

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI-TIZI-OUZOU

FACULTE DU GENIE DE
LA CONSTRUCTION



DEPARTEMENT DE GENIE
MECANIQUE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master professionnelle**

OPTION : froid, chauffage et climatisation

Intitulé

***Climatisation du laboratoire microbiologie de
l'usine parapharmaceutique cytolab Azazga***

Réalisé par

Ali Yazid

et

Icheroufene Amar

Encadré par:

FOUCHANE Sid-Ali

Promotion 2021/2022

Remerciements

*On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté de
Commencer et de terminer ce mémoire.*

*On remercie notre promoteur **Mr. Fouchan sidali** pour son encadrement
Exceptionnel, sa rigueur, son sérieux. Sa contribution a été d'un précieux
Soutient tout au long de notre travail.*

*Notre gratitude va aussi à **Mr. Sarni Yacine** pour son aide précieuse,
Simplicité et ces encouragements.*

*Nos vifs remerciements à l'établissement **CYTOLAB AZAZGA** a son
Accueil chaleureux aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Enfin, nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin à
L'élaboration de ce travail.*

Dédicaces

*Je remercie dieu de m'avoir donné l'occasion de présenter toute mes dédicaces
à:*

Ma chère Mère

Mon cher père

Mes chères sœurs

Mes chers frères

*Merci pour m'avoir toujours supporté dans mes décisions. Merci pour tout votre
Amour et votre confiance, pour m'avoir aidé à ranger mon éternel désordre et
pour*

Votre énorme support pendant la rédaction de mon projet !

Je vous aime beaucoup.

Tous les membres de ma famille

Tous mes proches et mes amis ...

*Un grand merci à ma MERE et mon PERE, pour leur amour, leurs conseils
ainsi*

*que leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique, qui m'a permis
de*

réaliser les études que je voulais et par conséquent ce mémoire

Yazid Ali

Dédicaces

À mes très chers parents pour leurs sacrifices pour lesquels je leur suis énormément reconnaissant ainsi que pour leur aide, merci d'avoir toujours cru en moi.

À mes frères adorés,

À tous mes amis qui ont su me montrer leur soutien tout au long de l'élaboration de ce mémoire ;

Je vous dédie cette modeste contribution que j'espère avoir tissé pour une fin utile.

Icheroufene Amar

Nomenclature

Lettres latines	Désignations	Unités
A	Apports calorifiques	W
AI	Apports calorifiques internes	W
AINF	Apports dus aux infiltrations d'air	W
Alt	Altitude	m
APO	Apports par les parois opaques	W
AREN	Apports dus au renouvellement d'air	W
AV	Apports à travers les parois vitrées	W
AVE	Apport calorifique à travers les parois vitrées dus au rayonnement solaire	W
AVT	Apport calorifique à travers les parois vitrées dus au gradient de température	W
BP	Basse pression	Pa
c	Profondeur de la saillie horizontal	m
C_{cr}	Pourcentage de chaleur résiduelle	%
C_{inc}	Coefficient correcteur	°C
C_{loc}	Chaleur latente des occupants	W
C_{me}	Coefficient de majoration	/
COP	Coefficient de performance	/
C_p	Capacité thermique	J/Kg. °C
CS	Coefficient de simultanéité	/
C_{Soc}	Chaleur sensible des occupants	W
C_{TS}	Coefficient correcteur de température	%
$C_{\Delta te}$	Facteur de correction	°C
d	Profondeur de la saillie vertical	m
DAO	Dessin Assisté par Ordinateur	/
Db	Décibel (Unité de bruit)	Db

Lettres latines	Désignations	Unités
E	Orientation est	/
e_1	Épaisseur	m
é	Coefficient relatif à la nature des locaux	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
e_1	Longueur d'ombre latérale	m
e_2	Longueur d'ombre verticale	m
EAT	Différence de température entre la température de base d'été et la température de base d'hiver	$^\circ C$
E_b	Écart diurne de base	$^\circ C$
ENE	Orientation est-nord-est	/
EPS	Polystyrène expansé	/
ESE	Orientation est-sud-est	/
ET	Équation du temps	minutes
FS	Facteur solaire du vitrage	/
GPS	Système de localisation (de mobiles) par satellite	/
h_i et h_e	Coefficient de transmission thermique par convection	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
HLV	Heure Locale Vrai	heures
HP	Haute pression	Pa
HR	Humidité relative de l'air	%
HS	Humidité spécifique de l'air	g_{vap} / Kg_{as}
HVAC	Heating, Ventilation and Air conditioning	/
I_d	Rayonnement diffus réel	W/m^2
$I_{d,b}$	Rayonnement diffus de base	W/m^2
I_t	Rayonnement total réel	W/m^2
$I_{t,b}$	Rayonnement total de base	W/m^2
K	Coefficient de transmission surfacique	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
L	Latitude du lieu considéré	degrés
Lat	Latent	/
m	Masse	Kg
M_{surf}	La masse rapportée à la surface	Kg/m^2
N	Orientation nord	/
n	Nombre	/
LM	laboratoire microbiologie	/

Lettres latines	Désignations	Unités
N_{Pvi}	Coefficient d'amortissement	%
NE	Orientation nord-est	/
NNE	Orientation Nord-Nord-Est	/
NNO	Orientation Nord-Nord-Ouest	/
NO	Orientation Nord-Ouest	/
O	Orientation Ouest	/
ONO	Orientation Ouest-Nord-Ouest	/
OSO	Orientation Ouest-Sud-Ouest	/
PH	Parois opaque horizontales	/
PMV	Vote moyen prévisible	/
PPD	Pourcentage prévisible d'insatisfait	/
PV	Parois opaque verticales	/
PVI	Parois vitrées	/
Q	Flux de chaleur	W
Q_v	Débit	m^3/h
R	Résistance thermique	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
RDC	Rez-de-chaussée.	/
S	Orientation sud	/
SE	Orientation sud-est	/
Sen	Sensible	/
SHFT	Longitude, positive à l'Est de Greenwich	degrés
S_i	Surface	m^2
SO	Orientation sud-ouest	/
SSE	Orientation sud-sud-est	/
SSO	Orientation sud-sud-ouest	/
T_i	Température	K
TO	Heure officielle	heures
TS	Température sèche de l'air	$^\circ C$

Lettres latines	Désignations	Unités
TS (t)	Température sèche de l'air à l'heure t	°C
TSV	Temps Solaire Vrai	heures
Wn	Puissance nominale	W
XPS	Polystyrène extrudé	/

Symbole grecs	Désignations	Unités
α	Facteur d'absorption	/
β	Hauteur du soleil	degrés
δ	Déclinaison solaire	degrés
ΔT	Différence de température entre les deux ambiances	°C
$\Delta t_e(t)$	Déférence équivalente de température à l'heure t	°C
Δt_{es}	Déférence équivalente de température à l'heure t. la paroi est à l'ombre	°C
Δt_{em}	Déférence équivalente de température à l'heure t. pour l'orientation de la paroi considérée	°C
Δt_{inc}	Écart de température entre l'espace non conditionne et le local considéré	°C
ΔT_{Smax}	Différence maximale de la température sèche de l'air	°C
ε	Facteur d'émission ou émissivité du matériau	/
λ	Conductivité thermique	W/m. °C
ρ	Masse volumique	Kg/m ³
σ	Constante de Stefan-Boltzmann	W / m ² . K ⁴
φ	Azimut d'une paroi verticale	degrés
ϕ	Azimut solaire	degrés
ω	Angle horaire	degrés

Indice	Désignations
Réf	Référence
B	Base
i	intérieur
e	extérieur
m	moyen
vap	vapeur

INTRODUCTION	1
---------------------------	----------

CHAPITRE I NOTION DU CONFORT ET CONTEXTE DU PROJET

1.1 DESCRIPTION DU SITE :.....	2
1.2 LES CONDITIONS DE CONFORT THERMIQUE	4
1.2.1 LA TEMPERATURE	4
1.2.2 L'HUMIDITE RELATIVE.....	5
1.3 LES SYSTEMES CVCA (CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT D'AIR).....	5
1.3.1 PRISE D'AIR EXTERIEUR.....	6
1.3.2 CONDUIT D'ALIMENTATION D'AIR EXTERIEUR.....	6
1.4 RESEAU DE DISTRIBUTION D'AIR.....	6
1.5 GRILLES ET DIFFUSEURS	7
1.6 FILTRATION PRIMAIRE :.....	7
1.7 FILTRATION SECONDAIRE :	7

Chapitre II Généralités sur les systèmes de climatisation

2.1 LA CLIMATISATION.....	9
2.2 LES DIFFERENTS TYPES DE CLIMATISATION	9
2.3 LA CLIMATISATION PAR UNE MACHINE FRIGORIFIQUE A COMPRESSION MECANIQUE.....	10
2.3.1 INTRODUCTION.....	10
2.3.2 VUE EXTERNE DE LA MACHINE FRIGORIFIQUE.....	10
2.3.3 VUE INTERNE DE LA MACHINE FRIGORIFIQUE.....	12
2.3.3.1 INTRODUCTION.....	12
2.3.3.2 DESCRIPTION DU CYCLE DU FLUIDE FRIGORIGENE.....	13
2.3.3.3 CYCLE DE FONCTIONNEMENT.....	14
2.3.3.4 COEFFICIENTS DE PERFORMANCE (COP).....	15
2.4 VUE SUR LA CENTRALE TRAITEMENT D'AIRE (CTA.....	15
2.4.1 DEFINITION DE LA CTA :.....	15
b. CTA DOUBLE FLUX.....	16
c. CTA TOUT AIR NEUF A SOUFFLAGE CONSTANT	17

2.5	ROLE DES DIVERS ELEMENTS DE LA CTA :	17
------------	---	-----------

Chapitre III Bilan thermique estival

3.1	INTRODUCTION	19
3.2	EVALUATION DES COEFFICIENT DES TRANSMISSION GLOBAUX:	20
3.3	DONNEES TECHNIQUE RELATIVES A LA CONSTRUCTION DE LABORATOIRE MICROBIOLOGIE :	21
3.3.1	SALLE DE LABORATOIRE MICROBIOLOGIE	21
3.3.2	PASS-BOX 128 130 et 131	22
3.3.3	PASS-BOX 129	23
3.4	FORMULES GENERALES DES APPORTS CALORIFIQUES :	24
3.5	APPORTS A TRAVERS LES PAROIS OPAQUES :	25
3.5.1	PAROIS AERIENNES	25
3.6	PAROIS INTERIEURS :	25
3.6.1	Parois en contact avec local non conditionné :	25
3.7	APPORTS A TRAVERS LES PAROIS VITREES:	26
3.7.1	VITRE INTERIEURE	26
3.7.2	VITRE EXTERIEURE	26
3.8	LA MASSE M RAPPORTEE A LA SURFACE:	27
3.9	APPORTS DE CHALEUR INTERNE:	27
3.9.1	GAINS DUS AUX OCCUPANTS :	27
3.9.2	GAINS DUS AUX MACHINES :	27
3.9.3	GAINS DUS A L'ECLAIRAGE :	28
3.10	APPORT DE CHALEUR PAR INTRODUCTION D'AIR:	28
3.10.1	GAINS DUS A L'INFILTRATION DE L'AIR :	28
3.11	BILAN THERMIQUE DE LABORATOIRE MICROBIOLOGIE:	28
3.11.1	VERIFICATION REGLEMENTAIRE :	29
3.12	FORMULE DE LA RELATION DE VERIFICATION :	29
3.12.1	APPORTS DE REFERENCE DES PAROIS HORIZONTALE :	30
3.12.2	APPORTS DE REFERENCE DES PAROIS VERTICALES :	30
3.13	APPORTS DE REFERENCE DES PAROIS VITREES:	31

Chapitre IV Choix et calculs sur le matériel de climatisation

4.1	CRITERES DE CHOIX DU SYSTEME	31
4.1.1	LES SOLUTIONS CHOISES	31
4.2	CALCULS DES INSTALLATIONS DE CLIMATISATION	31
4.3	SYSTEME INSTALLE	33
4.3.1	ROLES DES DIVERS ELEMENTS :	34

4.3.2 PRODUCTION DE L'EAU GLACEE :	36
4.4 CALCUL AERAULIQUE :.....	37
4.4.1 CALCUL DES PERTES DE CHARGES:	39
4.4.2 RESUMES DES PERTES DE CHARGES DE RESEAU DE SOUFFLAGE:.....	41
4.5 CALCUL HYDRAULIQUE :	43
4.5.1 DIAMETRE HYDRAULIQUE:.....	44
4.5.2 LES PERTES DE CHARGE DANS LE RESEAU DE TUYAUTERIE :.....	45
4.6 VENTILATIONS :	47
4.6.1 ORGANE DE VENTILATION.....	48
4.6.2 CONDUITES (RESEAU AERAULIQUE) :.....	50
4.6.3 ENTRTEES D'AIR ET PRISES D'AIR NEUF :	50
4.6.4 SORTIES D'AIR VICIE :	50

CONCLUSION

REFERENCES

ANNEXES

Introduction générale :

L'environnement et les conditions ambiantes du cadre de vie d'un individu influencent considérablement son moral, sa sécurité, son efficacité dans tous ses états de vie et d'activités. Au-delà du bruit et de l'éclairage, l'état de l'air est un facteur environnemental très important pour l'Homme. Pour fonctionner de manière efficace, le corps humain a besoin d'une atmosphère spécifique dont les caractéristiques dépendent de plusieurs facteurs tels que la température, l'humidité et le renouvellement d'air. La mise en place de systèmes garantissant ces conditions relève des techniques de climatisation ou de conditionnement d'air.

La conception d'un système de climatisation vise à créer des conditions de température, d'humidité, de niveau sonore, de qualité d'air hygiénique permettant aux occupants de vivre sous un rendement optimum. Les systèmes de climatisation, pour assurer ces fonctions, utilisent des moyens de refroidissement, de transfert de chaleur, des filtres à air, des réseaux de distribution du froid plus ou moins complexes ainsi que des moyens de gestion et de régulation. Cependant, la climatisation de nos jours fait face à un double défi : d'une part, l'échauffement climatique et le développement de la technologie ont augmenté les besoins et la facilité d'accès à la climatisation

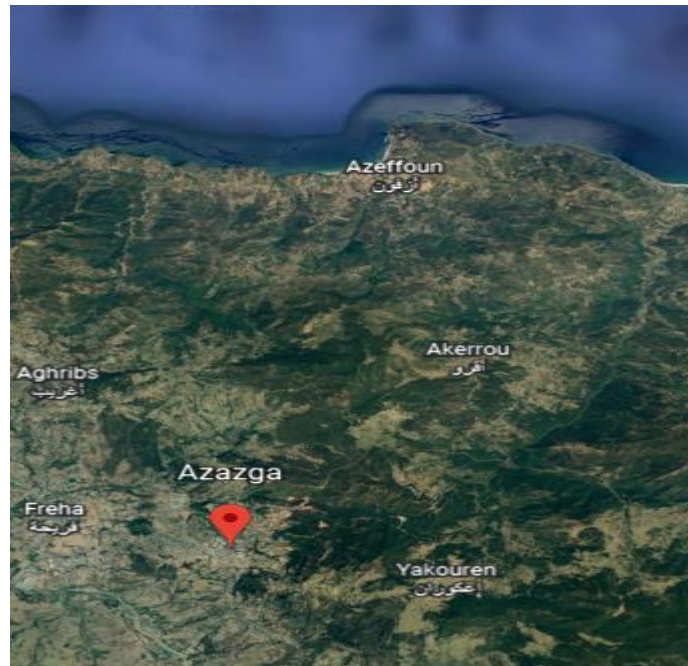
D'autre part, l'augmentation galopante du recours à la climatisation impacte énormément sur la facture d'électricité avec des effets de pollutions environnementales divers. Il convient de ce fait, de choisir le système le plus efficace, le plus économique et écologique possible pour une application donnée en fonction des besoins et des spécifications techniques.

D'où l'objectif visé dans le cadre de cette étude est de choisir un système de climatisation adapté pour le laboratoire microbiologique. Pour arriver à ce stade le premier chapitre va présenter le contexte du projet puis rappeler les principes de climatisation dans le deuxième chapitre, après on continue par étudier la charge du bâtiment dans le troisième chapitre, alors que le quatrième chapitre sera consacré à l'étude des caractéristiques du système de climatisation à savoir la CTA et les pertes de charges ainsi que les débits qui règnent dans le circuit aéraulique

1.1 DESCRIPTION DU SITE :

Notre projet consiste à étudier la climatisation d'un laboratoire microbiologique de CYTOLAB-DIMED qui se trouve à Azazga en Algérie willaya Tizi Ouzou. Elle est située à 30 km au sud du littoral méditerranéen, à 30 km à l'est de Tizi-Ouzou, à une altitude de 436 m, et une latitude de 36°44'43"N, 4°22'16"E.

