

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

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Par :

KOUCHAH NABIL

BENAMEUR LAMINE

Thème

**Etude comparative de centrales climatisations (traitement d'air et eau glacée)
pour le conditionnement d'un amphithéâtre.**

Soutenu le 22/09/2021 devant le jury composé de:

Mr. BENSLIMANE ABDELHAKIM

President

Mr. SAHI ADEL

Rapporteur

Mr. HAMDY MESSAOUD

Exam

Année Universitaire 2020/2021

REMERCIEMENT

Nous remercions en premier lieu dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et la volonté pour accomplir ce modeste travail.

Nous remercions aussi notre encadreur Mr. A.SAHI pour son encouragement, son orientation et ses précieux conseils pour compléter ce modeste travail et notre cycle d'étude.

Nous remercions tous les enseignants et le personnel du département Génie Mécanique de l'université A- MIRA de Bejaia.

Nous remercions les membres de jury pour leur présence à notre évaluation et leurs remarques si nécessaire au débat et la conclusion de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A toute ma famille qui m'a toujours soutenue pendant mon parcours à l'université.

*A tous les employeur de l'université de Bejaia et tous les enseignants du département
génie mécanique.*

A tous mes amis.

N.KOUCHAH

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents.

A mon petit frère.

A mes sœurs.

A toute la famille.

A mes enseignants.

A tous mes amis.

L.BENAMEUR

Sommaire

Remerciements.....	i
Dédicaces.....	ii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Nomenclatures.....	vii

Introduction Générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : généralité sur le confort thermique et l'air humide

I.1. Introduction	3
I.2 Conditionnement d'air	3
I.3 Confort	3
I.3.1 Confort thermique	3
I.3.2 Confort acoustique.....	4
I.3.3 Confort météorologique.....	4
I.4 Plage de confort hygrométrique en Algérie	5
I.5 diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance	5
I.6 Air humide	6
I.6.1 diagramme d'air humide	6
I.6.2 Humidité.....	7
I.6.3 Température	8
I.6.4 Enthalpie.....	8
I.6.5 Volume massique et spécifique	9
I.7. Centrale de traitement d'air.....	9
I.8 Machines frigorifiques.....	10
I.8.1 Groupe d'eau glacée.....	10
I.8.2 Puissance du groupe d'eau glacée.....	11
I.9 Conclusion.....	12

Chapitre II : Règlements thermique

II. 1. Introduction	13
II.2. Conditions de base.....	13
II.2.1 Conditions de base extérieure	13
II.2.2 Conditions de base intérieure	15
II.3 Méthodologie de calcul des apports calorifiques	16
II.3.1 Apports à travers les parois opaques	16
II.3.2 Apports de chaleur interne	20
II.3.3 Apports de chaleur par introduction d'air extérieure	22
II.3.4 Apports calorifiques totaux	23
II.3.5 Apports calorifiques effectifs totaux	24

II.3.6 Vérification réglementaire	25
II.4. Conclusion	26
Chapitre III : Bilan thermique	
III. 1. Introduction	27
III. 2. Présentation du local	27
Partie A : Gains du local	
III. 3. Calcul des charges estivales	33
III. 3.1 Coefficient de transmission thermique Kété	33
III. 3.2 Calcul de la masse surfacique.....	34
III. 3.3 Apports à travers les parois opaques extérieures.....	35
III.3.4 Apports à travers les parois opaques intérieures.....	38
III.3.5 Apports à travers les parois vitrées extérieure.....	40
III.3.6 Apports à travers les parois vitrées intérieure.....	45
III.3.7 Apports dû aux infiltrations d'air extérieur.....	46
III.3.8 Apports de chaleur interne.....	47
III.3.9 Apports calorifique totaux.....	48
III.3.10 Vérification réglementaire.....	50
Partie B : Evolution de l'air	
III.4 Calcule de la puissance de la CTA.....	53
III.4.1 Détermination des points d'entrées et de sortie.....	53
III.5 Calcule de la puissance du groupe d'eau glacée.....	59
Partie C : Pertes de charge	
III.6 Conduit aéraulique	60
III.7 Pertes de charge.....	61
III. 8 Conclusion.....	63
Conclusion Générale	64
Références Bibliographiques
ANNEXES.....

Liste des figures

Figure I.1 : Zones de confort.....	5
Figure I.2 : Diffusion de chaleur... ..	6
Figure I.3 : Diagramme de l'air humide.....	7
Figure I.4 : Central de traitement d'air.....	10
Figure I.5: Centrale de traitement d'air a eau glacée.....	11
Figure II.1 : Position du soleil par rapport à la vitre....	19
Figure III.1 : Plan du local... ..	27
Figure III.2 : Compositions des couches du plancher.....	28
Figure III.3 : Compositions des couches du toit.....	29
Figure III.4 : Compositions des murs aériens.....	30
Figure III.5 : Compositions du mur 4 en contact avec le local non-conditionné.....	30
Figure III.6 : Droite de soufflage.....	54

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Conditions de base extérieures.....	14
Tableau II.2 : Conditions de base intérieur.....	15
Tableau II.3 : Gains dus aux occupants.....	21
Tableau II.4 : Gains dû aux appareils électrique d'un amphithéâtre.....	21
Tableau III.1 : Surfaces intérieurs et extérieures des murs.....	28
Tableau III.2 : Couches et résistances du plancher.....	29
Tableau III.3 : Couches et résistances du toit.....	29
Tableau III.4 : Couches et résistances des parois aériennes.....	30
Tableau III.5 : Couches et résistances du mur en contact avec le local non conditionné.....	31
Tableau III.6 : Conditions de bases intérieure et extérieure du local.....	31
Tableau III.7 : Coefficient de transmission thermique des parois du local.....	33
Tableau III.8 : Masse surfacique unitaire et total.....	34
Tableau III.9 : Apports par transmission à travers la paroi extérieure ouest.....	35
Tableau III.10 : Apports par transmission à travers la paroi extérieure N-E.....	36
Tableau III.11 : Apports par transmission à travers la paroi extérieure S-E.....	36
Tableau III.12 : Apports par transmission à travers la toiture.....	37
Tableau III.13 : Apports totaux à travers les parois extérieures.....	37
Tableau III.14 : Température sèche de l'air extérieure.....	38
Tableau III.15 : Apports à travers la cloison en contact avec le local non conditionné.....	38
Tableau III.16 : Apports par transmission à travers le plancher.....	39
Tableau III.17 : Apports totaux à travers les parois opaques intérieures.....	39
Tableau III.18 : Apports totaux à travers les parois opaques.....	39
Tableau III.19 : Gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées.....	40
Tableau III.20 : Rayonnement total de base et diffus de base.....	40
Tableau III.21 : Valeurs du coefficient d'amortissement N_{pvi}	41
Tableau III.22 : Longueur d'ombre des parois vitrées.....	41
Tableau III.23 : Gains dus aux rayonnements à travers les parois vitrées ouest.....	42
Tableau III.24 : Gains dus aux rayonnements à travers les parois vitrées N-E.....	43
Tableau III.25 : Gains dus aux rayonnements à travers les parois vitrées S-E.....	44

Tableau III.26 : Apports à travers les parois vitrées extérieure.....	45
Tableau III.27 : Apports à travers la paroi vitrée intérieure (mur 4).....	45
Tableau III.28 : Apports à travers les parois vitrée du local.....	46
Tableau III.29 : Débit d'air neuf et débit d'infiltration.....	46
Tableau III.30 : Gains sensibles dus aux introductions d'air.....	46
Tableau III.31 : Gains latents dus aux introductions d'air.....	47
Tableau III.32 : Gains dus aux éclairages.....	47
Tableau III.33 : Gains dus aux appareils électriques.....	47
Tableau III.34 : Apports sensibles et latents dus aux occupants.....	48
Tableau III.35 : Gains sensibles et latents totaux.....	48
Tableau III.36 : Apports totaux du local.....	49
Tableau III.37 : Apports effectifs totaux.....	50
Tableau III.38 : Apports de références des parois opaques verticales.....	50
Tableau III.39 : Apports de références de la paroi opaques horizontale.....	51
Tableau III.40 : Apports de références dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée.....	51
Tableau III.41 : Apports de références dus au gradient de température.....	51
Tableau III.42 : Apports de référence pour le mois de juillet.....	51
Tableau III.43 : Résultat de la vérification.....	52
Tableau III.44 : Apports maximal à l'heur critique.....	53
Tableau III.45 : Dimension du circuit de soufflage.....	60
Tableau III.46 : Dimension du circuit de reprise.....	60
Tableau III.47 : Pertes de charges linéaire su réseau de soufflage.....	61
Tableau III.48 : Pertes de charges linéaire du réseau de reprise.....	62

NOMENCLATURE

Symboles	Définition	Unités (SI)
$r_{b,e}^s$	Humidité spécifique de base de l'air extérieure	$\text{kg}_{\text{d'eau}} / \text{kg}_{\text{d'air sec}}$
E_b	Écart diurne de base	$^{\circ}\text{C}$
C_{RS}	Coefficient correcteur	%
$I_{t,b}$	Rayonnement total de base	W / m^2
$I_{d,b}$	Rayonnement diffus de base	W / m^2
I_t	Rayonnement total maximal réel	W / m^2
I_d	Rayonnement diffus maximal réel	W / m^2
C_{cadre}	Coefficient tenant compte de la nature de cadre	-
C_{limp}	Coefficient tenant compte de la nature de la limpidité	-
C_{alt}	Coefficient tenant compte de la nature de l'altitude	-
$r_{b,i}^s$	Humidité spécifique de base de l'air intérieur	$\text{kg}_{\text{d'eau}} / \text{kg}_{\text{d'air sec}}$
$K_{\text{été}}$	Coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été	$\text{W} / \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$
S_{int}	Surface intérieure total de la paroi considérée	m^2
ΣR	Somme des résistances thermique de différentes couches de matériaux	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{W}$
$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$	Somme des résistances d'échange superficiel	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{W}$
e	Épaisseur du matériau	m
$C_{\Delta\theta_e}$	Facteur de correction	$^{\circ}\text{C}$
$I_{t,b(40)}$	Le rayonnement total de base pour le mois de juillet la latitude 40° et pour l'orientation de considérée	W / m^2
C_{inc}	Coefficient correcteur	-
S_{ouv}	Surface de l'ouverture dans la paroi opaque	m^2
S_v	Surface total vitrée	m^2

$S_{v_{ens}}$	Surface vitrée ensoleillée	m^2
N_{pvi}	Coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées	-
r_v	Résistance supplémentaire des voilages éventuels	$m^2 \cdot ^\circ C / W$
r_{rid}	Résistance supplémentaire des rideaux éventuels	$m^2 \cdot ^\circ C / W$
r_{occ}	Résistance supplémentaire des occultations	$m^2 \cdot ^\circ C / W$
M	Masse rapportée à la surface	kg / m^2
$Q_{s,oc}$	Gains sensibles des occupants	W
n	Nombre d'occupants	-
$C_{s,oc}$	Chaleur sensible des occupants	W
$Q_{l,oc}$	Gains latents des occupants	W
$C_{l,oc}$	Chaleur latente des occupants	W
W_n	Puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent	W
C_m	Coefficient de majoration	-
C_{cr}	Pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle	-
$q_{v_{inf}}$	Débit d'air dû aux infiltrations	m^3 / h
$q_{vo_{inf}}$	Débit d'infiltration correspond à l'ouvrant i	m^3 / h
P_s	Pression de saturation de vapeur d'eau	Pa
$C_{\Delta as}$	Coefficient de majoration des gains sensibles	W
$C_{\Delta al}$	Coefficient de majoration des gains latents	W
a	Coefficient liée à la nature de la construction	-
C	Coefficient dépend de type d'usage de la construction	-
N_{pvi}	Coefficient d'amortissement	-
V_{moy}	Vitesse moyenne d'écoulement	m/s
qm	Débit massique	kg/s
qv	Débit volumique	m^3 / h
e_1	Langueur d'ombre verticale	m

d	Largeur de la saillie verticale	m
c	Profondeur de la partie ensoleillée	m
J	perte de charge linéique	Pa/m
L	Langueur de la conduite	m
APO	Apport de chaleur à travers une paroi opaque	W
AVT	Apport à travers les parois vitrées intérieures	W
AV	Gains à travers les parois vitrées extérieures	W
AVT	Gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées	W
AVE	Gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées	W
FS	Facteur solaire du vitrage	-
AI	Apport de chaleur interne à l'instant t	W
AI _{s,j}	La partie sensible de l'apport interne j	W
AI _{l,j}	La partie latente de l'apport interne j	W
CS _j	Coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j	-
AIN _{Fs}	Apport de chaleur sensible dus aux infiltrations	W
AIN _{F_l}	Apport de chaleur latent dus aux infiltrations	W
A _s	Apport calorifique sensible	W
A _l	Apport calorifique latent	W
AT _s	Apport calorifique total sensible	W
AT _l	Apport calorifique total latent	W
AT	Apport calorifique total	W
A _{réf}	Apport calorifique de référence	W
A _{réf,PH}	Apport calorifique de référence à travers les parois opaques horizontales	W
A _{réf,PV}	Apport calorifique de référence à travers les parois opaques verticales	W
A _{réf,PVI}	Apport calorifique de référence à travers les parois vitrées	W
AVE _{réf}	Apport de référence dus à l'ensoleillement	W

$\Delta VT_{\text{réf}}$	Apport de référence dus au gradient de température	W
$FS_{\text{réf}}$	Facteur solaire de référence	-

Symboles grecs

Symbole	Désignation	Unité
ξ	Coefficient de perte de charge singulière	-
ρ	Masse volumique	kg / m ³
β	Hauteur du soleil	Degré
δ	Déclinaison solaire	Degré
ω	L'angle solaire	Degré
Φ	Azimute solaire	Degré
φ	Azimute de la paroi considérée	Degré
λ	Coefficient de perte de charge linéaire	-
μ	Viscosité dynamique	Pa.s
ψ	Humidité relative de base	%
λ	Conductivité thermique du matériau	W/ m.°C
$\theta_{b,e}$	Température sèche de bas de l'air extérieur	°C
θ_m	Température moyenne de l'air extérieur	°C
$\theta_e(t)$	Température sèche de l'air extérieur à l'heure t	°C
$\theta_{b,i}$	Température sèche de bas de l'air intérieur	°C
$\Delta\theta_e(t)$	Différence équivalente de température à l'heure t	°C
$\Delta\theta_{es}$	Différence de température équivalente en considérant que la paroi est à l'ombre	°C
$\Delta\theta_{em}$	Différence de température équivalente pour l'orientation de la paroi considérée	°C
$\Delta\theta_{\text{max}}$	Écart de température maximal entre l'intérieur et l'extérieur	°C
$\Delta\theta_{\text{inc}}$	Écart de température entre l'espace non conditionné et le local considérée	°C

$\Delta\theta_{\text{réf,PH}}$	Différence de température de référence pour les parois opaques horizontales	°C
$\Delta\theta_{\text{réf,PV}}$	Différence de température de référence pour les parois opaques verticales	°C
$\Delta\theta_{\text{réf,PVI}}$	Différence de température de référence des parois vitrées	°C
ΔP_L	Pertes de charges linéaires	Pa
ΔP_S	Pertes de charge singulière	Pa

Introduction Générale

Introduction Générale

Le confort est la préoccupation de chaque individu dans sa vie quotidienne et surtout pendant les temps de travail, un temps chaud et humide était alors souvent suivi de journées de travailles perdues et de nuits d'insomnies.

En été 1902 la climatisation a pris naissance et a été lancée par le Dr WELLIS HAVLAND CARRIER, depuis, l'efficacité de la production industrielle en Amérique a connu un accroissement remarquable pendant les 50 années suivantes d'où il est surnommé « le père de la climatisation ».

Maintenant on trouve des installations de climatisation centrale partout dans le monde, industries, locaux publics, des universités et même dans les maisons individuelles.

Le présent travail a pour objectif, l'étude d'une installation de climatisation centrale d'un amphithéâtre au sein de l'université Abderrahmane Mira- Bejaia, pour l'amélioration des conditions d'étude en été.

Le premier chapitre, constitue les généralités de la climatisation et le confort, et mentionne les éléments constituant l'air humide (air neuf provenant de l'extérieure)

Le second chapitre intitulé « Réglementation thermique », établi à l'aide du document technique réglementaire (DTR) en recueillant la méthode de calcul des apports calorifiques et les conditions de base de l'air (température et hygrométrie) pour la zone climatique étudiée et enfin la vérification réglementaire pour assurer la validité des apports calculés.

Le troisième chapitre « Bilan thermique », représente la partie pratique et les applications numériques de l'étude, ce chapitre est divisé en trois parties.

Dans la première partie, on présentera le local à climatiser, puis nous entamons le calcul des apports et la vérification des résultats à la conformité réglementaire.

La deuxième partie, pour l'étude de l'évolution de l'air dans le local en adoptons la méthode du diagramme de carrier pour déterminer les points d'entrer et de sortie de l'air traiter et le calcul des puissances des batteries a utilisé pour réussir le conditionnement.

La troisième partie, entamera le dimensionnement du réseau aéraulique adéquat aux débits et le calcul des pertes de pression dans les circuits pour déterminer les compresseurs ou ventilateurs qui pourront assurer la circulation de l'air dans les conduits.

Chapitre I

GENERALITE SUR LE CONFORT THERMIQUE ET L'AIR HUMIDE

I.1. Introduction

Dans l'intérêt personnel et professionnel, dans n'importe quel local exigeant un confort climatique idéal, le conditionnement d'air est nécessaire.

Ce chapitre illustre des généralités de base (température et hygrométrie), nous présentons des conditions du confort de l'individu par rapport à l'environnement qu'il occupe qui nous seront utiles pour le choix d'équipement qui va assurer le bien-être souhaité une fois le bilan thermique est établi.

I.2. Conditionnement d'air

La climatisation est un procédé utilisé pour traiter l'air quel que soit son état initial pour atteindre le niveau de confort, et pour garantir ainsi les meilleures conditions climatiques. Il est utile dans certains types de lieux qui nécessitent un confort important, notamment dans les maisons, les hôpitaux, les universités, etc.

I.3. Confort

C'est le bien-être ressenti en absence de toutes sortes de nuisances, 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 :

I.3.1. Confort thermique

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis l'environnement thermique, il dépend de six paramètres :

- Le métabolisme : La production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de $36,7^{\circ}\text{C}$. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos
- L'habillement : qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- La température ambiante de l'air T_a .
- La température moyenne des parois T_p .

- L'humidité de l'air.
- La vitesse de l'air. »:

I.3.2 Confort acoustique

Est essentiel pour la qualité de vie quotidienne, il faut minimiser toute sorte de bruit sonore pour obtenir une concentration total des occupants du local.

I.3.3 Confort météorologique

Dans l'environnement de l'air atmosphérique, l'individu perd plus ou moins sa chaleur corporelle à travers différents processus. L'importance de ces pertes thermique varie non seulement en fonction de la température ambiante, mais aussi de l'humidité environnante et sur tout de la vitesse du vent, d'où l'idée de proposer pour un temps sensible déterminé, une valeur de la température qui serait équivalente à celle du temps présent ou prévu, mais par vent calme et sans excès d'humidité. [1]

➤ Confort et humidité

Pour la transpiration, l'humidité relative de l'environnement affecte la capacité de notre corps à évacuer l'excès de chaleur.

- Ainsi, une température extérieure de 24°C et une humidité relative de 82 % (après une pluie en période de forte chaleur), entraînent une forte impression de moiteur, due à l'impossibilité pour la peau d'évaporer l'eau de transpiration et donc de se rafraîchir.
- Par contre, une température de 24°C conjointe à une humidité relative de 18 % (climat estival méditerranéen) permet de refroidir la peau par l'évaporation de l'eau de transpiration. La chaleur nous paraît très supportable.

