

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ BOUIRA



**FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**

Mémoire de Master

Filière : Génie mécanique

Option : Génie climatique et frigorifique

N° d'ordre :...../Master/2017.

Série :...../GCF/2017.

Par :

-Aggad meziane

-Boumedhel Elhadj

Tthmé :

**Etude du traitement de l'air d'une unité de
production de médicaments**

Soutenu le: 11 / 10 /2017

Devant le jury composé de :

**M^f.MERZOUK Meziane
M^f.LAOUARI Azdine
M LAKEHEL Rachid
M^f MESSAI Tarak
M^f. HAMIMID Saber**

**Président
Rapporteur
Examineurs
Examineurs
Examineur**

Remerciements

Nous tenons à remercier dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la force pour réaliser ce modeste travail.

Un grand merci a notre encadreur

‘M. Laouari Azedine ‘on le remercier bien évidemment pour la confiance qu’il nous a apporté. Aussi pour sa très grande patience et sa compréhension.

Sans oublier M. Amzal Abdelkrim.

M. Kari djamal edine et M. Lakehhal Rachid pour leurs conseils.

Nous souhaitons également adresser nous remerciements a l’ensemble des membres de jury qui nous avaient fait l’honneur d’accepter de lire et d’examiner notre travail plus particulièrement :

M. Merzouk Meziane

M. Hamimid Saber

M. Lakehhal Rachid

M. Messai Tarek

*Nous adressons nos vifs remerciements aux enseignants et enseignantes de l’université A.M.O de Bouira et spécialement ceux de la faculté des sciences et des sciences appliquées qui ont contribue a notre formation et a tous ceux qui ont contribues de près ou de loin a l’aboutissement de ce travail nous tenons vivement à leur dire **MERCI**.*

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers Parents, pour leur soutien Et tous les efforts qu'ils ont fourni tout au long de mon Parcours et je leurs souhaite bonne santé Et longue vie.

*A mon frère et sa fille et mes sœurs qui n'ont
Jamais cessés de me soutenir et de m'encourager.*

*Mes oncles et mes tantes
A mes cousins et mes cousines
Et a toute ma famille boumedhel.*

*A Mes très chers Amis, A Tout mes camarades de la
promotion Génie Mécanique option climatique et
frigorifiquesans exception.sans exception.
A tous mes amis de l'université de Bouira*

*A Toutes et A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la
science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien
Et la prospérité de l'humanité.*

Merci a tous.

El hadj

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers Parents, pour leur encouragements soutien Et tous les efforts qu'ils ont fourni tout au long de mon Parcours et je leurs souhaite bonne santé Et longue vie.

*A mes frères et mes sœurs qui n'ont
Jamais cessés de me soutenir et de m'encourager.*

A la mémoire de mon grand père .a ma grand-mère

*Mon oncle et mes tantes
A mes cousins et mes cousines
Et a toute ma famille AGGAD.*

*A Mes très chers Amis, A Tout mes camarades de la
promotion Génie Mécanique option climatique et
frigorifique sans exception.*

A tous mes amis de l'université de Bouira.

*A Toutes et A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la
science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien
Et la prospérité de l'humanité.*

Merci a tous.

Meziane

Sommaire

DEDICACE.....	I
REMERCIEMENTS	II
SOMMAIRE.....	III
LISTEDESFIGURES.....	IV
LISTEDESTABLEAUX.....	V
NOMENCLATURE	VI
INTRODUCTION GENERALE.....	VII

Chapitre01: Definitions des salles propres

I.1. INTRODUCTION :	1
I.2. Définition	1
I.2. Les normes	2
I.2.1. Domaines d'applications	2
I.3. Classification des salles blanches	2
I.3.1. Norme ISO 14644-1	3
I.4. Définition et classification des BPF	3
I.4.1. Définition Bonnes pratiques de fabrication (BPF)	3
I.4.1.1. Qualification des installations (QI)	4
I.4.1.2. Qualification opérationnelle (QO)	5
I.4.1.3. Qualification des performances (QP)	5
I.5. Qualité Microbiologique de l'Air	5
I.5. 1. Variations à l'Extérieur	5
I.5. 2. Variations à l'Intérieur	6
I.5. 3. La diffusion d'air	6
I.5. 3.1. Flux d'air non unidirectionnel:	6
I.5. 3.2. Flux d'air unidirectionnel:	6
I.5. 3.3. Différents types d'air rencontré (installation à environnement maîtrisé)	7
I.6. Rappel sur les dernières normes applicables pour les salles propres	8

Sommaire

Chapitre02: Présentation du site retenu

II.1. Introduction.....	9
II.2. Présentation du site retenu.....	9
II.2.1. Conditions des bases climatiques.....	9
II.2.2. Conditions climatiques intérieur (recommandées).....	10
II.3. Plan de site	11
II.4. Transfert de chaleur	11
II.4.1. Définitions	12
II.4.2. Conduction.....	12
II.4.3. Convection	12
II.4.4. Rayonnement	13
II.5 Définitions de certaines notions	14
II.5.1. Aération :	14
II.5.2. Ventilation :	14
II.5.3. Climatisation:	14
II.5.4. Le confort :.....	14
II.5.4.1. Le chauffage :	14
II.6. caractéristiques physiques de l'air humide.....	16
II.6. 1. le diagramme de l'air humide	16
II.6.1.2 La Température sèche: T_s	17
II.6. 1.3 L'humidité absolue.....	17
II.6. 1.4 L'humidité relative : HR.....	17
II.6.1.5 L'enthalpie spécifique: H	18
II.6.1.6 La température humide: T_h	18
II.6. 1.7 La température de rosée: T_r ou q_r	19
II.6. 1.8 Le volume massique (spécifique)	19
II.7. CONCLUSION.....	21

Sommaire

Chapitre 03 : Bilan thermique

III.1. Introduction :	22
III.1.1. Généralités	22
III.2. Méthodes de calculs :	22
III.3. Applications numériques	26
III.4. Calcul de la puissance utile de la CTA	41
III.5. Conclusion	43

Chapitre04: Détermination des caractéristiques de la CTA

IV.1. introduction	44
IV.2. caractéristique de la CTA	44
IV.3. Les différentes composantes de la CTA	45
IV.3.1. Rôle des divers éléments de la CTA:	45
IV. 4. centrale de traitement d'air (C.T.A.)	47
IV.4.1 filtration de l'air	47
IV. 5 Conclusion	53

Chapitre 05 : calcul aéraulique des réseaux de gaines

V.1. Introduction	54
V.2. classification des reseaux d'air	54
V.3. Critères de choix et de calcul d'un réseau d'air	55
V.4. Méthodes de calcul des réseaux de gaine	55
V.4.1. Méthode dynamique	56
V.4.2. Méthode à perte de charge constante (j constant)	56
V.4.2.1. Méthodologie de calcul	56
V.4.3. Calcul des pertes de charge pour les trois premiers tronçons	68

