i} °C	TS _e °C	N _{pvi}	I _d W/m ²	It _b W/m ²	It. b40 W/m ²	AVE (W)	AVT (W)
8	75,5	75,5	0,98	444,43	24	26,3	0,44	444,43	516	516	14468,685	604,302
9						27,7	0,39				12824,517	972,138
10						29,2	0,34				11180,348	1366,248
11						30,5	0,31				10193,846	1707,81
12						31,9	0,29				9536,179	2075,646
13						33,33	0,28				9207,3452	2451,364
14						34	0,33				10851,514	2627,4
15						34	0,43				14139,852	2627,4
16						34	0,51				16770,522	2627,4
17						33,53	0,57				18743,524	2503,912

IV.4.4 Apports totaux à travers les vitrages

On applique la formule (II.11) :

$$AV(t) = 419,489 + 1828,24 = 2247,729 \text{ [W]}$$

Tableau IV.26 : Apports totaux à travers les vitrages pour le mois de juillet

Heure	Orientation Nord			Orientation Sud			AV/Tot (W)
	AVE (W)	AVT (W)	AV (W)	AVE (W)	AVT (W)	AV (W)	
8	1828,24	419,489	2247,729	1280,208	180,09	1460,298	3708,027
9	1892,02	674,831	2566,851	1411,511	289,71	1701,221	4268,072
10	1934,537	948,411	2882,948	1641,292	407,16	2048,452	4931,4
11	1977,054	1185,514	3162,568	1871,073	508,95	2380,023	5542,591
12	1977,054	1440,856	3417,91	2100,853	618,57	2719,423	6137,333
13	1998,313	1701,669	3699,982	2232,157	730,539	2962,696	6662,678
14	1998,313	1823,868	3822,181	2297,808	783	3080,808	6902,989
15	2019,572	1823,868	3843,44	2232,157	783	3015,157	6858,597
16	2019,572	1823,868	3843,44	2068,028	783	2851,028	6694,468
17	2019,572	1738,146	3757,718	1739,769	746,199	2485,968	6243,686

Tableau IV.27 : Apports totaux à travers les vitrages pour le mois de juillet

Heure	Orientation Est			Orientation Ouest			AV/Tot (W)
	AVE (W)	AVT (W)	AV (W)	AVE (W)	AVT (W)	AV (W)	
8	16795,086	571,566	17366,652	14468,685	604,302	15072,987	32439,639
9	18039,167	919,475	18958,642	12824,517	972,138	13796,655	32755,297
10	17728,146	1292,235	19020,381	11180,348	1366,248	12546,596	31566,977
11	15862,026	1615,294	17477,32	10193,846	1707,81	11901,656	29378,976
12	13684,885	1963,204	15648,089	9536,179	2075,646	11611,825	27259,914
13	12129,784	2318,568	14448,352	9207,3452	2451,364	11658,7092	26107,0612
14	10574,684	2485,068	13059,752	10851,514	2627,4	13478,914	26538,666
15	9641,624	2485,068	12126,692	14139,852	2627,4	16767,252	28893,944
16	8708,563	2485,068	11193,631	16770,522	2627,4	19397,922	30591,553
17	7464,483	2368,27	9832,753	18743,524	2503,912	21247,436	31080,189

Tableau IV.28 : Apports totaux à travers les vitrages pour le mois de juillet

Heure	Nord et Soude (Total)	Est et Ouest (Total)	AV/Tot (W)
	AV (W)	AV (W)	
8	3708,027	32439,639	36147,666
9	4268,072	32755,297	37023,369
10	4931,4	31566,977	36498,377
11	5542,591	29378,976	34921,567
12	6137,333	27259,914	33397,247
13	6662,678	26107,0612	32769,739
14	6902,989	26538,666	33441,655
15	6858,597	28893,944	35752,541
16	6694,468	30591,553	37286,021
17	6243,686	31080,189	37323,875

IV.4.5 Apports de chaleur internes

❖ Apports thermiques dus aux occupants

La Formule (II.13) : $AI(t) = (0,9 \times 4816 \times 0,58) + (0,9 \times 7504) = 9267,552[W]$

• Gains de chaleur dus aux occupants

D'après : Les formule (II.14): $AO_s = n \times C_{soc} [W]$ (Gains sensible dus aux occupants).

Et Le formule (II.14) : $AO_l = n \times C_{Loc} [W]$ (Gains latente dus aux occupants).

- Apports sensibles : $AO_s = 56 \times 86 = 4816 [W]$

- Apports latents : $AO_l = 56 \times 134 = 7504 [W]$

Tableau IV.29 : Gains de chaleur dus aux occupants

Heure	CS _I (W)	N _{AI} (W)	AO _s (W)	AO _l (W)	AI _s (W)	AI _l (W)	AI/T (W)
8	0,9	0,58	4816	7504	2513,952	6753,6	9267,552
9		0,85			3684,24		10437,84
10		0,88			3814,272		10567,872
11		0,88			3814,272		10567,872
12		0,90			3900,96		10654,56
13		0,92			3987,648		10741,248
14		0,93			4030,992		10784,592
15		0,94			4074,336		10827,936
16		0,94			4074,336		10827,936
17		0,95			4117,68		10871,28

• Gains de chaleur sensibles dus aux machines électriques

Formule (II.18) $AI_{elec} = n \times (AI_{elec^l} \times AI_{elec^s}) [W]$

Tableau IV.30 : Gains de chaleur dus aux machines électriques

Appareils	Gains à admettre			Total (W)
	Nombre	Sensibles(W)	Latents(W)	
Micro-ordinateur	24	450	-	10800
Imprimante	5	52	-	260
Fax	5	62	-	310
Total				11370

- Gains de chaleur sensibles dus aux machines entraînées par un moteur électrique

Tableau IV.31 : Gains sensibles pour des moteurs électriques

Type de machine	Puissance dégagée (W)	Puissance totale (W)
Section mécanique		
03 tours	18000	64000
02 fraiseuses	24000	
04 Rectifieuse plane	8000	
01 Rectifieuse horizontale	2000	
01 Perceuse a colonne	2000	
01 Perceuse radiale	6000	
01 Scie à rubane	4000	
Section électrique		
01 Perceuse colonne	2000	2000
Total		66000

- Gains de chaleur dus aux éclairages

Tableau IV.32 : La Puissance nominale des tubes fluorescents

Puissance dégagée par une lampe (W)	Surface de plancher (m ²)	Puissance nominale des lampes (W)
20	1507,294	35201,6

La Formule (II.19) :

$$AI_{S,j} = 35201,6 \times 1,25 \times 0,35 = 15400,7 \text{ [W]}$$

- W_n : 35201,6 - C_{me} : 1,25 - C_{cr} : 0,35

Tableau IV.33 : Gains de chaleur dus à l'éclairage

Heure	CS_I (W)	$N_{AI,j}$ (W)	$AI_{S,j}$ (W)	AI_{ec} (W)
8	0,7	0,68	15400,7	7330,733
9		0,77		8300,977
10		0,81		8732,197
11		0,84		9055,612
12		0,86		9271,221
13		0,88		9486,831
14		0,89		9594,636
15		0,89		9594,636
16		0,92		9918,051
17		0,93		10025,856