➤ Confort et température

Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu.

➤ Confort et vitesse de l'air

La vitesse relative de l'air par rapport à l'occupant est considérée comme un paramètre essentiel, car elle affecte les échanges thermiques par convection et augmente l'évaporation à la surface

de la peau. À l'intérieur du bâtiment, tant que la vitesse du vent ne dépasse pas 0,2 m/s, l'impact sur le confort des occupants est négligeable.

À titre de comparaison : se promener à la vitesse de 1 km/h produit sur le corps un déplacement de l'air de 0,3 m/s.

I.4 Plage de confort hygrométrique en Algérie

Le mouvement de l'air abaisse la température du corps, facteur recherché en été, mais pouvant être gênant en hiver (courants d'air). [2]

Plus précisément, on peut délimiter une plage de confort hygrométrique par le diagramme suivant :

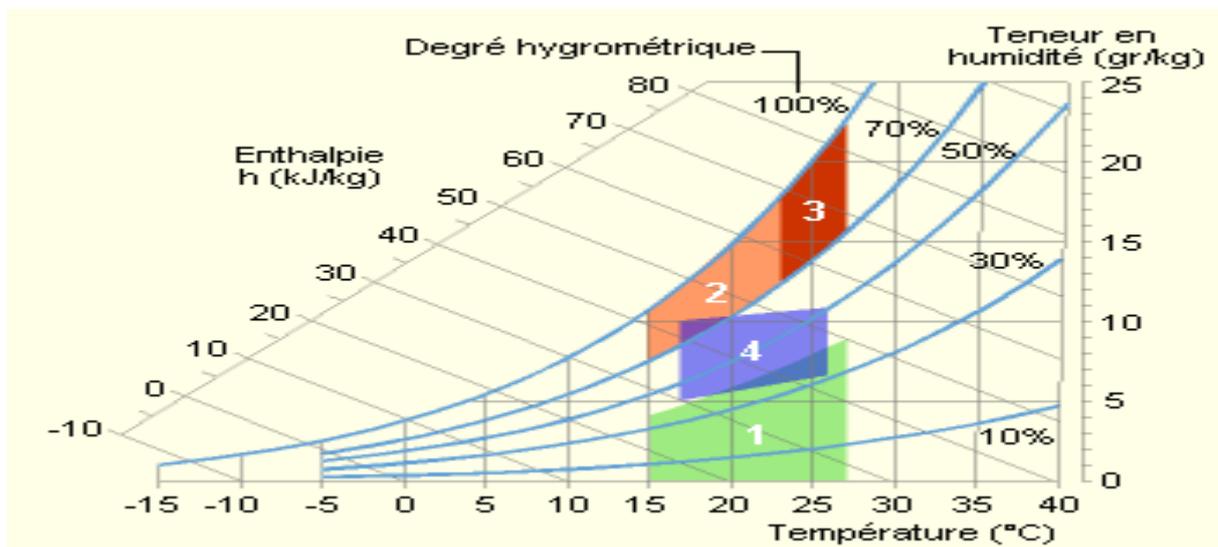


Figure I.1 : zones de confort température _ humidité [2]

Ce diagramme nous présente l'impact de l'humidité de l'air sur la santé,

1. Zone à éviter pour des problèmes de sècheresse.
2. Zone à éviter en cause de développement de bactérie et de microchampignon.
3. Zone à éviter en risque de développent d'acariens.
4. Polygone de confort hygrothermique.

I.5 Diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance

La diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectue selon divers mécanismes :

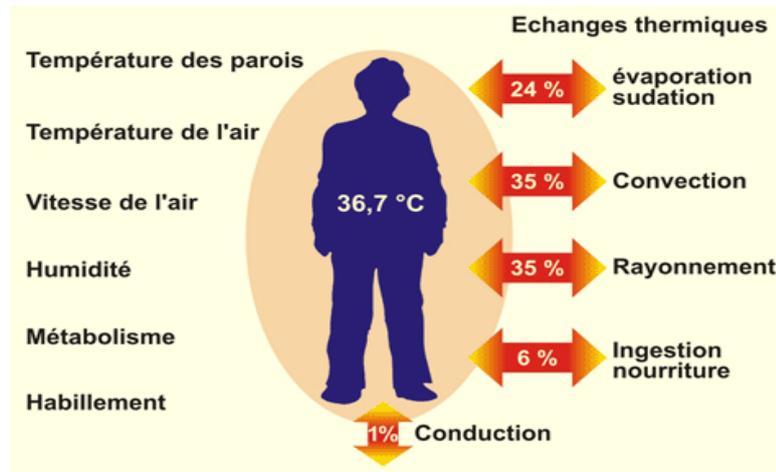


Figure I.2 : Diffusion de chaleur corps-environnement [2].

- Plus de 50 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par la respiration ou à la surface de la peau).
- Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1 %).
- Le corps perd également 6 % de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée, cette importance de nos échanges par rayonnement explique que nous sommes très sensibles à la température des parois qui nous environnent

I.6 Air humide

L'air ambiant quel qu'il soit, contient une certaine quantité d'eau sous forme de vapeur. Pour cette raison, il est appelé « air humide » par contre au cas idéal c'est l'air sec, qui ne renfermerait pas de vapeur d'eau. L'air humide inclus une quantité de vapeur d'eau variable, mais limité.

$$\text{AIR HUMIDE} = \text{AIR SEC} + \text{VAPEUR D'EAU}$$

Lorsque cette quantité de vapeur est maximale, on parle « d'air saturé », cette quantité dépend des conditions multiples suivantes :

- Teneur en eau de l'air (Humidité absolue).
- Degré hygrométrique (Humidité relative).
- Pression et température du local.

I.6.1 diagramme d'air humide

Ce diagramme représente toutes les caractéristiques de l'air humide

➤ **Humidité relative**

L'humidité relative ψ , également appelée degré hygrométrique, est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air P_v , et la pression de saturation de cette vapeur d'eau P_{sat} à la même température Θ . Elle s'exprime généralement en pourcentage, est donnée par la relation suivante :

$$\Psi = \frac{P_v}{P_{s,\theta}} \quad (I.2)$$

I.6.3 Température

Le terme température est employé dans la vie courante. Il est alors relié à la sensation immédiate de chaud et de froid. Elle est mesurée par des thermomètres différant selon leur fonction ; dilatation thermique des corps, variation de pression des gaz ou variation des résistances électrique.

➤ **Température humide**

La température humide Θ_h dite aussi température de bulbe humide est celle qu'on peut lire sur un thermomètre où le bulbe est recouvert d'une mèche baignée dans l'eau. La température humide, est toujours inférieure à la température courante (température sèche), sauf à l'état saturé (humidité relative à 100%).

➤ **Température sèche**

Température sèche Θ_s , ou température de bulbe sec, est celle qui est indiquée par un thermomètre dont l'ampoule (le bulbe), est parfaitement sec, ce thermomètre étant placé dans l'air ambiant qui nous indique la température sèche en (°C).

➤ **Température rosé**

C'est la température Θ_r pour laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air humide que l'on refroidit à pression constante, commence à se condenser (apparition de gouttelettes d'eau), qu'on appelle aussi température de condensation.

I.6.4 Enthalpie

L'enthalpie est un paramètre thermodynamique essentiel pour les calculs énergétiques des équipements, il s'agit de l'énergie contenue dans l'air, lors des transformations générées par le Conditionnement d'air à une pression constante. On considère, pour les calculs d'équipements :

➤ **Enthalpie massique H***

Pour l'air sec, l'eau ou l'air humide ; elle est rapportée à l'unité de masse du corps considéré et on l'exprime en [J/kg], ou plus souvent en [kJ/kg] ; on la rencontre encore souvent exprimée en unités thermiques : [kcal /kg] ;

- L'enthalpie massique d'air sec :

$$H_{a,s} = 1,006 \cdot \theta \quad \left[\text{kJ/kg}_{a,s} \right] \quad (\text{I.3})$$

- L'enthalpie massique de la vapeur d'eau :

$$H_v = 2500,8 + 1,8266 \cdot \theta \quad \left[\text{kJ/kg}_v \right] \quad (\text{I.4})$$

➤ **Enthalpie spécifique H_s**

Pour l'air humide seulement ; l'enthalpie spécifique est rapportée à l'unité de masse d'air sec ; on l'exprime en [J/ kg d'air sec], ou en [kJ/ kg d'air sec], mais aussi en [kcal/kg d'air sec]

$$H^s = 1,006 \cdot \theta + r^s (2500,8 + 1,8266 \cdot \theta) \quad \left[\text{kJ/kg}_{a,s} \right] \quad (\text{I.5})$$

I.6.5 Volume massique et spécifique

➤ **Volume massique**

Le volume massique V* est le volume occupé par l'unité de masse d'air humide. Un volume V renfermant une masse m=m_a+m_v d'air humide.

$$V^* = \frac{461,51(0,622+r^s)T}{(1+r^s) \cdot P} \quad \left[\text{m}^3/\text{kg}_{\text{air Humide}} \right] \quad (\text{I.6})$$

➤ **Volume spécifique**

Volume d'air humide renfermant l'unité de masse d'air sec (spécifique signifiant ici rapporté à l'unité de masse d'air sec).

$$V^s = \frac{461,51(0,622+r^s)T}{(1+r^s) \cdot P} \quad \left[\text{m}^3/\text{kg}_{\text{air Humide}} \right] \quad (\text{I.7})$$

I.7. Centrale de traitement d'air

Une centrale de traitement d'air est un élément technique dédié au chauffage, au refroidissement, à l'humidification ou à la déshumidification des locaux.

Une CTA est soit de type Monobloc, soit elle est constituée de modules additionnés les uns aux autres, suivant la configuration, ventilateur, batteries chaudes et froides, filtres, etc. [3]

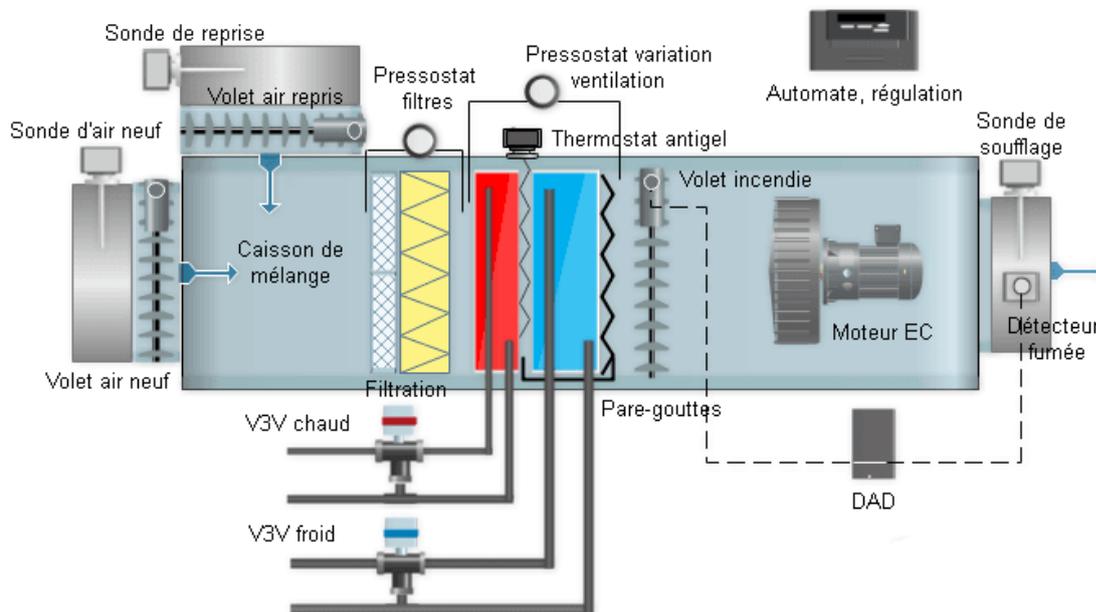


Figure I.4 : Exemple d'une Centrale de traitement d'air [3]

I.8 Machines frigorifiques

Les machines frigorifiques sont des systèmes de production du froid par la détente de fluides frigorigènes, pour la climatisation centrale on utilise des groupes d'eau glacée qui fonctionnent comme machine frigorifique à détente indirecte, en utilisant un fluide intermédiaire (eau) pour le transport du froid aux ventilo-convecteurs pour refroidir et déshumidifier l'air.

I.8.1 Groupe d'eau glacée

Un groupe d'eau glacée est composé d'un compresseur, un évaporateur et un condenseur, pour produire de l'eau glacée par échange d'énergie calorifique du fluide frigorigène et l'eau.

Cette eau glacée circule dans une canalisation pour alimenter des émetteurs à eau (ventilo-convecteurs) qui est constitué d'un échangeur de chaleur et d'un ventilateur pour transférer l'air refroidi dans le local à climatiser.

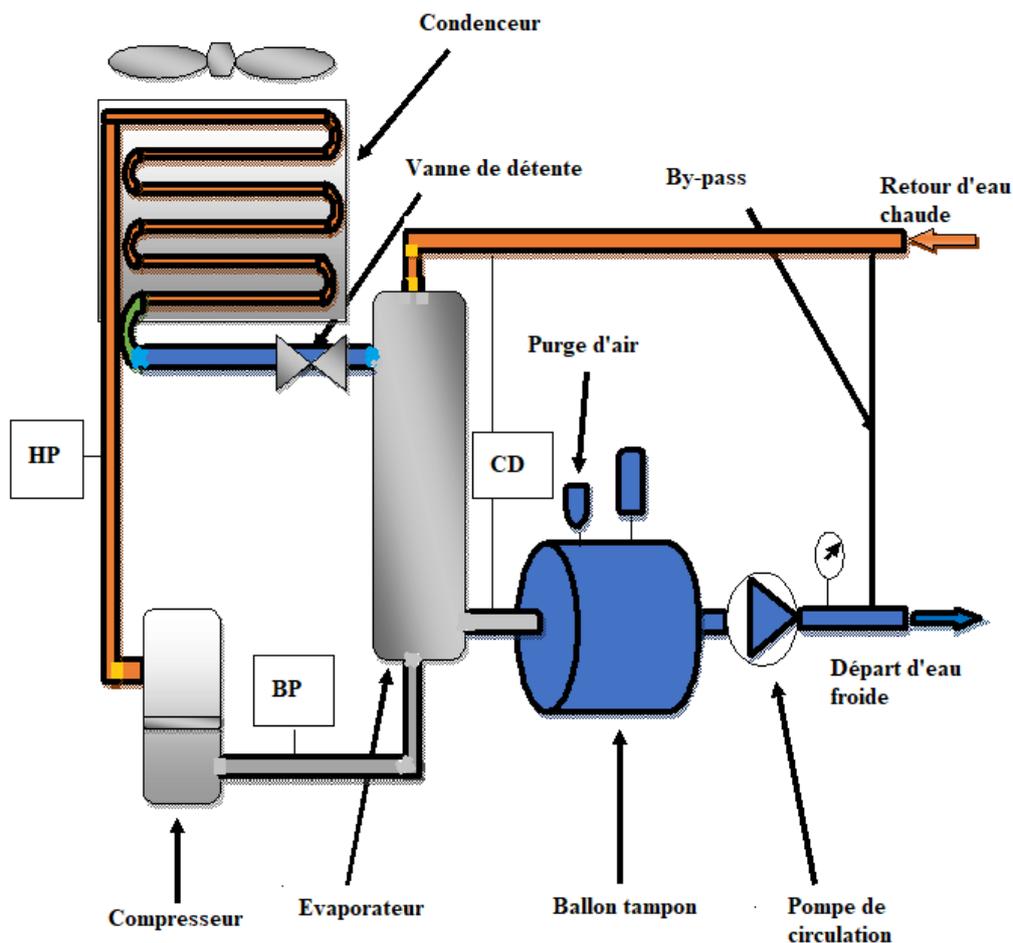


Figure I.5 : Centrale de traitement d'air à eau glacée [5]

I.8.2 Puissance du groupe d'eau glacée

Dans la climatisation, la puissance du groupe d'eau glacée à utiliser se détermine par rapport aux charges du local qui est la quantité de chaleur à éliminer pour atteindre les conditions intérieures favorables.

- On choisit souvent la puissance du groupe d'eau glacée par une majoration de 30% de la charge frigorifique selon la relation (I.8).

$$P_f = A_T + 0,3A_T \quad (I.8)$$

A_T : charge total du local.

I.9. Conclusion

Dans ce chapitre, Nous avons établi des généralités sur le confort thermique et l'air humide en rassemblant quelques notions de bases sur ce dernier qui nous seront utile pour la suite de nos calculs puis nous avons présenté de différents procédés de climatisation et du conditionnement d'air tel, les CTA et les groupe d'eau glacée.

Chapitre II

REGLEMENTATION

THERMIQUE

II.1. Introduction

Afin de garantir les meilleures conditions du confort souhaité, tout en garantissant une consommation d'énergie minimal, la détermination des charges thermique (apport) du local à climatiser est l'étape la plus essentiel à faire pour le dimensionnement d'une central de climatisation.

En se basant sur l'ensemble des règles de calcul des apports calorifique des bâtiments, du document technique réglementaire (DTR) en Algérie, nous allons présenter les formules sélectionnées pour le calcul des bilans thermique et déterminer la puissance frigorifique nécessaire, aussi la méthode de vérification de la conformité à la réglementation d'été.

II.2. Conditions de base:

Avant d'entreprendre tout calcul sur les charges thermique d'un bâtiment, on doit prélever les conditions de base qui représentent les données principales pour définir les puissances nécessaire au traitement de l'air neuf, elles proviennent de l'analyse statistique des données climatiques (intérieurs et extérieurs) et d'un facteur de risque raisonnable pour le calcul des charges de locaux à climatiser.

II.2.1. Conditions de bases extérieures :

Ces conditions de base diffèrent d'une zone à une autre, elles résument principalement les caractéristiques de l'air extérieur, qui est défini par :

- Sa température sèche de base $\Theta_{b,e}$
- Son humidité spécifique de base $r_{b,e}^s$
- Son écart diurne de base E_b
- Sa température moyenne Θ_m

Notre projet d'étude est un amphithéâtre du campus universitaire targa ouzemour qui se situe dans la zone A, à une altitude inférieur à 500m.

Nous adoptons les caractéristiques climatiques extérieures de cette zone dans le tableau suivant :

Zone climatique		Température sèche $\Theta_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $r_{b,e}^s$ (kg _{eau} / kg _{as})	Ecart diurne E_b (°C)	Température moyenne Θ_m (°C)
A	Alt < 500	34	0.0145	9	25.5

Tableau II.1 : Conditions de bas extérieures [4]

➤ **Température sèche de l'air extérieur**

C'est une température qui n'est dépassée que pendant 2 à 3 heures des jours les plus chauds d'été, on peut la calculer par l'expression (II.1) :

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

C_{TS} : coefficient correcteur, les valeurs de $C_{TS}(t)$ sont données dans l'annexe tableau (A.2) en fonction de l'heure t .

➤ **Ecart diurne**

L'écart diurne de base est la moyenne mensuelle de la différence entre les températures sèches maxima et minima de l'air extérieur durant une journée pour les mois de Juillet et d'Août, et pour notre zone d'étude : $E_b = 9$ °C

➤ **Rayonnement solaire de base**

Le rayonnement solaire est l'ensemble des flux de particules émises par le soleil, forment ainsi des ondes électromagnétiques. Il se divise en deux composantes ; rayonnement direct et rayonnement diffus.

- Rayonnement direct : constitué par la proportion de rayonnement initial et qui parvient jusqu'à la surface de la terre.

- Rayonnement diffus : est dû à la réflexion par les particules de vapeur d'eau, d'ozone, ou de poussière, et qui est reparti de façon uniforme à la surface de la terre.