LISTE DES FIGURES

Figure I 1 : Flux d'air non unidirectionnel.....	6
Figure I 2 : Flux d'air unidirectionnel.....	6
Figure II 1 : schémas plan de site.....	11
Figure II 2 : Schéma représentatif des trois modes de transfert de chaleur.....	13
Figure II 3 : courbe de l'air humide.....	16
Figure II 4 : diagramme de l'air humide.....	20
Figure III . 1: principe de fonctionnement de la CTA.....	41
Figure IV. 1 : les composantes de la CTA.....	45
Figure IV.2: digramme des diverses techniques de filtration selon le diamètre des particules.....	46
Figure IV. 3 : Diagramme psychrométrique (calcul batterie froide).....	50
Figure IV .4 : Diagramme psychrométrique (calcul batterie chaude).....	52
Figure V. 1 : Abaque donnant le diamètre équivalent pour un débit constant, cet abaque donne aussi la pression dynamique.....	58
Figure V. 2 : Abaque donnant les pertes de charges linéaire par mètre pour les différents Diamètres.....	59
Figure V. 3 : Réseaux de gaine pour les deux réseaux soufflage et reprise de la CTA.....	59
Figure V. 4 : Réseau du gaine de la CTA pour le Soufflage.....	60
Figure V. 5 : Réseaux de gaine pour le tronçon de reprise de la CTA.....	60
Figure V. 3 : Données de calculs prior pour les différents paramètres relie à le conduit.....	61

Liste des tableaux

Tableau	Définition	Page
I - 1	Différents types d'air rencontré dans une installation à environnement maîtrisé.	7
I - 2	Classes types de propreté particulaire de l'air des salles ou zones propres d'après la norme NF EN ISO 14644-1	7
I - 3	Différentes normes applicables pour les salles propres.	8
II - 1	Données climatiques extérieures différents températures et humidités pour l'été et hiver	10
II - 2	Données climatiques extérieures pour différentes températures été et hiver.	10
II - 3	Différents types de ventilation dans la CTA	15
II - 4	Conditions d'ambiance en f (classes)	21
III - 1	Bilan thermique total calculé du site	38
III - 2	Calcul du taux de brassage et débit de soufflage du site	39
III - 3	Tableau récapitulatif des différents débits d'air calculés	40
IV - 1	Tableau récapitulatif des caractéristiques de la CTA.	44
IV - 2	Tableau récapitulatif des types de filtres et leurs classes selon les normes et le rendement moyen	47
IV - 3	Tableau des quantités rejetées et pénétrantes des particules polluantes selon les deux classes de filtres HEPA & ULPA.	48
IV - 4	choix des classes de filtres et leurs applications	49
IV - 5	tableau des accessoires et leurs pertes de charges.	53
V - 1	Dimensionnement et les pertes de charge de la gaine de reprise	63

Liste des tableaux

V - 2	Tableau : donnant le dimensionnement et les pertes de charge de la gaine de soufflage	65
V - 3	Calcul des pertes de charges totales pour les trois premiers tronçons soufflage	68

Nomenclature

Glossaire LETTRES LATINES NON INDICEES		
Symbole	Désignation	Unité
V	volume d'une géométrie	[m³]
L	Longueur d'une géométrie	[m]
H	Hauteur d'une géométrie	[m]
L	largeur d'une géométrie	[m]
P_d	pression dynamique	[Pa]
V	vitesse locale du fluide	[m/s]
Δp_j	perte de pression singulière	[Pa]
S	section d'une géométrie	[m²]
P_a	puissance mécanique de l'arbre d'entraînement de ventilateur	[W]
P_u	la puissance utile d'un ventilateur	[W]
N	la vitesse de rotation d'un ventilateur	[tr / mn]
Q_{air}	Débit volumique à extraire	[m³/h]
K	Coefficient de transmission de chaleur global	w/m².c°
T	Température ambiante	C°
Q_v	Débit volumique	m³ /h
ṁ	Débit massique	Kg/s
C_p	Chaleur spécifique	j/kg.k
ρ	Masse volumique	Kg/m³
Φ	Le flux de chaleur transmis par conduction	(w)
D_{eq}	Diamètre équivalent d'une surface rectangulaire.	[m]
t	Temps	h
h	enthalpie	j/kg
j_i	perte de charge	[pa]
W_i	Vitesse du tronçon	m /s
D_i	Diamètre intérieur du conduit	m

Nomenclature

LETTRES GRECS		
Symbole	Désignation	Unité
ε (epsilon):	rugosité absolue de la paroi interne du conduit	[m]
		[%]
λ (Lambda) :	Coefficient de frottement de Darcy dépend de la rugosité de la paroi	[-]
ξ (zêta)	coefficient de perte de pression singulière de l'élément considéré	[-]

Nombre sans dimension	
Symbole	Désignation
ISO	Organisation internationale de normalisation
BPF	Bonne pratique de fabrication
NF	Norme française
EN	Norme européenne
DTR	Document technique réglementaire
HEPA	High efficiency particulate air
ULPA	Ultra low penetration air
.VMC	Ventilation mécanique Contrôler

Introduction générale

Plusieurs facteurs climatiques tels que la température de l'air, l'humidité de l'air, le vent, le rayonnement solaire, etc.... Influencent sur l'enveloppe extérieure des constructions, et rendent le climat intérieur accablant, causant ainsi son malaise et des dégâts importants dans certains secteurs de l'industrie.

Parmi ces secteurs industriels on peut citer les laboratoires, les blocs opératoires, les salles blanches.etc, la notion de l'air propre obéit à des normes techniques, technologiques précises et rigoureuses. Les organismes spécialisés chargés de contrôler la conformité de ces lieux à ces normes et exigences en termes de sécurité et hygiène.

Ces salles blanches sont beaucoup utilisées dans l'industrie pharmaceutique afin de garantir un climat de travail très propre en évitant les contaminations dans l'atmosphère des laboratoires de fabrication, afin d'arriver à concevoir des médicaments de bonne qualité.

L'objet de notre travail est l'étude d'une usine de fabrication des médicaments (salle propre), différents facteurs ont été évalués, (air soufflé, pressions, taux de brassage...etc.) afin de maîtriser pour répondre aux exigences techniques des normes imposées.

Pour cela notre travail est divisé en cinq chapitres importants ;

Dans la première partie nous avons défini les salles blanches, et leurs classifications selon les normes ;

Dans le deuxième chapitre, nous avons abordé les données de bases et l'emplacement géographique de notre site ainsi que des généralités sur le transfert de chaleur ;

Le troisième chapitre est consacré au calcul des bilans thermiques du site et les puissances thermiques ;

Le quatrième chapitre c'est le développement des caractéristiques de la CTA (Centrale de Traitement de l'Air), ainsi que le calcul des puissances des batteries chaude et froide et le choix des filtres d'après leurs efficacités selon les normes ;

En fin, le dernier est consacré pour le calcul des réseaux de gaines ;

Nous terminons notre travail avec une conclusion générale.

I.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous allons illustrer les notions générales sur les salles propres, commençant par leurs définitions et classifications des normes ISO et BPF, aussi on a pris en compte la qualité microbiologique de l'air, en dernier les qualifications des salles blanches.

I.2. Définition

Une salle blanche ou plus exactement salle propre selon la norme ISO (14644-1) est une pièce ou une série de pièces où la concentration particulaire est maîtrisée afin de minimiser l'introduction, la génération, la rétention de particules à l'intérieur, généralement dans un but spécifique industriel ou de recherche scientifique. Les paramètres tels que la température, l'humidité et la pression relative sont également maintenus à un niveau précis (définition selon la norme ISO14644-1).