- Gains totaux de chaleur sensible

Tableau IV.34 : Gains totaux de chaleurs sensibles

Heure	AI _s Écl (W)	AI _s Mach (W)	AI _s Moteur (W)	AI _s Occ (W)	AI _s Totale (W)
8	7330,733	11370	66000	2513,952	87214,685
9	8300,977			3684,24	89355,217
10	8732,197			3814,272	89916,469
11	9055,612			3814,272	90239,884
12	9271,221			3900,96	90542,181
13	9486,831			3987,648	90844,479
14	9594,636			4030,992	90995,628
15	9594,636			4074,336	91038,972
16	9918,051			4074,336	91362,387
17	10025,856			4117,68	91513,536

- Gains totaux de chaleurs latentes

Remarque : Pour les gains de chaleur totale latente, on n'a que les gains dus aux occupants.

Tableau IV.35 : Gains totaux de chaleurs latentes

Heure	AI _l Écl (W)	AI _l Mach (W)	AI _l Moteur (W)	AI _l Occ (W)	AI _l Totale (W)
8	0	0	0	6753,6	6753,6
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

IV.4.6 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur

- Gains sensibles

- Gains sensibles dus au renouvellement d'air

Formule (II.20) : $AREN_s(t) = 0.320 \times qv_{an} \times (TS_e(t) - TS_{b,l}) [W]$

Avec : $qve_{an} = \text{Max}[0,6 \times 10267,18 ; 40] = 6160,31 [m^3 \cdot h^{-1}]$

Et $qve_{réf} = \frac{(5 \times 45) + 15}{6} = 40 [m^3 \cdot h^{-1}]$

- Gains sensibles dus aux infiltrations d'air extérieur

Formule (II.22) : $AINF_s(t) = 0.320 \times qv_{inf} \times (TS_e(t) - TS_{b,l}) [W]$

Formule (II.26) : $qv_{inf} = (21,7 \times 109,5) + (14,5 \times 221,82) = 5592,54 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$

Tableau IV.36: Gains sensibles par introduction d’air extérieur pour le mois de juillet

Heure	COE	qve_{an}	qv_{inf}	TS_e	TS_{bi}	$AREN_s$	$AINF_s$
8	0,320	6160,31	5592,54	26,3	24	4533,988	4116,109
9				27,7		7293,807	6621,567
10				29,2		10250,756	9305,986
11				30,5		12813,445	11632,483
12				31,9		15573,264	14137,941
13				33,33		18392,222	16697,087
14				34		19712,992	17896,128
15				34		19712,992	17896,128
16				34		19712,992	17896,128
17				33,53		18786,481	17055,01

- **Gains latents**

Formule (II.21) et (II.23)

- Gains latents dus au renouvellement d’air

$$AREN_i(t) = 0.797 \times 6160,31 \times \text{Max}(14,5 - 9,31) = 25481,69 \text{ [W]}$$

- Gains latents dus aux infiltrations d’air

$$AINF_i(t) = 0.797 \times 5592,54 \times \text{Max}(14,5 - 9,31) = 23133,15 \text{ [W]}$$

IV.4.7 Calcul des apports calorifiques sensibles et latents

On les formule (II.27) et (II.28) et (II.29)

$$A = A_s + A_l \text{ [W]}$$

$$A_s = 11286,773 + 36147,666 + 87214,685 + 4116,109 = 138765,233 \text{ [W]}$$

$$A_l = 6753,6 + 23133,15 = 29886,75 \text{ [W]}$$

Tableau IV.37 : Apports calorifiques sensibles et latents pour le mois de juillet

Heure	APO (W)	AV (W)	AI _s (W)	AINF _s (W)	AI _l (W)	AINF _l (W)	A _s (W)	A _l (W)
8	11286,773	36147,666	87214,685	4116,109	6753,6	23133,15	138765,233	29886,75
9	18156,982	37023,369	89355,217	6621,567			151157,135	
10	25517,921	36498,377	89916,469	9305,986			161238,753	
11	31897,402	34921,567	90239,884	11632,483			168691,336	
12	38767,611	33397,247	90542,181	14137,941			176844,98	
13	45785,04	32769,739	90844,479	16697,087			186096,345	
14	49072,926	33441,655	90995,628	17896,128			191406,337	
15	49072,926	35752,541	91038,972	17896,128			193760,567	
16	49072,926	37286,021	91362,387	17896,128			195617,462	
17	46766,499	37323,875	91513,536	17055,01			192658,92	

IV.4.8 Calcul des apports calorifiques effectifs sensibles et latents

Formule (II.31) et (II.32)

$$AE_s = (1, 15 \times 138765,233) + (0, 15 \times 4533,988) = 160260,116 \text{ [W]}$$

$$AE_l = (1, 1 \times 29886,75) + (0, 15 \times 25481,6) = 38330,96 \text{ [W]}$$

Tableau IV.38 : Apports calorifiques effectifs sensibles et latents pour le mois de juillet

Heure	C _{Δas}	A _s (W)	A _l (W)	AREN _s (W)	AREN _l (W)	C _{Δal}	BF	AE _s (W)	AE _l (W)
8	1,15	138765,233	29886,75	4533,988	25481,6	1,1	0,15	160260,116	36697,67
9		151157,135		7293,807				174924,776	
10		161238,753		10250,756				186962,179	
11		168691,336		12813,445				195917,053	
12		176844,98		15573,264				205707,717	
13		186096,345		18392,222				216769,63	
14		191406,337		19712,992				223074,236	
15		193760,567		19712,992				225781,601	
16		195617,462		19712,992				227917,03	
17		192658,92		18786,481				224375,73	

IV.4.9 Apports calorifiques totaux sensibles et latents

Formule (II.33) et (II.34)

$$AT_s = (1,15 \times 138765,233) + 4533,988 = 164114,01 \text{ [W]}$$

$$AT_l = (1,1 \times 29886, 75) + 25481, 6 = 72832, 47 \text{ [W]}$$

Tableau IV.39: Apports calorifiques totaux sensibles et latents pour le mois de juillet

Heure	$C_{\Delta as}$	A_s (W)	A_l (W)	$AREN_s$ (W)	$AREN_l$ (W)	$C_{\Delta al}$	AT_s (W)	AT_l (W)
8	1,15	138765,233	29886,75	4533,988	25481,6	1,1	164114,01	58357,1
9		151157,135		7293,807			181124,51	
10		161238,753		10250,756			195675,32	
11		168691,336		12813,445			206808,48	
12		176844,98		15573,264			218944,99	
13		186096,345		18392,222			232403,02	
14		191406,337		19712,992			239830,28	
15		193760,567		19712,992			242537,64	
16		195617,462		19712,992			244673,07	
17		192658,92		18786,481			240344,24	

IV.4.10 Puissance frigorifique nécessaire

- Charges sensibles totales

$$A_{S.Tot} = 195617,462 + 19712,992 + 17896,128 + 49072,926 = 282299,51 \text{ (W)}$$

IV.4.11 Etude du cycle de l'évolution de l'air des ateliers

❖ Heure critique

L'heure critique est définie c'est l'heure où les gains de chaleur atteignent leurs valeurs maximales dans les ateliers, sa détermination tient compte de tous les gains de chaleurs qui varient en fonction du temps. Qui est dans notre cas la valeur maximale au mois d'juillet à 16h.