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

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

I_t : rayonnement total maximal réel

I_d : rayonnement diffus maximal

Les coefficients C_{cadre} , C_{limp} , C_{alt} , C_{ros} ; sont respectivement coefficient tenant compte de la nature de cadre, coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère, coefficient tenant compte de l'altitude et coefficient tenant compte de la valeur de point de rosé. [4]

➤ Masse surfacique

La masse surfacique est une référence essentielle pour déterminer la différence de température équivalente pour chaque paroi, on peut la calculer à partir de la relation suivante :

$$M_s = \sum \rho \times e_i \quad (\text{II.4})$$

Où

ρ masse volumique des composantes de la paroi en $[\text{kg}/\text{m}^3]$

e_i épaisseur de chaque composante de la paroi en $[\text{m}]$

II.2.2 : Conditions de base intérieures

Les conditions intérieures de base se repose sur le confort des occupants, pour un climat de bien-être, un niveau de confort amélioré est exigé, et donc une amélioration des caractéristiques de base intérieures suivantes ;

- Température sèche de base de l'air intérieur $\Theta_{b,i}$ en ($^{\circ}\text{C}$).
- Humidité relative de base de l'air intérieur Ψ en (%).

Pour un niveau dit amélioré, le confort est privilégié par rapport à l'aspect économique, et donc l'accroissement de la température sèche de base n'est pas acceptable.

Notre projet représente un amphithéâtre qui est classé comme endroit au séjour de durée limitée représenté dans le tableau (II.2) avec ces caractéristiques au confort amélioré ;

Application	Niveau de confort amélioré	
	Température sèche $\Theta_{b,i}$ ($^{\circ}\text{C}$)	Humidité relative Ψ (%)
Séjour de durée limitée avec gains latents importants Amphithéâtre, salle de spectacle, etc.	24	50

Tableau II.2 : Conditions de base intérieur

II.3. Méthodologie de calcul des apports calorifique

Les apports calorifiques appelés aussi gains, représentent les échanges de chaleur sensible et latente par conduction, convection et rayonnement entre les conditions intérieures et extérieures ; à travers les parois, par introduction de l'air extérieure et les gains internes.

Le calcul de ces apports est d'une importance capitale pour le dimensionnement de la machine frigorifique et de la puissance nécessaire au conditionnement du local avec ces occupants aux conditions plus ou moins exactes, et la réduction de la consommation d'énergie.

II.3.1 Apports a travers les parois opaques

➤ Apports à travers les parois opaques aériennes

Ce sont les gains a travers les parois en contacte directe avec l'air extérieure, parois horizontales (toiture) et vertical (murs extérieures), ils s'expriment par l'expression générale (II.5)

$$APO(t)=1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta\theta_e(t) \quad [W] \quad (II.5)$$

Avec :

- 1,2 coefficient majorateur tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).
- $K_{\text{été}}$, (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) coefficient de transfert thermique en été, il est donné par l'expression (II.6).
- S_{int} , (en m^2) est la surface intérieure totale de la paroi ; pour la toiture en pente on prendra la projection horizontale de la surface.
- $\Delta\theta_e(t)$, (en $^\circ C$) est la différence équivalente de température à l'heure t, elle peut s'exprimer pour les parois ensoleillées par l'expression (II.7) et pour les parois à l'ombre par l'expression (II.8).

$$\frac{1}{K_{\text{été}}} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad (II.6)$$

Où :

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

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

- $1/h_e + 1/h_i$ (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la somme des coefficients d'échange superficiel prise conformément aux valeurs données dans l'annexe, tableau (A.14).

$$\Delta\theta_e(t) = \Delta\theta_{es}(t) + C_{\Delta\theta_e} + \frac{a}{0,9} \left[\Delta\theta_{em} - \Delta\theta_{es}(t) \right] \frac{I_{t,b}}{I_{t,b(40)}} \quad (II.7)$$

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

α est le coefficient d'absorption qui dépend de la couleur de la façade extérieure.

Pour la couleur clair (crème) $\alpha = 0.50$

$C_{\Delta\theta_e} = 2.6$ pour une différence de température de $10^\circ C$.

$\Delta\theta_{em}$ et $\Delta\theta_{es}$ différence de température équivalente à l'instant t , déterminés par interpolation l'annexe, tableau (A.2).

$I_{t,b}$ et $I_{t,b(40)}$ sont respectivement le rayonnement total maximal réel et rayonnement total de base pour le mois de juillet ; déterminés par interpolation dans l'annexe, tableau (A.1).

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

Les apports de chaleur à un instant t , traversant une paroi opaque en contact avec un local non conditionné sont donnés par la formule (II.9) :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta\theta_{Inc}(t) \quad (II.9)$$

- $K_{été}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérer.
- S_{int} (m^2) surface intérieure de la paroi considérer.
- $\Delta\theta_{Inc}$ ($^\circ C$) l'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considérer, il est donné par la relation (II.10) :

$$\Delta\theta_{Inc} = [(\theta_{s,e}(t) - C_{Inc}) - \theta_{s,bi}] \quad (II.10)$$

- $\theta_{s,e}$ ($^\circ C$) Température extérieure sèche à l'instant considérer.
- $\theta_{s,bi}$ ($^\circ C$) Température intérieure du local conditionné.
- C_{Inc} ($^\circ C$) coefficient correcteur données par l'annexe tableau (A.3).

➤ **Apports à travers le plancher**

Les apports à travers le plancher sont calculés par la relation suivante :

$$APO = K_{\text{été}} \times S_{\text{app}} \times (\theta_{s,m} - \theta_{s,bi}) \quad (\text{II.11})$$

- S_{app} (en m^2) est la surface de la zone d'apport,

- $\theta_{s,bi}$ (en $^{\circ}\text{C}$) est la température du local conditionné,

- $\theta_{s,m}$ (en $^{\circ}\text{C}$) est la température moyenne sèche de l'air extérieur, annexe A, tableau (A.4)

➤ **Apports à travers les parois vitrées**

• **Parois vitrées intérieures**

Les apports à travers les parois vitrées intérieures sont dus uniquement à la différence de température intérieure et extérieure de la paroi, ils sont donnés par la formule (II.12) :

$$AVT(t) = K_{\text{été}} \cdot S_{\text{ouv}} \cdot [(\theta_e(t) - C_{\text{Inc}}) - \theta_{b,i}] \quad (\text{II.12})$$

S_{ouv} (en m^2) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

• **Parois vitrées extérieures**

Les apports à travers les parois vitrées extérieures sont dus à la fois au gradient de température et au rayonnement solaire, exprimer par l'expression (II.13).

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad (\text{II.13})$$

Les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées extérieures AVT et les Gains dus au rayonnement solaire AVE se calculent en utilisant respectivement les relations (II.14) et (II.15) : [4]

$$AVT(t) = 1,2 \cdot K_{\text{été}} \cdot S_{\text{ouv}} \cdot [\theta_e(t) - \theta_{b,i}] \quad (\text{II.14})$$

$$AVE(t) = [SV_{\text{ens}} \cdot I_t + (SV - SV_{\text{ens}}) \cdot I_d] \cdot FS \cdot N_{\text{PVI}}(t) \quad (\text{II.15})$$

Sachant que :

FS : C'est le facteur solaire, il caractérise la quantité totale d'énergie que laisse passer un vitrage par rapport à l'énergie solaire incidente. Il mesure donc la contribution d'un vitrage à l'échauffement de la pièce.

N_{pvi} : Coefficient d'amortissement.

$(SV - SV_{ens})$: exprime la surface vitrée à l'ombre.

Le coefficient de transmission des parois vitrée se calcul en utilisant la formule (II.16).

$$\frac{1}{K_{été}} = \frac{1}{K_{wn}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \quad (II.16)$$

K_{wn} : Coefficient de transmission du vitrage nu, il est donné en fonction de type du vitrage, de l'épaisseur de la lame d'air, de type de la menuiserie et de la disposition de la vitre, pour nos vitres simples en menuiserie métallique $K_{wn} = 5.8$.

La résistance supplémentaire des occultations r_{occ} se calcule à l'aide de la formule (II.17).

$$r_{occ} = 0,16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \quad (II.17)$$

λ_{occ} : Conductivité thermique de l'occultation.

Zones d'ombres

Pour un saillie horizontale on calcul la longueur d'ombre « e » comme suit :

$$e = \text{tg}(h) \times c \quad (II.18)$$

Où :

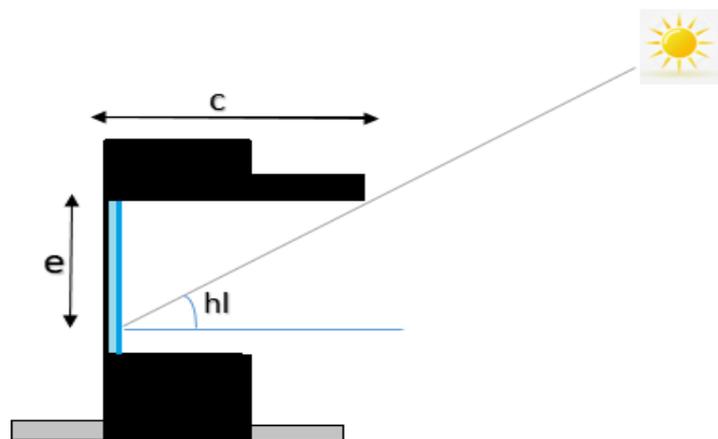


Figure II.1 : position du soleil par rapport à la vitre

c, en (m) est la profondeur de la partie en saillie

h, angle entre l'extrémité de e et c

L'angle h est défini par
$$\text{tg}(h) = \frac{\text{tg}(\beta)}{\cos(\phi - \Phi)}$$

Où :

β , hauteur du soleil à l'instant considéré, déterminé dans l'annexe, tableau (A.12)

Φ , (en degré), azimut de la paroi par rapport au temps solaire vrai, annexe, tableau (A.11)

ϕ , (en degré), azimut solaire déterminé par rapport au temps solaire vrai (TSV), annexe, tableau (A.12).

La différence $\phi - \Phi$ est comprise entre $]-90^\circ ; 90^\circ [$, si cette différence n'est pas comprise dans l'intervalle donc la paroi est à l'ombre.

Les tableaux suivants montrent les zones d'ombres des parois extérieures pour les trois mois.

II.3.2 Apports de chaleur internes

Les apports de chaleur internes (gains internes) sont les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensibles à l'intérieure des locaux conditionnés.

Les gains pris en considération dans notre étude sont principalement aux occupants, aux appareils électriques et à l'éclairage.

L'expression générale des apports de chaleur internes (II.19) :

$$AI(t) = \sum_j (cs_j \cdot AI_{s,j} \cdot N_{AI,j}) + \sum_j (cs_j \cdot AI_{L,j}) \quad (\text{II.19})$$

- CS_j coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne (annexe).

- $N_{AI,j}$ coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne (annexe).

- $AI_{s,j}$ la partie sensible de l'apport interne.

- $AI_{L,j}$ la partie latente de l'apport interne.

a. Gains dus aux occupants

Les gains dus aux occupants sont une source de chaleur sensible et latente, tableau (II.3). Pour déterminer ces apports nous utiliserons la formule générale donnée auparavant, en introduisant les gains sensibles et latents, (II.20) et (II.21).

- Gains sensible des occupants :

$$Q_{S,oc} = n \cdot C_{S,oc} \quad (II.20)$$

- Gains latents des occupants :

$$Q_{L,oc} = n \cdot C_{L,oc} \quad (II.21)$$

Degré d'activité	Local	Température sèche du local : 24°C	
		Gain sensible (W/personne)	Gain latent (W/personne)
Assis, travail très léger	Amphithéâtre	74	72

Tableau II.3 : Gains dus aux occupants

Les valeurs des chaleurs sensibles $C_{s,oc}$ et latentes $C_{l,oc}$ des occupants sont données en fonction de degré d'activité des occupants, de la température sèche du local et de type d'usage du local.

b. Gains dus aux appareils électriques

Les machines électriques à l'intérieure d'un amphithéâtre constituent une source de chaleur sensible,

En prend compte de toutes les machines électriques utilisée par les occupants dans tableau (II.4) :

Appareils	Gains sensibles par unité en (W)
PC portable	15
Rétroprojecteur	400
Petit serveur	60

Tableau II.4 : gains dû aux appareils électrique d'un amphithéâtre

c. Gains dus à l'éclairage

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible, les apports dus à ces appareils sont calculés par de la formule (II.22).

$$AI = \sum (W_n \cdot C_{me} \cdot C_{cr}) \quad (II.22)$$

- W_n (en w) : puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent ;
- C_{me} : coefficient de majoration ; 1.2 pour lampe incandescence et 1.25 pour les lampes fluorescents [4]
- C_{cr} : pourcentage de chaleur résiduelle correspondante à la part d'énergie restante dans la salle, est égale à 1.

II.3.3 Apports de chaleur par introduction d'air extérieure

Les apports de chaleur dus à l'introduction de l'air extérieure sont une source de chaleur latente et sensible, On distingue deux types d'apport :

- les apports dus aux infiltrations, qui interviennent directement dans le bilan du local.
- les apports dus à l'introduction d'air neuf, qui interviennent dans le bilan calorifique total.

On peut les calculer par les relations suivantes :

- Gains sensibles dus au renouvellement d'air (A_{RENS})

$$A_{RENS} = 0,321 \cdot q_{van} \cdot (\Theta_{b,e} - \Theta_{b,i}) \quad (II.23)$$

- Gains sensibles dus aux infiltrations (A_{INFS})

$$A_{INFS} = 0,321 \cdot q_{VINF} \cdot (\Theta_{b,e} - \Theta_{b,i}) \quad (II.24)$$

- Gains latents dus au renouvellement de l'air (A_{RENL})

$$A_{RENL} = 0,799 \cdot q_{van} \cdot \max[(r_{b,e}^s - r_{b,i}^s), 0] \quad (II.25)$$

-Gains latents dus aux infiltrations (A_{INFL})

$$A_{INFL} = 0,799 \cdot q_{VINF} \cdot \max[(r_{b,e}^s - r_{b,i}^s), 0] \quad (II.26)$$

Où :

- $0,321[\text{J}/\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}]$ représente le produit de la chaleur spécifique de l'air ($1006 \text{ J}/\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$) par la masse volumique de l'air ($1,15 \text{ Kg}/\text{m}^3$) et par un facteur de conversion ($1/3600$).
- $0,799(\text{J Kg air}/\text{g}_{\text{vap}} \text{ m}^3 \text{ air})$ représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air ($1,15 \text{ Kg}/\text{m}^3$) par la chaleur de vaporisation de l'eau ($2500,8 \text{ J}/\text{g}$) et par un facteur de conversion ($1/3600$).
- $r_{s,b;e}$ et $r_{s,b,i}$ représentent respectivement l'humidité spécifique de base de l'air extérieure et de l'air intérieure .
- $q_{v,an}$ et $q_{v,inf}$ (m^3/h) représentent respectivement le débit d'air neuf et le débit d'infiltration.

$$q_{v,INF} = \sum (q_{v,inf,i} \cdot S_{ouv,i}) \quad (\text{II.27})$$

$q_{v,inf}$, (en $\text{m}^3/\text{h.m}^2$) le débit d'infiltration correspondant à l'ouverture considéré i , les valeurs de $q_{v,inf}$ sont données dans l'annexe A, tableau (A.5).

S_{ouv} (en m^2) la surface de l'ouverture considéré i .

$q_{v,an} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ par occupant, le débit d'air neuf est pris dans l'annexe A, tableau (A.6).

$$q_{v,an} = q_{v,an}/\text{occupant} \times N_{\text{occupant}} \quad (\text{II.28})$$

II.3.4 Apports calorifique totaux

Pour déterminer la puissance frigorifique nécessaire au conditionnement, on doit calculer les apports totaux (sensibles et latents) de notre local.

➤ Apports sensibles

Les apports calorifiques sensibles sont apports de chaleur qui sont en relation directe avec la température sèche de l'air du local.

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{I_s} + A_{I_{NF_s}} \quad (\text{II.29})$$

➤ Apports latents

Les apports calorifique latents, ou gains latents, sont les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau qui affecte le local.

$$A_l = A_{I_l} + A_{I_{NF_l}} \quad (\text{II.30})$$

➤ Apports totaux

Les apports calorifiques totaux AT (ou puissance frigorifique) sont les apports totaux sensibles et latents égaux aux gains du local augmentés, d'une part des quantités de chaleur correspondant au débit d'air total qui passe à travers l'installation, et augmentes, d'autre part, des quantités de chaleur provenant de l'installation elle-même. [4]

$$\mathbf{AT = ATs + ATl} \quad (\text{II.31})$$

Avec :

Apports totaux sensibles

$$\mathbf{ATs = (C_{\Delta as} \cdot As) + ARENs} \quad (\text{II.32})$$

Apports totaux latents

$$\mathbf{ATl = (C_{\Delta al} \cdot Al) + ARENl} \quad (\text{II.33})$$

$C_{\Delta as}$ et $C_{\Delta al}$; sont respectivement les coefficients de majoration des gains sensibles et latents, annexe A, tableau (A.9).

II.3.5 Apports calorifique effectifs totaux

La détermination des apports calorifiques effectifs permet de dresser un bilan comparatif du prix de revient et du cout d'exploitation lorsqu'une option devra être prise pour le choix d'un facteur de by-pass pour une installation déterminée.

$$\mathbf{AE = AEs + AEI} \quad (\text{II.34})$$

$$\mathbf{AEs = (C_{\Delta as} \cdot As) + (BF \cdot Arens)} \quad (\text{II.35})$$

$$\mathbf{AEI = (C_{\Delta al} \cdot Al) + (BF \cdot Arenl)} \quad (\text{II.36})$$

BF ou facteur de by-pass exprime la partie de l'air extérieur (air neuf) non traite par l'installation de climatisation (imperfection de l'appareil de traitement), et qui parvient au local sans modifications. La valeur de BF représente une caractéristique de l'équipement donnée dans les catalogues des constructeurs. En l'absence d'informations, on adoptera les valeurs de l'annexe A, tableau (A.10).

II.3.6 Vérification réglementaire

Pour la vérification, le calcul est effectué pour l'ensemble du local supposés être conditionnés à 15 h pour le mois de juillet.

$$\mathbf{APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1,05 \times Aréf (15 h) \quad [W] \quad (II.37)}$$

Avec la somme des apports de références égale à la somme des apports de références des parois horizontales, verticales et vitrées.

$$\mathbf{Aréf = Aréf,PH + Aréf,PV + Aréf,PVI \quad [W] \quad (II.38)}$$

➤ **Apports de référence des parois opaques verticales :**

Les apports de références des parois opaques verticales sont calculés en fonction du coefficient « c » pour le type de construction, surface intérieure de la paroi et la différence de température de référence pour la paroi vertical.

$$\mathbf{Aréf,PV = \Sigma(c * Sint * \Delta\Theta_{réf,pv}) \quad (II.39)}$$

➤ **Apports de référence des parois opaques horizontales :**

Les apports de références des parois horizontales sont calculés en fonction du coefficient « a » lié à la nature de construction et à la zone climatique, surface intérieure de la paroi et la différence de température pour la paroi horizontale.

$$\mathbf{Aref,,PH = \Sigma (a \times Sint \times \Delta\Theta_{réf,PH}) \quad (II.40)}$$

➤ **Apports de référence des parois vitrées**

Les apports de références des parois vitrées sont donnés par la somme des apports de référence pour chaque paroi vitrée.

$$\mathbf{Aréf,PVi = AV_{Eréf} + AV_{Rréf} \quad (II.41)}$$

Avec :

$$\mathbf{AV_{Eréf} = [SV_{ens} * It + (Sv - Sv_{ens}) * Id]. Fs,réf. N_{pvi,réf} \quad (II.42)}$$

II.4. conclusion

Dans ce chapitre nous avons caractérisé les conditions de base nécessaire à traiter ou conditionnement de notre amphithéâtre, En prenant en considération la méthodologie de calcul des bilans annoncée par le document technique règlementaire en Algérie «DTR» pour le calcul des apports de chaleur interne et externe, pour aboutir aux apports totaux afin de déterminer la puissance exacte de la machine frigorifique à utiliser pour le conditionnement idéale et pour délimité la consommation d'énergie nécessaire.