Les salles blanches sont utilisées dans les domaines sensibles aux contaminations environnementales : la fabrication des dispositifs à semi-conducteurs, les biotechnologies et d'autres domaines de la biologie, l'industrie agroalimentaire, la construction d'engins spatiaux, la préparation des produits pharmaceutiques stériles, construction d'optique ou de micro mécanismes, dans les hôpitaux pour les blocs opératoires ou de bactériologie. Ces salles sont également utilisées dans le cadre de la recherche médicale pour la fabrication de radioéléments par exemple.

Dans ces domaines, les objets et substances manipulés ont des tailles de l'ordre du micromètre ou du nanomètre et les particules présentes dans l'air non purifié peuvent être bien plus grosses et se fixer dessus. D'autre part, les expériences chimiques ou bactériologiques effectuées peuvent être dangereuses pour l'homme ou l'environnement. Ces travaux sont susceptibles d'être sensibles aux variations de pression, de température, d'humidité ou à la présence de gaz, vapeurs chimiques ou matière radioactive dans le cas de la fabrication d'isotopes.

L'éclairage peut être également contrôlé pour les opérations sensibles aux ultraviolets comme la photolithographie, aux infrarouges ou certaines fréquences du spectre lumineux pour l'optique. Des exigences de ventilation nucléaire et de radioprotection peuvent également s'imposer dans ces espaces. [1]

I.2. Les normes [1]

I.2.1. Domaines d'applications

Concernant les normes applicables, on trouve des textes de portée Nationale (NF), européenne (EN) ou mondiale (ISO) qui définissent la manière de concevoir, réaliser, qualifier et suivre les salles propres (Normes, recommandations, spécifications, principes).

On distingue plusieurs domaines qui permettent de regrouper les normes.

➤ **Normes générales**

Conception / organisation : ISO 14644-4 / -5 / -7

Métriologie : ISO 14644-1 / -2 / -3 / -8 / -9

ISO 14698 pour la bio-contamination.

Plus de nombreuses normes concernant les mesures non spécifiques aux salles propres (débit, acoustique, etc.), le nettoyage et les tests d'efficacité des filtres (EN 1822-4).

➤ **Normes sectorielles**

Santé : NF S 90 351 + normes bio-contamination / désinfection.

Pharmacie : BPF / GMP (FDA ou Europe) selon le client final.

Laboratoires de sécurité : EN 12128 / EN 12741 / EN 13441/EN 12738, etc.

➤ **Normes équipements**

Sorbonne : XP X 15 203.

Postes de sécurité microbiologiques : NF EN 12469.

Isolateurs : ISO 10468.

I.3. Classification des salles blanches [1]

L'élément le plus important est la quantité de poussière par unité de volume et c'est le seul paramètre contrôlé pour certaines salles blanches aux critères plus souples.

On classe les salles blanches suivant le nombre de particules par unité de volume. Le standard *US FED STD209E* utilisait les pieds cubes mais il est remplacé par le standard *ISO 14644-1* exprimé en mètres cubes qui correspond au Système international (SI). Toutes ces mesures se font à l'aide d'un appareil de mesure : le compteur de particules qui va compter le nombre de particules dans un volume donné et donc déterminer la classe de la salle blanche.

I.3.1. Norme ISO 14644-1

La propreté particulaire doit être désignée par un numéro de classification ISO N . La concentration maximale admissible C (en particules par mètre cube d'air) pour chaque particule de taille D prise en compte, est donnée par l'équation : $C = 10^N [0.1/d]^{2.08}$ avec $d \geq 0.1 \mu\text{m}$

Ce qu'il faut retenir

- Classe ISO 3 = Classe 1 selon FS 209
- Classe ISO 4 = Classe 10 selon FS 209
- Classe ISO 5 = Classe 100 selon FS 209
- Classe ISO 6 = Classe 1000 selon FS 209
- Classe ISO 7 = Classe 10000 selon FS 209
- Classe ISO 8 = Classe 100000 selon FS 209

Cette norme européenne annule et remplace la norme NFX 44-101.

I.4. Définition et classification des BPF[2]

I.4.1. Définition Bonnes pratiques de fabrication (BPF)

L'OMS définit les bonnes pratiques de fabrication (BPF) comme étant « un des éléments de l'assurance de la qualité ; elles garantissent que les produits sont fabriqués et contrôlés de façon Uniforme et selon des normes de qualité adaptées à leur utilisation et spécifiées dans l'autorisation de mise sur le marché ». Les BPF couvrent l'ensemble du procédé de fabrication :

Définition de celui-ci ; validation des étapes critiques de la fabrication ; locaux, stockage, Transport ; qualification et formation appropriées du personnel pour la production et le contrôle De la qualité ; services de laboratoires suffisants ; relevés établissant que toutes les étapes requises pour les procédures et les instructions ont bien été suivies ; dossiers de fabrication et de distribution des lots permettant de retracer l'historique complet des produits ; systèmes de rappel des lots et enquêtes sur les réclamations.

Le principe directeur des BPF, c'est que la qualité doit être un élément intrinsèque du produit et non une simple caractéristique révélée par des tests. Il en résulte que le produit doit non seulement répondre aux spécifications finales, mais également être fabriqué dans les mêmes conditions et en suivant les mêmes procédures à chaque fois. Il y a de nombreux moyens de contrôler ce point – la validation dans le cadre des BPF consiste à s'assurer que les établissements, leurs systèmes, leur

matériel, les procédés et les méthodes d'essai sont bien contrôlés pour pouvoir fabriquer uniformément des produits de qualité.

Les protocoles de validation du matériel et des systèmes se répartissent normalement en trois parties:

Qualification des installations, qualification opérationnelle et qualification des performances, abrégées en QI, QO et QP. Pour les systèmes et le matériel, la qualification des performances équivaut souvent à la validation. Selon le fonctionnement et l'utilisation de certains matériels, il arrive que seules la QI et la QO soient requis. Pour le matériel dont l'utilisation suffit à révéler un fonctionnement correct et qui est contrôlé ou calibré à intervalles réguliers (pH-mètres, incubateurs, centrifugeuses, congélateurs), on se contente de la qualification des installations et de la qualification opérationnelle. Les systèmes d'aération ou d'alimentation en eau ou en vapeur ou le gros matériel exécutant des procédures d'appui critiques, comme la stérilisation (autoclave ou four), la dépyrogénéation (four ou tunnel) ou la lyophilisation, demandent une qualification des installations, des opérations et des performances. .

Chaque protocole de QI, QO ou QP donne la méthode spécifique à suivre, les informations à enregistrer, un ensemble de critères d'acceptation et la liste du matériel, des équipements et des Documents nécessaires pour réaliser la validation.

I.4.1.1. Qualification des installations (QI)

La QI doit dresser la liste de toutes les informations concernant l'identification, la localisation, les exigences d'exploitation et les dispositifs de sécurité du matériel.

Le protocole de QI établi pour chaque élément du matériel ou des systèmes énumère le nom, la description, le modèle et les numéros d'identification, la localisation, les raccordements, les exigences d'exploitation et tout dispositif de sécurité du système/matériel devant être documenté.