Tableau IV.40 : Apports totaux sensibles et latents des ateliers

Mois de juillet			
Apporte	AT_s (W)	AT_l (W)	AT (W)
Les ateliers	244673,07	58357,1	303030,17
Total			303030,17

Remarque : Les calculs doivent être menés pour le mois de Juillet, Il est fortement recommande d'opérer le calcul pour les trois mois de l'été : Juillet (calcul obligatoire), Aout et Septembre. (DTR : C3-T)

❖ En été :

Calcul de SHF (facteur de chaleur sensible) pour l'ensemble des ateliers :

$$SHF = \frac{AT_S}{AT} = \frac{244673,07}{303030,17} = 0,81$$

• Température de l'air soufflé

Du DTR on sait que lorsque le soufflage est près des occupants, comme c'est la différence de température ΔT est prise dans l'intervalle $[7^\circ\text{C}, 15^\circ\text{C}]$, avec :

$$\Delta T = T_i - T_s$$

T_s : Température de soufflage en $^\circ\text{C}$.

T_i : Température de base intérieure en $^\circ\text{C}$.

On prend $\Delta T = 10^\circ\text{C}$; $10 = 24 - T_s$

On trouve $T_s = 14^\circ\text{C}$.

• Droite de soufflage

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

$$\alpha = \arctg\left(\frac{58357,1}{244673,07}\right) = 13,4^\circ$$

Si on suppose que :

$AT_I = 58357,1(\text{W})$: Est représenté sur le diagramme par 4,3 cm

$AT_S = 244673,07 (\text{W})$: il va nous donner sur le diagramme 18,06 cm

D'après le diagramme psychrométrique les caractéristiques de pont de soufflage sont :

Les caractéristiques de point I sont :

$$\text{Point (I): } \begin{cases} \theta_I = 24^\circ\text{C} \\ h_I = 47,84 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_I = 9,31 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

Les caractéristiques de point S sont :

$$\text{Point (S): } \begin{cases} \theta_S = 14^\circ\text{C} \\ h_S = 35,31 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_S = 8,4 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

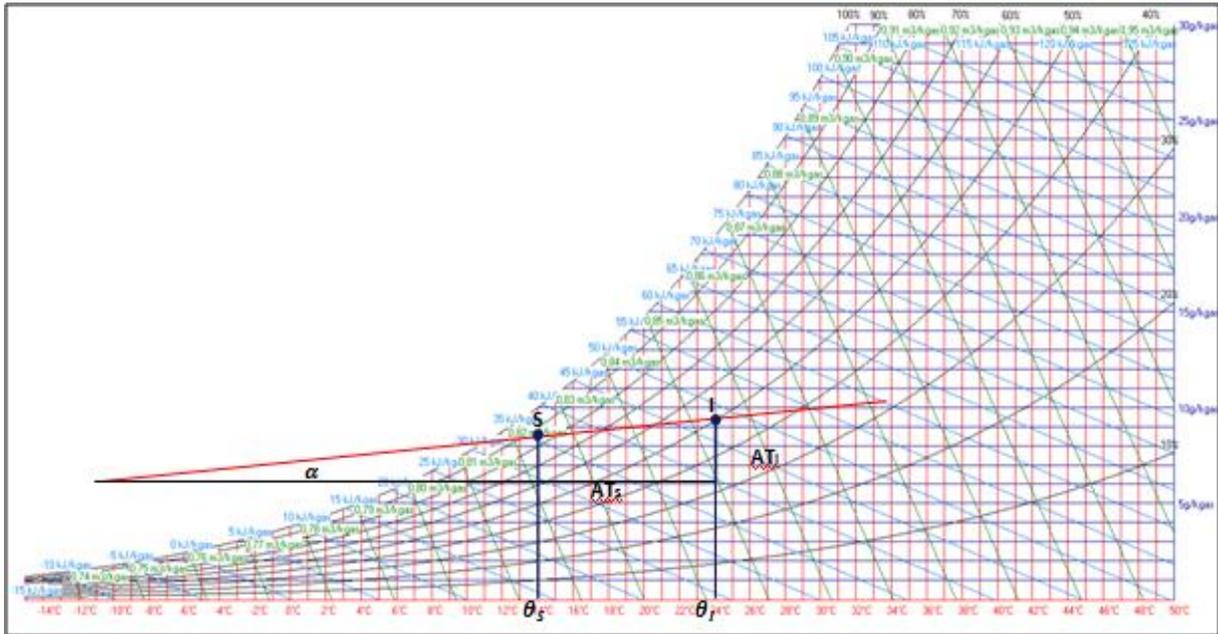


Figure IV.1 : Représentation du point de soufflage

- Débit soufflé :

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

$$M_{as} = \frac{A_T}{h_I^s - h_S^s}$$

$$M_{as} = \frac{303030,17}{47,84 - 35,31} = 24,18 \text{ kg/s} = 104476,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit étant déterminé, il faut vérifier le taux de brassage qui représente le volume d'air traité renouvelé dans le local pendant une heure selon la formule :

$$\tau_{\text{brassage}} = \frac{q_V}{V} = \frac{72540}{10267,18} = 7,065 \text{ Vol/h} \rightarrow \tau < 15$$

- Débit d'air neuf

Le taux de renouvellement d'air d'un local est selon l'utilité du local. Dans les ateliers industriels, les normes proposent en moyenne un taux de renouvellement de [5 -15] m³/h

$$M_{an} = \tau_{\text{brassage}} \times V_{\text{ateliers}} [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$M_{an} = 7 \times 10267,18 = 71870,26 [\text{m}^3/\text{h}] = 16,64 \text{ kg/s}$$

- Débit d'air repris(ou recyclé) :

$$M_{ar} = M_{as} = 24,18 \text{ kg/s}$$

• **Le point de mélange**

On applique la règle géométrique du mélange :

$$\frac{MI}{EI} = \frac{M_{an}}{M_{as}} \implies MI = \frac{16,64}{24,18} \times 3,1 = 2,13 \text{ cm}$$

MI (en cm): Distance entre le point intérieur et le point de mélange

EI (en cm): Distance entre le point intérieur et le point extérieur.