Selon le [DTR] elle est située dans la zone A (annexe1)



FigI.1 : Carte de localisation

Comme conditions pour ce projet, on a pris pour la zone qui nous occupe les valeurs que suivent :

Eté :	Max. Température sèche :	38°C
	HR :	40%
	Max. Température humide :	26,5°C
	Enthalpie :	81,38KJ/Kg
Hiver :	Min. Température :	2°C
	HR	95%

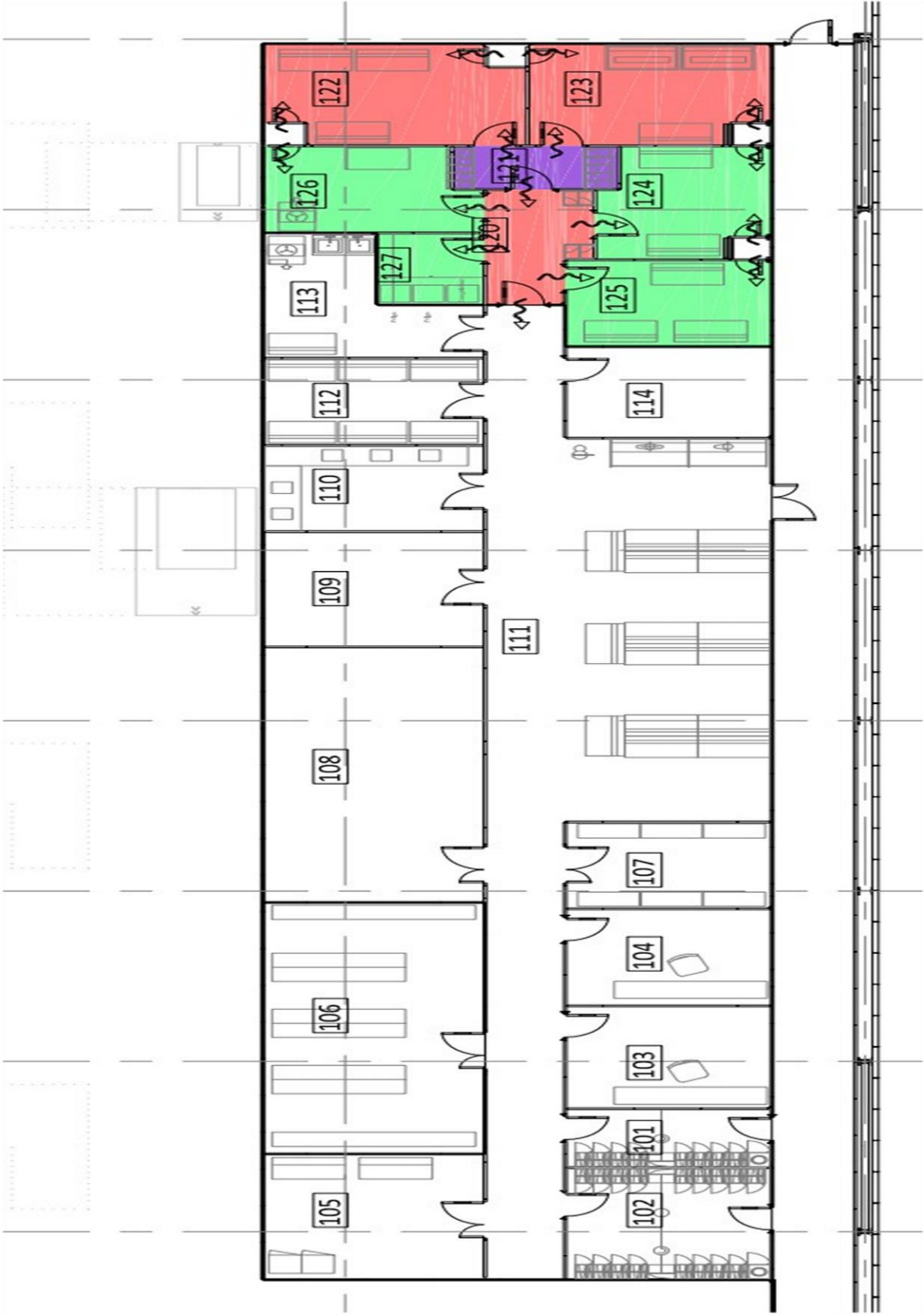


Fig I.2: Etage typique l'usine

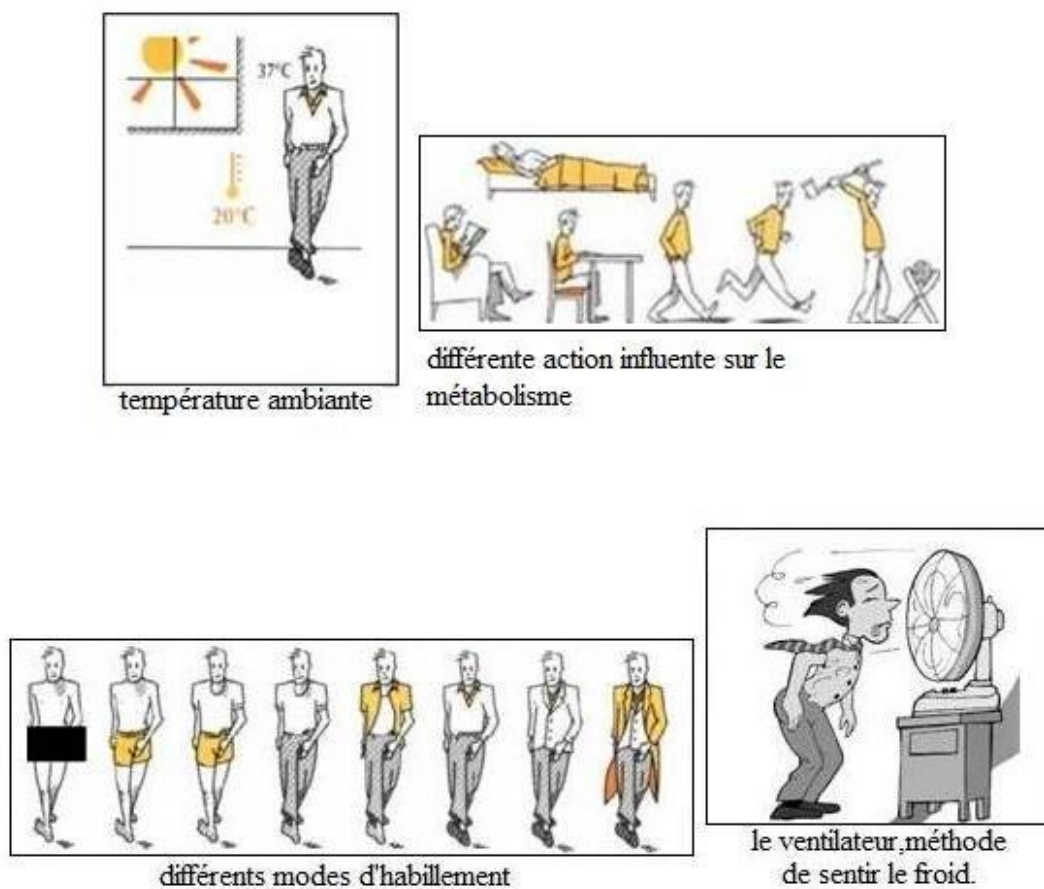
1.2 LES CONDITIONS DE CONFORT THERMIQUE

L'homme a de tout temps cherché à améliorer son bien-être, le chauffage a toujours été vital pour lui et plus récemment la climatisation.

La notion de confort est définie de façon générale comme l'absence de gêne ou de contraintes qui seraient susceptibles de gêner les activités d'un individu.

Bien sûr les exigences en ce qui concerne le confort ont évolué en distinguera deux paramètres entrant en ligne de compte afin d'assurer un environnement confortable.

Le confort thermique dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont



montrés à la

Fig.I.3. : Fig I. 3: les facteurs d'influence sur le confort thermique.

1.2.1 LA TEMPERATURE

La climatisation est utilisée afin de diminuer la température élevée d'un local et la réduire aux limites permissibles de température. Normalement cette température varie de 19 à 24 °C.

1.2.2 L'HUMIDITE RELATIVE

C'est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. On appelle humidité relative (HR): le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air à une température donnée sur la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir, à la même température, avant que la condensation commence.

L'humidité produit un impact sur la sensation de confort d'un individu dans un local (chauffé ou climatisé). L'inconfort n'apparait que dans des situations extrêmes (fig.I.4) :

Pour une HR inférieure à 30%

Pour une HR supérieure à 70%

Pour un confort optimal et pour une température de l'air environ de 24°C (été), alors l'HR peut varier de 45 à 65 % [1].

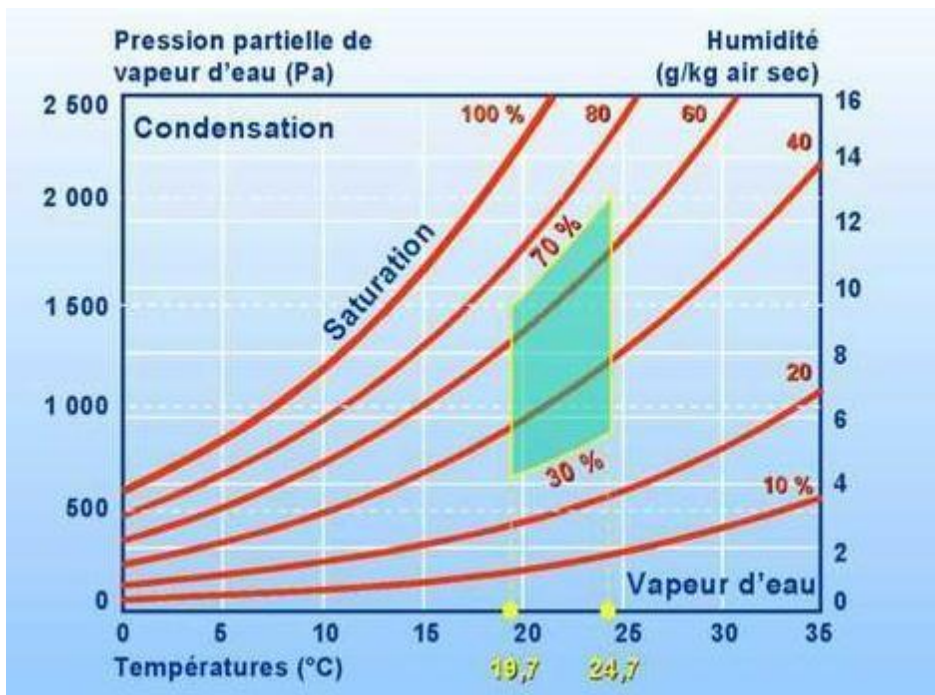


Figure I.4: zone de confort thermique.

1.3 LES SYSTEMES CVCA (CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT D'AIR)

Le système CVC (chauffage, ventilation et climatisation) est un système tout-en-un installé à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un établissement pour assurer une bonne qualité de

l'air, une bonne circulation de l'air et le confort de ses occupants. Les systèmes CVC assurent une bonne qualité de l'air en faisant circuler l'air à l'intérieur et en l'évacuant à l'extérieur du bâtiment.

Les composants d'un système CVC intègrent les fonctions de chauffage, de ventilation et de climatisation. Cela comprend le filtre, le compresseur, les serpentins, le ventilateur, les sorties d'échappement, les conduits et d'autres pièces électriques. Les systèmes CVC peuvent également être appelés systèmes de climatisation, car il existe des unités de climatisation dotées d'un dispositif de chauffage. Le système de ventilation de ces unités peut être soit naturel, ce qui est le plus courant, soit doté de composants supplémentaires de purification de l'air tels que des filtres spéciaux. [2]

1.3.1 PRISE D'AIR EXTERIEUR

La prise d'air extérieur est la source de l'air extérieur entrant dans le bâtiment et qui sera diffusé par les systèmes de ventilation.

La prise d'air doit être conçue de façon à éviter l'entrée de pluie dans le système de ventilation:

- Prise d'air munie de déflecteurs.
- Orientation de la prise d'air tenant compte des vents dominants.
- Vitesse d'entrée d'air (surface libre) adéquate selon les besoins.

1.3.2 CONDUIT D'ALIMENTATION D'AIR EXTERIEUR

Il s'agit du conduit d'air reliant la prise d'air extérieur au système de ventilation. Le conduit d'alimentation d'air extérieur doit comporter un volet motorisé contrôlant précisément la quantité d'air extérieur admis dans le système de ventilation.

1.4 RESEAU DE DISTRIBUTION D'AIR

Le réseau de distribution d'air est constitué des conduits et plénum d'alimentation et de retour d'air ainsi que des conduits d'évacuation.

Toutes les surfaces intérieures des conduits d'air doivent être lisses, non poreuses et exemptes d'obstructions ralentissant l'écoulement de l'air afin de réduire au minimum la

possibilité de croissance et de dispersion de microorganismes dans le système.

Limiter au minimum l'utilisation d'isolant acoustique à l'intérieur des conduits d'air. Lorsqu'il est utilisé, l'isolant acoustique doit être imperméable, résistant à la croissance des microorganismes, et les bouts doivent être scellés. Aucun isolant acoustique n'est permis pour les conduits desservant un bloc opératoire ou espace requérant un niveau d'asepsie important.

Les conduits dans lesquels circule de l'air froid doivent être isolés thermiquement par l'extérieur de manière à ce qu'il ne s'y produise aucune condensation.

1.5 GRILLES ET DIFFUSEURS

Les grilles et diffuseurs assurent la distribution et la reprise de l'air dans une pièce. La localisation et les caractéristiques de diffusion des diffuseurs ainsi que la localisation des grilles de retour doivent faire l'objet d'une grande attention, pour assurer un bon confort thermique et une ventilation efficace de la pièce.

1.6 FILTRATION PRIMAIRE :

Il s'agit d'une filtration minimale pour éviter l'empoussièrement des composantes du système de ventilation. Pour les secteurs sans besoins spécifiques de filtration tels que les bureaux, la filtration primaire est considérée suffisante.

La filtration doit être localisée en amont des serpentins et du ventilateur afin de protéger ceux-ci contre l'empoussièrement.

Un indicateur de perte de pression statique doit être présent pour évaluer le degré d'empoussièrement des filtres.

1.7 FILTRATION SECONDAIRE :

Il s'agit d'une filtration additionnelle pour satisfaire les besoins de propreté de l'air pour l'alimentation de certains secteurs tels que les aires de soins, le bloc opératoire, le service alimentaire, les laboratoires, etc.

Les dispositifs de filtration doivent être localisés en aval du ventilateur (côté en pression positive) afin qu'aucune particule ne puisse s'introduire dans les conduits d'alimentation d'air en aval des filtres.

Si les filtres secondaires étaient placés en amont du ventilateur, de l'air contaminé pourrait être aspiré par les interstices de l'unité de ventilation entre les filtres secondaires et le

ventilateur d'alimentation et être alimenté dans les conduits sans avoir été filtré.

Le flux d'air traversant les filtres doit être pleinement développé afin d'assurer une vitesse d'air uniforme sur les filtres et d'éviter que certaines parties de ceux-ci soient surchargées.

2.1 LA CLIMATISATION

La climatisation regroupe l'ensemble des procédés visant à conditionner l'air ambiant d'un espace en contrôlant et en maintenant la température, l'humidité, le mouvement de l'air, le degré sonore et la différence de pression, tout en veillant à la santé et au confort des occupants de la pièce et au bon fonctionnement des appareils qui s'y trouvent [3].

Ce procédé est basé sur quatre transformations de base à savoir :

- Le refroidissement
- Le chauffage,
- L'humidification,
- La déshumidification

2.2 LES DIFFERENTS TYPES DE CLIMATISATION

La classification des systèmes de climatisation comprend :

- Les climatiseurs individuels : Ce sont des appareils monoblocs ou bi-blocs (split-system) à détente directe c'est-à-dire que le froid est produit dans l'unité de climatisation placée dans le local à climatiser. Ils sont employés généralement dans les secteurs tertiaires et résidentiels.

- La climatisation centralisée ou semi-centralisée « tout air ». Dans ce cas de figure, une CTA est associée à 4 réseaux d'air : un pour l'amenée d'air neuf, un second pour la reprise de l'air du local, un troisième pour le soufflage de l'air de mélange et un dernier réseau pour l'extraction de l'air.

- La climatisation centralisée ou semi-centralisée « tout eau ». Dans ce modèle, des groupes refroidisseurs de liquide produisent de l'eau glacée qui est acheminée vers les locaux à climatiser par l'intermédiaire d'un réseau hydraulique, la diffusion de l'air frais étant assurée par les ventilo-convecteurs, les unités terminales, les planchers rafraichissants et les poutres froides.

2.3 LA CLIMATISATION PAR UNE MACHINE FRIGORIFIQUE A COMPRESSION MECANIQUE

2.3.1 INTRODUCTION

Fournir du froid à un corps, à un milieu, c'est lui extraire de la chaleur ce qui se traduit par un abaissement de sa température et aussi, bien souvent, par des changements d'états : condensation, solidification, évaporation etc. Ce sont ces effets du froid qui sont, dans leur grande diversité, au service de l'homme moderne. Les machines frigorifiques permettent, moyennant un apport énergétique, d'extraire de la chaleur aux milieux à refroidir. Elles rejettent cette chaleur, accompagnée de l'équivalent thermique de l'énergie reçue, à température plus élevée, dans le milieu ambiant.

Si les modes de production de froid sont fort variés, certains d'entre eux se détachent nettement des autres dans tel ou tel domaine de températures à atteindre.

Comme la plupart des applications économiquement très importantes du froid, le conditionnement d'air de confort (climatisation) ou industriel, la production, la conservation et la distribution des denrées périssables appartiennent au domaine des cycles à compression, l'importance de ces cycles est considérable. La primauté écrasante des machines frigorifiques à compression s'explique d'abord par leur simplicité et leur efficacité. Mais elle s'explique aussi par la très importante diversité de leurs composants (compresseurs, échangeurs thermiques, organes de régulation, etc.) utilisables dans les plus petites machines comme dans les plus grandes, composants disponibles à peu près partout dans le monde, généralement fabriqués en série avec des prix très étudiés car la concurrence internationale est sévère. Il est ainsi possible de réaliser, à la demande, n'importe quel type de cycles à compression en assemblant ces composants.

La bonne connaissance des cycles frigorifiques à compression est donc d'une importance majeure, ce qui justifie le développement qui leur est réservé. [2]

2.3.2 VUE EXTERNE DE LA MACHINE FRIGORIFIQUE

Dans les installations de climatisation, la machine frigorifique permet d'évacuer vers l'extérieur la chaleur excédentaire des locaux.

En pratique, elle prépare de l'air froid ou de l'eau froide qui viendront compenser les apports de chaleur du soleil, des équipements de bureautique, des occupants, de telle sorte que le bilan chaud-froid soit à l'équilibre et que la température de consigne soit maintenue dans les locaux.

La technique la plus simple consiste à préparer de l'air froid qui sera diffusé via des gaines de distribution.

Pour le groupe frigorifique, on distingue deux modes principaux d'action :

- Soit le fluide frigorigène refroidit l'air en passant directement dans la batterie de refroidissement : on parle de "système à détente directe" parce que l'évaporateur de la machine frigorifique prend la place de la batterie froide dans le caisson de climatisation ;

- Soit l'installation frigorifique prépare de l'eau froide (généralement appelée "eau glacée"), qui alimentera la batterie de refroidissement du caisson de traitement d'air.

Bien sûr, "produire du froid" sous-entend évacuer de la chaleur. Aussi, à l'extérieur du bâtiment, souvent en toiture, on trouvera un équipement chargé de refroidir le fluide frigorigène :

- Soit le fluide frigorigène directement : c'est le condenseur de l'installation frigorifique ;

- Soit de l'eau, qui elle-même sert à refroidir le fluide frigorigène : c'est la tour de refroidissement [2].



Fig II.1: Groupe de production d'eau glacée

2.3.3 VUE INTERNE DE LA MACHINE FRIGORIFIQUE

2.3.3.1 INTRODUCTION

Le transfert de chaleur, entre intérieur et extérieur, ne peut se faire que si un équipement rehausse le niveau de température entre le milieu où la chaleur est prise (air ou eau) et le milieu où la chaleur est évacuée (air extérieur) : c'est le rôle de la machine frigorifique.

Elle se compose au minimum d'un évaporateur, d'un compresseur, d'un condenseur et d'un organe de détente ou détendeur.

La machine frigorifique est basée sur la propriété des fluides frigorigènes à s'évaporer et se condenser à des températures différentes en fonction de la pression.