Il doit vérifier que l'objet ou matériel correspond bien aux spécifications d'achat et que tous les plans, manuels, listes de pièces détachées, adresses des vendeurs, coordonnées et autres informations pertinentes sont disponibles. [2]

I.4.1.2. Qualification opérationnelle (QO)

Il décrit les informations requises pour établir, preuves à l'appui, que tous les éléments d'un système ou tout matériel fonctionnent bien comme prévu. Cela implique de tester tous les témoins du fonctionnement normal, tous les points d'alerte, tous les interrupteurs et écrans, tous les témoins d'interaction et toute autre indication des mécanismes et du fonctionnement. Il doit fournir la liste des MON (ou se référer aux instructions spécifiques du manuel) pour l'exploitation, l'entretien et l'étalonnage, donner des informations sur les instructions à donner aux opérateurs, ainsi que les instructions pour les tests dynamiques ou statiques destinés à montrer que le matériel fonctionne comme prévu dans des conditions normales. Il faut définir des spécifications et des critères d'acceptation pour toutes les opérations. Le document relatif à la QO doit renfermer des informations sur l'étalonnage du matériel ou du système, les activités avant exploitation, le fonctionnement habituel et les critères d'acceptation.

I.4.1.3. Qualification des performances (QP)

Cette partie de la validation du matériel et des systèmes intervient après la réalisation, l'examen et l'approbation de la qualification des installations et de la qualification opérationnelle.

Le document décrit la ou les méthodes utilisées pour démontrer qu'un système ou qu'un élément donne uniformément les résultats requis et répond aux normes spécifiques lors d'une utilisation habituelle et, le cas échéant, dans les situations les plus défavorables. La QP doit comprendre une description des procédures préliminaires requises, le détail des tests à effectuer et les critères d'acceptation pour chacun d'eux. La QP impose également que tout matériel d'appoint utilisé au cours de la qualification ait été validé (par exemple le système de production de vapeur avant de pouvoir valider un autoclave). [2]

I.5. Qualité Microbiologique de l'Air [3]**I.5. 1. Variations à l'Extérieur**

Saison -Température -Humidité- relative - Neige -Proximité forêts ou parcs

I.5. 2. Variations à l'Intérieur

- Humidité ambiante
- Situation du site de mesure
- Nombre et densité de personnes
- Intensité et type d'activité
- Systèmes et conduits de ventilation

I.5. 3. La diffusion d'air

Le choix d'une bonne diffusion d'air permet d'assurer l'évacuation correcte de la contamination. Elle permet également de s'affranchir de phénomènes indésirables comme les transferts d'air pollué vers la zone sensible.

Deux types de flux d'air ont une définition normalisée (NF EN ISO 14644-6) :

I.5. 3.1. Flux d'air non unidirectionnel:

Régime de distribution d'air où l'air soufflé dans la zone propre se mélange à l'air déjà présent au moyen de l'induction. Le flux non unidirectionnel est également qualifié de turbulent.



Figure I . 1 . Flux d'air non unidirectionnel

Généralement utilisé pour les ISO 8 à ISO 6 [3]

I.5. 3.2. Flux d'air unidirectionnel:

Flux d'air maîtrisé traversant l'ensemble d'un plan de coupe d'une zone propre, possédant une vitesse régulière et des filets à peu près parallèles."Le flux unidirectionnel est communément appelé laminaire.

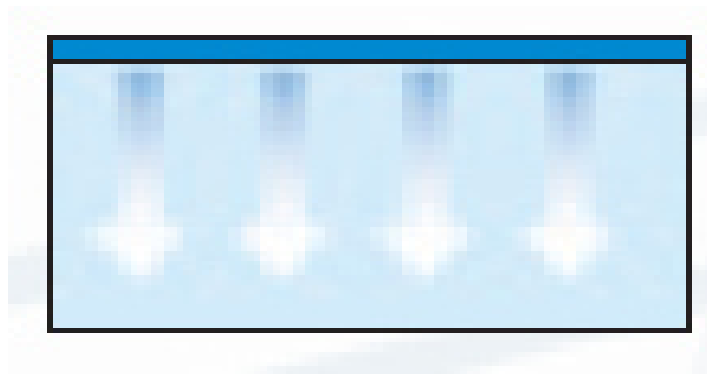


Figure I . 2 Flux d'air unidirectionnel [3]

Généralement utilisé Pour les ISO 5 et moins

I.5. 3.3. Différents types d'air rencontré (installation à environnement maîtrisé)

Type d'air	Définition
1-Air neuf	Air pénétrant dans le système ou par une ouverture en provenance de l'extérieur avant tout traitement d'air
2-Air soufflé	Flux d'air total circulant dans le local composé d'air neuf et d'air recyclé
3-Air repris	Flux d'air mécaniquement du local traité
4-Air recyclé	Part de l'air repris renvoyé dans le système de traitement d'air et réintroduit dans le local
5-Air extrait	Flux d'air prélevé dans le local et rejeté dans l'atmosphère
6-Air transféré	Air intérieur passant d'un local traité à un autre local traité

Tableau I.1 : Différents types d'air rencontré dans une installation à environnement maîtrisé. [4]

NUMÉRO DE CLASSIFICATION	CONCENTRATIONS MAXIMALES ADMISSIBLES PAR M ³ D'AIR EN PARTICULES DE TAILLE ÉGALE OU SUPÉRIEURE À CELLES DONNÉES CI-DESSOUS					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO 1	10	2	0	0	0	0
ISO 2	100	24	10	4	0	0
ISO 3	1 000	237	102	35	8	0
ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83	0
ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO 7	50	50	50	352 000	83 200	2 930
ISO 8	50	50	50	3 520 000	832 000	29 300
ISO 9	50	50	50	35 200 000	8 320 000	293 000

Tableau I.2 : Classes types de propreté particulaire de l'air des salles ou zones propres d'après la norme NF EN ISO 14644-1 [3]

I.6. Rappel sur les dernières normes applicables pour les salles propres

RÉFÉRENCE	TITRE	DATE
ISO 14644-1	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 1 : Classification de la propreté de l'air	1999
ISO 14644-2	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 2 : Spécifications pour les essais et la surveillance en vue de démontrer le maintien de la conformité avec l'ISO14644-1	2000
ISO 14644-3	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 3 : Méthodes d'essai	2005
ISO 14644-4	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 4 : Conception, construction et mise en fonctionnement	2001
ISO 14644-5	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 5 : Exploitation	2004
ISO 14644-6	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 6 : Vocabulaire	2007
ISO 14644-7	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 7 : Dispositifs séparatifs (postes à air propre, boîtes à gants, isolateurs et mini-environnements)	2004
ISO 14644-8	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 8 : Classification de la contamination moléculaire Aéroportée	2006
ISO/DIS 14644-9	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Partie 9 : Classification de la propreté particulière des surfaces	2009
ISO 14698-1	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés -- Maîtrise de la biocontamination -- Partie 1 : Principes généraux et méthodes	2003

Tableau I.3: Différentes normes applicables pour les salles propres. [5]

Table des matières

I.1. Définition	1
I.2. Les normes	2
I.2.1. Domaines d'applications	2
I.3. Classification des salles blanches	2
I.3.1. Norme ISO 14644-1	3
I.4. Définition et classification des BPF	3
I.4.1. Définition Bonnes pratiques de fabrication (BPF)	3
I.4.1.1. Qualification des installations (QI)	4
I.4.1.2. Qualification opérationnelle (QO)	5
I.4.1.3. Qualification des performances (QP)	5
I.5. Qualité Microbiologique de l'Air	5
I.5. 1. Variations à l'Extérieur	5
I.5. 2. Variations à l'Intérieur	5
I.5. 3. La diffusion d'air	6
I.5. 3.1. Flux d'air non unidirectionnel :	6
I.5. 3.2. Flux d'air unidirectionnel:	6
I.6. Rappel sur les dernières normes applicables pour les salles propres	8

II .1. Introduction :

Ce chapitre est consacré pour la conception d'un site de production parapharmaceutique sous l'enchaînement suivant :

- Données de base de site
- Emplacement géographique
- Conditions climatique intérieur et extérieur (température et humidité)

En suite, un rappel général sur le transfert de chaleur et ses modes de transfert (convection, conduction et rayonnement).