M_{an} (en kg/s) : Débit d'air neuf ;

M_{am} (en kg/s) : Débit d'air mélangé ;

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

$$\text{Point (m)} : \begin{cases} \theta_m = 29,95^\circ\text{C} \\ h_m = 61,77 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_m = 12,38 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

Sortie de la batterie froide :

On prolonge la droite qui relie le point de soufflage jusque-là saturation

$$\text{Point (5)} : \begin{cases} \theta_5 = 11,41^\circ\text{C} \\ h_5 = 32,66 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_5 = 8,4 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

• **Calcul de la puissance de la batterie froide :**

$$P_{BF} = M_{as} \times \Delta h_e^s = 24,18 \times (64,10 - 32,66) = 760,22 \text{ kW}$$

• **Calcul de la puissance de la batterie chaude :**

$$P_{BC} = M_{as} \times \Delta h_e^s = 24,18 \times (35,31 - 32,66) = 64,077 \text{ kW}$$

• **Débit masse d'eau condensée par la batterie froide :**

$$M_e = M_{as} \times \Delta h_e^5 = 24,18 \times (12,90 - 8,4) = 108,81 \text{ kW}$$

IV.4.12 Les caractéristiques des différents points dans ce tableau

Tableau IV.41 : Les caractéristiques des différents points du cycle

Point	e	I	S	M	5
θ	34	24	14	29,95	11,41
h	71,37	47,84	35,31	61,77	32,66
HS	14,5	9,31	8,4	12,38	8,4
$HR (\Psi)$	43	50	84	47	100

- Représentation graphique du cycle

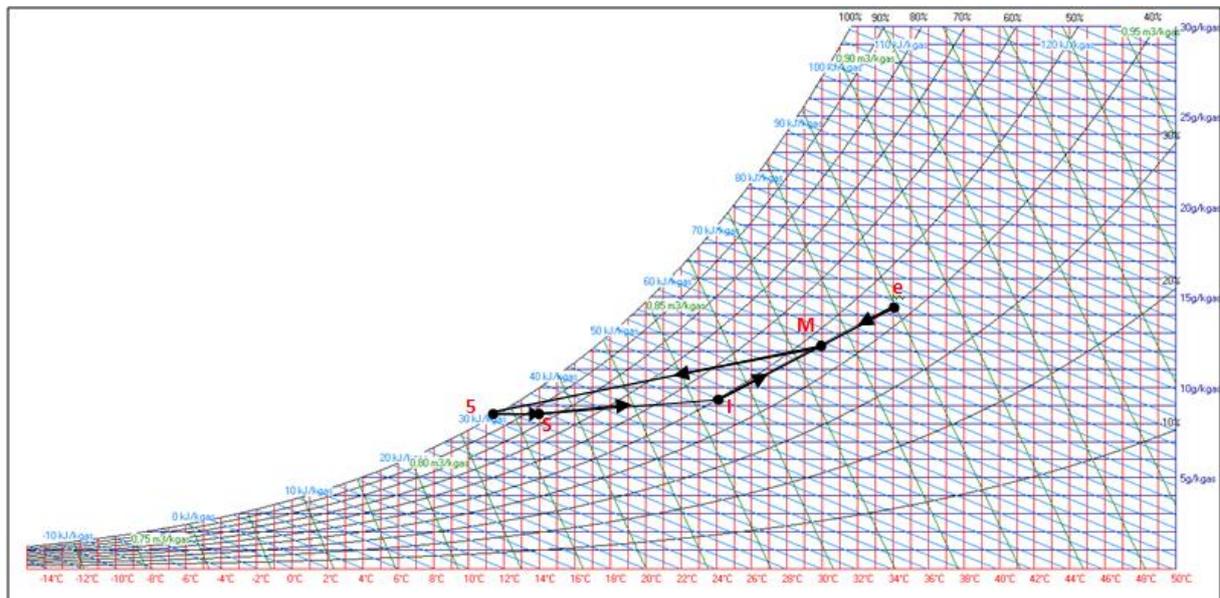


Figure IV.2 : Représentation graphique du cycle en régime d’été

IV.5 Bilan calorifique du chauffage (hiver)

Les déperditions par transmission (D_T) i d’un volume i sont données par la formule suivante :

La formule (II.36) $(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i$ [W]

IV.5.1 Déperditions calorifiques à travers les parois opaques extérieures

Exemple de calcul

La formule : (II.37) $:D_s = 0,92 \times 276,758 \times (21-7)$ [W]

Tableau IV.42 : Déperditions à travers les parois opaques extérieures

Orientation N					
Désignation	K_{hiver} ($W.m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)	S (m^2)	$T_{b,i}$ ($^\circ C$)	$T_{b,e}$ ($^\circ C$)	D_s (W)
Mure extérieure	0,92	276,758	21	7	3564,64
Vitres	1,82	52,41			1335,41
Orientation S					
Mure extérieure	0,92	284	21	7	3657,92
Vitres	1,82	22,5			573,3
Orientation E					
Mure extérieure	0,92	561,32	21	7	7229,802
Vitres	1,82	71,41			1819,527
Orientation O					
Mure extérieure	0,92	563,811	21	7	7261,886
Vitres	1,82	75,5			1923,74
D_s /Total					27366,225

❖ Porte :

Tableau IV.43 : Déperditions à travers les portes

Désignation	K_{hiver} ($W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$)	S (m^2)	$T_{b,i}$ ($^{\circ}C$)	$T_{b,e}$ ($^{\circ}C$)	D_s (W)
Portes N	4,5	2,75	21	7	173,25
Portes E	4,5	85,1			5361,3
Portes O	4,5	68			4284
D_s /Total					9818,55

❖ Pour le toit :

Tableau IV.44 : Déperditions à travers le toit

Désignation	K_{hiver} ($W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$)	S (m^2)	$T_{b,i}$ ($^{\circ}C$)	$T_{b,e}$ ($^{\circ}C$)	D_s (W)
Toit	0,87	1378,095	21	7	16785,197

IV.5.2 Déperditions totales aux parois opaques extérieures

Tableau IV.45 : Déperditions totales aux parois opaques extérieures

Parois aériennes	Murs	Porte	Toiture
D_s (W)	27366,225	9818,55	16785,197
D_s /Total (W)	53969,972		

IV.5.3 Déperditions à travers les ponts thermiques

Formule (II.39) $D_{li} = 0.20 \times 53969,972 = 10793,99$ [W]

IV.5.4 Déperditions à travers les parois des locaux non chauffés

On à la formule (II.40) $D_{lnc} = \tau \times [\sum(K \times S) + \sum(K_l \times L)] \times (T_{b,i} - T_{b,e})$ [W]

Tableau IV.46 : Déperditions thermiques pour locaux non chauffés

	Mur	Portes	Plancher
K_{hiver} ($W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$)	1,055	2,70	1,95
S(m^2)	372,568	6,116	128,047
$K_{hiver} \times S$	393,08	16,51	249,69
D_{lnc} /Tot	659,28		