Si l'on souhaite que le fluide puisse "prendre" de la chaleur : il doit être à basse pression et à basse température sous forme liquide, pour lui permettre de s'évaporer. Pour s'évaporer, un fluide a besoin de beaucoup d'énergie.

Si l'on souhaite qu'il puisse céder sa chaleur : il doit être à haute température et à haute pression, sous forme vapeur, pour lui permettre de se condenser. En se condensant, le fluide va libérer énormément de chaleur [3].

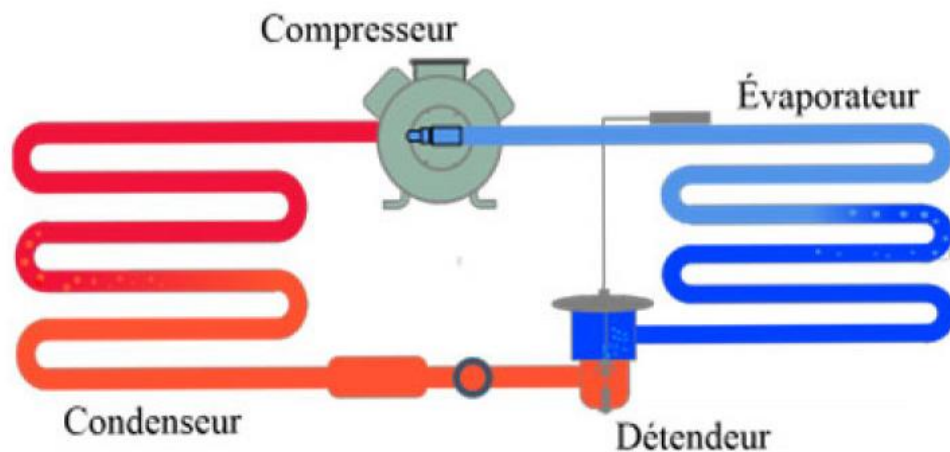


Fig II.2: vue d'une machine frigorifique

2.3.3.2 DESCRIPTION DU CYCLE DU FLUIDE FRIGORIGÈNE

Dans l'évaporateur : le fluide frigorigène liquide entre en ébullition et s'évapore totalement en absorbant la chaleur du fluide extérieur (air ambiant ou eau), qui va donc se refroidir. Dans un deuxième temps, le gaz formé est encore légèrement réchauffé par le fluide extérieur, c'est ce qu'on appelle la phase de surchauffe (entre les points 7 et 1).

Dans le compresseur : le fluide frigorigène est aspiré à l'état gazeux, sous basse pression et basse température (point 1). La compression va permettre d'élever la pression et la température du fluide frigorigène, qui se traduira par une augmentation d'enthalpie. En théorie, la compression est adiabatique (ou isentropique) ; mais elle ne l'est pas en pratique.

Un compresseur réel présente des pertes importantes que nous pouvons regrouper en deux types :

- Les pertes volumétriques, dues :

A la dilatation du gaz d'aspiration à son entrée dans le compresseur dont les parois sont plus chaudes (enroulement du moteur, pistons, cylindres, etc.)

Aux fuites entre le piston et le cylindre ;

Aux fuites dans les soupapes à l'espace mort du cylindre ; le surplus de gaz qui se dilate

Lors de l'aspiration ce qui empêche le remplissage complet avec du fluide frigorigène nouvellement aspiré.

- Les pertes mécaniques dues aux frictions entre les pièces mobiles.

Dans le condenseur, le gaz chaud provenant du compresseur va céder sa chaleur au fluide extérieur. Les vapeurs de fluide frigorigène se refroidissent ("désurchauffe"), avant l'apparition de la première goutte de liquide (point 3). Puis la condensation s'effectue jusqu'à la disparition de la dernière bulle de vapeur (point 4). Le fluide liquide peut alors se refroidir de quelques degrés (sous-refroidissement) avant de quitter le condenseur.

Dans le détendeur, le fluide frigorigène subit une détente isenthalpique et va donc passer de la pression HP (Haute Pression) à la pression BP (Basse Pression). Le fluide frigorigène se vaporise partiellement, ce qui abaisse sa température.

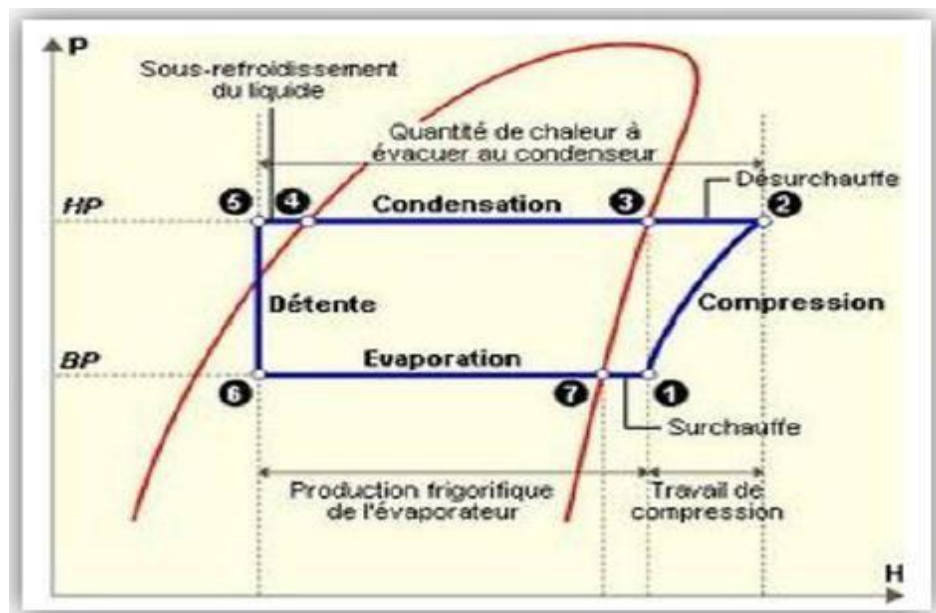


Fig. II.3: Diagramme enthalpie du cycle frigorifique

Le cycle est fermé, le fluide frigorigène évolue sous l'action du compresseur dans les quatre éléments constituant la machine frigorifique. L'ensemble du cycle peut être représenté dans le diagramme enthalpie-pression. Sous la courbe en cloche se situent les états de mélange liquide-vapeur ; à gauche de la cloche, le fluide est à l'état liquide (il se "sous-refroidit"), à droite, le fluide est à l'état vapeur (il "surchauffe") [3].

2.3.3.3 - CYCLE DE FONCTIONNEMENT

Le cycle réel de fonctionnement d'une machine frigorifique se stabilise à partir des températures du milieu qu'il faut refroidir, de l'air extérieur où la chaleur est rejetée, et des caractéristiques dimensionnelles de l'appareil.

Ainsi, la température d'évaporation se stabilisera quelques degrés en-dessous de la température du fluide refroidi par l'évaporateur. De même, la température de condensation se stabilisera quelques degrés au-dessus de la température du fluide de refroidissement du condenseur.

Or, les besoins de froid évoluent en permanence et la température extérieure varie toute l'année. Tout cela va bien sûr entraîner une modification du taux de compression et une variation de la puissance absorbée. En fonction du régime d'évaporation et de condensation, le compresseur aspirera un débit masse plus ou moins grand de fluide frigorigène définissant ainsi la puissance frigorifique à l'évaporateur et calorifique au condenseur [3].

2.3.3.4 - COEFFICIENTS DE PERFORMANCE (COP)

Pour caractériser l'efficacité d'une machine frigorifique on considère le coefficient de performance frigorifique, noté COP froid ou encore EER (Energy Efficiency Ratio).

Pour évaluer la machine frigorifique, il faut connaître les conditions dans lesquelles le COP a été déterminé. L'efficacité d'une machine frigorifique dépend, entre autres, de la température d'eau glacée (l'eau à la sortie de l'évaporateur) et de l'eau à la sortie ou à l'entrée du condenseur.

Il est également intéressant de se soucier de l'efficacité globale de la machine frigorifique installée, c'est-à-dire du rapport entre le froid produit et l'ensemble de toutes les consommations électriques engendrées, y compris les ventilateurs aux échangeurs, les pompes...

2.4 - VUE SUR LA CENTRALE TRAITEMENT D'AIRE (CTA)

2.4.1 - Définition de la CTA :

Une centrale de traitement d'air est un élément technique dédié au chauffage au rafraîchissement, à l'humidification ou à la déshumidification des locaux tertiaires ou industriels, c'est un système tout air à débit constant ou variable.

Une CTA est soit de type monobloc, soit elle est constituée de modules additionnés les uns aux autres, suivant la configuration, modules ventilation, module batteries froides et chaudes, module filtres, etc.[4]

Il existe trois types de centrales de traitement d'air :

1. CTA simple flux, elle est soit tout air neuf, soit tout air repris ou encore en mélange des deux flux
2. CTA double flux, elle permet toutes les combinaisons possibles entre la reprise d'air, l'air neuf, l'air rejeté, l'air traité suivant la configuration.
3. CTA à soufflage constant

a. Détails d'une centrale de traitement d'air, simple flux :

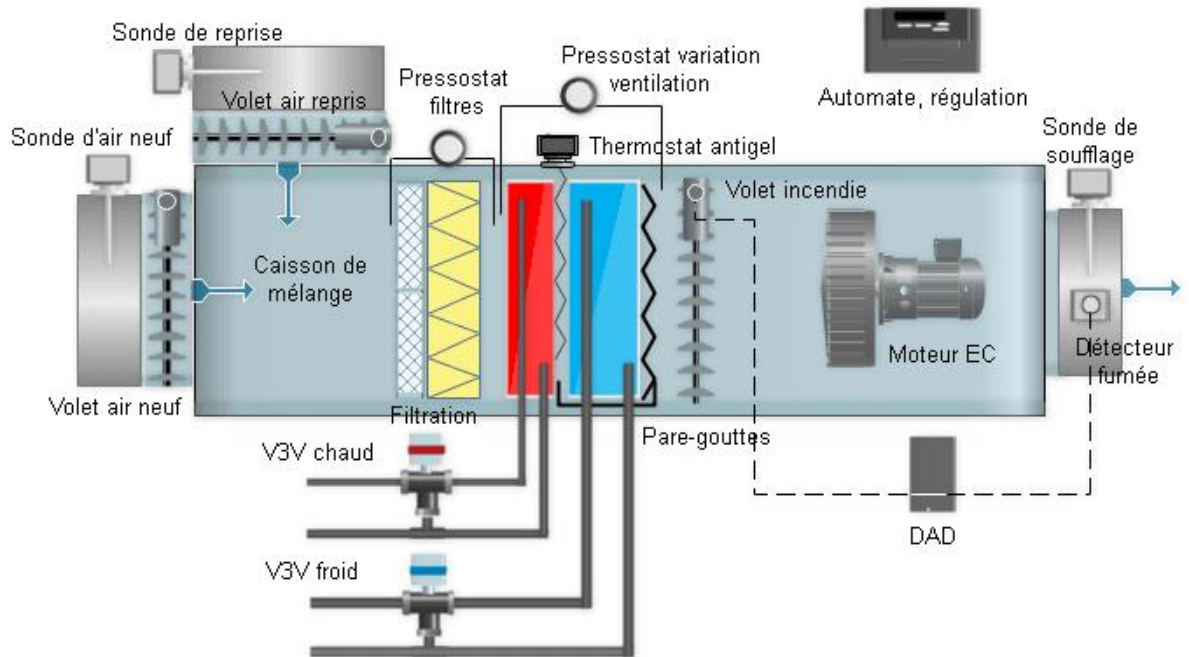


Fig.II .4 Centrale de traitement d'air, simple flux

b. CTA double flux

Une CTA double flux peut fonctionner en:

- Recyclage partiel : une partie de l'air repris dans le local est rejeté, et il remplacé par de l'air neuf.
- Recyclage total : sans apport d'air neuf, le traitement de l'air se fait seulement sur l'air repris.
- Tout air neuf : Ici la centrale fonctionne tout air neuf.

Exemple de configuration

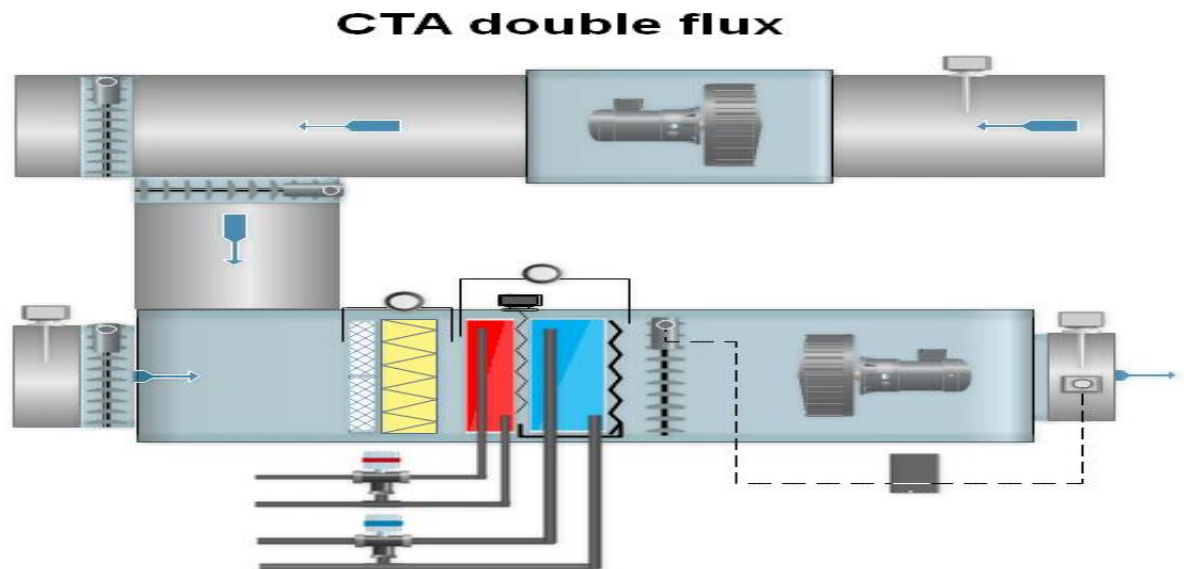


Fig II.5 Centrale de traitement d'air, double flux

c. CTA tout air neuf à soufflage constant :

Ici on choisit une régulation de la température de soufflage par action sur vanne mixte. Une sonde placée au soufflage de la CTA mesure la température et régule via un automate l'ouverture ou la fermeture de la vanne trois voies.

Cette vanne mixte délivre de l'eau froide en été et de l'eau chaude en hiver via une PAC air /eau par exemple. L'inversion été/hiver de la vanne trois voies est commandée soit par change over sur la tuyauterie d'eau, soit par un simple interrupteur. Comme c'est une CTA tout air neuf, un thermostat antigel protège la batterie du gel, en cas de température extérieure basse par :

- Ouverture à 100 % de la vanne (chaud),
- Fermeture du volet d'air neuf,
- Arrêt du ventilateur par fin de course volet d'air neuf

2.5 Rôle des divers éléments de la CTA :

Volet d'air neuf : Ce volet motorisé règle en fonction de la régulation le débit d'air neuf, il a aussi une fonction antigel.

Volet de reprise: Il régule l'admission de l'air repris dans le local à traiter, fonctionne en parallèle avec le volet d'air neuf.

Boîte de mélange : Permet le mélange de l'air neuf et de l'air de repris . Les volets d'air de reprise et d'air neuf sont synchronisés à partir d'un jeu de tringlerie ou de moteurs indépendants.

Pressostat filtres: Détection défaut filtres encrassés, alarme seule.

Pressostat variation ventilation: Détecteur de type transducteur qui permet de modifier la vitesse de rotation du moteur en fonction de l'encrassement des filtres.

Filtration: La filtration protège la CTA contre la poussière et les diverses particules nuisibles. Il peut y avoir plusieurs niveaux de filtration de moyenne à haute efficacité.

Batterie chaude : Serpentin en cuivre ou l'eau chaude circule munie d'ailettes en aluminium afin de favoriser l'échange avec l'air, l'eau et l'air circulent à contre-courant.

Batterie froide : La batterie froide peut être à détente directe (fluide frigorigère) ou à eau glacée (configuration identique à la batterie eau chaude).

Humidificateur : L'humidification s'effectue par ruissellement d'eau sur un matelas de fils d'acier galvanisé ou par injection de vapeur (non représenté).

Pare gouttelettes : Évite l'entraînement de goutte d'eau.

Volet incendie : Limite la propagation des fumées par compartimentage.

DAD : Détecteur Autonome Déclencheur, protection incendie, commande le volet incendie.

Détecteur de fumée : Détection de fumée qui permet au DAD d'agir sur le volet incendie.

Bloc ventilateur : Le ventilateur peut être à action ou à réaction, entraînement par courroies, direct ou à commutation électronique (EC).

3.1 INTRODUCTION :

Le calcul de la charge est la première étape dans la procédure de l'étude de système de climatisation. La prise de dimension correcte de système de climatisation et la sélectionner du matériel approprié dépend principalement de la précision de l'estimation faite lors du calcul de la charge.

La charge de refroidissement est la quantité de chaleur excédentaire doit être enlevée pour maintenir un état de confort pour les occupants. L'objectif est de maintenir un état de confort en fixant une température de 22 °C et une humidité relative de 65% en éliminant l'apport thermique sensible et latent. Il existe plusieurs sources de chaleur internes et externes produisant de la chaleur (sensible, latente, ou les deux en même temps) tels que les murs, les fenêtres, les occupants, les lumières...

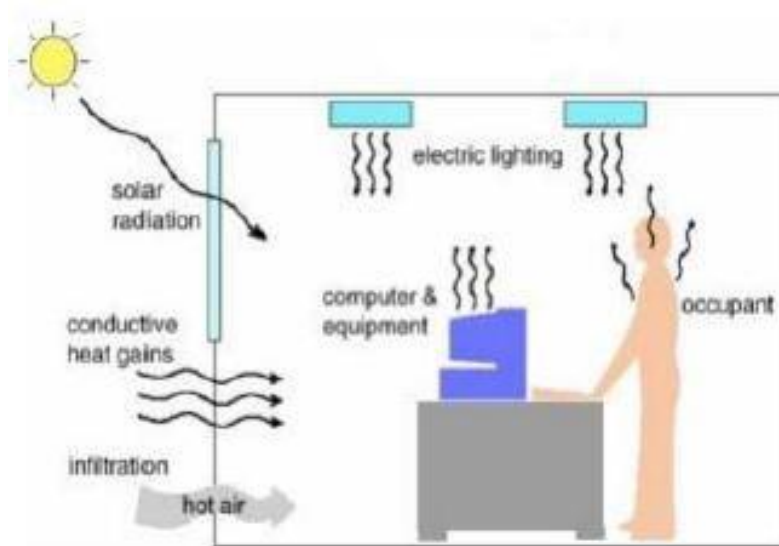


Figure III.1 : les sources de chaleur

Arriver à un résultat précis est très complexe et prendra beaucoup de temps pour détecter le jour et l'heure où la charge de refroidissement maximale aura lieu. L'utilisation du "EXEL" est indispensable pour revoir toutes les combinaisons possibles et sélectionner la valeur supérieure. Dans notre cas, le système fonctionne de 6h00-18h00

3.2 EVALUATION DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

GLOBAUX:

Pour le calcul du coefficient d'échange global K, on fait intervenir, principalement les trois modes de transfert de chaleur, la conduction, la convection et le rayonnement [12].