Chapitre III

BILAN THERMIQUE

III. 1. Introduction

Pour la réalisation de l'étude de conditionnement, des paramètres essentiels à propos du local et de l'air sont le point de départ pour le calcul des charges du local.

Ce travail est reparti en trois parties ; la première partie englobe les résultats des apports calculés, la deuxième partie à l'évolution de l'air dans le local et les caractéristiques de chaque point, pour enfin la détermination des puissances des deux systèmes de climatisation, CTA et le groupe d'eau glacée, et la troisième le dimensionnement des circuits aérauliques.

III.2. Présentation du local

Notre étude consiste à conditionner un amphithéâtre au sein du campus universitaire targa-ouzemour-Bejaia (Université A.Mira – Bejaia) qui reçoit environ 170 étudiants par cour.

La position du local appartient à la zone climatique «A» dont les paramètres géographiques suivants :

- Altitude : 5m
- Latitude : 36.75260°N
- Longitude : 5.03432°E

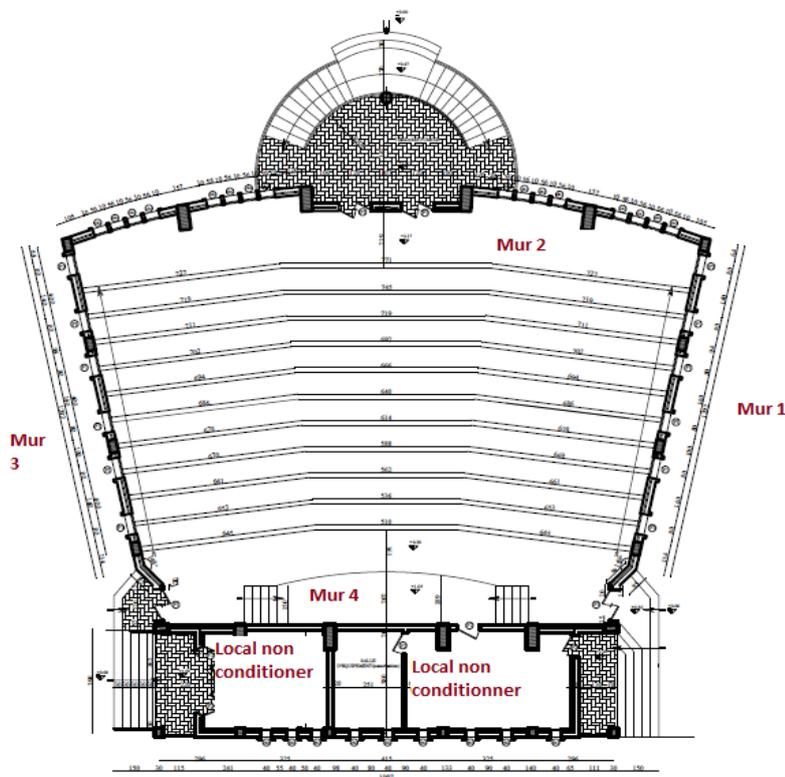


Figure III.1 : Plan du local

➤ Surfaces et orientation des murs

	Salle de Cours et de conférences		Surfaces (m ²)					Volume (m ³)	
	Façades	orientations	Murs	portes	Fenêtres	Mur s net	plancher		toiture
Int	Mur 2	330° S-E	101	6	8	87	310	310	1299
	Mur 1	90° W	55	3	13	39			
	Mur 3	209° N-E	55	3	13	39			
	Mur 4	150° N-W	69	2	-	67			
éxt	Mur 2	330° S-E	154	6	8	140	310	310	1299
	Mur 1	90° W	82.5 0	3	13	66.5			
	Mur 3	209° N-E	82.5 0	3	13	66.5			

Tableau III.1 : Surfaces intérieurs et extérieures des murs

➤ Compositions des parois du local

- Plancher

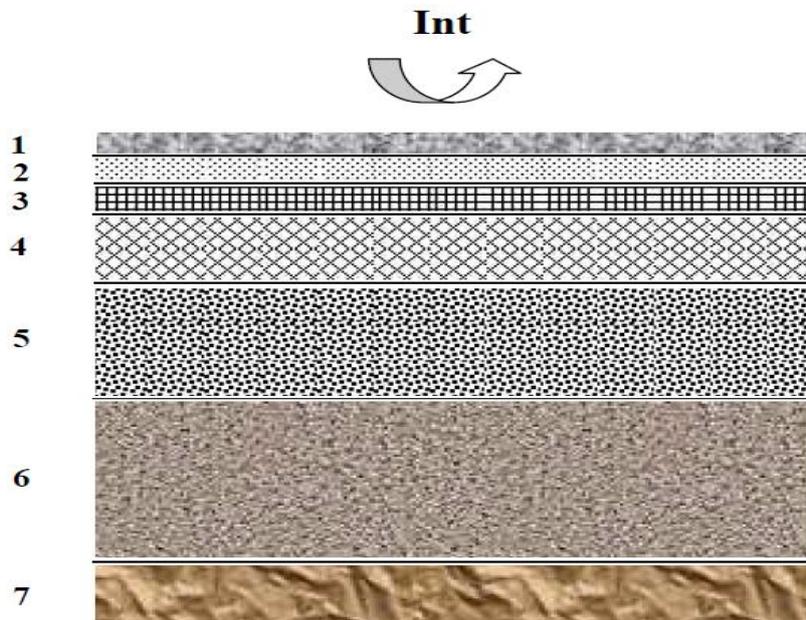


Figure III.2 : Compositions des couches du plancher

Composition	e (m)	λ (w/m°C)	R (m ² .k/w)
Carrelage (1)	0,025	3	0,00833333
Ciment (2)	0,025	1,4	0,01785714
Sable (3)	0,025	0,67	0,03731343
Mortier de ciment (4)	0,075	1,4	0,05357143
Béton armé (5)	0,15	1,75	0,08571429
Pierres (6)	0,3	2,67	0,11235955
Sol (7)	0,15	2,4	0,0625
			$\Sigma R = 0,37764917$

Tableau III.2 : Couches et résistances du plancher

- Toiture

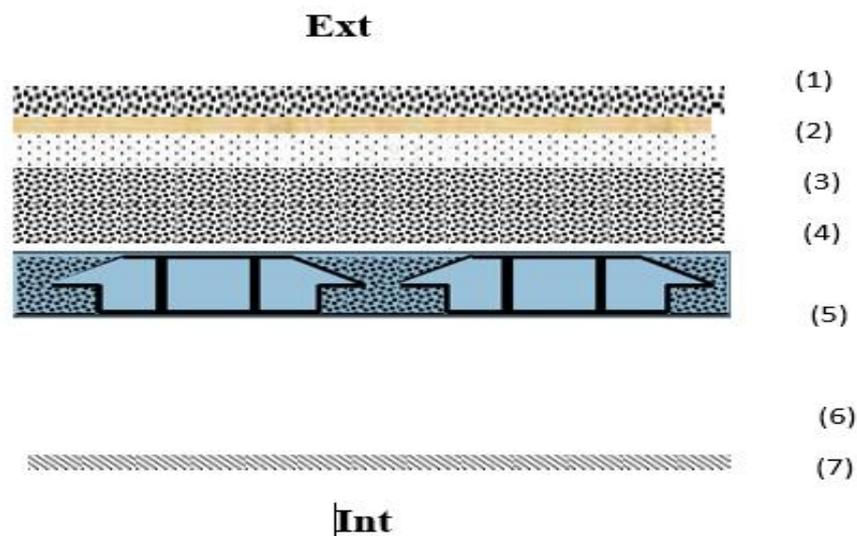


Figure III.3 : Composition des couches du toit

Composition	e (m)	λ (w/m°C)	R (m ² .k/w)
Gravillons (1)	0,02	0,95	0,02105263
Carte bitumé(2)	0,015	0,2	0,075
Chape en ciment(3)	0,03	1,63	0,01840491
Béton armé(4)	0,2	1,05	0,238095238
hourdis(5)	0,16	0.2025	0,790123457
Lame d'air(6)	0,3	1,43	0,20979021
Carreaux du plâtre (7)	0,025	0,35	0,07142857
			$\Sigma R = 1,423895016$

Tableau III.3 : Couches et résistances du toit

- Murs 1,2 et 3 (parois aérienne)

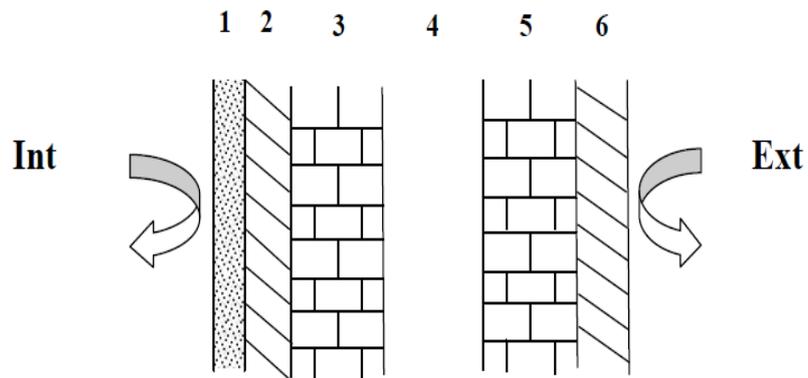


Figure III.4 : Composition des murs aériens.

Composition	e (m)	λ (w/m°C)	R (m ² .k/w)
Enduit plâtre (1)	0,005	0,35	0,01428571
Enduit ciment(2)	0,015	1,4	0,01071429
Brique creuse(3)	0,1	0,48	0,20833333
Lame d'air(4)	0,1	0,625	0,16
Brique creuse(5)	0,1	0,48	0,20833333
Enduit ciment(6)	0,015	1,4	0,01071429
			$\Sigma R= 0,61238095$

Tableau III.4 : Couches et résistances des parois aériennes

- Mur 4 (en contact avec local non conditionner)

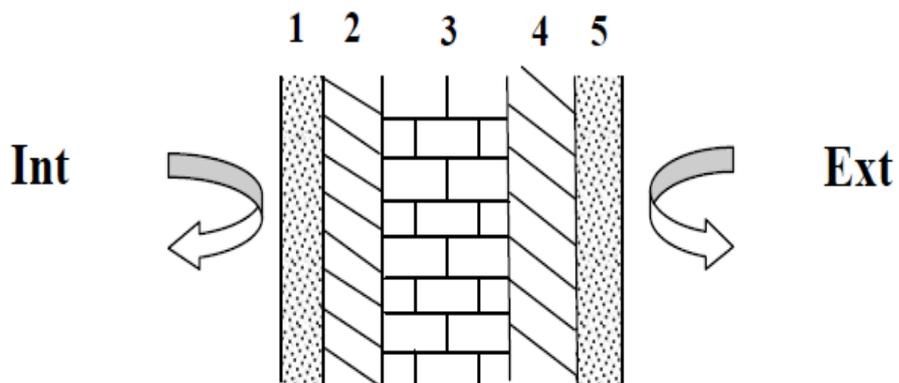


Figure III.4 : Composition du mur 4 en contact avec le local non conditionné

Composition	e (m)	λ (w/m°C)	R (m ² .k/w)
Enduit plâtre (1)	0,005	0,35	0,01428571
Enduit ciment (2)	0,02	1,4	0,01428571
Brique creuse(3)	0,15	0,5	0,3
Enduit ciment(4)	0,02	1,4	0,01428571
Enduit plâtre (5)	0,005	0,35	0,01428571
			$\Sigma R = 0,35714286$

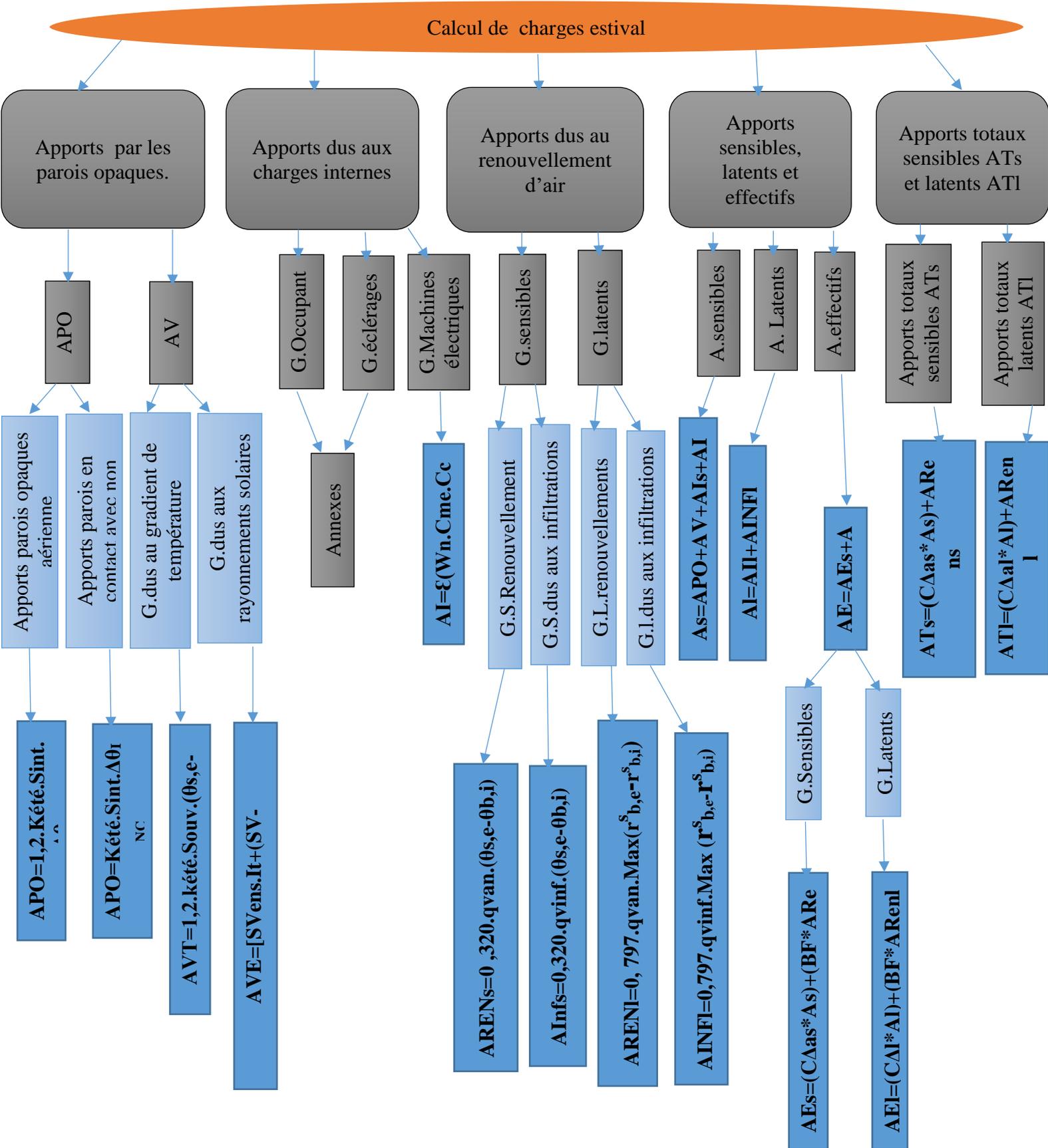
Tableau III.5 : Couches et résistances du mur en contact avec le local non conditionné

➤ **Paramètres climatiques**

Conditions de base intérieure			Conditions de base extérieure			
$\Theta_{b,i}$ (°C)	Ψ (%)	$r_{b,i}^s$ (Kg _{eau} / Kg _{gas})	$\Theta_{b,e}$ (°C)	$r_{b,e}^s$ (Kg _{eau} / Kg _{gas})	E_b (°C)	Θ_m (°C)
24	50	0.00931	34	0.0145	9	25.5

Tableau III.6 : Conditions de bases intérieure et extérieure du local

Partie A : Gains du local



III.3 Calcul des charges estivales

III.3.1 Coefficients de transmission thermique $K_{été}$

$K_{été}$ est donné par la formule (II.6).

$$K_{été} = \frac{1}{\Sigma R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

ΣR sont donnés respectivement pour le plancher, toiture, parois aérienne (1,2 et 3) et le mur 4 en contact avec le local non conditionné par les tableaux (III.2), (III.3), (III.4) et (III.5).

$(1/h_e) + (1/h_i)$ est donné par l'annexe, tableau (A.14).

	Composition	E (m)	λ (w/m°C)	R (m².k/w)	ΣR (m².k/w)	(1/h_i+1/h_e) (m².°C /W)	$K_{été}$ [W/m².°C]
Murs 1, 2,3	Enduit plâtre (1)	0,005	0,035	0,14285714	0,61238095	0,14	1,32911393
	Enduit ciment(2)	0,015	1,4	0,01071429			
	Brique creuse(3)	0,1	0,48	0,20833333			
	Lame d'air(4)	0,1	0,625	0,16			
	Brique creuse(5)	0,1	0,48	0,20833333			
	Enduit ciment(6)	0,015	1,4	0,01071429			
Mur 4	Enduit plâtre (1)	0,005	0,35	0,01428571	0,35714286	0,21	1,76322417
	Enduit ciment (2)	0,02	1,4	0,01428571			
	Brique creuse(3)	0,15	0,5	0,3			
	Enduit ciment(4)	0,02	1,4	0,01428571			
	Enduit plâtre (5)	0,005	0,35	0,01428571			
Toiture	Gravillons (1)	0,02	0,95	0,02105263	1,42389502	0,2	0,61580336
	Carte bitumé(2)	0,015	0,2	0,075			
	Chape en ciment(3)	0,03	1,63	0,01840491			
	Béton armé(4)	0,2	1,05	0,19047619			
	hourdis(5)	0,16	0,2025	0,79012346			
	Lame d'air(6)	0,3	1,43	0,20979021			
	Carreaux du plâtre (7)	0,025	0,35	0,07142857			
Plancher	Carrelage (1)	0,025	3	0,00833333	0,37764917	0,12	2,00944774
	Ciment (2)	0,025	1,4	0,01785714			
	Sable (3)	0,025	0,67	0,03731343			
	Mortier de ciment (4)	0,075	1,4	0,05357143			
	Béton armé (5)	0,15	1,75	0,08571429			
	Pierres (6)	0,3	2,67	0,11235955			
	Sol (7)	0,15	2,4	0,0625			

Tableau III.7 : Coefficient de transmission thermique des parois du local

III.3.2 Calcul de la masse surfacique

M_{surf} est donnée par la formule (II.4).

	Matériaux	masse volumique Kg/m ³	épaisseur m ³	masse surfacique Kg/m ²
Murs 1,2 et 3	enduit plâtres	875	0,005	4,375
	enduit ciment	1900	0,015	28,5
	brique creuse	900	0,1	90
	lame d'air	1,15	0,1	0,115
	brique creuse	900	0,1	90
	enduit ciment	1900	0,015	28,5
	masse surfacique totale			241,49
Toiture	Gravillons	1600	0,02	32
	carte bitumé	1100	0,015	16,5
	chap. en ciment	2200	0,03	66
	béton plein	1700	0,2	340
	Hourdis	900	0,16	144
	lame d'air	1,75	0,3	0,525
	carreaux de plâtres	875	0,25	218,75
	masse surfacique totale			817,775

Tableau III.8 : Masse surfacique unitaire et total

III.3.3 Apports à travers les parois opaques extérieures

Afin de calculer les apports à travers les parois extérieures, nous devons d'abord déterminer la différence de température équivalente donnée par la formule (II.7).