Les déperditions à travers les parois des locaux non chauffés sont égal à :

$$D_{inc} = 0,3 \times 659,28 \times 1,2 \times (21-7) = 3322,77 \text{ [W]}$$

IV.5.5 Déperditions à travers les parois en contact avec le sol

La formule (II.41) : $D_{sol} = (1,95 \times 1379,24) \times (21 - 7) = 37653,44 \text{ [W]}$

Tableau IV.47 : Déperditions à travers le plancher

Désignation	K_{hiver} ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)	S (m^2)	$T_{b,i}$ ($^\circ C$)	$T_{b,e}$ ($^\circ C$)	D_{sol} (W)
Plancher	1,95	1379,247	21	7	37653,44

IV.5.6 Déperditions calorifiques par renouvellement d'air

Formule (II.42) $(D_R)_i = 0,34 \times (q_v + q_s) \times (T_{b,i} - T_{b,e}) \text{ [W]}$

Formule (II.44) $q_{ve_{an}} = \text{Max}[0,6 \times 10267,18 ; 40] = 6160,31 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$

Et $q_{ve_{réf}} = \frac{(5 \times 45) + 15}{6} = 40 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$

$$Q_s = \sum (1544,2 \times 6,36) = 9821,62 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$P_{pj} = \sum (221,82 \times 4) + (109,5 \times 6) = 1544,28 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Donc : $(D_R)_i = 0,34 \times (6160,31 + 9821,62) \times (21 - 7) = 76073,99 \text{ [W]}$

IV.5.7 Déperditions totales par transmission et renouvellement

Tableau IV.48 : Déperditions totales par transmission et renouvellement

Local	D_S/T (W)	D_{li} (W)	D_{inc} (W)	D_{sol} (W)	DR (W)	D_T (W)
Les ateliers	53969,972	10793,99	3322,77	37653,44	76073,99	181814,16

IV.5.8 Puissance de chauffage à fournir

$$Q = [1 + \text{Max}(0,2; 0, 1)] \times 181814,16 + [(1 + 0,1) \times 76073,99] = 301858,38 \text{ [W]}$$

IV.5.9 Etude du cycle de l'évolution de l'air des ateliers

❖ En hiver :

- Détermination du point de soufflage

On a les déperditions totales : $D_T = 181,814 \text{ kW}$

Les caractéristiques de pont I sont :

$$\text{Point (I): } \begin{cases} \theta_I = 21^\circ\text{C} \\ h_I = 40,78 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_I = 7,74 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

$$Q_t = D_T = M_{as} \times (h_S - h_I) \quad \Longrightarrow \quad h_S = h_I + \frac{D_T}{M_{as}}$$

Sachant que : $M_{as} = 24,18 \text{ kg/s}$

$$h_S = 40,78 + \frac{181,814}{24,18} = 48,29 \text{ kJ/kg}$$

Les caractéristiques du point (S) sont données sur le diagramme psychrométrique jusque l'intersection avec la droite de l'humidité spécifique $HS_I = HS_S = 7,74 \text{ g/kg}_{as}$ on aura le point de soufflage.

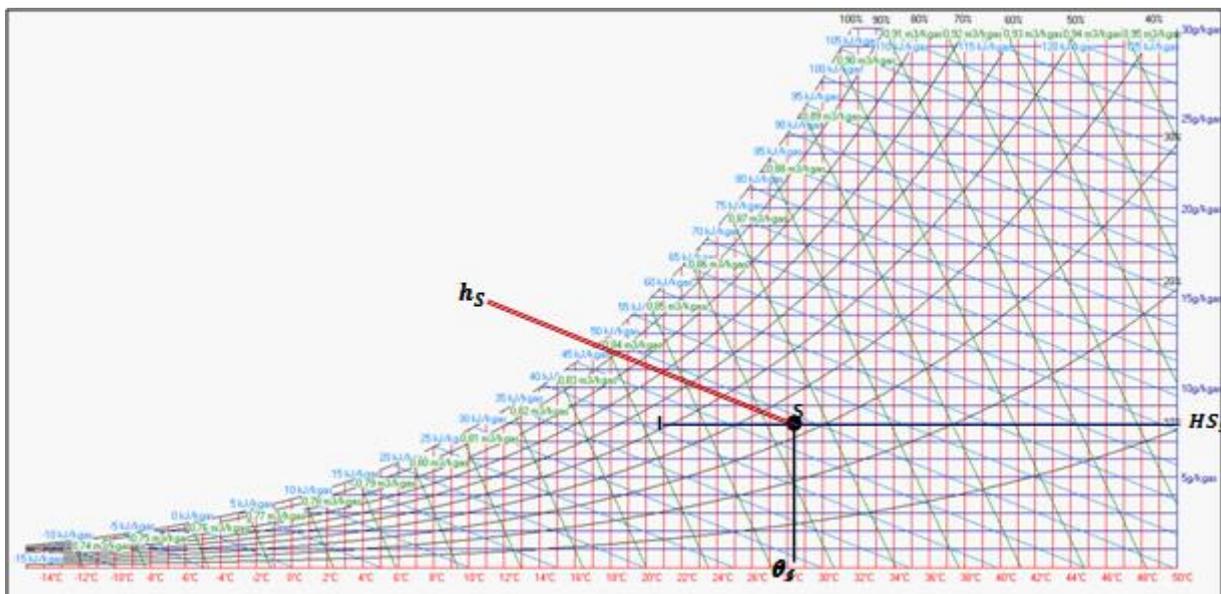


Figure IV.3 : Représentation graphique du point S

$$\text{Point (S)} : \begin{cases} \theta_s = 28,36^\circ\text{C} \\ h_s = 48,29 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_s = 7,74 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

- **Point de préchauffage (3)**

La température du point 3 a la sortie de la batterie de préchauffage égale au point à la rentrée de l'humidificateur. Selon le diagramme on peut déterminer ses caractéristiques de point 3 :

$$\text{Point (3)} : \begin{cases} \theta_3 = 14,15^\circ\text{C} \\ h_3 = 28,36 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_3 = 5,59 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

- Point de mélange

On applique la règle géométrique :

$$\frac{MI}{HI} = \frac{M_{an}}{M_{as}} \implies MI = \frac{16,64}{24,18} \times 1,9 = 1,3 \text{ cm}$$

Donc graphiquement on obtient les caractéristiques suivantes au point (M) :

$$\text{Point (M)} : \begin{cases} \theta_m = 16,95^\circ\text{C} \\ h_m = 33,45 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_m = 6,48 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

- **Détermination des caractéristiques du point (6) :**

On trouve graphiquement le point (6) l'entrée de la batterie chaude par l'intersection de l'enthalpie du point de mélange (M) avec l'humidité spécifique HS_s .

$$\text{Point (6)} : \begin{cases} \theta_6 = 12,83^\circ\text{C} \\ h_6 = 32,44 \text{ kJ/kg}_{as} \\ HS_6 = 7,74 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{as} \end{cases}$$