Le coefficient de transmission thermique est l'inverse de la résistance thermique totale (R) de la paroi :

$$K = \frac{1}{R} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}] \quad (\text{III.1})$$

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}] \quad (\text{III.2})$$

R : résistance thermique surfacique totale.

Le coefficient K des parois opaques est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K} = \Sigma R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}] \quad (\text{III.3})$$

ΣR (en $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$) Représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi.

La somme $1/h_e + 1/h_i$ (en $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$) représente la somme des résistances d'échange superficiel prise conformément aux valeurs données par le DTR ainsi que le Coefficients de transmission surfacique « K » des ports et des vitrages :

3.3 DONNEES TECHNIQUE RELATIVES A LA CONSTRUCTION DE LABORATOIRE MICROBIOLOGIE :

Dans ce tableau qui suit, nous motionnerons les différents composants de chaque paroi, leur épaisseur, la valeur de leurs conductivités, thermique et leurs masses volumiques ainsi que leurs masses surfaciques et les résistances thermique correspondantes :

3.3.1 SALLE DE LABORATOIRE MICROBIOLOGIE :

Désignation	Composition	Epaisseurs e(m)	Conductivités thermiques $\lambda(W/m^{\circ}C)$	Résistance utile ($m^2.C^{\circ}/W$)
Plancher	Laiton	0.0035	110	0,0000318
	Béton	0.10	0.20	0,5882353
	Entrevous	0.12	0.12	1,25000
	Béton	0.08	0.20	0,4000
	Epoxy	0.003	0.25	0,0120
Plafonds	Acier galvanise	0.0005	52	0,0000096
	Polystyrène expansé	0.07	0.035	2,0000000
	Acier galvanise	0.0005	52	0,0000096
	Vernis (résineux)	0.002	0.12	0,0166667
Mur intérieur	Vernis (résineux)	0.0002	0.12	0,0166667
	Acier galvanisé	0.0005	52	3.4 0,00000 96
	Polystyrène extrudé	0.06	0.035	1,7142857
	Acier galvaniser	0.0005	52	0,0000096
	Vernis (résineux)	0.002	0.12	0,0166667
Mur intérieur	Vernis (résineux)	0.0002	0.12	0,0166667
	Acier galvanise	0.0005	52	0,0000096
	Polystyrène extrudé	0.06	0.035	1,7142857
	Acier galvanise	0.0005	52	0,0000096

3.3.2 PASS-BOX 128 130 et 131

Tableau III-2a : caractéristique des différents matériaux de construction utilisés.

Designations	Composition	Epaisseurs e(m)	Conductivités thermiques $\lambda(W/m^{\circ}C)$	Résistance utile ($m^2.C^{\circ}/W$)
Murs nord	Porte	0.06	/	0.25
Murs sud	Porte	0.06	/	0.25
Murs ouest	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096
Murs est	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096
Plafond	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096
Plancher	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096

3.3.3. PASS-BOX 129

Tableau III-2b : caractéristique des différents matériaux de construction utilisés

Désignation	composition	Epaisseurs e(m)	Conductivités thermiques λ (W/m°C)	Résistance utile (m ² .C°/W)
Murs ouest	Porte	0.06	/	0.25
Murs est	Porte	0.06	/	0.25
Murs nord	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096
Murs sud	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096
Plafond	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096
Plancher	acier inox 304 poli	0.01	110	0,0000909
	Acier galvanise	0.003	52	0,0000096
	Polystyrène	0.60	0.035	1,7142857
	Acier	0.003	52	0,0000096

3.4 FORMULES GENERALES DES APPORTS CALORIFIQUES:

Les apports calorifiques (appelés aussi les gains) d'une locale sont égaux à la somme des apports de chaleurs sensibles et latentes, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieurs et intérieurs déterminées [12].

$$\text{Charge frigorifique} = \text{apport sensible} + \text{apport latent} \quad (\text{III.4})$$

On calcule les apports calorifiques sensibles A_s et latents A_l par les équations suivantes :

$$A_s = APO + AV + AIs + AINFS \quad (\text{III.5})$$

$$A_l = AIL + AINFL \quad (\text{III.6})$$

Où :

- APO représente les apports calorifiques à travers les parois opaques;
- AV (en w) représente les apports calorifiques à travers les parois vitrées;
- AIs A_l (en w) représentent les parties sensibles et latentes des apports internes.
- AINFL et AINFS représentent les parties sensibles et latentes des apports calorifiques dus aux infiltrations d'air.

3.5 APPORTS A TRAVERS LES PAROIS OPAQUES :

3.5.1 PAROIS AERIENNES:

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta te(t) \quad (\text{III.7})$$

• 1,2 (nombre sans dimension) ; est un coefficient majeur tenant compte des apports linéiques (à travers les ponts thermiques).

• $K_{été}$ (En W/m². °C) ; est le coefficient de transmission de la paroi considérée pour l'été.

• S_{int} (En m²) ; est la surface intérieure totale de la paroi considérée.

• $\Delta te(t)$ (En °C) ; est la différence équivalente de température à l'instant (t) [12].

❖ **Différence de température équivalente $\Delta te(t)$:**

➤ **Parois à l'ombre 24/24 :**

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} \quad (\text{III.8})$$

Où :

$\Delta tes(t)$ (en °C) ; est la différence de température équivalente à l'heure (t) en considérant que la paroi est à l'ombre ;

$C_{\Delta te}$ (en °C) ; est un facteur de correction dû, d'une part, à la différence maximale ΔTS_{max} de la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur pour le mois considéré, et d'autre part à l'écart diurne de base E_b pour le mois considéré

Les Valeurs de $\Delta t_{es}(t)$ et $\Delta t_{em}(t)$ pour les parois verticales et parois horizontales et les Valeurs de $C_{\Delta te}$ sont pris a partir de DTR

3.6 PAROIS INTERIEURES:

3.6.1 PAROIS EN CONTACT AVEC LOCAL NON CONDITIONNE:

$$APO(t) = K_{ete} * S_{int} * \Delta t_{inc} \quad (III.9)$$

$K_{\acute{e}t\acute{e}}$ (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.

- S_{int} (en m²) est la surface intérieure de la paroi considérée.
- Δt_{inc} (en °C) ; représente l'écart de température entre l'espace non conditionne et

le local considéré Δt_{inc} est donne par la formule suivante :

$$\Delta t_{inc} = (TS_e - C_{inc}) - TS_{b,i} \quad (III.10)$$

- $TS_e(t)$ (en °C) ; est la température extérieure sèche à l' instant considéré.
- $TS_{b,i}$ (en °C) ; représente la température intérieure du local conditionne.
- C_{inc} (en °C) ; est un coefficient correcteur ref DTR [12].

3.7 APPORTS A TRAVERS LES PAROIS VITREES:

3.7.1 VITRE INTERIEURE :

$$AVT(t) = K_{ete} * S_{OUV} * [TS_e(t) - C_{inc}] - TS_{b,i} \quad (III.11)$$

• K_{ete} (en W/m². °C) ; est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.

- S_{OUV} ; (en m²) ; est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- $TS_e(t)$; (en °C) ; est la température extérieure sèche à l'heure t.
- C_{inc} ; est un coefficient correcteur.
- $TS_{b,i}$; (en °C) ; est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

3.7.2 VITRE EXTERIEURE :

$$AV(t) = AVT(t) \quad (III.12)$$

• $AVT(t)$ (en W) ; représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées.

$$AVT(t) = 1.2 * K_{ete} * S_{OUV} * [TS_e(t) - TS_{b,i}] \quad (III.13)$$

• 1,2 (sans dimension) ; est un coefficient majeur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques

• $K_{été}$ (en W/m². °C) ; est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.

• S_{OUV} (en m²) ; est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

• $TS_e(t)$ (en °C) ; est la température extérieure sèche à l'heure t.

• $TS_{b,i}$ (en °C) ; est la température intérieure de base.

3.8 LA MASSE M RAPPORTEE A LA SURFACE:

$$M_{surf} = \frac{\sum m_{ext} + \sum m_{sep} + \sum m_i}{S_{pi}} \quad (III.14)$$

Où :

• m_{ext} (en Kg) ; est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et l'environnement extérieur.

• m_{sep} (en Kg) ; est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et les autres zones thermiques.

• m_i (en Kg) ; désigne toute masse fixe se trouvant au sein de la zone thermique.

• S_{pi} (en m²) ; est la surface de plancher pour la zone thermique considéré.

3.9 APPORTS DE CHALEUR INTERNE :

$$AI(t) = (\sum CS_j * AI_{S,j} * N_{AI,j}) + \sum (CS_j * AI_{L,j}) * \quad (III.15)$$

• $AI_{S,j}$ (en W) ; représente la partie sensible de l'apport interne j.

• $AI_{L,j}$ (en W) ; représente la partie latente de l'apport interne j.

• CS_j ; est le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j ;

• $N_{AI,j}$; est le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j [12].

3.9.1 GAINS DUS AUX OCCUPANTS:

Gains sensible occupants :

$$AS_{oc} = n * CS_{oc} \quad (III.16)$$

Gains latents dues aux occupants :

$$Al_{oc} = n * Cl_{oc} \quad (III.17)$$

Avec :

- n ; Nombre d'occupants.
- $C_{S_{oc}}$ (En W) ; chaleur sensible des occupants.
- $C_{l_{oc}}$ (En W) ; chaleur latente des occupant

3.9.2 GAINS DUS AUX MACHINES :

Les valeurs des gains dus aux machines électrique sont inscrites dans (cf. Annexe 10).

3.9.3 GAINS DUS A L'ECLAIRAGE :

$$AI = \sum (Wn * C_{me} * C_{cr}) \quad (III.18)$$

- Wn (en W) ; est la puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent.
- C_{me} ; est un coefficient de majoration ; il est égal à :
 - 1,2 pour les lampes à incandescence.
 - 1,25 pour les tubes fluorescents.
- C_{cr} ; est le pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle ; C_{cr} est égale a : 1 pour les installations dont l'éclairage n'est pas raccorde à un system d'extraction d'air.

3.10 APPORTS DE CHALEUR PAR INTRODUCTION D'AIR :

Les apports de chaleur dus à l'introduction d'air extérieur sont une source de chaleur latente et sensible

3.10.1 GAINS DUS A L'INFILTRATION DE L'AIR :

$$AINF_s(t) = 0.320 \times Qv_{inf} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad (III.19)$$

$$AREN_1(t) = 0,797 \times Qv_{inf} \times \text{Max}[(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad (III.20)$$

- 0,797 (en J.Kgair/gvap.m3air) ; représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air par la chaleur de vaporisation de l'eau et par un facteur de conversion.
- Qv_{inf} (en m3/h) ; représente le débit du aux infiltrations.
- $TS_e(t)$ (en °C) ; est la température extérieure sèche à l'heure t.
- $TS_{b,i}$ (en °C) ; est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.
- $HS_{b,e}$ (en g_{vap}/Kg as) ; représente l'humidité spécifique de base de l'air extérieur.
- $HS_{b,i}$ (en g_{vap}/Kg as) ; représente l'humidité spécifique de base de l'air intérieur.

3.11 BILAN THERMIQUE DE LABORATOIRE MICROBIOLOGIE :

Dans notre cas d'étude, nous avons opté pour le calcul des bilans à l'aide de la méthode Excel il existe aussi des logiciels permettant de faire les calculs tels que le hap1 terme Excel 2, et cypecadmep3.

1. Est un logiciel sous Windows de CARIER conçu pour le calcul des charges de climatisation et de consommation énergétique des locaux tertiaires

2. c'est un programme de calcul sur Excel permet d'effectuer les calculs de bilans thermiques et de déperdition pour les locaux à climatiser et notamment d'estimer la puissance frigorifique et thermique nécessaire.

3. le logiciel constitue une véritable plateforme pour la conception énergétique et les études techniques fluides

Après un calcul précis, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant comme suit :

Tableau III-4 : bilan thermique estival

	Apo(15)	Av(15)	Apports interne [W]	Apports total [W]
Sas 1 120	112,04	0	1383,16	1495,20
Sas2 121	34,92	0	1154,62	1189,54
Incubation 122	328,94	0	1941,01	2269,95
Ensemencement 123	207,63	55.73	2626,19	2833,82
Préparation 124	347,84	55.73	2434,73	2782,57
Manipulation 125	117,71	55.73	2150,36	2268,07
Laverie 126	123,81	0	2371,37	2495,18
Stockage 127	36,38	0	1427,56	1463,94
Pass-box 128	2,67	0	1,74	4,41
Pass-box 129	2,67	0	01.74	4,41
Pass-box 130	2,67	0	01.74	4,41
Pass-box 131	2,67	0	01.74	4,41
TOTAL	1319,95	167.19	15495,94	16983

3.11.1 VERIFICATION REGLEMENTAIRE :

La vérification règlementaire est exigée afin de déterminer si le bâtiment est conforme à la norme algérienne ou non.

3.12 FORMULE DE LA RELATION DE VERIFICATION:

La somme des apports calorifique par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 22-+2 °C, la relation ci-après :

$$\sum APO (15) + \sum AV (15) \leq 1.05 \times \sum A_{ref} (15) \quad (\text{III.21})$$

Où :

- APO (en W) ; désigne-les apportes calorifique aux parois opaques aériennes.
- AV (en W) ; désigne-les apportes calorifique aux parois vitrées.
- A_{ref} (en W) ; désigne les apportes calorifique de référence.
- 1,05 ; facteur sans dimension.

Avec :

$$A_{ref} = A_{ref,PH} + A_{ref,PV} + A_{ref,PVI} \quad (\text{III.22})$$

Où :

- $A_{ref,PH}$ (en W) ; désigne l'apportes de référence à travers les parois opaques horizontales.
- $A_{ref,PV}$ (en W) ; désigne l'apportes de référence à travers les parois opaques verticales.
- $A_{ref,PVI}$ (en W) ; désigne l'apportes de référence à travers les parois vitrées.

3.12.1 APPORTS DE REFERENCE DES PAROIS HORIZONTALE :

$$A_{ref,PH} = \sum (a \times S_{int} \times \Delta_{réf,PH}) \quad (\text{III.23})$$

Où

- a (en W/m². °C) ; est un coefficient lié à la nature de la construction en fonction de la zone climatique ;
- S_{int} (en m²) ; désigne la surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur.
- $\Delta_{réf,PH}$ (en °C) ; est la différence de température de référence pour les parois horizontales.

3.12.2 APPORTS DE REFERENCE DES PAROIS VERTICALES :

$$A_{ref,PV} = \sum(c \times S_{int} \times \Delta_{ref,PV}) \quad (III.24)$$

• **C** (en W/m². °C) ; est un coefficient lié à la nature de la construction en fonction de la zone climatique ; la valeur de c pour la zone climatique a est donnée 1.2 (W/m². °C).

• **S_{int}** (en m²) ; désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur.

• **Δ_{ref,PV}** (en °C) ; est la différence de température de référence pour les parois verticale, les valeurs **Δ_{ref,PV}** (en °C) pour les parois verticales ,les valeurs de **a** et les valeurs **δ_{ref,PH}** pour les parois horizontales. Sont pris à partir [12].

3.13 APPORTS DE REFERENCE DES PAROIS VITREES:

Apports de référence $A_{ref,PVI}$ pour une paroi vitrée en contact avec un local non conditionne sont donnees par :

$$A_{ref,PVI} = 4.5 \times S_{Ouv} \times \Delta TS_{ref,PVI} \quad (III.25)$$

Où :

• **S_{Ouv}** (en m²) ; est la surface d'ouverture dans le mur ;

• **ΔTS_{ref,PVI}** (en °C) ; est la différence de température de référence des parois vitrées .

Les Valeurs de $\Delta_{ref,PVI}$ (en °C) pour les parois vitrées.[12]

❖ APPLICATION :

Après un calcul des apportes de référence détaillé (cf. Annexe X) nous avons aboutis au résultat suivant :

$$\sum APO (15) + \sum AV (15) = 16834.05 \quad (III .26)$$

$$A_{ref} = A_{ref,PH} + A_{ref,PV} + A_{ref,PVI} = 26810 \quad (III .27)$$

$$1.05 \times \sum A_{ref} (15) = 28150.05 \quad (III.28)$$

La formule (III.21) est vérifiée, le laboratoire microbiologie est à la norme.

4.1 CRITIÈRES DE CHOIX DU SYSTÈME

Plusieurs critères de choix nous permettent de prendre une décision sur le système climatisation de notre projet :

- Critères financier : C'est le critère le plus important,
- Critère techniques : La solution doit être facile à installer et répondre au Cahier de spécification Critères.

4.1.1 LES SOLUTIONS CHOISIS

Le choix des solutions HVAC pour notre projet dépend des critères énumérés plus haut. Les solutions consultées sont : La climatisation centrale par eau glacée (Chiller), la climatisation avec un central traitement d'air (CTA).

4.2. CALCULS DES INSTALLATIONS DE CLIMATISATION

Dans les salles de laboratoire microbiologie, le traitement d'air joue un rôle primordial puisqu'il doit non seulement la protection de la zone à risque contre toute contamination microbologique mais aussi procurer un certain confort pour les biologistes.