On terminera par des notions sur les différentes méthodes de traitement de l'air utilise dans notre site de production parapharmaceutique ainsi les caractéristiques de l'air.

II.2. Présentation du site retenu

II.2.1. Conditions des bases climatiques

Afin d'entamer un projet d'usine pharmaceutique il est nécessaire de réunir les données géographiques et climatiques du lieu d'implantation du projet en question.

- ✓ Coordonnées géographiques du lieu d'implantation
- ✓ Conditions climatiques extérieures et intérieures

Usine pharmaceutique, Médicaments à produire :

Formes pâteuses : pommades, crèmes et suppositoires

Formes sèches : comprimés et gélules

Formes banales

La ville de ORAN appartient à la zone climatique «D» (tiré par D.T.R C3-4D'après le service météorologique de la wilaya de ORAN, les conditions de bases extérieures de la zone de ORAN, sont les suivantes :

A. Conditions géographiques

- Latitude : 35°41'27'' nord
- Longitude : 0°38'30'' ouest
- L'altitude:109 m
- Température du sol : 35 C°

Site découvert par apport

B. Conditions climatiques extérieures

Ces valeurs dépendent de la saison et de la situation géographique où seront situés les locaux à climatiser. Les données météorologiques déjà classifiées permettront de fixer les températures sèches et les hygrométries. Ces données vont nous permettre de calculer les charges maximales à combattre dans nos locaux.

Données climatiques extérieures	Eté	Hiver
Température (°C)	35	6
Humidité relatives (%)	80	70

Tableau II.1 : Données climatiques extérieures différents températures et humidités pour l'été et hiver

II.2.2. Conditions climatiques intérieur (recommandées)

C'est l'ensemble des facteurs tels que les facteurs physiques, physiologiques, biologiques, qui ont un effet direct ou indirect.

Pour le climat intérieur de confort, les conditions de bases sont compromises entre les conditions de confort idéales à obtenir et l'investissement à mettre en œuvre raisonnable.

Données climatiques intérieures	Eté	Hiver
Température (°C)	22	± 2
Humidité relatives (%)	50	±10

Tableau II.2 : Données climatiques extérieures pour différentes températures été et hiver.

II.3. Plan du site :

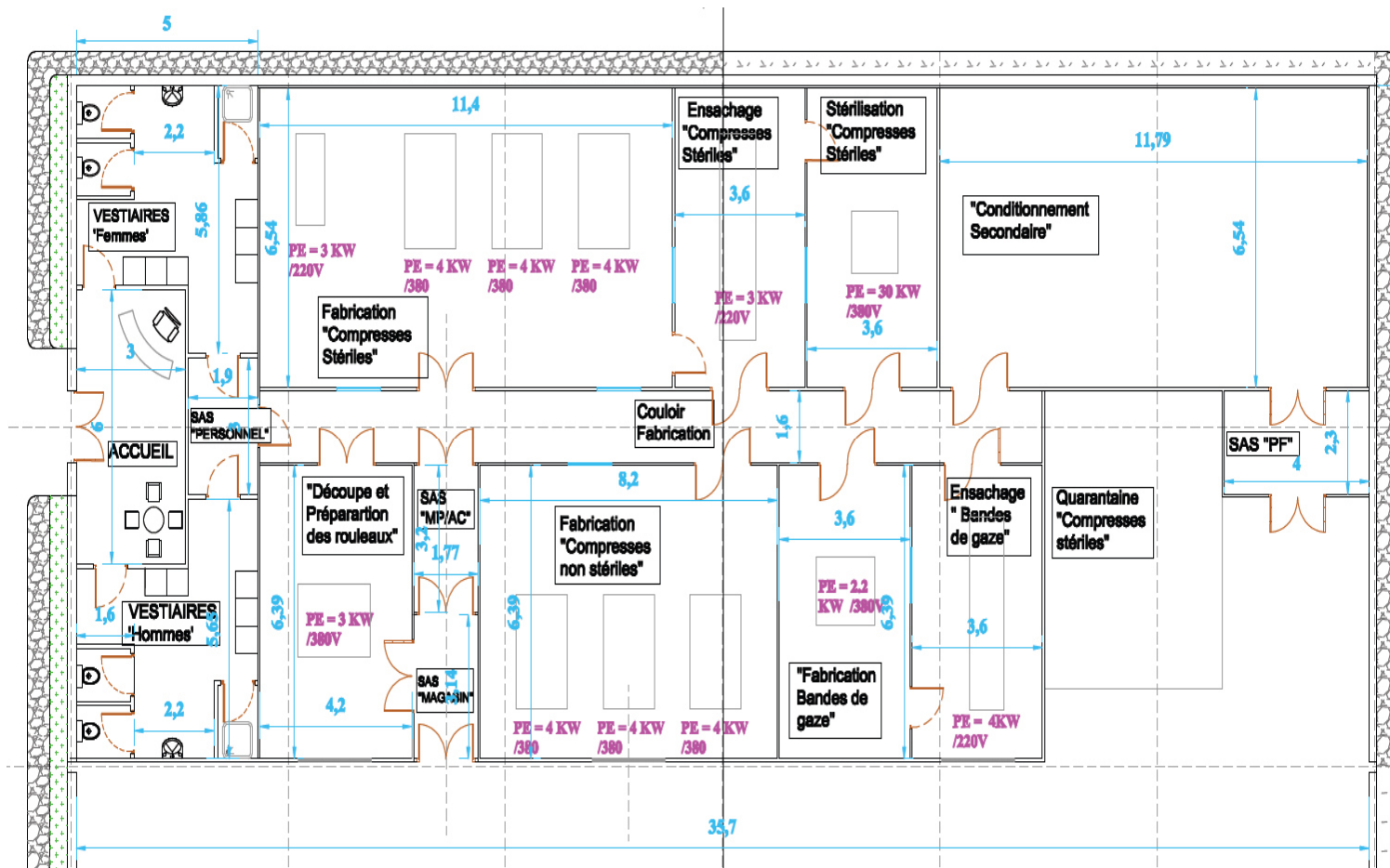


Figure II.1 : schémas plan de site

II.4. Transfert de chaleur

Introduction

Les physiciens définissent la chaleur de la manière suivante : La chaleur est une forme d'énergie qui représente une force en action, que possède un système de corps, de fournir un travail mécanique ou son équivalent par déplacement provoqué (exemple : dilatation d'un gaz chauffé qui provoque le déplacement d'un piston ou l'explosion de l'enceinte).

Le travail et la chaleur, sont des grandeurs dérivées, leur unité légale est le joule (J).

- ✓ D'autre part, les thermiciens considèrent la chaleur comme une forme d'énergie, c'est la sensation par nos organes des sens, lorsque nous sommes placés devant un foyer en activité près d'un corps incandescent. Et considèrent aussi la chaleur comme une grandeur fondamentale de dimension et la mesurent à l'aide d'une unité particulière : [6]

La calorie (cal) ou (kcal) dont : $1\text{kcal} = 10^3 \text{ cal} = 4185 \text{ J}$.