➤ **Mur 1 (Ouest)**

Heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Kété	1.3291										
Sint	39										
$\Delta\theta_{em}$	-0.64	0.32	0	1.27	2.52	5.04	7.14	12.7	16.68	20.39	
$\Delta\theta_{es}$	-2.2	-1.7	-1.1	-0.2	0.64	2.48	3.94	5.07	6.17	6.42	
A	0.5										
C	2.6										
Itb	516										
Itb(40)	516										
$\Delta\theta_{e(t)}$	1.266	2.022	2.111	3.2166	4.2844	6.5022	8.3177	11.908	14.608	16.781	
APO (W)	78.79	125.78	131.32	200.08	266.50	404.45	517.38	740.75	908.70	1043.81	
Itb	514										
Itb(40)	511										
$\Delta\theta_{e(t)}$	1.271	2.0288	2.1146	3.2214	4.2905	6.5105	8.3282	11.933	14.643	16.826	
APO (W)	79.10	126.19	131.53	200.38	266.88	404.96	518.03	7423	910.83	1046.6	
Itb	479										
Itb(40)	470										
$\Delta\theta_{e(t)}$	1.2832	2.0437	2.1228	3.2323	4.3044	6.5294	8.3518	11.99	14.72	16.9297	
APO (W)	79.8213	127.122	132.04	201.055	267.744	406.14	519.498	745.80	915.655	1053.06	

Tableau III.9 : Apports par transmission à travers la paroi extérieure, mur ouest.

➤ **Mur 2 (Nord-est)**

heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
kété	1,3291										
Sint	39										
$\Delta\theta_{em}$	2,8	5,73	13,3	11,73	10,13	7,98	5,85	6,42	7,02	7,38	
$\Delta\theta_{es}$	-2,2	-1,7	-1,1	-0,2	0,64	2,48	3,94	5,07	6,17	6,42	
A	0,5										
C	2,6										
Juillet	Itb	404									
	Itb40	400									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	3,20	5,06	9,58	9,09	8,56	8,16	7,61	8,42	9,24	9,55
	APO	199,39	315,3	595,8	565,66	532,75	507,94	473,46	524,2	575,17	594,6
Aout	Itb	327									
	Itb40	321									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	3,23	5,1	9,64	9,15	8,61	8,19	7,62	8,43	9,25	9,56
	APO	200,89	317,53	600,21	569,25	535,6	509,59	474,61	524,6	575,4	594,85
Septembre	Itb	216									
	Itb40	183									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	3,67	5,77	10,94	10,22	9,46	8,68	7,79	8,55	9,32	9,64
	APO	228,82	359,03	680,65	635,88	588,61	540,32	484,7	532,15	580,18	600,21

Tableau III.10 : Apports par transmission à travers la paroi extérieure, mur Nord-est.

➤ **Mur 3 (Sud-est)**

Heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Kété	1.3291										
Sint	87										
$\Delta\theta_{em}$	2.1	8.19	12.06	13.8	15.6	14.4	13.72	11.37	9.68	8.3	
$\Delta\theta_{es}$	-2.2	-1.7	-1.1	-0.2	0.64	2.48	3.94	5.07	6.17	6.42	
A	0.5										
C	2.6										
Juillet	Itb	368									
	Itb(40)	394									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	2.6312	6.0318	8.3286	9.6645	11.0026	11.2652	11.6147	10.939	10.5913	9.9955
	APO(w)	365.11	836.97	1155.66	1341.03	1526.70	1563.14	1611.65	1517.87	1469.63	1386.95
Aout	Itb	442									
	Itb(40)	459									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	2.7	6.19	8.5403	9.8897	11.243	11.456	11.772	11.04	10.647	10.025
	APO(w)	374.70	859.04	1185.04	1372.27	1560.09	1589.74	1633.47	1531.94	1477.64	1391.15
Septembre	Itb	500									
	Itb(40)	511									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	2.737	6.276	8.653	10.0103	11.372	11.559	11.856	11.095	10.678	10.0423
	APO(w)	379.84	870.86	1200.77	1389.02	1577.98	1603.99	1645.16	1539.47	1481.66	1393.40

Tableau III.11 : Apports par transmission à travers la paroi extérieure, mur Sud-est.

➤ **Toiture**

heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
kété	0,6158										
Sint	310										
$\Delta\theta_{em}$	6,1	6,1	6,7	7,2	8,9	12,2	14,4	15,6	17,8	19,4	
$\Delta\theta_{es}$	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5	
A	0,75										
C	2,6										
Juillet	Itb	751									
	Itb40	734									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	7,63	7,63	8,15	8,66	10,18	13,16	15,2	16,38	18,42	19,87
	APO	1749,91	1749,91	1867,1	1985,02	2333,94	3015,6	3482,46	3753,98	4220,8	4553,58
Aout	Itb	696									
	Itb40	675									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	7,68	7,68	8,2	8,7	10,24	13,23	15,28	16,46	18,5	19,97
	APO	1760,8	1760,8	1878,9	1996,7	2347,4	3032,4	3500,9	3772,6	4241,15	4575,4
Septembre	Itb	606,57									
	Itb40	577									
	$\Delta\theta_{e(t)}$	7,8	7,8	8,33	8,84	10,39	13,42	15,48	16,67	18,73	20,21
	APO	1788,5	1788,5	1908,9	2026,3	2381,66	3075,14	3547,8	3819,9	4292,6	4630,8

Tableau III.12 : Apports par transmission à travers la toiture.

➤ **Apports totaux à travers les parois aériennes**

	heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Juillet	APO/No-Est	199.39	315.3	595.89	565.66	532.75	507.95	473.46	524.20	575.17	594.57
	APO/Ouest	78.789	125.78	131.35	200.08	266.50	404.45	517.38	740.76	908.70	1043.82
	APO/Sud-Est	365.11	836.97	1155.67	1341.03	1526.71	1563.14	1611.65	1517.88	1469.63	1386.96
	APO/Toiture	1749.92	1749.92	1867.11	1985.02	2333.94	3015.63	3482.47	3753.98	4220.82	4553.59
	APO/Totaux	2393.2	3027.98	3749.98	4091.80	4659.90	5491.16	6084.96	6536.82	7174.33	7578.93
Aout	APO/No-Est	200.89	317.54	600.22	569.25	535.61	509.6	474.04	524.61	575.43	594.85
	APO/Ouest	79.10	126.195	131.538	200.38	266.88	404.969	518.03	742.303	910.83	1046.65
	APO/Sud-Est	374.70	859.043	1185.04	1372.27	1560.09	1589.74	1633.47	1531.94	1477.46	1391.15
	APO/Toiture	1746.91	1749.91	1867.11	1985.02	2333.94	3015.63	3482.46	3753.98	4220.82	4553.58
	APO/Totaux	2404.61	3052.69	3783.9	4126.93	4696.52	5519.94	6108.1	6552.84	7184.55	7586.24
Septembre	APO/No-Est	228.821	359.037	680.651	635.886	588.613	540.32	484.705	532.152	580.18	600.217
	APO/Ouest	79.821	127.12	132.04	201.055	267.74	406.144	519.49	745.8	915.655	1053.06
	APO/Sud-Est	379.84	870.868	1200.77	1389.02	1577.99	1603.99	1645.17	1539.47	1481.66	1393.40
	APO/Toiture	1788.52	1788.52	1908.92	2026.31	2381.66	3075.15	3547.88	3819.94	4292.67	4630.79
	APO/Totaux	2477	3145.55	3922.39	4252.27	4816	5625.61	6197.25	6637.37	7270.16	7677.47

Tableau III.13 : Apports totaux à travers les parois extérieures

III.3.4 Apports à travers les parois opaques intérieures

On utilisant la relation (II.9) pour les parois opaques en contact avec un local non-conditionner on trouve dans le tableau (III.25) les apports du mur 4.

➤ Température sèche de l'air extérieure

La relation (II.10) nous donne l'écart de température $\Delta\theta_{inc}$ entre le local non-conditionner et le local supposé conditionner.

C_{inc} (°C) coefficient correcteur données par l'annexe tableau (A.3) pour notre local, on a le cas-3.

Heure	CTs (%)	$\theta_{b,e}$	E_b	θ_e
8	0,77	34	9	27,07
9	0,63			28,33
10	0,48			29,68
11	0,35			30,85
12	0,21			32,11
13	0,067			33,397
14	0			34
15	0			34
16	0			34
17	0,047			33,577

Tableau III.14 : Température sèche de l'air extérieure

➤ Apports à travers le mur 4

Heure	Kété	S_{int}	$\theta_{s,e}$	C_{inc}	$\theta_{s b,i}$	$\Delta\theta_{inc}$	APO (W)
8	1,7632	67	27,07	-3	24	6,07	717,075808
9			28,33	-3		7,33	865,925152
10			29,68	-2		7,68	907,272192
11			30,85	-2		8,85	1045,48944
12			32,11	-1		9,11	1076,20438
13			33,397	0		9,397	1110,10896
14			34	0		10	1181,344
15			34	1		9	1063,2096
16			34	1		9	1063,2096
17			33,577	1		8,577	1013,23875

Tableau III.15 : Apports par transmission à travers la cloison en contact avec le local non-conditionné

➤ **Apports à travers le plancher**

Les apports à travers le plancher se calculent à partir de la relation (II.11), en fonction du coefficient de transmission K du plancher, surface intérieure du plancher et les températures intérieure et extérieure du local.

	Kété	S _{app} (m ²)	Θ _{s,m} (°C)	Θ _{si,b} (°C)	APO (W)
Plancher	2,0094	310	25,5	24	934,371

Tableau III.16 : Apports par transmission à travers le plancher

➤ **Apports totaux à travers les parois opaques intérieures**

Heure	APO/Mur 4	APO/Plancher	APO _{int} /Totaux
8	717,075808	934,371	1651,44681
9	865,925152	934,371	1800,29615
10	907,272192	934,371	1841,64319
11	1045,48944	934,371	1979,86044
12	1076,20438	934,371	2010,57538
13	1110,10896	934,371	2044,47996
14	1181,344	934,371	2115,715
15	1063,2096	934,371	1997,5806
16	1063,2096	934,371	1997,5806
17	1013,23875	934,371	1947,60975

Tableau III.17 : Apports totaux à travers les parois opaques intérieures

➤ **Apports totaux à travers les parois opaques**

	Heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Juille	APO _{ext} /totaux	2393,2	3027,9	3749,9	4091,8	4659,9	5491	6184,9	6536,8	7174,3	7578,9
	APO _{int} /totaux	1651,4	1800,3	1841,6	1979,8	2010,5	2044,4	2115,7	1997,5	1997,5	1947,6
	APO/totaux	4044,6	4828,2	5591,6	6071,6	6670,4	7535,6	8200,6	8534,4	9171,9	9526,5
Aout	APO _{ext} /totaux	2404,6	3052,6	3783,9	4126,9	4696,5	5519,9	6108	6552,8	7184,5	7586,2
	APO _{int} /totaux	1651,4	1800,3	1841,6	1979,8	2010,5	2044,4	2115,7	1997,5	1997,5	1947,6
	APO/totaux	4056	4852,9	5625,5	6106,7	6707,1	7564,4	8223,7	8550,4	9182,1	9533,8
Septe	APO _{ext} /totaux	2477	3145,5	3922,4	4252,2	4816	5625,6	6197,2	6637,3	7270,1	7677,4
	APO _{int} /totaux	1651,4	1800,3	1841,6	1979,8	2010,5	2044,4	2115,7	1997,5	1997,5	1947,6
	APO/totaux	4128,4	4945,8	5764	6232,1	6826,5	7670	8312,9	8634,9	9267,7	9625

Tableau III.18 : Apports totaux à travers les parois opaques

III.3.5 Apports à travers les parois vitrées extérieures

Les apports à travers les parois vitrées extérieures se calculent avec la relation (II.13) :

➤ **Gains dus au gradient de température**

Les gains dus au gradient de température à travers parois vitrées extérieures sont données par la relation (II.14).

Le coefficient de transmission pour les parois vitrées extérieures est donné par la formule (II.16)

$$r_v = 0.025 \quad ; \quad r_{rid} = 0.03 \quad ; \quad r_{occ} = 0.16$$

Heurs	Coeff	K	Souv	$\Theta_{s,e}$	$\Theta_{b,i}$	AVT
8	1,2	2,58	48	27,07	24	456,22656
9				28,33		643,47264
10				29,68		844,09344
11				30,85		1017,9648
12				32,11		1205,21088
13				33,397		1396,46938
14				34		1486,08
15				34		1486,08
16				34		1486,08
17				33,577		1423,21882

Tableau III.19 : Gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées

➤ **Gains dus au rayonnement solaire**

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures sont données par la relation (II.15) :

Où :

FS pour les vitres réfléchissantes (bronze) égale à 0.55

I_{t,b} et **I_{a,b}** dépendent de l'orientation de la paroi, prise par interpolation dans l'annexe tableau (A.1)

$$C_{cadre} = 1.17, \quad C_{limp} = 0.87, \quad C_{alt} = 1.00014, \quad C_{ros} = 0.99$$

		Orientation		
		Ouest	Nord-Est	Sud-Est
Juillet	It	520.05	408.38	365.24
	Id	520.05	403.15	397.09
Aout	It	518.04	329.57	445.47
	Id	515.01	323.52	462.6
Septembre	It	482.76	217.69	203.93
	Id	473.69	184.44	515.03

Tableau III.20 : Rayonnement total de base et diffus de base.

N_{pvi} est pris pour chaque paroi selon son orientation, par l'interpolation dans l'annexe A tableau (A.7) pour une masse surfacique $M_s = 241.49 \text{ kg/m}^2$

	M (kg/m²)	OUEST	Nord-EST	Sud-EST
Heure	241,49	N_{pvi} (%)		
8		6.52	68.8	54.38
9		7.52	55.9	73.43
10		8.26	34.43	79.55
11		8.26	24	76.82
12		8.26	19.26	65.86
13		18.74	17.52	48.43
14		40.43	15.52	29.73
15		62.12	12.78	21.04
16		77.08	12.78	18.04
17		80.5	11.52	14.3

Tableau III.21 : valeurs du coefficient d'amortissement N_{pvi}

Déterminations des zones d'ombres

D'après la position de nos parois vitrées par rapport au soleil notre saillie est horizontale on calcul la longueur d'ombre « e » par la relation (II.18) :

$$\text{L'angle } h \text{ est défini par } \quad \text{tg}(h) = \frac{\text{tg}(\beta)}{\cos(\phi - \varphi)}$$

	Heurs	Murs	B	ϕ	φ	$\phi - \varphi$	tg(hl)	C	E
Juillet	15	1 (ouest)	55,76	68,78	90	-21,22	1,576	0,3	0,4728
	8	2 (Sud-Est)	27,24	95,03	-45	140,03	-	0,3	à l'ombre
	8	3 (Nord-Est)	27,24	95,03	-135	230,03	-	0,3	à l'ombre
Aout	15	1 (ouest)	50,3	59,05	90	-30,95	1,405	0,3	0,4215
	8	2 (Sud-Est)	22,24	88,3	-45	133,3	-	0,3	à l'ombre
	8	3 (Nord-Est)	22,24	88,3	-135	223,3	-	0,3	à l'ombre
Septembr	15	1 (ouest)	41,57	48,05	90	-41,95	1,19	0,3	0,357
	8	2 (Sud-Est)	15,24	78,3	-45	123,3	-	0,3	à l'ombre
	8	3 (Nord-Est)	15,24	78,3	-135	213,3	-	0,3	à l'ombre

Tableau 22 : longueur d'ombre des parois vitrées

Les différences de l'azimut de la paroi et l'azimut solaire $\phi - \varphi$ pour les murs 2 et 3 ne sont pas comprises dans l'intervalle $]-90 ; 90[$, donc les parois sont à l'ombre.

La surface à l'ombre des parois vitrées du mur 1 est égale à :

Juillet, $S_{\text{ombre}} = (0.4728 * 0.8) * 6 + (0.4728 * 1.2) = 2.86 \text{ m}^2$

Aout, $S_{\text{ombre}} = (0.4215 * 0.8) * 6 + (0.4215 * 1.2) = 2.529 \text{ m}^2$

Septembre, $S_{\text{ombre}} = (0.357 * 0.8) * 6 + (0.357 * 1.2) = 2.142 \text{ m}^2$

➤ **Parois vitrées Ouest**

Heurs	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Npvi	0,0652	0,0752	0,0826	0,0826	0,0826	0,1874	0,4043	0,6212	0,7708	0,8055
Fs	0.55									
Sv	16									
Juillet	S,enseleillé	13,14								
	Sv – S,enseleillé	2,86								
	It	520,05								
	Id	520,05								
	AVE	298,9	344,7	378,7	378,7	378,7	859,2	1853,7	2848,2	3534,1
Aout	S,enseleillé	13,47								
	Sv – S,enseleillé	2,53								
	It	518,04								
	Id	515,017								
	AVE	296,9	342,4	376,1	376,1	376,1	853,4	1841,2	2829,1	3510,4
Septembre	S,enseleillé	13,86								
	Sv – S,enseleillé	2,14								
	It	482,76								
	Id	473,69								
	AVE	269,5	310,9	341,5	341,5	341,5	774,8	1671,6	2568,4	3186,9

Tableau III.23 : Gains dû aux rayonnements à travers les parois vitrées du mur Ouest

➤ **Parois vitrées Nord - Est**

Heurs	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Npvi	0,688	0.559	0.344	0,24	0.1926	0.1752	0.1552	0.1278	0.1278	0.1152
Fs	0.55									
Sv	14									
S,ensoleillé	0									
Sv –	14									
S,ensoleillé										
It	408.18									
Id	403.15									
AVE	2135.73	1735.28	1068.8	745.021	597.88	543.87	481.78	396.723	396.723	357.61
S,ensoleillé	0									
Sv –	14									
S,ensoleillé										
It	329.57									
Id	323.5									
AVE	1713.77	1392.44	857.634	597.83	479.7	436.4	386.59	318.34	318.34	28.957
S,ensoleillé	0									
Sv –	14									
S,ensoleillé										
It	217.69									
Id	184.43									
AVE	977.036	793.842	488.944	340.826	273.51	248.8	220.4	181.49	181.49	163.596

Tableau III.24 : Gains dus aux rayonnements à travers les parois vitrées Nord-est

➤ **Parois vitrées Sud-est**

Heurs	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Npvi	0.5438	0.7343	0.7955	0.7682	0.658	0.4843	0.2973	0.2104	0.1804	0.143
Fs	0.55									
Sv	16									
S,ensoileillé	0									
Sv –	16									
S,ensoileillé										
It	365.38									
Id	397.09									
AVE	1900.25	2565.93	2779.79	2684.39	2301.4	1692.33	1038.88	735.22	630.39	499.69
S,ensoileillé	0									
Sv –	16									
S,ensoileillé										
It	445.47									
Id	462.6									
AVE	2213.74	2989.25	3238.39	3127.25	2681.1	1971.53	1210.27	856.513	734.386	582.13
S,ensoileillé	0									
Sv –	16									
S,ensoileillé										
It	503.93									
Id	515.01									
AVE	2464.55	3327.91	3605.27	3481.55	2984.8	2194.89	1347.39	953.55	817.59	648.09

Tableau III.25 : Gains dû aux rayonnements à travers les parois vitrées sud-est.