Suite aux résultats obtenus dans le chapitre précédent, en se conformant aux normes qui gouvernent ce secteur, ce chapitre a pour objet de présenter les systèmes à installer dans le laboratoire microbiologie, leurs emplacements ainsi que les circuits hydraulique et aérauliques

Le laboratoire microbiologie (cf. tableau IV.1) (cf. Figure IV.1)

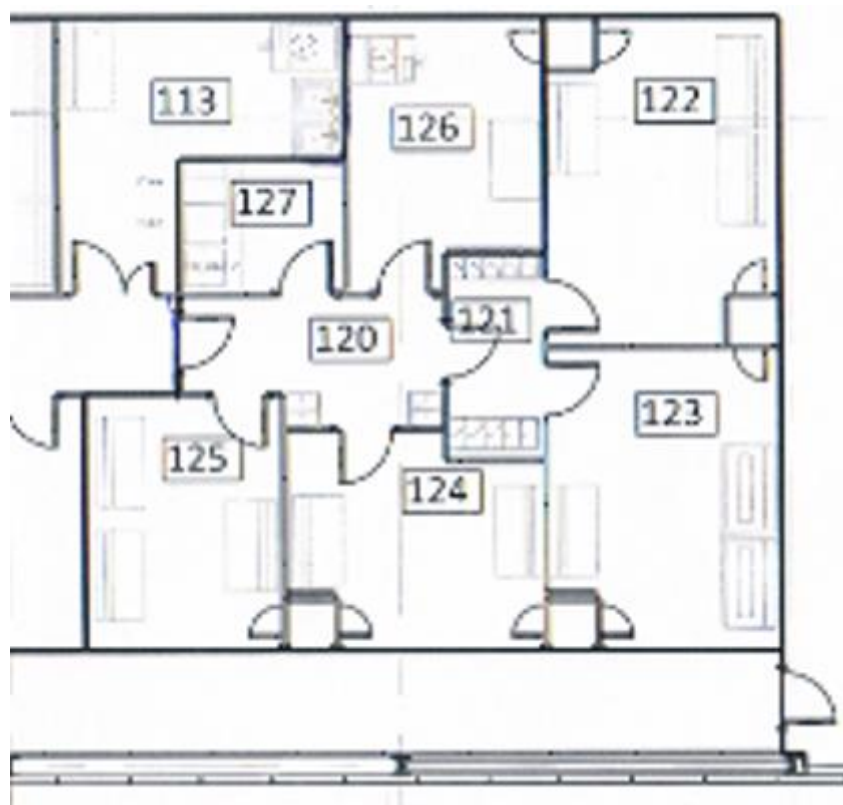


Figure (IV.1) schéma explicite de L M

Tableau IV .1 : Système 10 laboratoire microbiologie

N° salle	Nom de la salle	zone	N° salle	Nom de la salle	zone
120	Sas 1	Laboratoire microbiologie	126	Laverie	Laboratoire microbiologie
121	Sas 2	Laboratoire microbiologie	127	Stockage	Laboratoire microbiologie
122	Incubation	Laboratoire microbiologie	128	Pass-box	Laboratoire microbiologie
123	Ensemencement	Laboratoire microbiologie	129	Pass-box	Laboratoire microbiologie
124	Préparation	Laboratoire microbiologie	130	Pass-box	Laboratoire microbiologie
125	Manipulation	Laboratoire microbiologie	131	Pass-box	Laboratoire microbiologie

4.3 SYSTEME INSTALLE

Le traitement d'air de la zone protégée sera assuré par l'unité en recirculation à double flux (CTA-10) qui alimente la zone en air propre agréablement tempéré et sain. La qualité de l'air peut être contrôlée à l'aide de différents paramètres.

La centrale de traitement d'Air alimentée par des groupes frigorifiques à condensation afin d'assurer la production d'eau glacée

4.3.1 CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR :

Une centrale de traitement d'air (CTA) est un ensemble de matériel, qui doit non seulement contrer les charges thermiques et hydriques d'un local, mais aussi assurer la qualité de l'air par le renouvellement d'air neuf hygiénique (maintien de la teneur en CO₂ et des odeurs,), la filtration de l'air soufflé et la distribution d'air à des caractéristiques acoustiques bien déterminées.

4.3.1.1 CTA A DOUBLE FLUX :

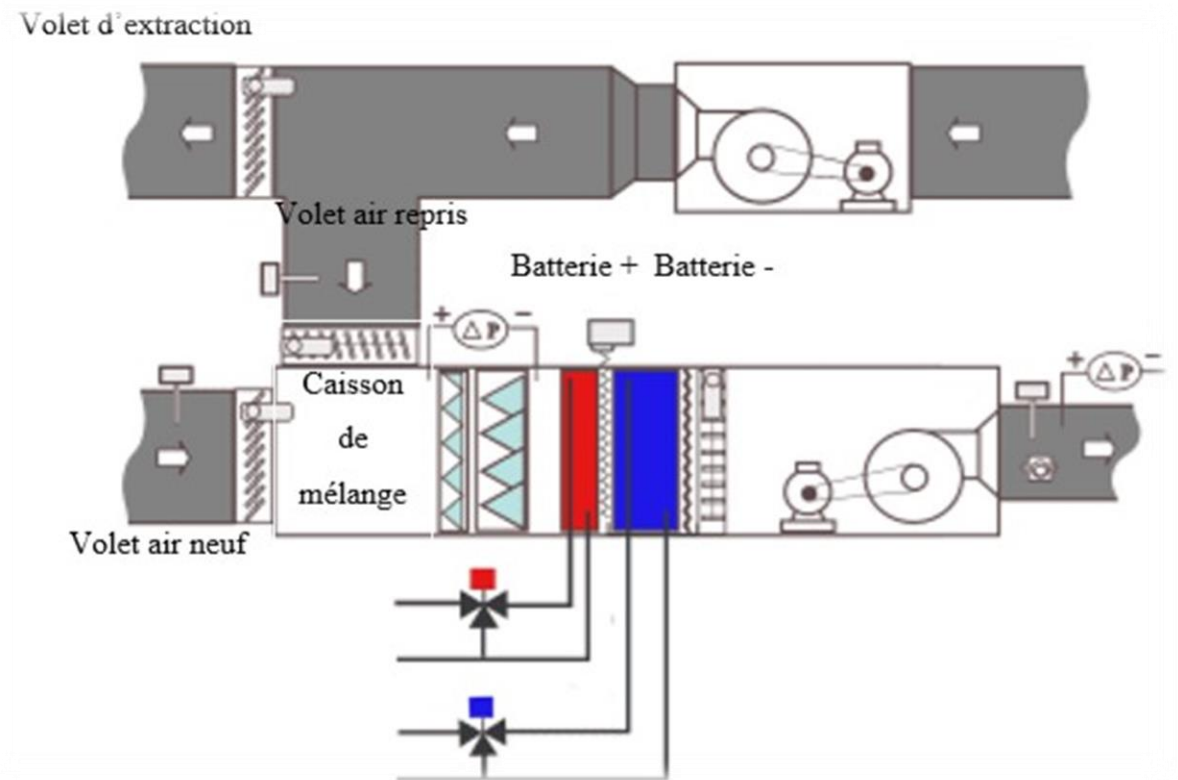


Figure IV.2 : centrale de traitement à double flux

La CTA double flux permet toutes les combinaisons possibles entre la reprise d'air, l'air neuf, l'air rejeté, l'air traité suivant la configuration.

Les centrales de traitement d'air qui sont dédiées au laboratoire microbiologie sont constituées de modules additionnés qui se situent dans la zone d'emplacement de l'établissement {étage technique (1^{er} étage)} salles. Elle souffle de l'air neuf directement de l'extérieur ou après l'avoir traité et extrait l'air vicié.

4.3.1.2 ROLE DES DIVERS ELEMENTS:

a. Volet d'air neuf : Ce volet motorisé règle en fonction de la régulation le débit d'air neuf, il a aussi une fonction antigel.

b. Volet de reprise : Il régule l'admission de l'air repris dans le local à traiter, fonctionne en parallèle avec le volet d'air neuf.

c. Caisson de mélange : Il permet le mélange de l'air neuf et de l'air de reprise. Les volets d'air de reprise et d'air neuf sont synchronisés à partir d'un jeu de tringlerie ou de moteurs.

d. Filtration : tout l'air qui sera introduit dans la zone de fabrication va passer par défèrent étapes de filtration placées dans le CTA, et dans les quelque salles, une dernière étape de filtrage située dans les diffuseurs de l'Air du plafond de la salle.

L'air extérieur, joint avec l'air en provenance du retour, entrera dans le CTA de recirculation, lequel sera fourni d'une étape de filtrage avant la batterie et le ventilateur, une batterie de froid (eau glacée), afin de conserver les conditions de température et d'humidité préfixées dans la zone, un ventilateur d'impulsion et des étapes de filtrage après le ventilateur.

Le niveau de filtrage dans le climatiseur dépendra de la zone à laquelle alimentera ce climatiseur ET pour la CTA On aura M5 avant le ventilateur, F9 après le ventilateur.

Une partie de l'air de retour sera expulsée à l'extérieur à travers un extracteur d'air qui sera muni d'une étape de filtrage G4+F7 avant le ventilateur et d'un ventilateur extracteur.

L'air de reprise de la salle passera par une étape de filtration G4+F7 avant du climatiseur, dans les salles avec produit en contact avec l'ambiance. Les filtres seront placés dans les grilles des salles.

La qualité de l'air dépend principalement de l'efficent des filtres et de l'emplacement physique de l'impulsion et du retour de l'air.

La dénomination de leur classe dépend de la méthode de mesure utilisée pour les essais. On classe les filtres à couche poreuse en fonction de leur efficacité (cf. tableau IV.2)

- Filtre plan G4 : placé dans les climatiseurs / extracteurs et grilles salles.
- Filtre a poches où filtre plisse M5 : placé dans les climatiseurs.
- Filtre absolu F7 : placé dans les extracteurs et grilles de reprise d'air.
- Filtre absolu F9 : placé dans les climatiseurs.

Tableau IV.2 : classification des filtres de moyen et haut efficacité (779) [6]

Group	classe	rendement gravimétrique moyen (A_m) de poussier synthétique %	Efficacité moyenne (E_m) Pour des particules de $0.4 \mu m$ (%)	Efficacité minimale pour des particules de $0.4 \mu m$ (%)
grossier	G4	$90 \leq A_m$	-	-
Moyen	M5	-	$40 \leq E \leq 60$	-
Fin	F7	-	$80 \leq E_m \leq 90$	-
	F9	-	$90 \leq E_m$	-

e. Batterie chaude : Serpentin en cuivre, où l'eau chaude circule, munie d'ailettes en aluminium afin de favoriser l'échange avec l'air, l'eau et l'air circulent à contrecourant.

f. Batterie froide : La batterie froide peut être à détente directe (fluide frigorigène) ou à eau glacée (configuration identique à la batterie eau chaude).

g. Batterie mixte : alimentée en eau chaude ou en eau glacée selon la saison « hiver/été ».

h. Humidificateur : L'humidification s'effectue par ruissellement d'eau sur un matelas de fils d'acier galvanisé ou par injection de vapeur (non représenté).

i. Pare gouttelettes : Évite l'entraînement de gouttes d'eau.

j. Volet incendie : Limite la propagation des fumées par compartimentage.

k. DAD : Détecteur Autonome Déclencheur, protection incendie, commande le volet Incendie.

l. Bloc ventilateur : Le ventilateur peut être à action ou à réaction

4.3.2 PRODUCTION DE L'EAU GLACÉE:

La production de l'eau glacée sera assurée par un groupe refroidisseur à condensation par air d'un module hydraulique (cf. figure IV.2), utilisant les calories de l'air ou de l'eau et un fluide frigorigène. Cette eau glacée va circuler au sein des canalisations pour alimenter des émetteurs à eau glacée (ventilo-convecteurs et les centrales de traitement d'air):

Le module hydraulique est composé principalement :

- Un condenseur
- Un compresseur
- Un évaporateur

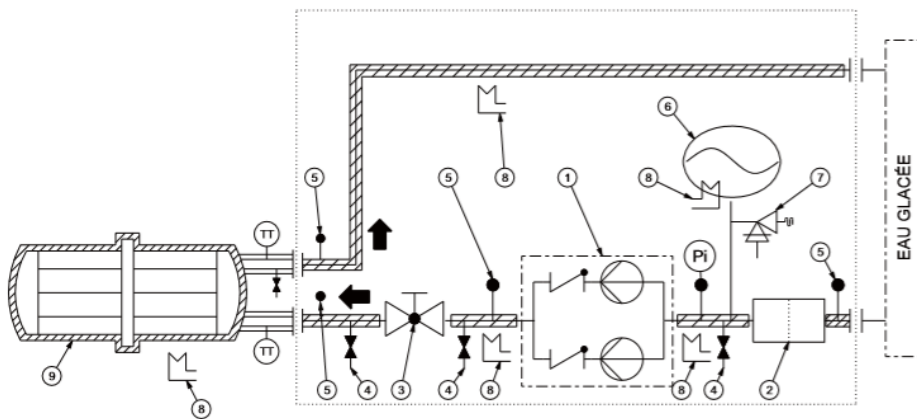


Figure IV.3 : option module hydraulique

- ✓ 1 = Pompe centrifuge double
- ✓ 2 = Filtre à eau
- ✓ 3 = Vanne d'équilibrage
- ✓ 4 = Vanne de vidange
- ✓ 5 = Piquage de contrôle de pression
- ✓ 6 = Vase d'expansion
- ✓ 7 = Soupape de surpression
- ✓ 8 = Protection antigel
- ✓ 9 = Évaporateur
- ✓ Pi = Manomètre
- ✓ TT = Capteur de température
- ✓

➤ **Avantage de ce système de climatisation :**

- Meilleure efficacité, meilleurs rendements (EER), meilleur bilan d'exploitation ;
- Implantation des machines frigorifiques en local technique, en sous-sol, en toiture ou bien terrasse ... ;
- Les atouts du deux-en-un, une seule installation pour la climatisation et le chauffage, c'est là encore autant de place et d'argent gagnés par rapport à deux installations distinctes.
- L'eau glacée est le fluide frigoporteur ou caloporteur, il est sans danger et facile à manipuler contrairement aux fluides frigorigènes d'une installation de climatisation DRV (à débit de réfrigérant variable)

4.4 CALCUL AÉRAULIQUE :

Pour déterminer un réseau de conduit aéraulique,

- ✓ Calculer les dimensions des conduits (Diamètre ou section) en fonction du débit qu'ils transportent
- ✓ Calculer la perte de charge totale. Les dimensions d'un conduit d'air se déterminent par :
 - ✓ Le débit volumique,
 - ✓ La vitesse admissible dans le tronçon,

La vitesse admissible dans un tronçon est la vitesse moyenne dans une section du conduit. Elle est obtenue par le rapport du débit sur la surface de la section :

$$V = \frac{Q_v}{S} \quad (\text{m/s}) \quad (\text{IV.1})$$

Où :

Q_v : débit volumique (m^3/s)

S : surface de la section du tronçon m^2

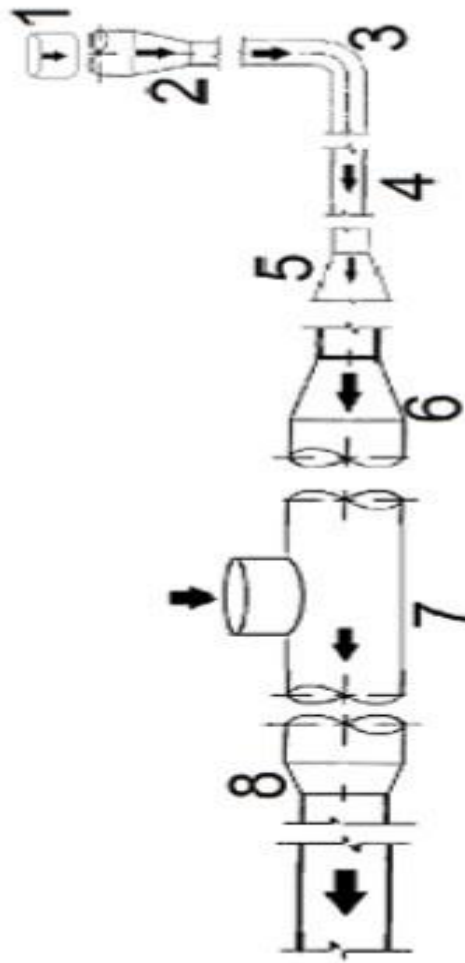


Figure IV.4 : constituants des réseaux aérauliques

1. Bouche d'extraction.
2. Plénum de la bouche Circulaire (R to C).
3. Coude de section rectangulaire.
4. Gaine du réseau, de section rectangulaire.
5. Elargissement de la section. Rectangulaire.
6. Cône de réduction rectangulaire vers

7. Registre de régulation de débit.
8. Cône de réduction circulaire vers

4.4.1 CALCUL DES PERTES DE CHARGES :

Dans le secteur des fluides industriels, la perte de charge est un phénomène bien connu qu'il importe de prendre en compte ; spécialement dans les secteurs industriels. Le calcul de la perte de charge ne peut pas être laissé au hasard. Regardons de plus près de quoi il est question lorsque l'on parle de perte de charge et comment on la calcule précisément.

Pour mesurer la perte de charge globale, il est nécessaire de comprendre la différence entre la perte de charge régulière et la perte de charge singulière et de les additionner

a. PERTE DE CHARGE LAMINAIRE (ΔP_L):

La notion de perte de charge linéaire, ou perte de charge régulière, est causée par les frottements sur les parois courantes du réseau. Mais elle est aussi due à la viscosité du fluide qui peut avoir tendance à coller aux parois des tuyaux et conduites.

Les pertes de charge linéaires dépendent de deux choses :

- ✓ La rugosité interne des conduites
- ✓ Type d'écoulement.