II.4.1. Définitions

Le flux de chaleur est la quantité d'énergie calorifique échangée, reçue ou cédée par le système par unité de temps. Il s'exprime en (W) ou (Kcal). Le transfert de chaleur se fait par trois modes fondamentaux : conduction, convection et rayonnement.

II.4.2. Conduction

La transmission de chaleur par conduction a lieu dans un seul et même corps lorsque ces parties présentent des températures différentes. Ou d'un corps à un autre si ces deux corps ayant des températures différentes sont en contact.

La conduction est régie par la loi de *FOURIER* qui comme suit

$$\Phi = \frac{\lambda}{e} \times S \times \Delta T \dots\dots\dots (1.1)$$

Avec:

Φ : Le flux de chaleur transmis par conduction en (w)

λ : Coefficient de conductivité thermique en (W/m°C)

S : Section de passage (m²)

ΔT : Différence de température entre les interfaces de la paroi en (°C)

II.4.3. Convection

C'est le transfert de chaleur entre un solide et un fluide ou entre deux fluides, l'énergie étant transmise par le mouvement du fluide.

La convection est régie par la loi de *NEWTON* comme suit :

$$\Phi = hc \times S \times \Delta T \dots\dots\dots (1.2)$$

Avec:

Φ : Flux convectif (W)

hc : Coefficient de transmission par convection (w/m² °C)

S: Section de passage (m²)

ΔT : Différence de température entre l'air (fluide) et la paroi en (°C)

II.4.4. Rayonnement

C'est le transfert d'énergie électromagnétique entre deux parois séparées par un milieu transparent.

Le meilleur exemple est le rayonnement solaire.

La convection est régie par la loi de *STEPHAN POLTZANN* qui comme suit :

$$\Phi = hr \times S \times \Delta T \dots\dots\dots(1-3)$$

Avec:

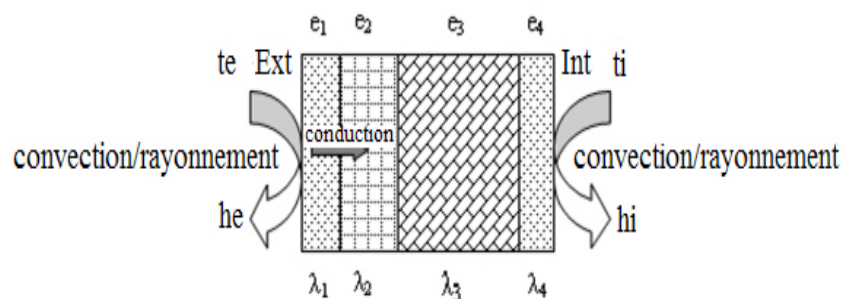
Φ : Flux transmis par rayonnement solaire (w)

hr : Coefficient d'échange de chaleur par rayonnement ($w/m^2 \text{ } ^\circ C$)

S : Section de passage (m^2)

Δt : Différence de température entre les deux parois en ($^\circ C$)

Schéma représentatif des trois modes de transfert de chaleur conduction, convection et rayonnement :



✓ **Figure II.2 : Schéma représentatif des trois modes de transfert de chaleur [6]**

REMARQUE

Il y a deux types de corps :

- ✓ Un bon conducteur de chaleur qui s'appelle « *caloporteur* », comme le cuivre, l'aluminium,
- ✓ Un mauvais conducteur de chaleur qui s'appelle « *calorifuge* », comme le bois, le liège.
- ✓ Le phénomène de transmission de chaleur ne sera étudié que dans le cas simple d'un régime permanent, c'est à dire la température et le flux de chaleur sont indépendants du temps.
- ✓ Le flux de chaleur s'écoule régulièrement de la partie chaude vers la partie froide. [6]

II.5 Définitions de certaines notions [7]

II.5.1. Aération :

Renouvellement naturel de l'air en vue de maintenir la salubrité de l'atmosphère d'un local

II.5.2. Ventilation :

Les installations de ventilation servent surtout à assurer l'hygiène des occupants dans les deux locaux. Le réfectoire et la cuisine doivent être ventilés pour renouveler l'oxygène et maintenir un équilibre de la concentration du gaz carbonique.

La ventilation permet également de réduire la chaleur et l'humidité et d'évacuer les odeurs désagréables et les fumées de cigarettes

II.5.3. Climatisation:

Elle désigne l'ensemble du traitement de l'air ayant pour but l'obtention d'une ambiance interne définie en température et en humidité. Elle évoque des équipements agissant sur :

La température de l'air, son humidité, sa vitesse, son débit, sa direction et qualité d'air.

Ces conditions doivent être toute l'année favorables à la vie des occupants, et leur bien être.

La climatisation est toujours accompagnée du mot confort.

II.5.4. Le confort :

Le mot « confort » que nous venons d'utiliser pourrait faire croire que toutes installations de climatisation est un luxe, ce qui est vrai dans un certain nombre de cas. Mais dans de nombreux autres, l'installation de climatisation est une véritable nécessité due entre autres au type de construction, à la situation géographique, à l'influence du bruit extérieur, aux dégagements de chaleur dans le local.

II.5.4. Le chauffage :

La nécessité de se chauffer ne date pas d'hier. De l'ère de l'homme des cavernes à la cheminée monumentale des seigneurs de la renaissance, en passant par le chauffage central des patriciens romains l'homme, a depuis toujours cherché, et réussi, à compenser le froid hivernal. Pourtant, il n'y a pas si longtemps qu'on se chauffait encore au charbon.

Conditionnement d'air : traitement permettant de régler simultanément les caractéristiques de

L'atmosphère d'un local : température, hygrométrie, pression et propreté particulière

traitement	effet	Paramètre physique	Unité de mesures	Instruments de mesures	Moyens techniques d'obtention
Filtration	Elimination de particules	Classe d'empoussièrément	concentration particulaire	* Compteur de particules (0.5µm et 5 µm)	* Filtre * Système de renouvellement d'air
	Elimination des micro-organismes	Classe bactériologique	UFC unité formant colonie	* appareil à filtration ou impaction sur milieu gélosé	
Insufflation et/ou Aspiration	Changement de pression de la pièce par rapport à la pression atmosphérique	Pression	Bar, Pa _a	Manomètre Capteur de pression	VMC
	Maîtrise des flux d'air	classe d'empoussièrément et bactériologique	Concentration particulaire et UFC		Hotte, système de soufflage
Insufflation et/ou VMC Aspiration	Condensation de l'eau	hygrométrie	Taux d'hygrométrie	hygromètre	Humidificateur
Chauffage et ou rafraichissement	Chaleur	Température	°C, K	thermomètre	Chauffage, climatisation

Tableau II.3 : différents types de ventilation dans la CTA [7]

II.6. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE L'AIR HUMIDE [8]

Une installation de climatisation a pour rôle de maintenir à des conditions fixées à l'avance l'état de l'air dans le local que l'on veut conditionner.

Pour ce faire, on utilise des procédés pour chauffer, refroidir, humidifier et déshumidifier l'air.