➤ **Apport totaux à travers les parois vitrées extérieure**

Heurs	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
AVT	456,2	643,4	844	1017,9	1205,2	1396,4	1486	1486	1486	1423,2	
Juillet	AVE-Ouest	298,9	344,7	378,7	378,7	378,7	859,2	1853,7	2848,2	3534,1	3693,2
	AVE-NE	2135,7	17385,2	1068,7	745	597	543,8	481,7	396,7	396,7	357,6
	AVE-SE	1900,2	2565,9	2779,7	2684,3	2301,4	1692,3	1038,8	735,2	630,3	499,6
	AVE total	4334,9	4646	4227,3	3808,1	3278	3095,4	3374,3	3980,1	4561,2	4550,5
	AV	4791,14	5289,47	5071,39	4826,1	4483,2	4491,9	4860,4	5466,23	6047,3	5973,7
Aout	AVE-Ouest	296,9	342,48	376,1	376,1	376,1	853,4	1841,2	2829,1	3510,4	3668,4
	AVE-NE	1713,7	1392,4	857,6	597,8	479,7	436,4	386,5	318,3	318,3	286,9
	AVE-SE	2213,7	2989,2	3238,3	3127,2	2681	1971,5	1210,2	856,5	734,3	582,1
	AVE total	4224,4	4724,1	4472,2	4101,2	3537	3261,4	3438,1	4003,9	4563,1	4537,5
	AV	4680,6	5367,6	5316,2	5119,2	4742,2	5490,04	4924,2	5490,04	6049,2	5960,7
Septembre	AVE-Ouest	269,5	310,9	341,5	341,5	341,5	774,8	1671,6	2568,4	3186,9	3330,4
	AVE-NE	977,03	793,8	488,9	340,8	273,5	248,8	220,4	181,4	181,4	163,5
	AVE-SE	2464,5	3327,9	3605,2	3481,5	2984,8	2194,8	1347,3	953,5	817,5	648,08
	AVE total	3711,1	4432,6	4435,7	4163,8	3599,8	3218,5	3239,4	3703,4	4186,01	4142,1
	AV	4167,3	5076,14	5279,8	5181,8	4805,07	4614,9	4725,4	5189,5	5672,09	5565,3

Tableau III.26 : Apports à travers les parois vitrées extérieure**III.3.6 Apports à travers les parois vitrées intérieure**

Les apports à travers les parois vitrées intérieure sans dus seulement au gradient de température, données par la relation (II.12)

Coefficient de transmission des portes en contact avec un local non-conditionner $K= 4.5$

Heure	Kété	Sint	Os,e	Cinc	Os <i>b,i</i>	$\Delta\Theta_{inc}$	AVT(t)
8	4,5	3	27,07	-3	24	6,07	81,945
9			28,33	-3		7,33	98,955
10			29,68	-2		7,68	103,68
11			30,85	-2		8,85	119,475
12			32,11	-1		9,11	122,985
13			33,397	0		9,397	126,8595
14			34	0		10	135
15			34	1		9	121,5
16			34	1		9	121,5
17			33,577	1		8,577	115,7895

Tableau 27 : Apports à travers la paroi vitrée intérieure du mur 4.

➤ **Apports totaux à travers les parois vitrées**

	Heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	AVT/int	81.945	98.955	103.68	119.68	122.985	126.85	135	121.5	121.5	115.78
Juillet	AV/Ext	4791.15	5289.48	5071.4	4826.1	4483.22	4491.9	4860.47	5466.23	6047.33	5973.76
	AV/Totaux	4873.09	5388.43	5175.08	4945.58	4606.20	4618.76	4995.46	5587.74	6168.83	6089.55
Aout	AV/Ext	4680.68	5367.64	5316.29	5119.22	4742.23	4657.88	4924.24	5490.04	6049.23	5960.77
	AV/Totaux	4762.63	5466.6	5419.97	5238.7	4865.22	4784.73	5059.23	5611.54	6170.74	6076.56
Septembre	AV/Ext	4167.38	5076.15	5279.83	5181.86	4805.07	4614.98	4725.48	5198.52	5672.09	5565.3
	AV/Totaux	4249.33	5175.1	5383.51	5301.33	4928.06	4741.84	4860.48	5311.02	5793.59	5681.1

Tableau III.28 : Apports à travers les parois vitrées

III.3.7 Apports dû aux infiltrations d'air extérieur

➤ **Apports sensibles**

$q_{van/occupant}$; Le débit d'air neuf est calculer par rapport aux nombre d'occupant pa la relation (II.28).

$q_{v_{inf}}$; Débit d'infiltration par les portes et fenêtres est calculé par la relation (II.27).

Ouvrant	S _{ouv}	q _{van/occupant}	q _{v_{inf}}	N _{occupant}	q _{van}	q _{v_{inf}}
Portes	14	25	87	170	4250	1513,8
Fenêtre	34		8,7			295,8
					4250	1809,6

Tableau III.29 : Débit d'air neuf – débit d'infiltration.

A_{RENS} ; Apports sensibles dus aux renouvellements d'air sont donnés par la relation (II.23).

A_{INFs} ; Apports sensibles dus aux infiltrations d'air sont donnés par la relation (II.24).

Heure	Coef	q _{van}	q _{v_{inf}}	θ _e	θ _{s,bi}	A _{RENS} (W)	A _{INFs} (W)
8	0,321	4250	1809,6	27,07	24	4188,2475	1783,30651
9				28,33	24	5907,2025	2515,21733
10				29,68	24	7748,94	3299,40749
11				30,85	24	9345,1125	3979,03896
12				32,11	24	11064,0675	4710,94978
13				33,397	24	12819,8573	5458,5444
14				34	24	13642,5	5808,816
15				34	24	13642,5	5808,816
16				34	24	13642,5	5808,816
17				33,577	24	13065,4223	5563,10308

Tableau III.30 : Gains sensibles dû aux introductions d'air.

➤ **Apports latents**

Arenl ; Apports latents dû aux renouvellements d'air sont donnés par la relation (II.25).

Ainfl ; Apport latents dû aux infiltrations d'air sont donnés par la relation (II.26).

Coeff	qv _{an}	qv _{inf}	r _{b,e}	r _{b,i}	Arenl	Ainfl
0,799	4250	1809,6	14,5	9,31	17623,9425	7504,06738

Tableau III.31 : Gains latents dû aux introductions d'air

III.3.8 Apports de chaleur interne

a. Gains dû aux éclairages

La relation (II.22) nous donne la somme des apports sensibles dus aux éclairages.

$C_{me} = 1.25$ pour les lampes fluorescentes

$C_{cr} = 1$ l'éclairage n'est pas raccorder au système d'extraction d'air

Lampes	N	Wn(w)	Cme	Ccr	AI (w)
Fluorescente	184	18	1.25	1	4140
Bloc de secours autonome (fluorescent)	4	1	1.25	1	5
TOTAL					4145

Tableau III.32 : Gains dus à l'éclairage

b. Gains dû aux appareils électroniques

Les appareils électroniques de bureaux constituent seulement les gains sensibles.

Appareils	Nombre	Gains sensibles par unité en (w)	Gains total en (w)
PC portable	170	15	2550
Rétroprojecteur	1	400	400
Petit serveur	1	60	60
			3010

Tableau III.33 : Gains dus aux appareils électriques

c. Gains dû aux occupants

Les gains dus aux l'occupants représente les gains sensibles et latents présentés dans le tableau (III.34).

La relation (II.21) nous donne le gain latent en fonction de la chaleur latente par occupant.

La chaleur latente par occupant est donnée dans l'annexe, tableau (A.8).

La relation (II.20) nous donne le gain sensible en fonction de la chaleur sensible par occupant.

La chaleur sensible par occupant est donnée dans l'annexe, tableau (A.8)

C_l (W/occupant)	N	Q_l (W)
72	170	12240
C_s (W/occupant)	N	Q_s (W)
74	170	12580

Tableau III.34 : Apports sensibles et latents dus aux occupants

III.3.9 Apports calorifique totaux

➤ Apports totaux sensibles et latents

Les apports sensibles et latents A_s et A_l sont la somme des apports sensibles et les apports latents donnés respectivement par les relations (II.29) et (II.30).

Heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Ais	19735										
AINFs	1783.31	2515.22	3299.41	3979.03	4710.95	5458.54	5808.82	5808.82	5808.82	5563.1	
AINFI	7504.06										
Ail	12240										
Al	19744.06										
Juillet	APO	4044.65	4828.27	5591.63	6071.66	6670.48	7535.65	8200.67	8534.41	9171.91	9526.54
	AV	4791.15	5289.48	5071.39	4826.1	4483.22	4491.9	4860.47	5466.24	6047.33	5973.61
	As	30354.1	32367.9	33697.4	34611.8	35599.7	37221.1	38604.9	39544.5	40763.1	40798.4
Aout	APO	4056.07	4852.99	5625.55	6106.79	6707.1	7564.43	8223.72	8550.42	9182.13	9533.86
	AV	4762.63	5466.59	5419.97	5238.69	4865.21	4784.73	5059.23	5611.54	6170.73	6076.55
	As	30336.9	32569.8	34079.9	35059.5	36018.3	37542.7	38826.8	39705.7	40896.7	40908.5
Septembr e	APO	4128.46	4945.84	5764.04	6232.13	6826.58	7670.08	8312.97	8634.95	9267.75	9625.09
	AV	4249.33	5175.1	5383.51	5301.33	4928.06	4741.84	4860.48	5311.02	5793.59	5681.09
	As	29896.1	32371.2	34181.9	35247.5	36200.6	37605.5	38717.3	39489.8	40605.2	40604.3

Tableau III 35 : Gains sensibles et latents totaux

➤ **Apports totaux**

Les apports totaux AT sont la somme des apports sensibles totaux ATs et latents totaux ATl, ils se calculent respectivement par les relations (II.31), (II.32) et (II.33).

$C\Delta_{as}$ et $C\Delta_{al}$: coefficients majorateurs des gains sensibles et latents, annexe, tableau (A.9).

Heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Al	19744.06										
Arenl	17623.964										
$C\Delta_{as}$	1.15										
$C\Delta_{al}$	1.1										
Atl	37368										
Arens	4188.24	5907.2	7748.94	9345.11	11064.06	12819.85	13642.5	13642.5	13642.5	13065.4	
Juillet	As	30354.1	32367.9	33697.4	34611.8	35599.65	37221.09	38604.9	39544.5	40763.1	40798.4
	Ats	39095.5	43130.4	46500.9	49148.7	52003.66	55624.11	58038.2	59118.6	60520	59983.6
	AT	76463.5	80498.4	83868.9	86516.7	89371.67	92992.13	95406.2	96486.6	97888.1	97351.6
Aout	As	30336.9	32569.8	34079.9	35059.5	36018.27	37542.7	38826.8	39705.8	40896.7	40908.5
	Ats	39075.8	43362.5	46940.9	49663.6	52485.07	55993.97	58293.3	59304.1	60673.6	60110.2
	AT	76443.8	80730.5	84308.7	87031.6	86853.09	93361.98	95661.3	96672.2	98041.7	97478.2
Septembr	As	29896.1	32371.2	34181.9	35247.5	36200.59	37605.47	38717.2	39489.8	40605.2	40604.3
	Ats	38568.8	43134.1	47058.2	49879.7	52694.74	56066.15	58167.3	59055.7	60338.4	59760.4
	AT	75936.8	80502.1	84426.2	87247.7	90062.75	93434.17	95535.4	96423.8	97706.4	97128.4

Tableau III.36 : Apports totaux du local

Ce tableau représente les résultats final des apports sensibles As, des apports latents Al et les apports totaux AT de notre local, à partir de ce tableau nous pouvons déterminer le point de soufflage à l'aide des apports sensibles et latents, calculer le débit massique d'air soufflé pour la centrale de traitement d'air et aussi la puissance du groupe d'eau glacée à l'aide des apports totaux.

➤ **Apports effectifs sensibles et latents**

Les apports effectifs servent à déterminer le débit d'air nécessaire traité par la batterie, on peut les calculer par la relation (II.34).

BF facteur dépend du type de local, annexe, tableau (A.10).

Heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
AI	19744.06										
Arens	4188.24	5907.20	7748.94	9345.11	11064.1	12819.9	13642.5	13642.5	13642.5	13065.4	
Arenl	17623.94										
AE,l	25243.26										
CΔas	1.15										
CΔal	1.1										
BF	0.2										
Juillet	As	30354.1	32367.9	33697.4	34611.8	35599.6	37221.09	38604.9	39544.5	40763.1	40798.4
	AE,s	35744.86	38404.6	40301.8	41672.6	43152.4	45368.23	47124.2	48204.6	49606.1	49531.3
	AE	60988.13	63647.7	65545.1	66915.9	68395.7	70611.49	72367.5	73447.9	74849.3	74774.5
Aout	As	30336.9	32569.8	34079.9	35059.5	36018.3	37542.7	38826.7	39705.8	40896.7	40908.5
	AE,s	35725.19	38636.7	40741.7	42187.5	43633.8	45738.09	47379.3	48390.2	49759.68	49657.88
	AE	60968.4	63879.9	65984.9	67430.7	68877.7	70981.3	72622.5	73633.4	75002.9	74901.1
Septembre	As	29896.09	32371.2	34181.9	35247.5	36200.6	37605.47	38717.3	39489.8	40605.15	40604.29
	AE,s	35218.15	38408.3	40859.1	42403.6	43843.5	45810.26	47253.4	48141.7	49424.4	49308.02
	AE	60461.4	63651.5	66102.3	67646.9	69086.7	71053.5	72496.6	73385	74667.6	74551.2

Tableau III.37 : Apports effectifs totaux

III.3.10 Vérification réglementaire

La vérification, du local se fait à 15 h pour le mois de juillet, est donnée par les relations (II.37) et la somme des apports de références « Aréf » par la relation (II.38).

➤ **Apports de référence des parois opaques verticales :**

Les apports de références des parois opaques verticales se calculs par la relation (II.39).

Orientation	Désignation	Sint	c	ΔΘs, réf PV	Aréfi,PV	Aréf,PV
Nord -Est	Mur(3)	39	13.39	5.33	2783.37	17732,5075
Ouest	Mur(1)	39	13.39	8.75	4569.34	
Sud-Est	Mur(2)	87	13.39	7.99	9307.79	
Nord-Ouest	Mur(4)	67	4	4	1072	

Tableau III.38: Apports de références des parois opaques verticales.

➤ **Apports de référence des parois opaques horizontales :**

Les apports de références des parois opaques horizontales sont calculés par la relation (II.40).

La valeur du coefficient a lié à la nature de construction et à la zone climatique est donnée dans l'annexe tableau (A.19).

A	Sint	$\Delta\Theta_{\text{réf,PH}}$	Aréf,PH
1,1	310	13,39	4565,99

Tableau III.39 : Apports de références de la paroi opaque horizontale

➤ **Apports de référence des parois vitrées**

Les apports de références dus aux rayonnements solaires des parois vitrées sont calculés à partir de la relation (II.41).

Orientation	TSV	It	Id	Npvi,réf	Fs, réf	SV,ens	SV	AVEi,réf	AVE,réf
Nord-Est	15h	404	400	0,19	0,38	0	14	404,32	3110,4
Sud-Est	15h	368	394	0,28	0,38	0	16	670,74	
Ouest	15h	516	516	0,61	0,38	13,17	16	1913,74	
Nord-Ouest	15h	404	400	0,4	0,38	0	2	121,6	

Tableau III.40 : Apports de référence dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée

Les apports de références dus au gradient de température des parois vitrées sont calculés à partir de la relation (II.42).

Orientation	S,ouv	e'	$\Delta\Theta_{\text{s,réf,PVI}}$	AVTi,réf	AVT,réf
Nord-Est	16	5,4	7	604,8	1782
Sud-Est	14	5,4	7	529,2	
Ouest	16	5,4	7	604,8	
Nord-Ouest	2	5,4	4	43,2	

Tableau III.41 : Apports de références dus au gradient de température à travers une paroi vitrée.

➤ **Apports de références totaux**

Aréf,PH	Aréf,PV	Aréf,PVI	
		AVEréf	AVTréf
		3110,4064	1782
4565,99	17732,5075	4892,4064	
Aréf			
27190,9039			

Tableau III.42 : Apports de références pour le mois de juillet.

➤ **Vérification des résultats**

Juillet				
APO(15h)	AV(15h)	APO(15h)+AV(15h)	Aréf	1,05 Aréf
8534,4071	5587,7388	14122,1459	27190,9039	28550,4491
APO(15h) +AV(15h) <1,05. Aréf				

Tableau III.43 : Résultat de la vérification.

La vérification des résultats des apports des parois du local avec les apports de références calculés à l'aide des lois de la vérification réglementaire présent dans le DTR, Nos résultats calculés pour le bilan thermique semblent corrects, donc nous pouvons entamer la partie de l'évolution de l'air et la détermination des batteries.

Partie B : Evolution de l'air

III.4 calcul de la puissance de la CTA

III.4.1 Détermination des points d'entrées et de sorties

Nous avons les points (I) de reprise et le point (E) d'air neuf :

$$I : \begin{cases} \Theta_i = 24 \text{ °C} \\ r^s_i = 0.0093 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{gas}} \\ H^s = 48 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{gas}} \\ \Psi = 50 \% \end{cases} \quad E : \begin{cases} \Theta_e = 34 \text{ °C} \\ r^s_e = 0.0145 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{gas}} \\ H^s = 71.5 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{gas}} \\ \Psi = 44 \% \end{cases}$$

On détermine le point de soufflage à partir des apports maximaux.

Heure critique

Pour trouver les conditions de soufflage, nous allons sélectionner l'heure du cas le plus défavorable, ou les apports totaux du local sont maximaux.

Mois de juillet			
Apports	As	Al	AT
16h	40763.05	19744.06	97888.02
Apports effectifs	75002.94		

Tableau III.44 : Apports maximaux à l'heure critique.

a. Détermination du point de soufflage

Température d'air soufflé

L'écart de soufflage $\Delta\Theta_s$, est pris pour l'été dans l'intervalle [8°C ; 12°C]

$$\Delta\Theta_s = \Theta_{b,i} - \Theta_s$$

- $\Theta_{b,i}$: Température de base intérieure.
- Θ_s : Température de soufflage.

On prend $\Delta\Theta_s = 12^\circ\text{C}$, on aura

$$\Theta_s = 12^\circ\text{C}$$

Pour déterminer les caractéristiques du point de soufflage, on adoptera la méthode graphique pour nous donner la position exacte du point de soufflage

Pour tracer la droite de soufflage à partir du point de reprise (I) on détermine l'angle α de la chaleur latente et la droite de soufflage.

$$\tan \alpha = \frac{q_s}{q_l} = \frac{As}{Al} = 2.065$$

Ce qui nous donne $\alpha = 64^\circ$.

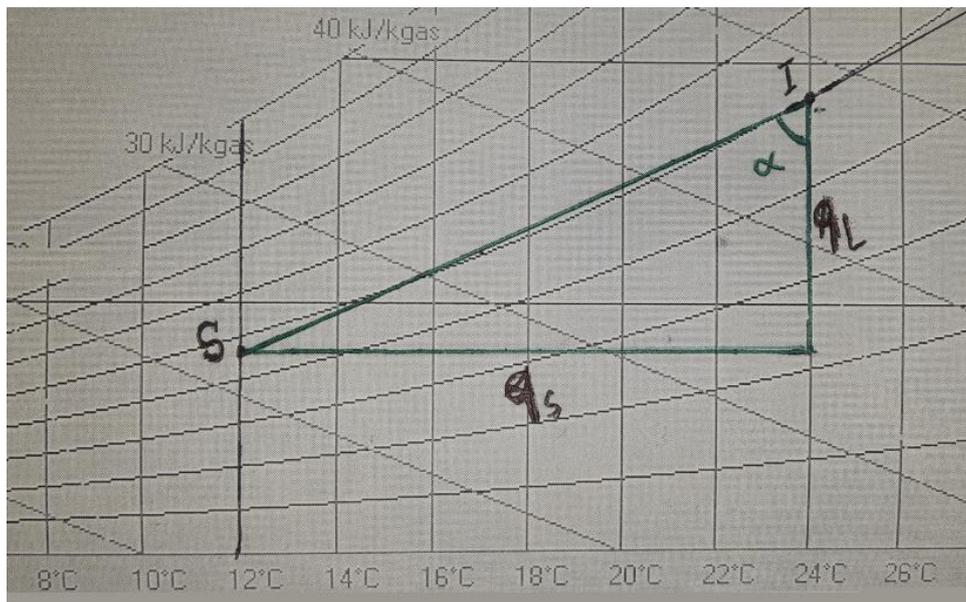


Figure III.6 : Droite de soufflage.