- **Calcul de la puissance de préchauffage**

$$P_{BPC} = M_{an} \times (h_3 - h_e) = 16,64 \times (28,36 - 21,09) = 120,97 \text{ kW}$$

- **Calcul de débit masse d'eau fournir par HA**

$$M_e = M_{as} \times (HS_6 - HS_m) = 24,18 \times (7,74 - 6,48) = 30,47 \text{ g}_{eau}/\text{s}$$

- **Calcul de la puissance de la batterie chaude**

$$P_{BC} = M_{as} \times (h_s - h_6) = 24,18 \times (48,29 - 32,44) = 383,25 \text{ kW}$$

- Calcul de la puissance calorifique mise œuvre de local

$$P_{oc} = M_{as} \times (h_s - h_i) = 24,18 \times (48,29 - 40,78) = 181,59kW$$

IV.5.10 Les caractéristiques des différents points dans ce tableau

Tableau IV.49 : Les caractéristiques des différents points

Point	e	I	S	3	M	6
θ	7	21	28,36	14,15	16,95	12,83
h	21,09	40,78	48,29	28,36	33,45	32,44
HS	5,59	7,74	7,74	5,59	6,48	7,74
HR (Ψ)	90	50	32	56	54	84

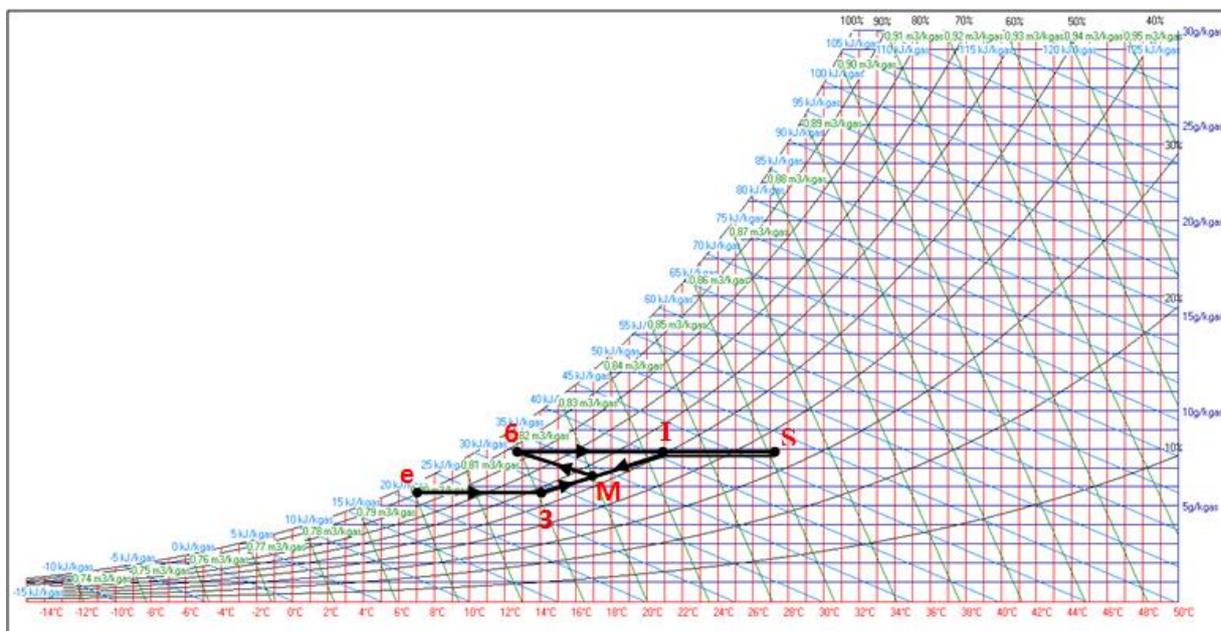


Figure IV.4 : Représentation graphique du cycle en régime d’hiver

Conclusion

En effet, durant ce travail concernant le conditionnement d’un système de traitement d’air, l’analyse énergétique nous a permis de déterminer la puissance nécessaire afin de maintenir les ateliers considérés sous les meilleurs conditions climatiques imposées.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion Générale

Le conditionnement d'air est primordial dans les ateliers industriels, il présente de plus en plus dans l'industrie vu ce qu'il assure comme confort humain ce qui influe sur la qualité de rendement, par contre elle consomme énormément d'énergie.

L'étude sur un système de conditionnement d'air nécessite des grandes connaissances et une maîtrise technique ainsi la disponibilité de données considérées comme conditions de base du confort thermique, ainsi que les conditions de base extérieure sur le lieu du projet.

Après avoir défini toutes les caractéristiques de notre local à conditionner notamment ses paramètres climatiques, et géographiques aussi pour l'orientation et toutes les dimensions des différents espaces et la nature de l'ensemble des éléments constitutifs à l'intérieur, ainsi que les différents matériaux qui isolent le local par rapport au milieu extérieur, on a abouti au calcul du bilan thermique.

Sur la base du document technique réglementaire, qu'on exploite à dimensionner la puissance de l'installation pour le chauffage et pour le froid à mettre en œuvre.

Dans le calcul du bilan thermique, on détermine nos puissances à prendre en compte pour les deux saisons principales à étudier (l'été et l'hiver) qui sont de l'ordre 302 kW pour le chauffage et de l'ordre 303 kW pour le froid.

Par conséquent, elle doit y répondre aux exigences (en froid, comme pour le chauffage) de local étudié. 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.

La relation (local - installation - personnel) représente une donnée importante dans laquelle l'architecte et l'ingénieur ont chacun un rôle pour obtenir le confort intérieur et réduire la consommation énergétique.

Recherche bibliographique

Recherche bibliographique

- [1] : Mémoire de fin d'étude «Dimensionnement d'une installation de traitement d'air pour la salle des équipements électriques »enregistré en2017-2018
- [2] : H.RIETSCHEL et W.RAISS, paris, chauffage et climatisation, tome I, 1973.
- [3] : Société Nationale Algérienne SONATRACH Bejaia.
- [4] : El Habib Benessahraoui, Jean -Pierre Ndoutoum. Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale, conception des nouveaux bâtiments tome 1, Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie IEPF, Canada.
- [5] : Ph. Gruloos - J-F. Roger France - J. Claessens. Les installations techniques dans les bâtiments, institut supérieur d'architecture st luc Bruxelles, 2009-2010.
- [6] : André Dupuis, Climatisation, histoire, 110 ans de climatisation ; 10 IMB-juin 2012.
- [7] : Philippe Nunes Climatisation douce, article dans Climatisation (7) revue de presse environnement MAI 2008.
- [8] : BRESSMAN, C. and Math louthi, M. (1994). Thermodynamic activity of water and sucrose and the stability of crystallinesugar. Zuckerind 119:652 – 658.
- [9] : Mémoire de fin d'étude « Optimisation d'une installation de traitement d'air (Minimisation des pertes énergétiques)» enregistré le juin 2018.
- [10] : Mémoire de fin d'étude « Etude de la climatisation d'un atelier de conditionnement d'huile Cevital-Bejaia » enregistrer le juin 2013.
- [11] :M. Notarianni, J.R. Murat, Les salles blanches: des réalisations délicates où prime la maîtrise d'oeuvre. Nouvelle technologie (2000), 288-296
- [12] : Mémoire de fin d'étude « Dimensionnement d'une centrale de chauffage et de climatisation – BETW Bejaia» enregistré en 2010/2011.
- [13] : ALEC, Agence locale de l'énergie, bureau d'étude six «centrale de traitement d'air ».
- [14] : Jaques Bouteloup, Jean Ligen, Michel Leguay. Climatisation Conditionnement D'air,1998.
- [15] : Ministère de l'habitat, document technique réglementaire (D.T.R. C 3-4), réglementation thermique des bâtiments d'habitation- règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments, centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment 1998.
- [16] : <http://www.GoogleEarth.com>