Pour faciliter la représentation des transformations de l'air et le calcul des différents éléments de l'installation de climatisation on utilise le "diagramme psychométrique" de l'air humide. Un tel diagramme précise, pour tous les états que peut occuper l'air humide, ses caractéristiques physique

II.6. 1. LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

Pour représenter graphiquement l'état de l'air et ses évolutions dans le système de climatisation, on utilise le diagramme de l'air humide ou diagramme psychrométrique. Il est constitué par :

- une échelle de température dite "sèche",
- une échelle d'humidité spécifique appelée également la teneur en humidité,
- une courbe de saturation en vapeur, délimitant la zone utile dans laquelle se situent les évolutions de l'air humide et la zone dite de brouillard.

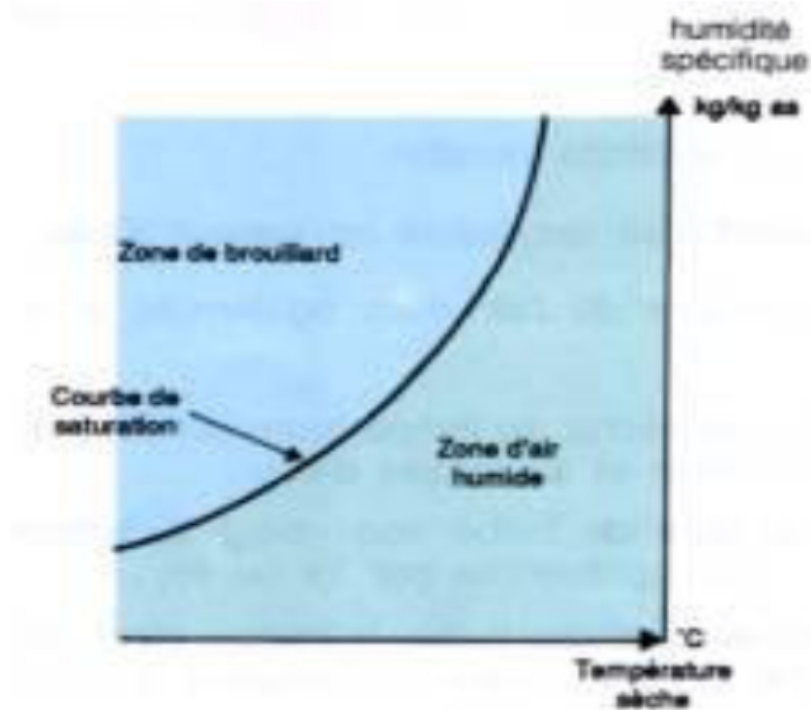
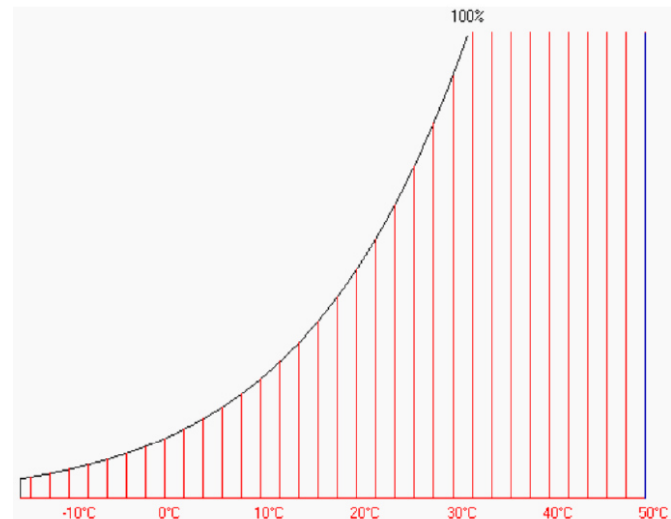


Figure II.3 courbe de l'air humide [8]

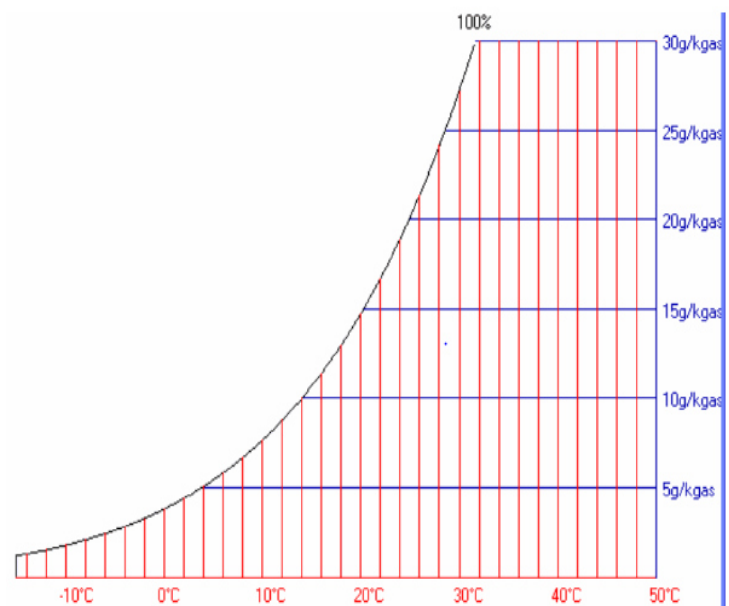
II.6. 1.2 La Température sèche :Ts

C'est la température repérée et lue sur un thermomètre l'échelle horizontale du bas du diagramme et s'exprime en degrés Celsius (°C). Toute droite verticale est une isotherme



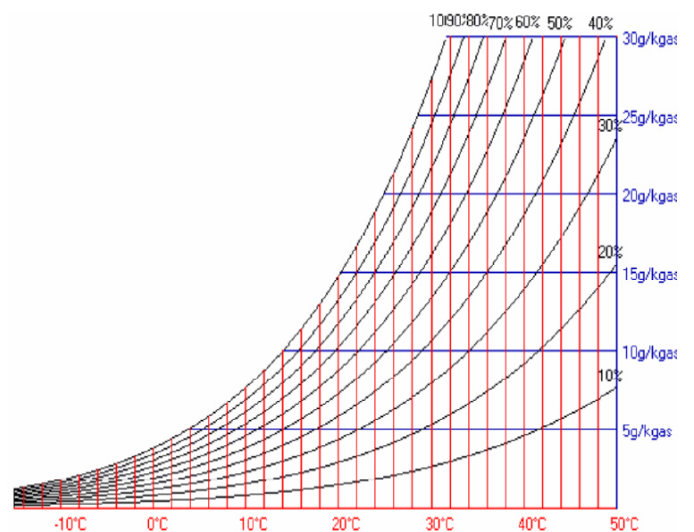
II.6. 1.3 L'humidité absolue

L'humidité absolue est la masse de vapeur d'eau (en grammes) présent dans 1 kg d'air sec, en abrégé g/ks. Dans le système d'unités SI, on utilisera le kg/ks. Comme symbole, les lettres "x", ou "w", ou "r" sont généralement utilisées. Ces valeurs d'humidité absolue sont lues sur les ordonnées d'un diagramme de l'air humide