On calcule les pertes de charge par la formule suivante :

$$\Delta P_L = J \cdot L \quad (\text{Pa}) \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

$$J = \frac{1}{2} \lambda \frac{v_m^2}{d} \rho \quad (\text{IV.3})$$

Où

ΔP_L : Perte de charge linéaire [Pa],

J : Perte de charge unitaire (par unité de longueur) [Pa/m],

v: Vitesse moyenne dans la section [m/s],

ρ : Masse volumique du fluide (air) [kg/m³],

L : Longueur du tube [m],

d : Diamètre équivalent du conduit, calculé par la relation donnée (cf. annexe 8) :

$$d_e = 1.3 \sqrt[8]{\frac{(ab)^8}{(a+b)^2}} \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.4})$$

λ : Coefficient de frottement de darcy

Nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{IV.5})$$

V : vitesse moyen de l'écoulement (m/s)

D : Diamètre intérieure du conduit (m)

ν : (Nu) : viscosité cinématique (m²/s)

b. pertes charge singulière (ΔP_s) :

Les pertes de charge singulières se produisent lorsqu'il y a une modification géométrique des conduites par lesquelles le fluide s'écoule (élargissement ou rétrécissement de section, coude, raccordement...etc. afin de déterminer les pertes de charge singuliers dues il nécessaire de passer par un calcul se calcule se fait à partir de la formule suivant :

$$\Delta P_s = \frac{v^2 m}{2} \cdot \rho \cdot \xi \quad (\text{IV.6})$$

Où :

ΔP_s : Perte de charge singulière [Pa]

ρ : Masse volumique [m/s]

ξ : Coefficient de perte de charge, dépendant du type et la forme de la singularité

c. PERTES DE CHARGES TOTALES :

$$\Delta P_t = \Delta P_S + \Delta_L \quad (\text{IV.7})$$

Soit :

$$\Delta P_t = \sum(I \cdot L) + \sum\left(\frac{v_m^2}{2} \cdot \rho \cdot \xi\right) \quad (\text{IV.8})$$

Les valeurs des pertes de charge des ustensiles, tels que filtres, diffuseurs, grilles...etc., sont indiqués dans le catalogue [4]

4.4.2 RESUMES DES PERTES DE CHARGE DE RESEAU DE SOUFFLAGE :**a) CALCUL DES DEBITS D'AIR SOUFFLE :**

$$Q_s = \frac{A_s}{h_l - h_s} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{IV.9})$$

- A_s [en KW]: Somme des apports sensibles du local considéré.
- h_L [en KJ/Kg] : enthalpie de l'air intérieur.
- h_s [en KJ/Kg] : enthalpie de l'air soufflé.

$$Q_s = 6400 \text{ kw}$$

Avec

$$h_L = 44 \quad [\text{en KJ/Kg}]$$

$$h_s = 35.1 \quad [\text{en KJ/Kg}]$$

Les tableaux IV.2 présentent la somme des débits de soufflage totales du circuit aéraulique alimentée par la CTA suivant (CTA-10)

Tableau IV.2 : les débits de soufflage de la CTA-10 pour chaque salle

N° salle	Nom salle	zone	niveau	Débit d'air par salle ($\frac{m^3}{h}$)	Soufflage d'Air par le système ($\frac{m^3}{h}$)	Air neuf ($\frac{m^3}{h}$)
120	Sas 1	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	375.0	6400	1000
121	Sas 2	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	390.0		
122	Incubation	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	1675.0		
123	Ensemencement	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	1435		
124	Préparation	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	685		
125	Manipulation	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	640		
126	Laverie	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	555		
127	Stockage	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	245		
128	Pass-box	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	100		
129	Pass-box	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	100		
130	Pass-box	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	100		
131	Pass-box	Laboratoire microbiologie	1 ^{er} étage	100		

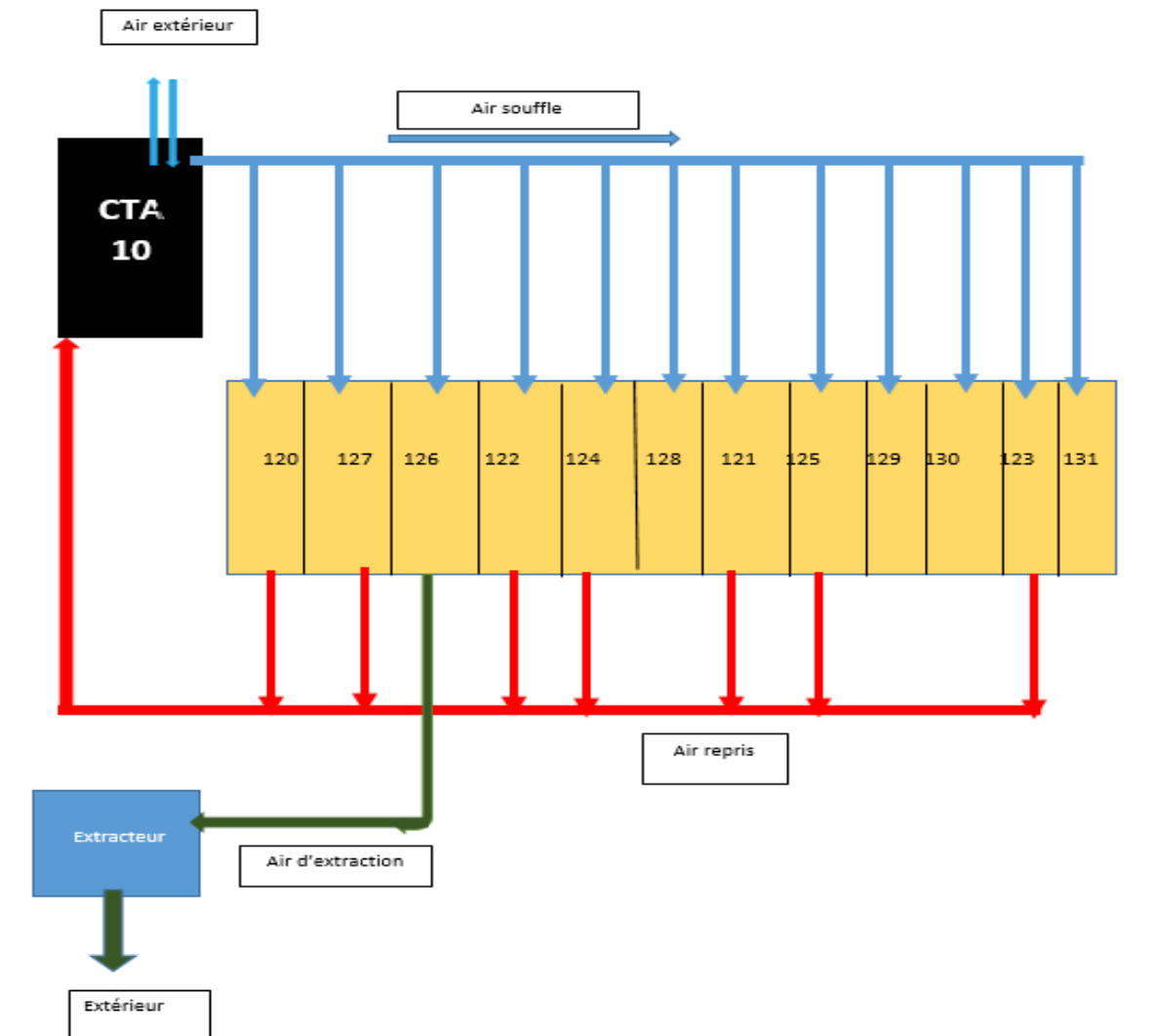


Figure (IV.5) : schéma explicite du réseau de soufflage et reprise d'air

4.5 CALCUL HYDRAULIQUE:

Dans cette partie on va déterminer les paramètres suivant :

- ✓ Le débit de l'eau
- ✓ La section de passage
- ✓ Le diamètre du conduit d'alimentation (cf. figure IV.4).

Tenant le coefficient de surdimensionnement, la puissance frigorifique à fournir est alors de :

$$P_f = A_t * 1.15 \quad (IV.10)$$

Ce qui donne :

$$P_f = 15964 * 1.15 = 18358,468 \text{ (W)} \quad (IV.11)$$

4.5.1 DIAMETRE HYDRAULIQUE :

La notion de diamètre hydraulique est utilisée dans le cas d'une conduite complexe.

Par définition, le diamètre hydraulique le diamètre d'une conduite circulaire ayant le même rapport entre la section et le périmètre que le conduit réel [5]. Soit :

$$D_H = \frac{4 \times S}{P} \quad (\text{IV.12})$$

D_H ; le diamètre hydraulique de la conduite (en m)

S : Surface de passage du conduit réelle (en m²)

P : Périmètre du conduit réel (en m)

Le tableau ci-dessus indique pour différentes géométries de conduit, la valeur du diamètre hydraulique ;

Tableau (IV.3) : la valeur D_H pour différentes géométries

	Conduit circulaire de diamètre D	Conduit carré de cote a	Conduit rectangulaire de cote a et b
S	$\frac{\pi \times D^2}{4}$	a^2	$a \times b$
p	$\pi \times D$	$a \times 4$	$(a \times b) \times 2$
D_H	D	a	$\frac{2 \times a \times b}{a + b}$

On peut déduire le diamètre de la section qui alimente la CTA en eau froide par la formule suivante :

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (\text{m}^2) \quad (\text{IV.13})$$

Implique :

$$D = D_H = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} \quad (\text{m}) \quad (\text{IV.14})$$

4.5.2 LES PERETES DE CHARGES DANS LE RESEAU DE TUYAUTERIE :

a. PERTES DE CHARGE LAMINAIRE :

$$\Delta P_l = J \cdot L \quad (\text{Pa}) \quad (\text{IV.15})$$

Avec :

$$J = \frac{1}{2} \lambda \frac{v_m^2}{d} \rho \quad (\text{IV.16})$$

J : Perte de charge unitaire (par unité de longueur) [Pa/m],

v_m : Vitesse moyenne dans la section [m/s],

ρ : Masse volumique du fluide (air) [kg/m³],

L : Longueur du tube [m],

Pour le calcul de (λ) on a fait un calcul récursif qui accède de donner des résultats plus précis de, les étapes de calcul sont les suivants :

❖ On effectue une première approche par la formule de « Blasius » :

$$\lambda_1 = 0.316 \times Re^{-0.25} \quad (\text{IV.17})$$

$Re \geq 3200$: le régime est turbulent, on utilisera la formule de « Colebrook »

❖ On calcul ensuite λ_2 par la formule « Colebrook » par itérations successives avec λ_1 première valeur hypothèse ;

$$\lambda_2 = \frac{1}{2 \times \log \left[\frac{2.51}{Re \times \sqrt{\lambda_1} + \frac{\xi}{3.71 \times D}} \right]} \quad (\text{IV.18})$$

Si constate un écart significatif entre λ_1 et λ_2 (dans notre cas on la pris de l'ordre de 10^{-6}), on recommence le calcul avec λ_2 comme nouvelle valeur hypothèse jusqu'à arriver à $\lambda_n = \lambda_{n-1}$, λ_n sera donc conservée.

b. PERTES DE CHARGES SINGULIERE :

Les pertes de charges singulières correspondant aux accidents de parcours dans les réseaux hydrauliques, elles se manifestent sur les pièces spéciales qui modifient la direction ou la section de passage du fluide (raccord, T, vannes, soupapes, etc.).

Sont exprimées par la relation suivante

$$\Delta P_s = \sum \frac{v^2}{2} \rho \cdot \xi \tag{IV.19}$$

4.5.3 RESUME DES PERTES DE CHARGE TOTALE DE RESEAU DE TUYAUTERIE:

le tableau IV.4 suivant, nous résume toutes les pertes de charges dans le réseau

Tableau (IV.4) : pertes de charges CTA 10

tronçon	L(m)	Pf(kW)	Q(l/s)	D (mm)	$V_{réel}$ (m/s)	Pdc_L	Pdc_S	Pdc_{tronc}	Pdc_{tot}
AB	1	0.778	1.5	40	0.63	1.205	0.069	2.514	5.028
BC	3	0.778	1.5	40	0.63	1.205	0.069	2.514	5.028
CD	40	0.778	1.5	40	0.63	1.205	0.069	2.514	5.028
DE	35	0.778	1.5	40	0.63	1.205	0.069	2.514	5.028
EF	2	0.778	1.5	40	0.63	1.205	0.069	2.514	5.028

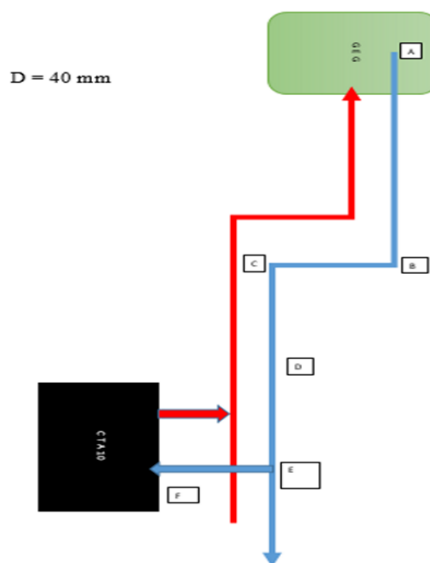


Figure IV.6 : schéma explicite du réseau eau glacée

4-6 VENTILATIONS :

La ventilation c'est tout le dispositif qui est équipé d'au moins un moteur permettant l'évacuation et de renouveler l'air vicié, de façon continue ou intermittente afin de garantir l'hygiène.

Il existe 4 types de systèmes de ventilation.

- Le Système A :

Assuré une ventilation naturelle. C'est le plus simple des systèmes de ventilation.

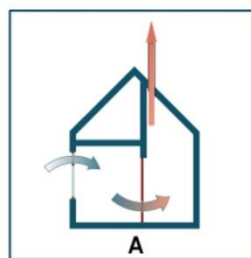


Figure IV.4. : Système évacuation et apport air naturels

- Le Système B : assure un apport d'air frais de manière mécanique. Ici, l'air est pulsé à l'intérieur à l'aide d'un ventilateur avant d'être extrait de l'habitation au moyen de grilles réglables et de canaux verticaux. Figure IV.N

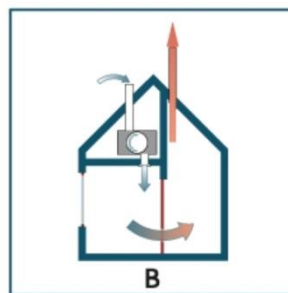


Figure IV.5 : Évacuation d'air naturelle et apport d'air mécanique

- Le Système C : assure l'évacuation mécanique de l'air vicié. L'apport d'air frais est garanti par des grilles réglables avant que l'air vicié soit aspiré par un ventilateur, qui expulse cet air en passant par les pièces humides.

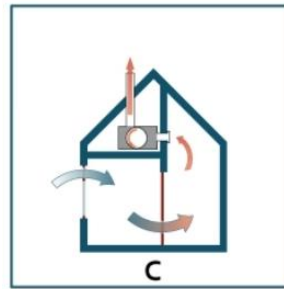


Figure IV.6 : apport d'air naturel et évacuation d'air mécanique

•Le Système D (ventilation double flux): enfin, est un système de ventilation à récupération de chaleur. Il combine apport mécanique et extraction mécanique. Ce système est aussi dénommé 'ventilation équilibrée'.

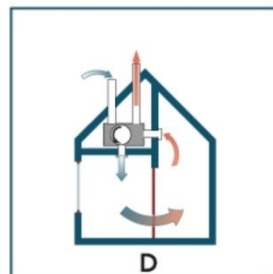


Figure IV.7 : évacuation et apport d'air mécaniques

4.6.1. ORGANE DE VENTILATION :

Système de ventilation conçu pour maintenir un air intérieur de qualité acceptable en mélangeant l'air intérieur contaminé avec de l'air frais extérieur, et en régulant la température et l'humidité de l'air intérieur.

a. Ventilateurs :

Les ventilateurs sont les « chevaux de bataille » des systèmes de ventilation, il est donc important de choisir des ventilateurs de dimensions et de type appropriés afin d'assurer l'efficacité du système. Ils doivent permettre d'obtenir une vitesse de déplacement de l'air suffisante pour capter les contaminants à la source, les aspirer dans la hotte et les transporter dans le réseau de conduits jusqu'aux filtres et aux épurateurs qui nettoient l'air, puis l'évacuent à l'extérieur.

b. Grille de soufflage :

Dans le projet ils sont utilisés Les diffuseurs à jet hélicoïdal qui ont la double fonction de filtre l'air avec des filtres absolus a haute efficacité et de distribuer l'Air dans tout le local. il équipée d'une prise de pression qui contrôle les pertes de charges dans le filtre.



Figure IV.8 : représentation d'un diffuseur a jet hélicoïde

c. Grille a lame de repris de l'air :

Dans installation de climatisation, la grille a lames ou tôle de repris et aussi importante qu'une grille de soufflage. Les grilles de repris s'intégreront parfaitement dans un faux plafond ou dans un mur



Figure IV. 9 : grille de repris dans un faux plafond **Figure IV .10 :** grille de repris dans un mur

Dans les salles où il n'y ait pas de la relation directe avec la manipulation du produit, comme par exemple (les sas), il admit de souffler et reprendre l'air au niveau du plafond (cf. figure IV.9)

4.6.2 CONDUITES (RESEAU AERAIQUE) :

Un réseau qui relie le ventilateur aux les pièces du bâtiment et servant à évacuer l'air intérieur vicié et à admettre de l'air frais provenant de l'extérieur et permettant de faire la circuler l'air.



Figure IV.11 : Les différents types de la section des conduites

4.6.3 ENTRES D'AIRS ET PRISES D'AIRS NEUFS :

L'air neuf peut être admis à l'intérieur :

- Pour les systèmes par extraction, par des entrées d'air donnant directement sur l'extérieur. Elles peuvent se présenter : sous forme de réglettes posées sur les fenêtres ou sur les coffres de volets-roulants ; ou sous forme de grilles en traversée de murs. Ces équipements peuvent participer à la régulation en adaptant la section de passage de l'air en fonction de la pression (auto-réglables), de l'humidité (hygro-réglables) ou d'autres paramètres physiques. Suivant la localisation du bâtiment, leurs caractéristiques acoustiques peuvent aussi importer.
- Pour les systèmes par insufflation ou double-flux : par une prise d'air neuf raccordée à l'amont du ventilateur d'insufflation. Les prises d'air neuf seront généralement posées en toiture, à l'écart des rejets d'air viciés ou des sources de pollution de l'air extérieur. La section des entrées et prise d'air neuf varie en fonction des débits à assurer.

4.6.4 SORTIES D'AIR VICIE:

L'air vicié peut être rejeté à l'extérieur :

- Par une sortie d'air généralement posées en toiture, en aval du ventilateur d'extraction,

- Par des grilles de traversées de mur. Pour les systèmes de ventilation « par pièces », des ventilateurs peuvent être situés directement sur les sorties d'air vicié.

Pour les systèmes naturels et hybrides, les sorties d'air peuvent être équipés de composants qui maximisent l'exploitation des forces naturelles (tirage thermique et/ou vent).

Conclusion : dans ce chapitre de calcul sur le système de climatisation, nous avons choisi le système qui est une centrale de traitement de l'air, nous avons aussi calculé les pertes de charges ainsi que les débits dans le réseau aéraulique.

5 Conclusion générale :

Après toutes ces études et analyses élaborées dans ce projet, on conclut que, pour contrôler l'environnement intérieur d'un local ou d'un établissement à climatiser, il est nécessaire d'installer une puissance suffisante pour couvrir, à chaque instant, les charges thermiques du local en connaissant les conditions extérieures de base et intérieures adoptées et faire le choix de climatisation qui convient après avoir calculé le bilan thermique estival.

Cette étude nous a montré, l'importance des différents critères sur les bâtiments, surtout dans les choix et les décisions qui ont un fort impact sur la qualité thermique de l'habitat.

Le local d'étude le laboratoire microbiologie « CYTOLAB » situé à Azazga, qui a une charge frigorifique estimée à 16.84 KW, cette valeur doit être évacuée afin d'avoir une température de confort de 22 C° en installant un groupe qui va produire de l'eau glacée pour les centrales de traitement d'aire.