Annexes

Annexes

A. Annexes

$\frac{1}{h}$ en m ² .C/W 	Pari en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Pari en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	1/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,16	0,04	0,20	0,17	0,17	0,33
Descendant (plancher) $\alpha \leq 60^\circ$	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

Tableau A.1 : Valeur des coefficients d'échange superficiels

$\frac{1}{h}$ en m ² .C/W 	Pari en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Pari en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	1/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Descendant (plancher) $\alpha \leq 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau A.2 : Résistances thermiques superficiels

TS _{b,e} = 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.3 : Valeur de C_{Inc} pour une température de base égale à 34°C

Annexes

Valeurs de $C_{\Delta te}$ (en °C)																		
$\Delta t_{s_{max}} = TS_{b,e} - TS_{b,j}$	Ecart diurne de base E_b (en °C)																	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26	-26,5	-27	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22	-22,5	-23	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18	-18,5	-19	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14	-14,5	-15	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8
0	-5	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6
2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,6	-11,1	-11,7
4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,6	-9,1	-9,7
6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4	-4,5	-5	-5,4	-5,9	-6,7	-7,2	-7,8
8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2	-2,5	-3	-3,4	-3,9	-4,7	-5,2	-5,8
10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2	-2,8	-3,3	-3,9
12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8
14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2
16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2
18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2
20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2
22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10	9,4	8,9	8,3

Tableau A.4 : Facteur de correction $C_{\Delta te}$

Débit d'air pour 100 W de puissance de lampe ou de tube (m ³ /h)	20	30	50	100
C_{cr}	0,6	0,5	0,4	0,35

Tableau A.5 : Valeur de C_{cr}

Disposition des conduits d'air	$C_{\Delta as}$	$C_{\Delta al}$
Installation sans réseau de conduits d'air (climatiseurs individuels), installation dont les conduits d'air sont à l'intérieur de locaux climatisés	1,05	1,00
Installation dont les conduits d'air sont à l'extérieur des locaux climatisés, ou traversant des locaux non climatisés	1,15	1,10

Tableau A.6 : Valeur des coefficients de majoration des gains sensibles et latents

Types de locaux	Facteur BF
Habitations, locaux à usage d'hébergement	0,30 à 0,50
Locaux à usage d'enseignement, de bureaux, de réunion, petits magasins	0,20 à 0,30
Banques, ateliers	0,10 à 0,20
Lieux de restaurations, grands magasins, Hôpitaux, salle d'opérations, lieux de stockage,	0,05 à 0,10
locaux abritant des équipements sensibles	< 0,10

Tableau A.7 : Facteur BF en fonction de type de local

Annexes

Différence équivalente de température $\Delta t_{es}(t)$ ou $\Delta t_{em}(t)$ (en °C)-Murs ensoleillés ou à l'ombre																									
Orientation	m_{inf} kg/m ²	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	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	6,1	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	5,5	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	
	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	
	≥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	7,8	7,2	7,2	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	1,1	
	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	5,0	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	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	
	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	
	≥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	5,5	5,0	5,0	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	0,5	0,5	0	-0,5	-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	1,1	
	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	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	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	1,7	1,7	
	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	5,5	5,5	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	7,2
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	
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	3,9	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,3	3,3	
	≥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	2,8	2,8	2,8	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	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5

Tableau A.8 : Différence équivalente de température pour les murs extérieurs

Zone climatique		Température sèche $TS_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $HS_{b,e}$ (g _{vap} /kg _{gas})	Ecart diurne E_b (°C)	Température moyenne TS_m (°C)	Ecart annuel de température EAT (°C)
A	alt < 500 m	34	14,5	9	25,5	31
	500 ≤ alt < 1000 m	33,5	13	10	25	32,5
	alt ≥ 1000 m	30,5	13	9	22,5	31,5
B	alt < 500 m	38	12,5	15	26,5	36
	500 ≤ alt < 1000 m	37	11	15	26,5	36
	alt ≥ 1000 m	35	10	14	25	36
B1 B2	alt < 500 m	42	11	18	29	41,5
	alt ≥ 500 m	39	8,5	18	25	
C	alt < 500 m	39,5	6	18	29	41
	alt ≥ 500 m	36	11	15	29	36
D	alt < 1000 m	40	8,5	20	27	41,5
	alt ≥ 1000 m	34	8,5	18	25	40
E		44	6,5	15,5	33	38
E1	alt < 500 m	37	6	18	29	41
	alt ≥ 500 m	34	11	15	29	36
F		46	5,5	16,5	36,5	43

Tableau A.9 : Conditions extérieures de base

Annexes

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)
Séjour de longue durée Logement, hôtel, bureaux, hôpital, école, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de courte durée Magasin, banque, bureaux de poste, salon de coiffure, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de durée limitée avec gains latents importants Amphithéâtre, salle de spectacle, lieu de culte, salle de restauration, cuisine, etc.	24	50	27	60	1

Tableau A.10 : Conditions intérieures de base

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	> 5
qve_{min} (en m ³ /h)	25	50	75	100	110	On ajoute 10 m ³ /h par pièce supplémentaire

Tableau A.11 : Débit extrait minimal

Nombre de pièces principales par logement	qve_{max} (en m ³ /h)			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle	Cabinet d'aisance d'eau
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

Tableau A.12 : Débit extrait maximal

Le facteur d'absorption α	α
face extérieure de couleur sombre (bleu foncé, rouge foncé, brun foncé)	0,90
face extérieure de couleur moyenne (vert clair, bleu clair, gris clair)	0,70
face extérieure de couleur claire (blanc, crème)	0,50
face extérieure de couleur noire mat	1

Tableau A.13 : Le facteur d'absorption α

Type de locaux	Débit minimal en m ³ /h. occupant
Bureaux et locaux assimilés sans travail physique / Locaux d'enseignement	25
Locaux de réunions, spectacles, vente, restauration	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