Le croisement entre la projection vertical de la température de soufflage et la droite de soufflage nous donne le point S de soufflage.

$$S : \begin{cases} \Theta_s = 12^\circ\text{C} \\ r^s = 0.007 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H^s = 30 \text{ KJ}/\text{kg}_{\text{as}} \\ \Psi = 80 \% \end{cases}$$

Débit massique d'air soufflé

Le débit de soufflage $q_{m_{as}}$ ce calcul par la relation suivante

$$q_{m_{as}} = \frac{AT}{H_i - H_s} \quad [\text{kg/s}]$$

Application :

$$q_{m_{as}} = \frac{97,88}{48-22} = 3,76 \text{ kg/s}$$

Débit massique du point de mélange

Le débit traité par la batterie froide est égale au débit du mélange d'air, à partir des apports effectifs nous calculerons le débit de la batterie froide.

$$q_{m_{mélange}} = q_{m_{BF}} = \frac{A_E}{H_i - H_s} \quad [\text{Kg/s}]$$

Application:

$$q_{m_{mélange}} = q_{m_{BF}} = \frac{75}{48-22} = 2,88 \quad [\text{Kg/s}]$$

Débit massique d'air neuf

Le débit d'air neuf nécessaire par occupant dans un amphithéâtre est $q_v = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

$$q_{m_{an}} = \frac{25 \times n}{V^s \times 3600} \quad [\text{Kg/s}]$$

Application:

$$q_{m_{an}} = \frac{25 \times 3600}{0,887 \times 3600} = 1,33 \quad [\text{kg/s}]$$

Débit massique d'air repris

En appliquant le bilan massique :

$$q_{m_{mélange}} = q_{m_{an}} + q_{m_{ar}}$$

$$q_{m_{ar}} = q_{m_{mélange}} - q_{m_{an}}$$

Application :

$$q_{m_{ar}} = 2,88 - 1,33 = 1,55 \quad [\text{kg/s}]$$

b. Détermination du point de mélange

Les caractéristiques du point de mélange ce calcul par la relation suivante :

$$\frac{q_{m_{ar}}}{q_{m_{an}}} = \frac{r_e - r_m}{r_m - r_i} = \frac{H_e - H_m}{H_m - H_i}$$

$$M : \left\{ \begin{array}{l} \Theta_m = 28.04 \text{ }^\circ\text{C} \\ r_m^s = 0.0117 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H_m^s = 58 \text{ KJ}/\text{kg}_{\text{as}} \\ \Psi = 48 \% \end{array} \right.$$

c. Détermination des batteries

Pour assurer les conditions du soufflage sans déshumidification on aura besoin de deux batteries froides et deux batteries chaudes.

Le facteur de by-pass représente la partie d'air non traité par la batterie froide, dans notre cas $BF=0.2$.

Donc l'efficacité de notre batterie :

$$\varepsilon = 1 - BF = 80 \%$$

1^{ère} évolution :

On prend la batterie froide suivante pour le premier refroidissement

$$Bf_1 : \left\{ \begin{array}{l} \Theta_{bf1} = 8 \text{ }^\circ\text{C} \\ r_{bf1}^s = 0.0067 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H_{bf1}^s = 24.6 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{as}} \\ \Psi = 100 \% \end{array} \right.$$

Sortie de la batterie froide

On calcul la température de sortie de la première batterie froide qui se situe sur la droite entre le point de mélange et la batterie par la relation suivante :

$$\varepsilon = \frac{\Theta_m - \Theta_1}{\Theta_m - \Theta_{bf1}}$$

$$\Theta_1 = \Theta_m - \varepsilon \cdot (\Theta_m - \Theta_{bf1})$$

$$1 : \left\{ \begin{array}{l} \Theta_1 = 12 \text{ }^\circ\text{C} \\ r_1^s = 0.0076 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H_1^s = 31.3 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{as}} \\ \Psi_1 = 87 \% \end{array} \right.$$

Puissance de la première batterie froide

La puissance calorifique de la batterie froide est calculée par la relation suivante :

$$P_{BF1} = q_{m_{BF}} [H^s_m - H^s_1]$$

$$P_{BF1} = 2.88 [58 - 31.3] = 76.9 \text{ KW}$$

Pour chauffer on aura besoin de la batterie chaude suivante :

$$B_{C1} : \left\{ \begin{array}{l} \Theta_{bc1} = 28 \text{ }^\circ\text{C} \\ r^s_{bc1} = 0.0076 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H^s_{bc1} = 47 \text{ kJ/kg}_{\text{as}} \\ \Psi_{bc1} = 32 \% \end{array} \right.$$

Sortie de la batterie chaude

La sortie de la batterie chaude se situe sur la droite de chauffage, on détermine sa température.

$$\varepsilon = \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_1 - \Theta_{bc1}} = 0.8$$

$$\Theta_2 = \Theta_1 - \varepsilon \cdot (\Theta_1 - \Theta_{bc1})$$

$$2 : \left\{ \begin{array}{l} \Theta_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C} \\ r^s_2 = 0.0076 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H^s_2 = 44.5 \text{ kJ/kg}_{\text{as}} \\ \Psi_2 = 39 \% \end{array} \right.$$

Puissance de la première batterie chaude

La puissance calorifique de la batterie froide est calculée par la relation suivante :

$$P_{Bc} = q_{m_{BF}} [H^s_2 - H^s_1]$$

$$P_{Bc} = 2.88 [44.57 - 31.3] = 38.3 \text{ KW}$$

2^{ème} évolution :

On prend la batterie froide suivante pour le deuxième refroidissement

$$\text{Bf}_2 : \begin{cases} \Theta_{b2} = -3 \text{ °C} \\ r_{b2}^s = 0.003 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H_{b2}^s = 4 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{as}} \\ \Psi_2 = 100 \% \end{cases}$$

Sortie de la batterie froide

On calcul la température de sortie de la deuxième batterie froide qui se situe sur la droite entre le point C1 et la batterie par la relation suivante :

$$\varepsilon = \frac{\Theta_2 - \Theta_3}{\Theta_2 - \Theta_{bf2}}$$

$$\Theta_3 = \Theta_2 - \varepsilon \cdot (\Theta_2 - \Theta_{bf2})$$

$$3 : \begin{cases} \Theta_3 = 2.5 \text{ °C} \\ r_3^s = 0.0041 \text{ kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{as}} \\ H_3^s = 12.37 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{as}} \\ \Psi_3 = 87 \% \end{cases}$$

Puissance de la deuxième batterie froide

La puissance calorifique de la batterie froide est calculée par la relation suivante :

$$P_{BF2} = q_{mBF} \cdot [H_2^s - H_3^s]$$

$$P_{BF2} = 2.88 [44.57 - 12.37] = \boxed{92.7 \text{ KW}}$$

A partir de la sortir de la batterie froide on chauffe jusqu'à la température de soufflage

Puissance de la deuxième batterie chaude

La puissance calorifique de la batterie chaude :

$$P_{Bc2} = q_{mBF} \cdot [H_2^s - H_3^s]$$

$$P_{Bc2} = 2.88 [22 - 12.37] = \boxed{27.7 \text{ KW}}$$

Les conditions de soufflage obtenues pour vaincre les apports du local nous imposent d'utiliser un système de refroidissement à deux batteries froides et deux batteries chaudes afin d'éviter

l'utilisation d'un déshumidificateur qui pourra nous poser un problème pour son alimentation en eau et aussi la consommation d'énergie supplémentaire.

III.5 Calcul de la puissance du groupe d'eau glacée

A partir des résultats des apports totaux A_T calculés tableau (III.44), en applique la relation (I.8) ;

$$P_f = 97888.02 + 0.3 \times 97888.02 = 127254.4 \text{ W}$$

$$P_f = 127.25 \text{ KW}$$

Partie C : Pertes de charge

III.6 Conduit aéraulique

Pour les conduits aéraulique on choisit des conduits rectangulaires, de hauteur b et de largeur a
Les dimensions des conduits qu'on utilisera sont présentées dans l'annexe, tableau (A.15).

➤ Vitesse de circulation

La vitesse de circulation de l'air dans un amphithéâtre varie de 5m/s - 7m/s pour les conduits principales, et de 1m/s – 3m/s pour les conduit secondaire.

$$qv = S.V$$

On prend le débit de soufflage et la section de sortie nécessaire pour avoir la vitesse de circulation dans le conduit principale, et pour les conduits secondaires on choisit la vitesse de circulation et la section des conduits pour avoir le débit.

	Tronçon	V (m/s)	qv (m ³ /s)	S (m ²)	a*b
Conduite principale	As Bs	6,42	3,08	0,48	1200*400
	Cs Ds		3,08	0,48	1200*400
	Es Fs		2,57	0,4	1000*400
	Gs Hs		2,05	0,32	800*400
	Is Js		1,54	0,24	600*400
Conduite secondaire	Ds Ks	2,5	0,9	0,36	600*600
	Fs Ls		0,75	0,3	500*600
	Hs Ms		0,5	0,2	500*400
	Js Ns		0,4	0,16	400*400

Tableau III.45: Dimension du circuit de soufflage.

	Tronçons	V (m ²)	qv ((m ³ /s)	S (m ²)	a*b
Conduite principale	a, b	6,6	1,32	0,2	500*400
	c, d		1,32	0,2	500*400
	d, e		1,06	0,16	400*400
	d, f		1,06	0,16	400*400
	e, g		1,06	0,16	400*400
	f, h		1,06	0,16	400*400
	g, i		1,06	0,16	400*400
	h, j		1,06	0,16	400*400

Tableau III.46 : Dimension du circuit de reprise.

III.7 Pertes de charge

Les pertes de charge représentent les pertes de pression dus aux frottements du fluide circulaire avec les parois des conduits, elle diffèrent d'un fluide à l'autre selon sa viscosité.

Dans notre étude, on va calculer les pertes de pression de l'air pour déterminer le ventilateur adéquat qui pourra assuré la circulation de l'air dans le circuit.

On distingue deux types de pertes de charge :

a. Pertes de charge linéaire

$$\Delta P_L = J \times L$$

J : perte de charge linéique [Pa/m], pertes de pression par mètre carré en fonction du débit pour les circuits rectangulaire représentées dans l'annexe, figures (A.17) et (A.18).

L : longueur du conduit.

b. Pertes de charge singulière

$$\Delta P_s = \zeta \times \frac{V^2}{2} \times \rho$$

ζ : Coefficient de pertes de charge singulière donner dans l'annexe, tableau (A.16)

ρ : Masse volumique de l'air [1.2kg/m³]

V : vitesse de circulation [m/s]

c. Calcul des pertes de charge linière

Circuit soufflage :

	Tronçon	a*b	qv (m ³ /s)	L (m)	J (Pa/m)	J*L (Pa)
Conduite principale	As Bs	1200*400	3,08	5,5	0,64	3,52
	Cs Ds	1200*400	3,08	3	0,64	1,92
	Es Fs	1000*400	2,57	3	0,65	1,95
	Gs Hs	800*400	2,05	3	0,72	2,16
	Is Js	600*400	1,54	3	0,9	2,7
Conduite secondaire	Ds Ks	600*600	0,9	18,4	0,12	2,208
	Fs Ls	500*600	0,75	17,4	0,14	2,436
	Hs Ms	500*400	0,5	15,8	0,17	2,686
	Js Ns	400*400	0,4	6	0,2	1,2
Pertes de charges linéaires totales :						20,78

Tableau III.47 : Pertes de charges linéaire pour le réseau de soufflage.

Circuit reprise :

	Tronçons	a*b	qv (m ³ /s)	L (m)	J (Pa/m)	L*J (Pa)
Conduite principal e	a, b	500*400	1,32	5,5	1	5,5
	c, d	500*400	1,32	4	1	4
	d, e	400*400	1,06	10,5	1,2	12,6
	d, f	400*400	1,06	10,5	1,2	12,6
	e, g	400*400	1,06	3,8	1,2	4,56
	f, h	400*400	1,06	3,8	1,2	4,56
	g, i	400*400	1,06	9,2	1,2	11,04
	h, j	400*400	1,06	9,2	1,2	11,04
Pertes de charges linéaires totales :						65,9

Tableau III.48 : Pertes de charges linéaires pour le réseau de reprise.**d. Calcul des pertes de charge singulière****Circuit soufflage :**

Les singularités du circuit de soufflage sont ;

- 3 rétrécissements avec un angle $\alpha = 5^\circ$
- 4 T
- 1 coude de $R/a = 0.6$

$$\Sigma \zeta = (3*0.15) + (4*1.4) + 0.9 = 6.95$$

$$\Delta P_s = 6.95 * (6.42^2 / 2) * 1.2 = \mathbf{171.87 \text{ Pa}}$$

Les pertes de charge totale du circuit de soufflage ;

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_s + \Delta P_L$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 171.87 + 20.78 = \mathbf{192.65 \text{ Pa}}$$

Circuit reprise :

Les singularités du circuit de reprise sont ;

- 5 coudes.
- 1 T

$$\Sigma \zeta = (5*0.9) + 1.4 = 5.9$$

$$\Delta P_s = 5.9 * (6.6^2 / 2) * 1.2 = \mathbf{154.2 \text{ Pa}}$$

Les pertes de charge totale du circuit de reprise ;

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_s + \Delta P_L$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 154.2 + 65.9 =$$

220.1 Pa

Les résultats des pertes de pressions obtenues du circuit proposé sont faibles pour l'utilisation des compresseurs à haute pression, cela à cause de la distance rapproché de la centrale et le circuit qui couvre l'amphithéâtre. Alors on suppose qu'on peut utiliser des compresseurs axiaux (ventilateurs) pour la distribution et la reprise de l'air.

III.8. Conclusion

Le calcul du bilan thermique nous a permis de traité l'évolution de l'air dans le local pour la CTA adéquate équipé de deux batteries froides et deux batteries chaudes pour éviter la déshumidification et la condensation d'eau sur les batteries, sa puissance est de 235.6 kW.

On a aussi calculé la puissance du groupe d'eau glacée nécessaire pour vaincre les apports du local qui est de 127.25 kW.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans ce travail nous avons pu dimensionner la centrale de traitement d'air nécessaire qui assurera les conditions du confort intérieure souhaité, après la réalisation de l'étude de l'évolution de l'air dans le diagramme de carrier, le point de soufflage trouver nous a imposé l'utilisation de quatre batteries, deux froides et deux chaudes qui disposent d'une puissance total de 235.6 kW . Une autre étude a été mener en comparaison a la CTA, est l'utilisation du système de climatisation avec un groupe d'eau glacé qui c'est avérer plus économe que la centrale a quatre batteries, avec une puissance du groupe d'eau glacée qui correspond presque à la moitié de celle de la CTA, avec une valeur de 127.25 kW.

Cependant, pour dimensionner toute l'installation nous devons effectuer des études complémentaires, citons :

- Déterminer la puissance des ventilateurs de soufflage et de reprise.
- Simulation sur CFD pour la diffusion de l'air dans le local.
- Détermination de la puissance électrique nécessaire pour l'alimentation de la CTA et du groupe d'eau glacée.
- Dimensionnement du circuit hydraulique et la détermination des pompes adéquates.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

[1] Claude-Alin Roulet, Santé et qualité de l'environnement intérieure dans les bâtiments, Presse Polytechnique et universitaires Romandes, 2000.

[2] A.C. van der Linden, A.C. Boerstra, A.K. Raue, S.R. Kurvers, R.J. de Dear

Profil des occupants, inspiré d'Adaptive temperature limites: A new guideline in The Netherlands : Une nouvelle approche pour l'évaluation des performances des bâtiments vis-à-vis du climat thermique intérieur, article 2007.

[3] AMMIRATI CHRISTIAN, Centrale de traitement d'air (CTA), fonctionnement, ABC CLIM , 28004 MADRID (13 avril 2021).

[4] DTR C 3-T Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments version 1998.

[5] NASHR, Kévin Tbt, Principe de fonctionnement d'une installation de climatisation centralisée, « Raccordement hydraulique », SCRIBD 11/04/2011.

ANNEXE

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
	Aout	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
	Aout	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
	Aout	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Tableau A.1 : rayonnement de base

Défiance équivalente de température $A_{tes}(t)$ ou $A_{tem}(t)$ (en °C)-Murs ensoleillés ou à l'ombre																										
Orientation	m_{surf} 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	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	0
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8	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	5,5	5,0	5,0	4,4	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	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	-1,7
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0	0
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,9	3,3
	≥700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4
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	-1,1
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	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	5,5	5,0
S	≤100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5	-0,5
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8
	≥700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9
SO	≤100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-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	1,7	1,1	
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9	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	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	-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	1,1	
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4
	≥700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	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	-1,1
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5	-0,5
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8
	≥700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	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	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-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	-1,1
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	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	1,7	1,1	1,1	0,5

Tableau A.2 : Différence de température équivalente

T _{sb,e} =34									
Heure	Cas1	Cas2	Cas3	Cas4	Heure	Cas1	Cas2	Cas3	Cas4
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 a 34°C

Zone climatique		Temperature Seche T _{Sb,e} (°C)	Humidité Specificque H _{Sb,e} (g _{vap} /kg _{gas})	Ecart diurne (°C)	Temperature moyenne T _{sm} (°C)	Ecart annuel de temperature EAT (°C)
A	Alt<500m	34	14.5	9	25.5	31
	500=<alt<1000m	33.5	13	10	25	32.5
	alt>=1000m	30.5	13	9	22.5	31.5
B	Alt<500m	38	12.5	15	26.5	36
	500=<alt<1000m	37	11	15	26.5	36
	alt>=1000m	35	10	14	25	36
B1	alt<500m	42	11	18	29	41.5
B2	alt>=500m	39	8.5	18	25	
C	alt<500m	39.5	6	18	29	41
	alt>=500m	36	11	15	29	36
D	alt<1000m	40	8.5	20	27	41.5
	alt>=1000m	34	8.5	18	25	40
E		44	6.5	15.5	33	38
E1	alt<500m	37	6	18	29	41
	alt>=500m	34	11	15	29	36
F		46	5.5	16.5	36.5	43

Tableau A.4 : condition de base extérieure

Désignation	Q_{vo}inf vent perpendiculaire a l'ouvrant (en m³/h.m² d'ouverture)	Q_{vo}inf Vent oblique par rapport a l'ouvrant (en m³/h.m² d'ouverture)
Fenêtre ou porte-fenêtre	14.5	8.7
Double fenêtre	8.7	5.2
Porte simple	21.7	13.8
Porte simple avec seuil et joint d'étanchéité	4.5	2.7
Porte en verre ou glace	145	87
Double porte avec sas		
Porte simple	4.2	2.5
Porte simple avec et joint d'étanchéité	0.9	0.5
Porte en verre	28.1	16.9
Porte a tambour		
Avec joint d'étanchéité	7.3	4.4
Sans joint d'étanchéité	21.7	13

Tableau A.5 : Débit d'infiltration par portes et fenêtres

Type de locaux	Débit minimal (m³/h.occupant)
Bureaux, locaux assimilés sans travail physique/ locaux d'enseignement.	25
Locaux de réunions, spectacles, vente, restauration.	30
Atelier, locaux avec travail physique léger.	45
Autre atelier et locaux.	60