Enfin ce travail qu'on a pu réaliser nous a appris d'être méthodique et de comprendre la signification d'un projet réalisable. 69

6 Reference Bibliographiques :

- [1] <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/>
- [2] <https://safetyculture.com/fr/themes/systemes-cvc/>
- [3] <http://www.energie-plus.com> : La revue professionnelle de la maîtrise de l'énergie
- [4] <https://www.abcclim.net/centrale-traitement-air.html>
- [5] Catalogue trox Technik X cube
- [6] Catalogue donné par le constructeur
- [7] <https://www.france-air.com/guides-et-documents/webinar-solution-de-ventilation-purification-d-air/>
- [8] <https://www.ecohabitation.com/guides/ventilation/>
- [9] <https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/quels-sont-les-systemes-de-ventilation-existants/746/>
- [10] <http://www.ventilation-industrie.fr/la-classification-des-filtres>
- [11]] <http://www.cchst.ca/oshanswer/prevention/ventilation/introduction.html>
- [12] Document technique règlementaire, Règles de calcul des apports calorifique, C 3.2/4, Centre national d'étude et de recherche intégrée du bâtiment. 2016.
- [13] Document technique règlementaire, ventilation naturelle C 3.31, Centre national d'étude et de recherche intégrée du bâtiment. 2016.

Annexe 1 :**Ventilation :**

Dimensionnement des amenées d'air Selon la réglementation en vigueur les dispositifs d'amenée d'air doivent permettre, sous une différence de pression de vingt (20) pascals de part et d'autre de la façade extérieure, d'atteindre les débits suivants :

30 à 45 m³/h par chambre,
45 à 60 m³/h pour le séjour.

Selon la DTR le débit d'air q_f à travers les joints des ouvrants est obtenue par :

$$q_f = C \times A \times \Delta P^{\frac{2}{3}} \quad (1.1)$$

C (en $m^3/h.m^2.Pa^{\frac{2}{3}}$) est la perméabilité surfacique de l'ouvrant, c'est-à-dire le débit d'air traversant 1m² de paroi sous une différence de pression de 1Pa.

A (en m²) est la surface en tableau de l'ouvrant.

ΔP (en pascals) est la différence de pression de part et d'autre de la paroi ; dans le cadre de ce DTR on prendra $\Delta P=20Pa$.

Le processus de validation et de calcul passe par les étapes suivantes mais après le calcul de q_f :

- Si le q_f calculé est égal ou légèrement supérieur de l'ordre de 15% alors il n'est pas nécessaire d'ajouter des orifices de ventilation.

- Dans le cas contraire le débit q_f est nettement inférieur c'est-à-dire plus de 15% alors il faudra instaurer des orifices de ventilation permettant d'atteindre le débit minimal recommander

- Maintenant si dans un troisième temps le débit q_f calculé est nettement supérieur au débit fourni par la réglementation il est recommandé dans ce cas de procéder à des correctifs sur la surface des ouvrants ou la nature des menuiseries.

Dans le cas où il faudrait installer des orifices d'amené d'air il faudra toutefois vérifier les inégalités suivantes :

$$\sum M \geq 90 \quad \text{et} \quad \sum M \geq 6.2 \times P$$

Annexe2:**1. Calcule les pertes de charges****1.1 Calcul du débit d'eau :**

Il sera déterminé suivant la puissance frigorifique du VC, dans cet exemple il sera égal à

$$Q = \frac{P}{cP_{eau} \times \rho \times \Delta T} \quad (2.1)$$

$$Q = 2.62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Avec :

P [en kw]: la puissance frigorifique de l'appareil.

cP_{eau} [en kJ/kg. °C] : chaleur massique de l'eau à 7°C, Soit égale à 4.1963 kJ/kg. °C.

ρ [en kg/m³]: la masse volumique de l'eau à 7°C, soit égale à 999.84 \simeq 1000 kg/m³.

ΔT [en °C] : la différence de température entre l'entrée et la sortie de l'eau.

1.2 Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \frac{Q}{3600}}{\pi \times V}} \times 10^3 \quad [mm] \quad (2.2)$$

Avec :

- Q [m³/h] : débit d'eau ;
- V [m/s] : vitesse d'écoulement, soit 0.8 m/s.

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times \frac{1.5}{3600}}{\pi \times 0.8}} \times 10^3 = 34.03 [mm]$$

On prend donc le tuyau de diamètre intérieur normalisé 35 mm

1.3 Calcul de la vitesse réelle d'écoulement :

$$V_{réel} = \frac{4 \times \frac{Q}{3600}}{\pi \times (D_{nor} \times 10^{-3})^2} \quad [m/s] \quad (2.3)$$

Où :

- Q [m³/h] : débit d'eau.
- D_{nor} [mm] : diamètre intérieur normalisé

$$V_{réel} = \frac{4 \times \frac{13,474}{3600}}{\pi \times (35 \times 10^{-3})^2} = 0.76 \text{ [m/s]}$$

1.4 Calcul du nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{V \times D_{nor}}{\nu} \quad (2.4)$$

Avec :

- V [m²/s]: la viscosité de l'eau.
- D_{nor} [m]: le diamètre normalisé.

$$\Rightarrow Re = \frac{0.8 \times 35 \times 10^{-3}}{10^{-6}} = 2800$$

1.5 Calcul du coefficient de perte de charge linéaire :

$Re > 3200$: le régime est turbulent, on utilisera la formule de « Colebrook » ;

On va effectuer une première approche par la formule de « Blasius » :

$$\Rightarrow \lambda_1 = 0.316 \times 28000^{-0.25} = 0.0244285$$

On calcule maintenant λ_2 par la formule de « Colebrook » :

$$\lambda = \frac{1}{2 \times \log \left[\frac{2.51}{Re \times \sqrt{\lambda_1 + \frac{\xi}{3.71 \times D}}} \right]}^2 \quad (2.5)$$

Avec :

- ξ : la d'un tube rugosité absolue en (mm).
- Dans notre cas la tuyauterie est en acier noir $\Rightarrow \xi = 0.05$ mm.

$$\Rightarrow \lambda_2 = 0,0285473$$

L'écart est significatif entre λ_1 et λ_2 .

On continue les calculs tel que :

Re	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ
28000	0.0244285	0,0285473	0,0282315	0,0282584	0,0282555	0,0282561	0,0282561

Calcul des λ pour le tronçon

La différence entre λ et λ_6 est jugée suffisamment faible, l'hypothèse est vérifiée, la valeur de λ est conservée.

Calcul de la perte de charge linéaire par mètre :

$$j = \frac{\lambda \times V_{\text{réel}}^2}{2 \times g \times D_{\text{nor}}} \quad [\text{mCE}/\text{m}] \quad (2.6)$$

Avec :

- j [mCE/m]: La perte de charge linéaire par mètre.
- λ : Coefficient de perte de charge linéaire.
- $V_{\text{réel}}$ [m/s]: La vitesse réelle d'écoulement réel.
- D_{nor} [m]: Le diamètre normalisé.

$$\Rightarrow j = \frac{0.0282561 \times 0.76^2}{2 \times 10 \times 35 \times 10^{-3}} = 0.023 \text{ mCE/m}$$

2. Calcul de la perte de charge linéaire :

$$Pdc_L = j \times L \quad [\text{mCE}] \quad (2.7)$$

Avec :

- L [m] : la longueur du tronçon égale à 86m.
- j [mCE/m] : la perte de charge linéaire par mètre

$$Pdc_1 = 86 \times 0.023 = 1.978 \text{ mCE} \quad (2.8)$$

3. Calcul de la perte de charge singulière :

$$Pdc_s = \frac{K \times V^2}{2 \times g} \quad [\text{mCE}] \quad (2.9)$$

Où :

- K : coefficient de perte de charge singulière totale :

$$K = 2 K_{\text{coude}} + K_{\text{té}} \quad (2.10)$$

$$K = 2 \times 1 + 1.5 = 3.5$$

- V [m/s] : la vitesse réelle d'écoulement d'eau.

$$\Rightarrow Pdc_s = \frac{3.5 \times 0.76^2}{2 \times 10} = 0.101 \text{ mCE}$$

4. La perte de charge de la conduite

$$Pdc_{\text{conduite}} = Pdc_L + Pdc_s \quad (2.11)$$

Avec :

- Pdc_1 [mce] : perte de charge linéaire.
- Pdc_s [mce] : perte de charge singulière.

$$P_{dc \text{ conduite}} = 1.978 + 0.101 = 2.079 \text{ mCE}$$

La perte de charge totale du circuit

$$P_{dc \text{ tot}} = P_{DC \text{ aller}} + P_{DC \text{ retour}} = 2 \times P_{DC \text{ aller}} \quad [\text{mCE}] \quad (2.12)$$

$$P_{dc \text{ tot}} = 4.158 \quad \text{mCE}$$

Annexe 3 :

Les valeurs des apports calorifique dus des machines électriques

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sensible	Latent	Total
Réfrigérateur (100 l)	100	-	100
Réfrigérateur (200 l)	175	-	175
Machine à laver (3 kg)	3000	1500	4500
Machine à laver (5 kg)	6000	3000	9000

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sensible	Latent	Total
Incubateur	1000	-	1000
Hôte a filtre	1370	-	1370
Auto clave hg 50	1000	-	1000

Annexe 4 :

Bilan thermique de laboratoire microbiologie

Tsbe [°C]	34			Ti [°C]	22			HR=40%					
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CTs(t)	0,93	0,85	0,77	0,63	0,48	0,35	0,21	0,067	0	0	0	0,047	0,12
Eb [°C]	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TSe(t) [°C]	25,63	26,35	27,07	28,33	29,68	30,85	32,11	33,40	34,00	34,00	34,00	33,58	32,92
TSb,i	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Δtmax [°C]	3,63	4,35	5,07	6,33	7,68	8,85	10,11	11,40	12,00	12,00	12,00	11,58	10,92
CΔTe [°C]	-0,79	0,73	0,44	2,69	2,00	3,47	4,84	5,45	8,70	8,70	8,70	7,46	7,14

NORD	msurf <100 [Kg/m²]			φ	0								
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CΔTe [°C]	-0,79	0,73	0,44	2,69	2,00	3,47	4,84	5,45	8,70	8,70	8,70	7,46	7,14
Δtes(t) [°C]	-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
Δte(t) [°C]	-2,487	-0,969	-1,756	0,986	0,897	3,966	7,038	9,854	14,200	15,400	16,500	14,660	13,840

EST	msurf <100 [Kg/m²]			φ	0								
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CΔTe [°C]	-0,79	0,73	0,44	2,69	2,00	3,47	4,84	5,45	8,70	8,70	8,70	7,46	7,14
α	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
It,b [W/m²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ib(40) [W/m²]	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516
Δtes(t) [°C]	-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
Δtem(t) [°C]	6,1	5,5	5,5	5	4,4	5	5,5	8,3	10	10,6	10	9,4	8,9
Δte(t) [°C]	-2,487	-0,969	-1,756	0,986	0,897	3,966	7,038	9,854	14,200	15,400	16,500	14,660	13,840

SUD	msurf <100 [Kg/m²]			φ	0								
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CΔTe [°C]	-0,79	0,73	0,44	2,69	2,00	3,47	4,84	5,45	8,70	8,70	8,70	7,46	7,14
α	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	7,37	8,7	8,7	8,7	7,46	7,14
It,b [W/m²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ib(40) [W/m²]	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217
Δtes(t) [°C]	-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
Δtem(t) [°C]	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
Δte(t) [°C]	-2,487	-0,969	-1,756	0,986	0,897	3,966	7,038	9,854	14,200	15,400	16,500	14,660	13,840

OUEST	msurf <100 [Kg/m²]			φ	90								
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CΔTe [°C]	-0,79	0,73	0,44	2,69	2,00	3,47	4,84	5,45	8,70	8,70	8,70	7,46	7,14
α	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
It,b [W/m²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ib(40) [W/m²]	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516	516
Δtes(t) [°C]	-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
Δtem(t) [°C]	6,7	6,1	5,5	5	4,4	4,4	4,4	5	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7
Δte(t) [°C]	-2,4865	-0,9694	-1,7564	0,9858	0,8968	3,9663	7,0384	9,8543	14,2000	15,4000	16,5000	14,6600	13,8400

Toiture													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CΔTe [°C]	-0,79	0,73	0,44	2,69	2,00	3,47	4,84	5,45	8,70	8,70	8,70	7,46	7,14
α	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
It,b [W/m²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ib(40) [W/m²]	734	734	734	734	734	734	734	734	734	734	734	734	734
Δtes(t) [°C]	-2,1	2,31	-1,65	-0,825	0	0,825	2,475	3,75	5,025	5,4	5,85	5,4	5,025
Δtem(t) [°C]	-2,10	2,31	-1,65	-0,825	0	0,825	2,475	3,75	5,025	5,4	5,85	5,4	5,025
te(t) [°C] omb	-2,89	3,04	-1,21	1,86	2,00	4,29	7,31	9,20	13,73	14,10	14,55	12,86	12,17
te(t) [°C] ensc	-2,89	3,04	-1,21	1,86	2,00	4,29	7,31	9,20	13,73	14,10	14,55	12,86	12,17

bilan thermique de la Sas1 :

120 sas 1														
plancher														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	
Sint [m²]	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
plafonds														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	
Sint [m²]	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	
Δte(t) [°C]	-2,89	3,04	-1,21	1,86	2,00	4,29	7,31	9,20	13,73	14,10	14,55	12,86	12,17	
APO [W]	-11,47	12,08	-4,79	7,39	7,93	17,05	29,06	36,57	54,53	56,02	57,81	51,10	48,33	
paroi nord 120														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	
Sint [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
paroi ouest 127														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	
Sint [m²]	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
paroi ouest 126														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
parois est 124														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
parois est 125														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	
Δte(t) [°C]	-2,49	-0,97	-1,76	0,99	0,90	3,97	7,04	9,85	14,20	0,00	16,50	14,66	13,84	
APO [W]	-24,70	-9,63	-17,45	9,79	8,91	39,40	69,91	97,88	141,05	0,00	163,89	145,62	137,47	
parois nord/125														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
parois sud/121														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
porte														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
été [W/K.m²]	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Sint [m²]	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
AINF														
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
TSe(t) [°C]	25,63	26,35	27,07	28,33	29,68	30,85	32,11	33,397	34	34	34	33,577	32,92	
TSb,i [°C]	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
b,e [gvap/kg]	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	
b,i [gvap/kg]	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	
qv inf	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	
AINF	150,60	159,40	168,19	183,59	200,09	214,39	229,79	245,52	252,89	252,89	252,89	247,72	239,69	
Occupant/Machine/Eclairage														
Occupant											297,26			
Machine											0			
Eclairage											416,50			
Apports Tota											1078,70			

bilan thermique de la Sas2 :

sas 2 121													
plancher													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	18
Kété [W/K.m²]	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Sint [m²]	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
plafonds													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Sint [m²]	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
Δte(t) [°C]	-2,89	3,04	-1,21	1,86	2,00	4,29	7,31	9,20	13,73	14,10	14,55	12,86	12,17
APO [W]	-7,15	7,53	-2,99	4,61	4,95	10,63	18,11	22,80	33,99	34,92	36,04	31,85	30,13
paroi nord port 120													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sint [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
paroi nord124													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	0,52	1,17	1,17	1,17
Sint [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
paroi nord/ 126													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois est 124													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois sud/123													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois sud/122													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois ouest/126													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Sint [m²]	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
porte													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Sint [m²]	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AINF													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TSe(t) [°C]	25,63	26,35	27,07	28,33	29,68	30,85	32,11	33,397	34	34	34	33,577	32,92
TSb,i [°C]	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Sb,e [gvap/Kga]	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Sb,i [gvap/Kga]	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01
qv inf	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
AINF	31,92	33,79	35,65	38,92	42,42	45,45	48,71	52,05	53,61	53,61	53,61	52,51	50,81
Occupant/Machine/Eclairage													
Occupant										268,01			
Machine										0			
Eclairage										833,00			
Apports Total										1189,54			

Bilan thermique de la Ensemencement 123 :

Chambre:123 ensemencement													
parois ouest/122													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sint [m²]	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
paroi sud/ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sint [m²]	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53
ΔTinc(t) [°C]	6,63	7,35	7,07	7,33	8,68	8,85	9,11	9,40	10,00	9,00	8,00	8,58	7,92
APO [W]	43,16	47,88	46,06	47,75	56,55	57,65	59,35	61,22	65,15	58,63	52,12	55,88	51,60
parois est/ ext													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,5196	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sint [m²]	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
ΔTinc(t) [°C]	6,63	7,35	7,07	7,33	8,68	8,85	9,11	9,40	10,00	9,00	8,00	8,58	7,92
APO [W]	28,44	31,55	30,35	31,46	37,26	37,99	39,10	40,34	42,92	38,63	34,34	36,82	34,00
parois nord													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sint [m²]	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55	9,55
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois nord/121													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sint [m²]	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois vitree est/coloire													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Souv [m²]	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
TSe(t) [°C]	25,63	26,35	27,07	28,33	29,68	30,85	32,11	33,40	34,00	34,00	34,00	33,58	32,92
TSbj	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
AVT(t) [W]	16,86	20,20	23,55	29,40	35,67	41,10	46,95	52,93	55,73	55,73	55,73	53,76	50,71
It [W/m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Id [W/m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FS	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Npvi (t)	0,08	0,09	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,18	0,36	0,52	0,63	0,65	0,55
β (degrés)	11,92	23,92	36,00	47,08	59,08	69,17	73,25	69,17	59,08	47,08	36,00	23,92	11,92
Ψ (degrés)	-196,08	-188,08	-179,25	-169,25	-155,42	-132,42	-90,00	-47,59	-24,59	-10,75	-0,75	8,08	16,08
s1								-1,09	-0,46	-0,19	-0,01	0,14	0,29
s2								3,90	1,84	1,09	0,73	0,45	0,22
e1 [m]								-0,27	-0,11	-0,05	0,00	0,04	0,07
e2 [m]								0,97	0,46	0,27	0,18	0,11	0,05
SVens [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	1,27	1,70	1,93	2,04	2,12
AVE(t) [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
plancher													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	18
Kété [W/K.m²]	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Sint [m²]	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
plafonds													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kété [W/K.m²]	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Sint [m²]	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17	15,17
Δte(t) [°C]	-2,89	3,04	-1,21	1,86	2,00	4,29	7,31	9,20	13,73	14,10	14,55	12,86	12,17
APO [W]	-22,59	23,80	-9,44	14,57	15,63	33,59	57,25	72,05	107,44	110,37	113,89	100,66	95,22
AINF													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TSe(t) [°C]	25,63	26,35	27,07	28,33	29,68	30,85	32,11	33,397	34	34	34	33,577	32,92
TSbj [°C]	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Sb,e [gvap/Kga]	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Sb,i [gvap/Kga]	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01
qv inf	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19
AINF	150,60	159,40	168,19	183,59	200,09	214,39	229,79	245,52	252,89	252,89	252,89	247,72	239,69
Occupant/Machine/Eclairage													
Occupant											268,01		
Machine											1216,56		
Eclairage											833,00		
Apports Total											2834		

bilan thermique pour le pass-box :

parois nord													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
irrad [W/K.m ²]	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Sint [m ²]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois sud													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
irrad [W/K.m ²]	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Sint [m ²]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois ouest													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
irrad [W/K.m ²]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Sint [m ²]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
parois est													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
irrad [W/K.m ²]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Sint [m ²]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
ΔTinc(t) [°C]	6,63	7,35	7,07	7,33	8,68	8,85	9,11	9,40	10,00	9,00	8,00	8,58	7,92
APO [W]	0,31	0,35	0,34	0,35	0,41	0,42	0,43	0,45	0,48	0,43	0,38	0,41	0,38
plancher													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
irrad [W/K.m ²]	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Sint [m ²]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Δte(t) [°C]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APO [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,61	0,00
plafonds													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
irrad [W/K.m ²]	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Sint [m ²]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Δte(t) [°C]	-2,89	3,04	-1,21	1,86	2,00	4,29	7,31	9,20	13,73	14,10	14,55	12,86	12,17
APO [W]	-0,46	0,48	-0,19	0,30	0,32	0,68	1,16	1,46	2,18	2,24	2,31	2,04	1,93
AINF													
Heure solaire	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TSe(t) [°C]	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
TSb,i [°C]	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
b,e [gvap/Kg]	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
b,i [gvap/Kg]	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01	11,01
qv inf	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
AINF	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74
Occupant/Machine/Eclairage													
Occupant											0,00		
Machine											0		
Eclairage											0,00		
Apports Tota											4,41		