Tableau A.14 : Prescriptions minimales d'air neuf pour un occupant

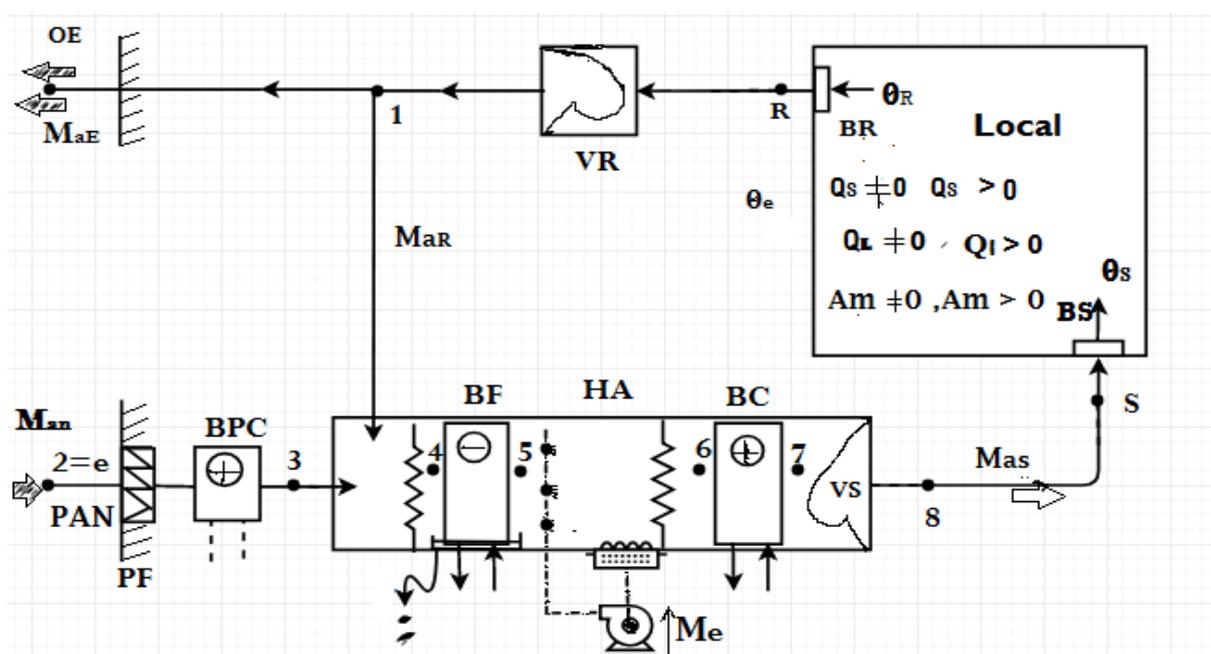
Annexes

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

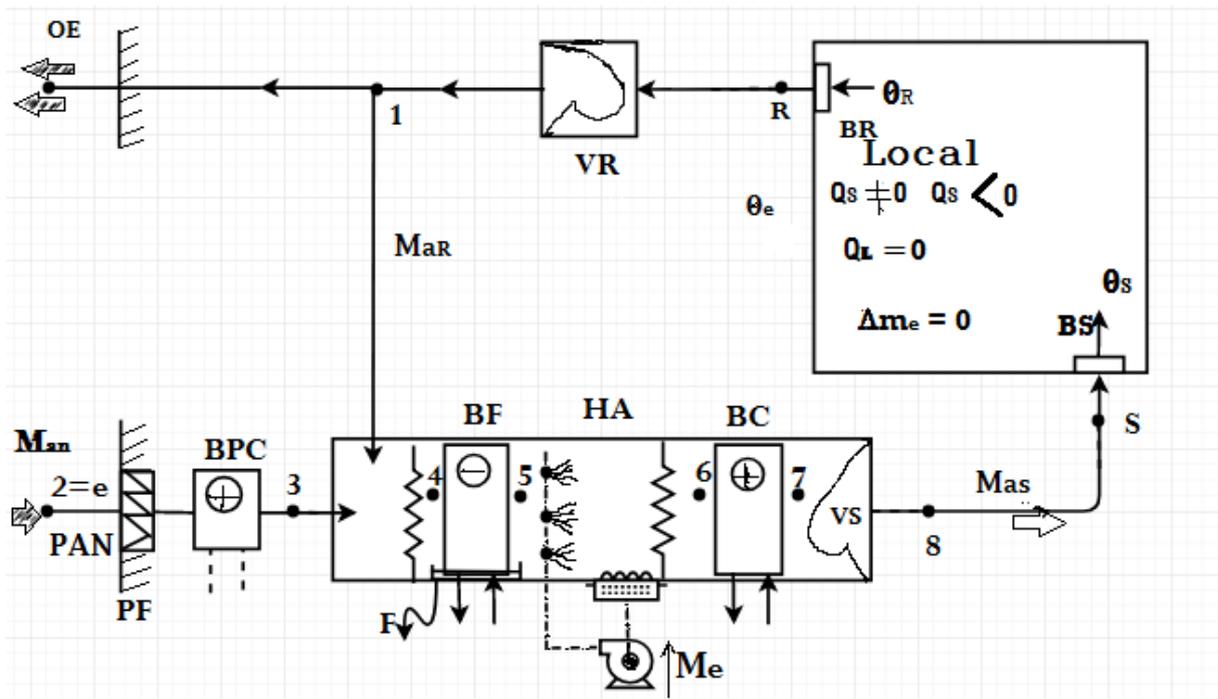
Tableau A.15 : Rayonnement de base

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée ou des tubes (lux)	Puissance dégagée des lampes (W/m^2)	
		lampes à incandescence	Lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux, salles d'opération	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

Tableau A.16 : Gains dus à l'éclairage



Annexe A.17 : Installation de conditionnement d'air d'été



Annexe A.18 : Installation de conditionnement d'air d'hiver

Résumé

L'objectif de ce mémoire sert à dimensionner une centrale de conditionnement d'air pour chauffage et la climatisation en raison d'améliorer et contrôler les paramètres hygrométriques de l'air pour assurer le confort thermique dans les ateliers à des valeurs prévues et désirer. Afin d'augmenter le rendement physiologique de l'être humain, et d'éviter le choc thermique, plus souffler l'air sans gêne notable des occupants.

Au début nous avons défini l'air humide et ses principales grandeurs physiques caractérisant. Ensuite, nous avons calculé tous les apports calorifiques et les déperditions thermiques suivant la réglementation thermique, ce qui nous autorise à déterminer les puissances nécessaires qui maintiennent aux conditions des ateliers.

Abstract

The purpose of this memory's to size a central air conditioning and heating air conditioning because of improving and controlling hygrometric parameters of the air to ensure the thermal comfort in the workshops to values expected and desired. In order to increase the physiological performance of the human being, and to avoid heat shock, no longer blow the air without significant annoyance of the occupants.

At first we defined the humid air and its main physical quantities characterizing. Then we calculated all heat input and thermal losses according to thermal regulation, which allows us to determine the necessary powers that maintain the conditions of the workshops.