Tableau A.6 : Débit d'air neuf par occupant

	M kg / m ²	Temps Solaire Vrai																								
		Matin													Après midi - Soirée											
		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	≥ 750	47	58	54	42	27	21	20	19	18	17	16	14	12	9	8	7	6	5	5	4	4	4	3		
	500	48	60	57	46	30	24	20	19	17	16	15	13	11	8	7	6	5	4	4	3	3	2	2		
	≤ 150	55	76	73	58	36	24	19	17	15	13	12	11	7	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0		
E	≥ 750	39	56	62	59	49	33	23	21	20	18	17	15	12	10	9	8	7	6	5	5	4	4			
	500	40	58	65	63	52	35	24	22	20	18	16	14	12	9	8	7	6	5	4	4	3	3			
	≤ 150	46	70	80	79	64	42	25	19	16	14	11	9	7	4	2	2	1	1	0	0	0	0			
SE	≥ 750	3	28	47	59	64	62	53	41	27	24	21	19	16	14	12	11	10	9	8	7	6	6			
	500	4	28	47	61	67	65	57	44	29	24	21	18	15	12	10	9	8	7	6	5	5	4			
	≤ 150	0	30	57	75	84	81	69	50	30	20	17	13	9	5	4	3	2	1	0	0	0	0			
S	≥ 750	6	6	23	38	51	60	66	67	64	59	42	24	22	19	17	15	13	12	11	1	9	8			
	500	4	4	22	38	52	63	70	71	69	59	45	26	22	18	16	13	12	10	9	8	7	6			
	≤ 150	10	21	43	63	77	86	88	82	56	50	24	16	11	8	5	4	2	2	1	1	0	0			
SO	≥ 750	8	8	9	10	11	24	39	53	63	66	61	47	23	19	18	16	14	13	11	1	9	8			
	500	7	8	8	8	10	24	40	55	66	70	64	50	26	20	17	15	13	11	10	9	8	7			
	≤ 150	3	4	6	7	9	23	47	67	81	86	79	60	26	17	12	8	5	4	3	2	1	1			
O	≥ 750	8	9	9	10	10	10	10	18	36	52	63	65	55	22	19	17	15	14	12	1	1	9			
	500	7	8	8	9	9	9	9	18	36	54	66	68	60	25	20	17	15	13	11	1	0	8			
	≤ 150	3	4	6	7	8	8	8	19	42	65	81	85	74	30	19	13	9	6	5	3	2	2			
NO	≥ 750	8	9	10	10	10	10	10	16	33	49	61	60	19	17	15	13	12	10	9	8	8	7			
	500	7	8	9	9	10	10	10	16	34	52	65	64	23	18	15	12	11	9	8	7	6	6			
	≤ 150	3	5	7	8	9	9	10	10	17	39	63	80	79	28	18	12	9	6	4	3	2	2			
N	≥ 750	8	37	67	71	74	76	79	81	83	84	86	87	88	29	26	23	20	19	17	1	1	1			
	500	6	31	67	72	76	79	81	83	85	87	88	90	91	30	26	22	19	16	15	1	1	1			
	≤ 150	0	25	74	83	88	91	94	96	96	98	98	99	99	26	17	12	8	5	4	3	2	1			

Tableau A.7 : Valeurs de Npvi

Degré d'activité	Exemple D'application												
		28		27		26		25		24		21	
		Sen	Lat										
Assis, repos	Classe, salle de spectacle	51	51	57	45	62	40	65	37	67	35	76	27
Assis, travail très léger	Logement, bureau	52	79	58	73	63	69	67	65	71	60	83	49
	Hôtel, amphithéâtre	52	94	58	88	64	83	70	77	74	72	85	52
Debout, marche	Magasin, accueil	60	102	66	96	72	91	68	63	82	80	93	70
Travail léger	Atelier, usine	56	164	64	156	72	148	80	140	86	134	107	113
Travail assez pénible	Atelier usine Salle de sport	79	214	88	205	97	197	132	161	112	181	135	158
Travail pénible	Atelier usine Salle de sport	131	293	136	288	142	283	149	277	154	271	177	248

Tableau A.8 : Gains dus aux occupants

Disposition des conduits d'air	C _{Δas}	C _{Δal}
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.9 : coefficients majorateurs des gains sensibles et latents

Types de locaux	Facteur BF
Habitation, locaux a usage d'hébergement	0.3 à 0.5
Locaux à usage d'enseignement, de bureaux, de réunion, petit magasins	0.2 à 0.3
Banques, ateliers	0.1 à 0.2
Lieux de restauration, grands magasin, hôpitaux, salle d'opération, lieux de stockage	0.05 à 0.1
Locaux abritant des équipements sensibles	<0.10

Tableau A.10 : facteur BF en fonction du type du local

Orientation	Azimut Φ (degrés)	Orientation	Azimut Φ (degrés)
N	-180	N	180
NNE	-157.5	NNO	157.5
NE	-135	NO	135
ENE	-112.5	ONO	112.5
E	-90	O	90
ESE	-65.5	OSO	65.5
SE	-45	SO	45
SSE	-22.5	SSO	22.5
S	0	S	0

Tableau A.11 : azimut des parois vertical

LATITUDE 37° NORD							
TSV	23 Juillet		20 Aout		20 Septembre		TSV
	β (en °)	ϕ (en °)	β (en °)	ϕ (en °)	β (en °)	ϕ (en °)	
6	12	106	7	100	-	-	18
7	24	98	19	91	12	81	17
8	36	89	31	81	24	71	16
9	47	79	43	70	35	59	15
10	59	65	53	55	44	44	14
11	69	42	62	32	51	24	13
12	73	0	65	0	53	0	12

Tableau A.12 : hauteur et azimut solaire

Heure	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C _{TS} (%)	67	80	87	94	100	100	93	85	77	63	48	35
Heure	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
C _{TS} (%)	21	6.7	0	0	0	4.7	12	20	28.5	32	43	53

Tableau A.13 : Valeurs de C_t

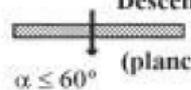
$\frac{1}{h}$ en $m^2 \cdot C/W$	Pari en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Pari en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	1/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
 Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,10	0,04	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.14 : valeurs des coefficients d'échange superficiel

a [mm]	b [mm]	S [m ²]	a/b	a [mm]	b [mm]	S [m ²]	a/b	a [mm]	b [mm]	S [m ²]	a/b	a [mm]	b [mm]	S [m ²]	a/b
200	100	0,020	2,00	400	200	0,080	2,00	800	250	0,200	3,20	1800	600	1,080	3,00
250	100	0,025	2,50	600	200	0,120	3,00	1200	300	0,360	4,00	1400	800	1,120	1,75
200	150	0,030	1,33	500	250	0,125	2,00	800	600	0,480	1,33	1200	1000	1,200	1,20
300	100	0,030	3,00	500	300	0,150	1,67	1200	400	0,480	3,00	2000	600	1,200	3,33
250	150	0,038	1,67	600	250	0,150	2,40	1000	500	0,500	2,00	1600	800	1,280	2,00
200	200	0,040	1,00	400	400	0,160	1,00	1400	400	0,560	3,50	1400	1000	1,400	1,40
400	100	0,040	4,00	800	200	0,160	4,00	1000	600	0,600	1,67	1200	1200	1,440	1,00
300	150	0,045	2,00	600	300	0,180	2,00	1200	500	0,600	2,40	1800	800	1,440	2,25
250	200	0,050	1,25	500	400	0,200	1,25	800	800	0,640	1,00	1600	1000	1,600	1,60
300	200	0,060	1,50	600	400	0,240	1,50	1600	400	0,640	4,00	2000	800	1,600	2,50
400	150	0,060	2,67	800	300	0,240	2,67	1400	500	0,700	2,80	1400	1200	1,680	1,17
250	250	0,063	1,00	500	500	0,250	1,00	1200	600	0,720	2,00	1800	1000	1,800	1,80
300	250	0,075	1,20	1000	250	0,250	4,00	1000	800	0,800	1,25	1600	1200	1,920	1,33
500	150	0,075	3,33	600	500	0,300	1,20	1600	500	0,800	3,20	2000	1000	2,000	2,00
300	300	0,090	1,00	1000	300	0,300	3,33	1800	500	0,900	3,60	1800	1200	2,160	1,50
600	150	0,090	4,00	800	400	0,320	2,00	1200	800	0,960	1,50	2000	1200	2,400	1,67
400	250	0,100	1,60	600	600	0,360	1,00	1600	600	0,960	2,67	-	-	-	-
500	200	0,100	2,50	800	500	0,400	1,60	1000	1000	1,000	1,00	-	-	-	-
400	300	0,120	1,33	1000	400	0,400	2,50	2000	500	1,000	4,00	-	-	-	-

Tableau A.15 : Dimension des conduits rectangulaire.

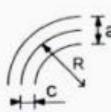
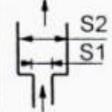
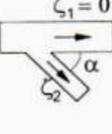
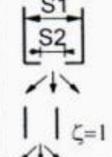
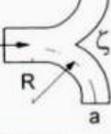
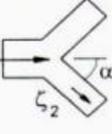
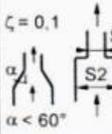
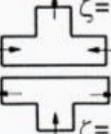
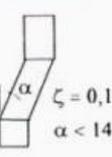
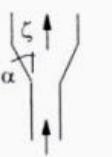
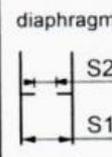
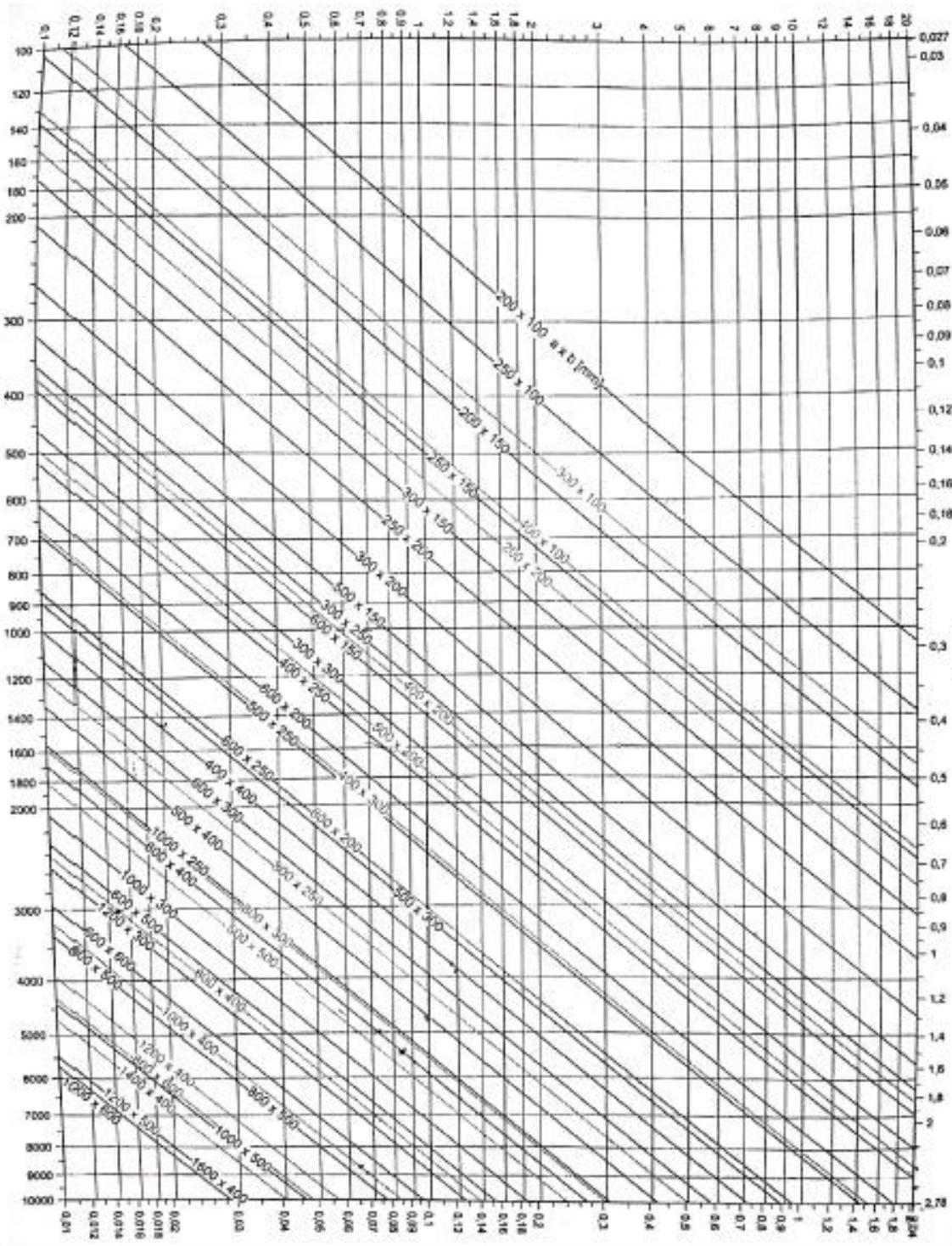
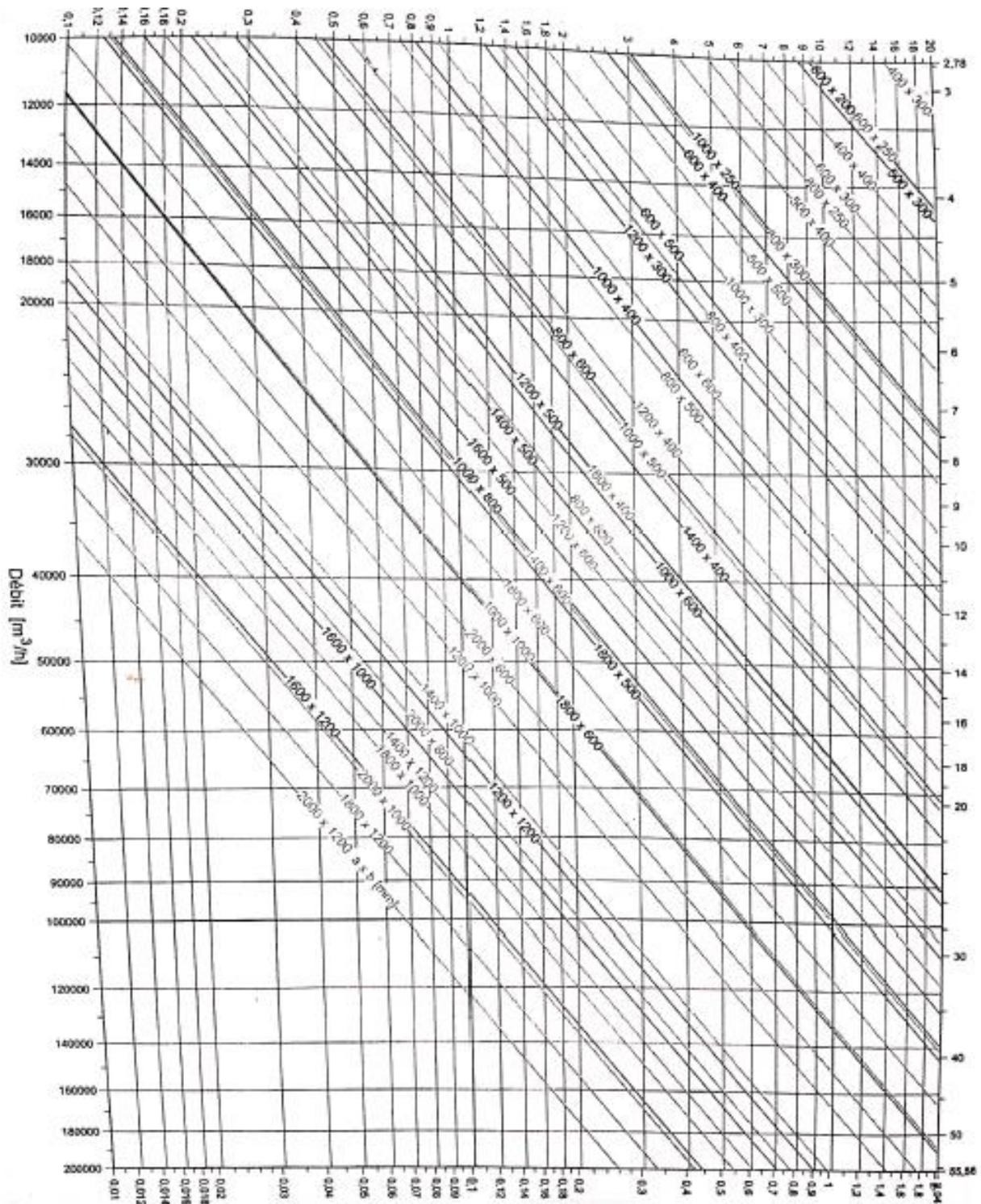
Conduits à section rectangulaire (b = largeur ; a = hauteur)												
	b/a	0,25	0,5	1,0	4,0		C/a	0,25	0,5		S2/S1	ζ
	R/a	0	1,3	1,5	1,5		1,4	R/a	0,5		0,4	0,5
	0,5	1,3	1,1	1,0	1,0		0,75	0,25	0,3		0,2	0,7
	0,75	0,6	0,5	0,4	0,4		1,0	0,2	0,2		0,4	0,4
	1,0	0,4	0,3	0,25	0,2		2,0	0,1	0,1		0,6	0,2
	1,5	0,2	0,15	0,1	0,1						0,8	0,1
	α	ζ2				α	ζ	R/D	ζ2			
	15°	0,1		15°	0,1		0,5	0,5	1,0		0,0	2,5
	30°	0,3		30°	0,3		0,75	0,5	0,5		0,2	2,5
	45°	0,5		45°	0,7		1,0	0,25	0,25		0,4	2,3
	60°	0,7		60°	1,0		1,5	0,15	0,15		0,6	2,0
	90°	1,3		90°	1,4		2,0	0,1	0,1		0,8	1,6
											1,0	1
	α	ζ						ζ=1,4			0,1	0,6
	15°	0,1		15°	0,5			Voir coudes			0,2	0,45
	30°	0,3		30°	0,3						0,4	0,3
	45°	0,7		45°	0,3						0,6	0,2
	60°	1,0		60°	0,5						0,8	0,1
	90°	1,4		90°	0,7							
	α	ζ=1,3						R/a	ζ	diaphragme	1	0
	α < 14°	ζ=0,7		5°	0,15		0,2	1,0			0,9	0,1
				10°	0,25		0,4	0,8			0,8	
				15°	0,4		0,6	0,9			0,7	1
				30°	0,8		0,8	1,1			0,6	2
				45°	0,9		1,0	1,2			0,5	3
				60°	1,0						0,4	5
												8

Tableau A.16 : coefficients de pertes de charge singulière



Abaque A.17 : pertes de charge linéaire des conduits en fonction du débit volumique



Abaque A.18 : pertes de charge linéaire des conduits en fonction du débit volumique

Résumé

L'objectif de ce mémoire est de mener une étude comparative de centrales de climatisation, qui aurait pour but de déterminer la centrale la plus favorable pour assurer le confort climatique aux occupants en même temps la plus économe.

Nous avons défini en premier lieu, l'air humide et le confort climatique, puis nous sommes passées aux calculs du bilan thermique du local, en utilisant la méthode énoncé par le document technique règlementaire, a fin de tracer l'évolution de l'air sur le diagramme de carrier pour déterminer la puissance de la CTA et aussi la puissance du groupe d'eau glacée.

Mots clés : Apports, conditionnement, puissance, DTR, Amphithéâtre, pertes de charge.

Abstract

The objective of this thesis is to conduct a comparative study of air conditioning units, which would aim to determine the most favorable unit to ensure climatic comfort to occupants at the same time the most economical.

We first defined humid air and climatic comfort, then we went on to calculate the heat balance of the room, using the method set out in the regulatory technical document, in order to trace the evolution of the air on the carrier diagram to determine the powers of the two plants.

Keywords: conditioning, humidity, heat balance, power.