Annexe 5 :

Vérification réglementaire des apports calorifiques de L M :

Sas1 :

sas1				
plafond				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,54			
Sint [m ²]	7,7		a	0,9
Δte(t) [°C]	2,24		ΔTS réf,PH	4
APO [W]	11,15		A réf,PH	27,72
Planche				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,42			
Sint [m ²]	7,7		a	2,7
ΔTInc(t) [°C]	9,00	Cas 1	ΔTS réf,PH	4
APO [W]	29,11		A réf,PH	83,16
paroi nord				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	2,22		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	10,65
parois ouest/127				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	4,94		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	23,69
paroi ouest/126				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	2,34		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	11,24
paroi sud/121				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	3,77		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	18,09
paroi est /124				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	4,74		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	22,75
paroi est /125				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	2,61		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	12,55
paroi nord/125				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	1,54		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	7,40
Apports Total	40,26		Apports Réf	217,25

Sas2 :

sas2						
plancher						
Heure solaire	15					
Kété [W/K.m ²]	0,54					
Sint [m ²]	4,8				a	0,9
Δte(t) [°C]	2,24				ΔTS réf,PH	4
APO [W]	6,97				A réf,PH	17,28
plafonds						
Heure solaire	15	Cas 2				
Kété [W/K.m ²]	0,42					
Sint [m ²]	4,8				a	2,7
ΔTInc(t) [°C]	9,00				ΔTS réf,PH	4
APO [W]	18,14				A réf,PH	51,84
paroi nord						
Heure solaire	15					
Kété [W/K.m ²]	0,52					
Sint [m ²]	6,77				C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00				ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00				A réf,PV	32,52
parois ouest						
Heure solaire	15					
Kété [W/K.m ²]	0,52					
Sint [m ²]	4,01				C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00				ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00				A réf,PV	19,25
paroi sud						
Heure solaire	15					
Kété [W/K.m ²]	0,52					
Sint [m ²]	5,01				C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00				ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00				A réf,PV	24,07
paroi est						
Heure solaire	15					
Kété [W/K.m ²]	0,52					
Sint [m ²]	4,01				C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00				ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00				A réf,PV	19,25
Apports Total	25,11			Apports Réf	164,20	

Incubation :

122 incubation					
paroi nord/124					
Heure solaire	15				
Kété [W/K.m ²]	0,52				
Sint [m ²]	10,28		C	1,2	
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4	
APO [W]	0,00		A réf,PV	49,36	
paroi ouest /extr					
Heure solaire	15				
Kété [W/K.m ²]	0,52				
Sint [m ²]	9,55		C	1,2	
ΔTInc(t) [°C]	9,00	Cas 1	ΔTS réf,PV	4	
APO [W]	44,69		A réf,PV	45,84	
parois sud					
Heure solaire	15				
Kété [W/K.m ²]	0,52				
Sint [m ²]	13,58		C	1,2	
ΔTInc(t) [°C]	9,00	Cas 1	ΔTS réf,PV	4	
APO [W]	63,57		A réf,PV	65,20	
paroi est/122					
Heure solaire	15				
Kété [W/K.m ²]	0,52				
Sint [m ²]	9,29		C	1,2	
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4	
APO [W]	0,00		A réf,PV	44,61	
fentre nord					
Heure solaire	15				
Kété [W/K.m ²]	3				
Souv [m ²]	1,29				
TSe(t) [°C]	22		é	4,2	
TSb,i	22		ΔTS réf,PVI	4	
AVT(t) [W]	0,00		AVT réf	23,22	
It [W/m ²]	0,00				
Id [W/m ²]	0,00				
FS	0,22				
Npvi (t)	0				
β (degrés)	0,00				
Ψ (degrés)	0,00				
s1	0,00				
s2	0,00				
e1 [m]	0,00				
e2 [m]	0,00		Npvi réf	0,43	
SVens [m ²]	0,00		FS réf	0,15	
AVE(t) [W]	0,00		AVE réf	0,00	
plafonds					
Heure solaire	15				
Kété [W/K.m ²]	0,42				
Sint [m ²]	17,7		a	2,7	
ΔTInc(t) [°C]	9,00	cas 1	ΔTS réf,PH	4	
APO [W]	66,91		A réf,PH	191,16	
plancher					
Heure solaire	15				
Kété [W/K.m ²]	0,54				
Sint [m ²]	17,7		a	0,9	
Δte(t) [°C]	2,24		ΔTS réf,PH	4	
APO [W]	25,69		A réf,PH	63,72	
Apports Total	201		Apports Réf	528	

Ensemencement :

123 ensemencement				
paroi nord/124				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	10,51		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	50,43
paroi est /couloire				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	8,25		C	1,2
ΔTInc(t) [°C]	9,00	Cas 1	ΔTS réf,PV	4
APO [W]	38,63		A réf,PV	39,62
parois sud				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	12,52		C	1,2
ΔTInc(t) [°C]	9,00	Cas 1	ΔTS réf,PV	4
APO [W]	58,58		A réf,PV	60,08
paroi ouest /122				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,52			
Sint [m ²]	9,54		C	1,2
Δte(t) [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	45,81
fentre est/couloir				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	3			
Souv [m ²]	1,29			
TSe(t) [°C]	34		é	4,2
TSb,i	22		ΔTS réf,PVI	4
AVT(t) [W]	55,73		AVT réf	23,22
It [W/m ²]	0,00			
Id [W/m ²]	0,00			
FS	0,22			
Npvi (t)	0,52			
β (degrés)	47,08			
Ψ (degrés)	-10,75			
s1	-0,19			
s2	1,09			
e1 [m]	-0,05			
e2 [m]	0,27		Npvi réf	0,43
SVens [m ²]	1,70		FS réf	0,15
AVE(t) [W]	0,00		AVE réf	0,00
plafonds				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,54			
Sint [m ²]	15,17		a	2,7
ΔTInc(t) [°C]	9,00	cas1	ΔTS réf,PH	4
APO [W]	73,73		A réf,PH	163,84
plancher				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,54			
Sint [m ²]	15,17		a	0,9
Δte(t) [°C]	2,24		ΔTS réf,PH	4
APO [W]	22,02		A réf,PH	54,61
Apports Total	249		Apports Réf	438

Pass-box :

pass box				
paroi nord				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	4,00			
Sint [m ²]	0,25		C	1,2
$\Delta t_e(t)$ [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	1,20
paroi est /extr				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,19			
Sint [m ²]	1,00		C	1,2
$\Delta T_{Inc}(t)$ [°C]	9,00	Cas 1	ΔTS réf,PV	4
APO [W]	1,71		A réf,PV	4,80
paroi ouest				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	4,00			
Sint [m ²]	1,00		C	1,2
$\Delta t_e(t)$ [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	4,80
parois sud				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	4,00			
Sint [m ²]	1,00		C	1,2
$\Delta t_e(t)$ [°C]	0,00		ΔTS réf,PV	4
APO [W]	0,00		A réf,PV	4,80
Planche				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,49			
Sint [m ²]	0,25		a	0,9
$\Delta t_e(t)$ [°C]	2,24		ΔTS réf,PH	4
APO [W]	0,33		A réf,PH	0,90
plafonds				
Heure solaire	15			
Kété [W/K.m ²]	0,53			
Sint [m ²]	0,25		a	2,7
$\Delta T_{Inc}(t)$ [°C]	9	Cas 2	ΔTS réf,PH	4
APO [W]	1,19		A réf,PH	2,70
Apports Total	3,2		Apports Réf	19

Annexe 6 :

Les caractéristiques de la CTA

	Centrale de traitement d'air	EXTRACTEUR
Identification	CTA-10	E-5
Zone	L M	L M
Description	CTA en circulation	Extracteur
Marque	Trox ou similaire	Trox ou similaire
Modèle	TKM	TKM
Niveau de filtration	M5+F7+F9	G4+F7
Niveau de filtration dans la salle	H14	--
Puissance frigorifique (KW)	19.5	--
Débit de l'eau glacée ($\frac{m^3}{h}$)	3.5	--

Annexe7:

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	
2	2,2	2,7	3,1	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,8	5,9	6,0	6,3	2
3	8,3	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,2	5,5	5,7	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,1	7,3	7,5	7,7	8,0	3
4	9,8	10,1	4,4	4,9	5,3	5,7	6,1	6,4	6,8	7,1	7,3	7,6	7,8	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,5	4
5	11,2	11,5	11,9	5,5	6,0	6,4	6,9	7,3	7,6	8,0	8,3	8,6	8,9	9,1	9,4	9,6	9,8	10,1	10,3	10,8	5
6	12,4	12,8	13,2	13,6	6,6	7,1	7,5	8,0	8,4	8,8	9,1	9,6	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,2	11,5	12,0	6
7	13,6	14,1	14,5	14,9	15,3	7,7	8,2	8,6	9,1	9,5	9,9	10,3	10,7	11,0	11,4	11,7	11,9	12,2	12,5	13,1	7
8	14,8	15,2	15,6	16,1	16,5	17,0	8,8	9,3	9,8	10,2	10,7	11,1	11,5	11,8	12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	14,1	8
9	15,8	16,2	16,7	17,2	17,7	18,2	18,6	9,8	10,4	10,8	11,3	11,8	12,2	12,6	13,0	13,4	13,7	14,1	14,4	15,0	9
10	16,8	17,2	17,7	18,2	18,6	19,1	19,5	20,0	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,3	13,7	14,1	14,5	14,9	15,2	15,9	10
11	17,5	18,1	18,7	19,2	19,8	20,4	20,9	21,4	21,9	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,4	14,9	15,3	15,6	15,9	16,7	11
12	18,3	18,9	19,6	20,2	20,8	21,4	21,9	22,5	23,0	23,9	13,1	13,6	14,2	14,6	15,1	15,5	16,0	16,4	16,8	17,6	12
13	19,1	19,8	20,5	21,1	21,8	22,4	23,0	23,5	24,0	25,0	26,0	14,2	14,7	15,3	15,7	16,1	16,6	17,1	17,5	18,3	13
14	19,8	20,6	21,3	22,0	22,7	23,3	23,9	24,5	25,1	26,1	27,2	28,1	15,3	15,8	16,3	16,8	17,3	17,8	18,2	19,1	14
15	20,6	21,4	22,1	22,9	23,6	24,2	24,8	25,4	26,0	27,2	28,2	29,2	30,1	16,4	16,9	17,4	17,9	18,4	18,8	19,7	15
16	21,3	22,1	22,9	23,7	24,4	25,1	25,8	26,4	27,0	28,2	29,2	30,3	31,2	32,2	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,4	16
17	21,9	22,8	23,6	24,4	25,2	25,9	26,6	27,3	27,9	29,1	30,2	31,4	32,4	33,4	34,2	18,6	19,1	19,6	20,1	21,0	17
18	22,8	23,5	24,4	25,2	26,0	26,7	27,4	28,1	28,8	30,0	31,2	32,4	33,4	34,5	35,5	36,3	19,6	20,2	20,7	21,7	18
19	23,2	24,1	25,0	25,9	26,7	27,5	28,3	29,0	29,7	31,0	32,2	33,4	34,5	35,5	36,5	37,5	38,4	20,7	21,3	22,3	19
20	23,9	24,8	25,7	26,7	27,5	28,3	29,0	29,8	30,5	31,9	33,1	34,3	35,5	36,5	37,6	38,6	39,6	40,5	21,8	22,9	20
22	25,1	26,1	27,1	28,0	28,9	29,7	30,5	31,4	32,1	33,5	34,9	36,2	37,4	38,6	39,7	40,7	41,8	42,8	43,8	24,0	22
24	26,2	27,2	28,2	29,3	30,1	31,0	32,0	32,8	33,6	35,2	36,6	38,0	39,3	40,4	41,6	42,8	43,8	44,9	46,0	48,9	24
26	28,4	29,5	30,5	31,4	32,3	33,0	34,2	35,1	36,7	38,2	39,6	41,0	42,3	43,5	44,7	45,9	47,0	48,0	49,2	26	26
28	30,6	31,6	32,6	33,6	34,6	35,5	36,4	38,1	39,7	41,2	42,7	44,0	45,4	46,6	47,8	49,0	50,1	51,1	28	28	28
30	32,8	33,8	34,8	35,8	36,7	37,6	38,5	41,2	42,8	44,3	45,8	47,2	48,4	49,7	50,9	52,0	53,2	30	30	30	30
32	34,9	36,0	37,0	38,0	39,0	40,8	42,6	44,3	45,8	47,3	48,7	50,2	51,5	52,7	53,9	55,1	56,1	32	32	32	32
34	37,1	38,2	39,2	40,2	42,0	43,9	45,7	47,3	48,9	50,4	51,8	53,2	54,6	55,8	57,0	58,2	59,3	34	34	34	34
36	39,3	40,4	41,4	42,4	45,2	47,1	48,8	50,4	52,0	53,5	54,9	56,3	57,6	58,9	60,1	61,3	62,4	36	36	36	36
38	41,5	42,6	43,6	44,6	48,3	50,1	51,8	53,4	55,0	56,5	57,9	59,3	60,7	62,0	63,2	64,4	65,5	38	38	38	38
40	43,7	45,8	47,8	49,7	51,5	53,3	55,0	56,8	58,6	60,4	62,2	63,9	65,6	67,3	68,9	70,5	72,0	40	40	40	40
44	48,0	50,2	52,2	54,1	55,9	57,7	59,5	61,1	62,7	64,1	65,7	67,2	68,8	70,3	71,8	73,2	74,5	44	44	44	44
48	52,4	54,6	56,5	58,5	60,3	62,1	63,9	65,6	67,3	68,8	70,3	71,8	73,2	74,5	75,9	77,2	78,5	48	48	48	48
52	56,8	59,0	61,0	62,9	64,8	66,6	68,4	70,1	71,8	73,2	74,5	75,9	77,2	78,5	79,8	81,1	82,4	52	52	52	52
56	61,2	63,3	65,3	67,3	69,2	71,0	72,7	74,5	76,2	77,8	79,4	81,0	82,4	83,9	85,3	86,7	88,1	56	56	56	56
60	65,5	67,7	69,7	71,7	73,6	75,4	77,2	79,0	80,8	82,4	84,0	85,6	87,1	88,6	89,9	91,3	92,7	60	60	60	60
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	

Dimension du petit côté de la section rectangulaire (cm)

Tableau basé sur la formule de HUESSCHER

$$d_s = 1,3 \sqrt{\frac{8 \text{ (cm)}^3}{(a + b)^2}}$$

Dimension du grand côté de la section rectangulaire (cm)

Figure A13 : Données indicatives des valeurs des modules de perte de charge

Annexe 8:

Données indicatives des valeurs des modules de perte de charge													
Gânes rectangulaires					Gânes circulaires			Divers					
r/a	0.25	0.5	1	4	r/a	0.25	0.5	r/a	ζ				
0	1.3	1.3	1.3	1.4	0.5	0.4	0.3	0.2	1				
0.5	1.3	1.1	1	1	0.75	0.35	0.3	0.4	0.8				
0.75	0.6	0.5	0.4	0.4	1	0.2	0.2	0.6	0.9				
1	0.4	0.3	0.25	0.2	2	0.1	0.1	0.8	1				
1.5	0.3	0.15	0.1	0.1				1	1.2				
α ζ					α ζ			α ζ		α ζ			
15° 0.1					15° 0.1			0.5 1		15° 0.1			
30° 0.3					30° 0.3			0.75 0.3		30° 0.3			
45° 0.7					45° 0.5			1 0.25		45° 0.7			
60° 1					60° 0.7			1.5 0.15		60° 1.0			
90° 1.4					90° 1.3			2 0.1		90° 1.4			
									α ζ				
$\zeta = 0.3$			$\zeta = 0.7$			$\zeta = 1$			15° 0.3		0 2.3		
									30° 0.3		0.2 2.3		
									45° 0.3		0.4 2.3		
									60° 0.5		0.6 2		
									90° 0.7		0.8 1.6		
									1 1		1 1		
α ζ					α ζ			α ζ		α ζ			
5° 0.18					5° 0.18			5° 0.18		5° 0.18			
10° 0.33					10° 0.33			10° 0.33		10° 0.33			
15° 0.4					15° 0.4			15° 0.4		15° 0.4			
30° 0.8					30° 0.8			30° 0.8		30° 0.8			
45° 0.9					45° 0.9			45° 0.9		45° 0.9			
60° 1					60° 1			60° 1		60° 1			
$\alpha < 60$					$\alpha < 60$			$\alpha < 60$		$\alpha < 60$			
$\zeta = 0.1$					$\zeta = 0.15$			$\zeta = 0.15$		$\zeta = 0.15$			
$a < 14^\circ$					$a < 14^\circ$			$a < 14^\circ$		$a < 14^\circ$			
$a \times b = a' \times b'$					$a \times b = a' \times b'$			$a \times b = a' \times b'$		$a \times b = a' \times b'$			
								grilles perforées		Surfaces libres			
								70%		1			
								80%		1			
								90%		1			
								Surfaces libres		K			
								60%		1			
								100%		2			

Les coefficients de module de perte de charge sont donnés à titre indicatif. Consultez si nécessaire les documents concernés.

©2001 Jean Yves NESSE.

OK