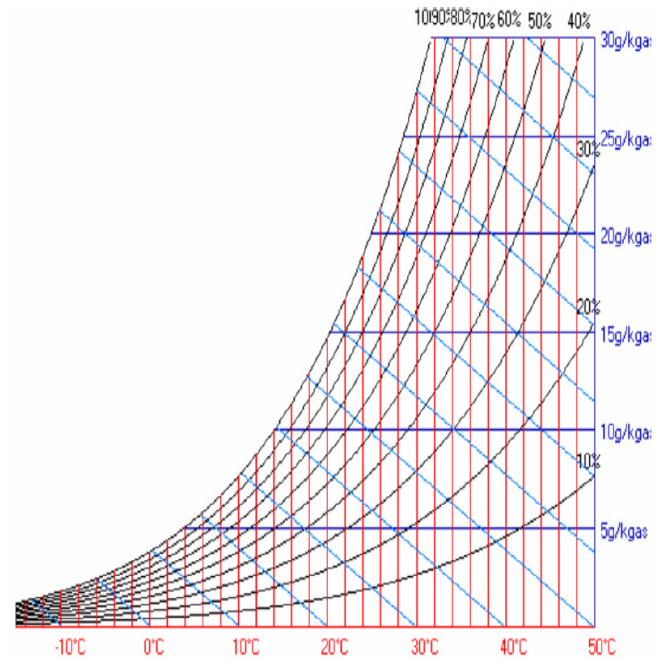
II.6. 1.4 L'humidité relative : HR

C'est le rapport entre la pression partielle de vapeur d'eau "Pv" et la pression de saturation de la vapeur d'eau "Pvs". Le symbole représentatif est souvent φ (prononcé phi).



II.6. 1.5 L'enthalpie spécifique: H

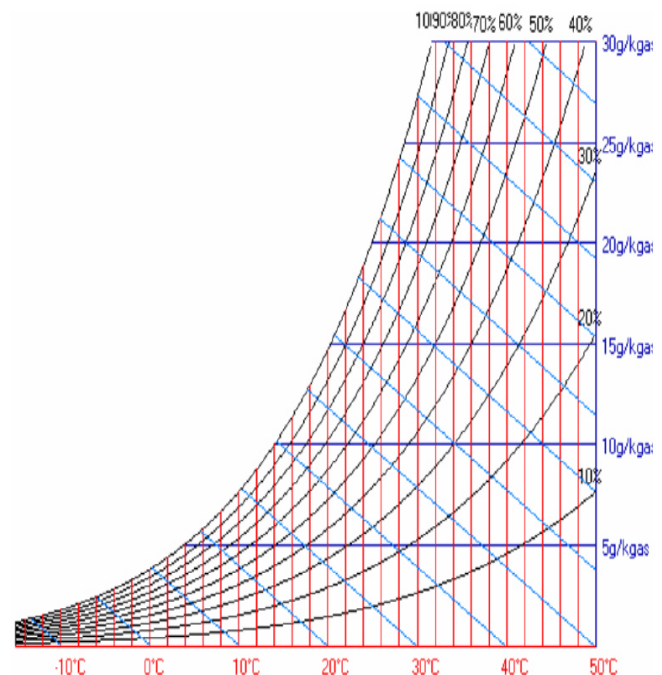
L'enthalpie spécifique représente la quantité de chaleur contenue dans l'air humide dont la masse d'air sec est de 1 kg. C'est donc la somme de la chaleur sensible (liée à la température de l'air) et de la chaleur latente (liée à l'énergie de la vapeur d'eau qu'il contient). L'enthalpie se lit sur l'échelle oblique située dans la courbe de saturation. Elle se déplace suivant la même droite que la température humide. Elle s'exprime en kJ/kg d'air sec.uration. La température humide se lit sur la courbe de saturation du diagramme. Elle s'exprime aussi en degré



II.6. 1.6 La température humide : Th

La température bulbe humide ou température humide est la température indiquée par un thermomètre dit "à bulbe humide", ou psychromètre. Le procédé est le suivant : Deux thermomètres sont soumis à un flux d'air forcé. Le premier indique la température de l'air de l'ambiance. Le deuxième est entouré d'ouate humide. L'air qui entre dans l'ouate s'humidifie. Il se refroidit également puisque l'eau s'évapore et prélève la chaleur de vaporisation nécessaire dans l'air.

Sur le diagramme de l'air humide, l'air suit une isenthalpe et atteint la saturation Celsius.

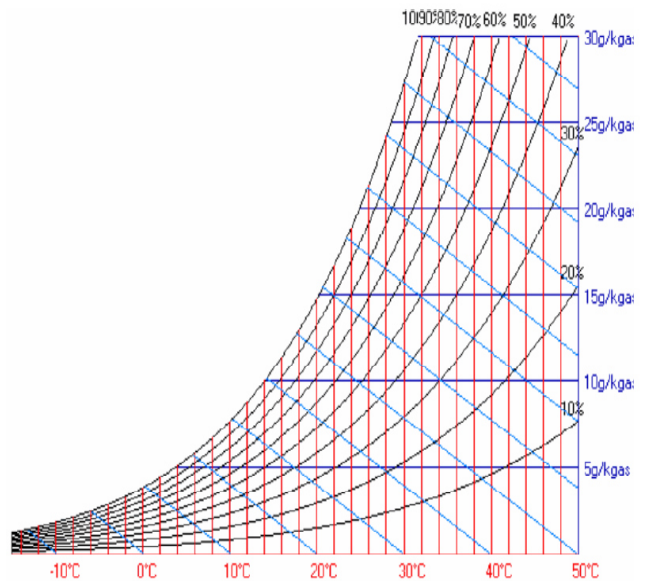


II.6. 1.7 La température de rosée : Tr ou qr

C'est la température à laquelle l'air devient saturé par refroidissement ou bien température à laquelle s'amorce la condensation de la vapeur d'eau

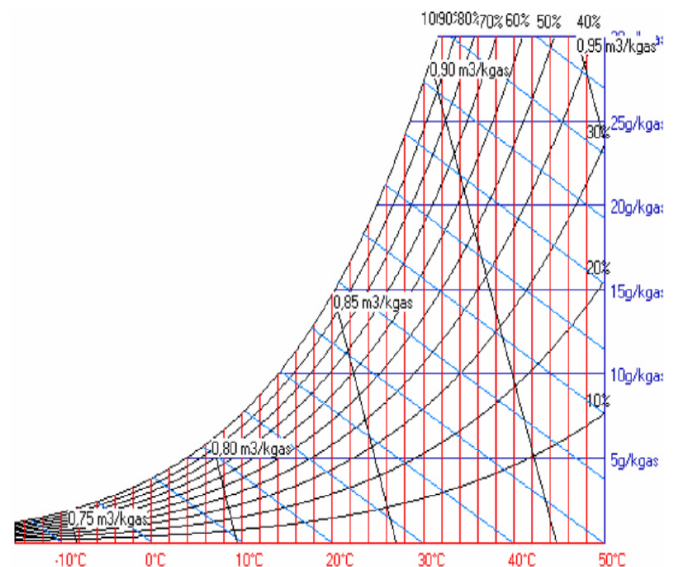
Lorsque la vapeur d'eau contenue dans l'air vient se condenser sur une surface froide, on dit que l'air a atteint sa température de rosée (Tr).

L'air étant alors à 100% de HR, toutes les températures de rosée sont situées sur la courbe de saturation.



II.6. 1.8 Le volume massique (spécifique) :

v'' C'est le volume occupé à la pression atmosphérique par 1 kg d'air humide. Il s'exprime en m^3/kg d'air Il se lit sur le diagramme sur les droites obliques, échelle en bas du diagramme.



Enfin ci-dessous un schéma qui résume le diagramme de l'air humide, ainsi que toutes les paramètres régissent dans les caractéristiques de l'air à déterminer de cette figure :

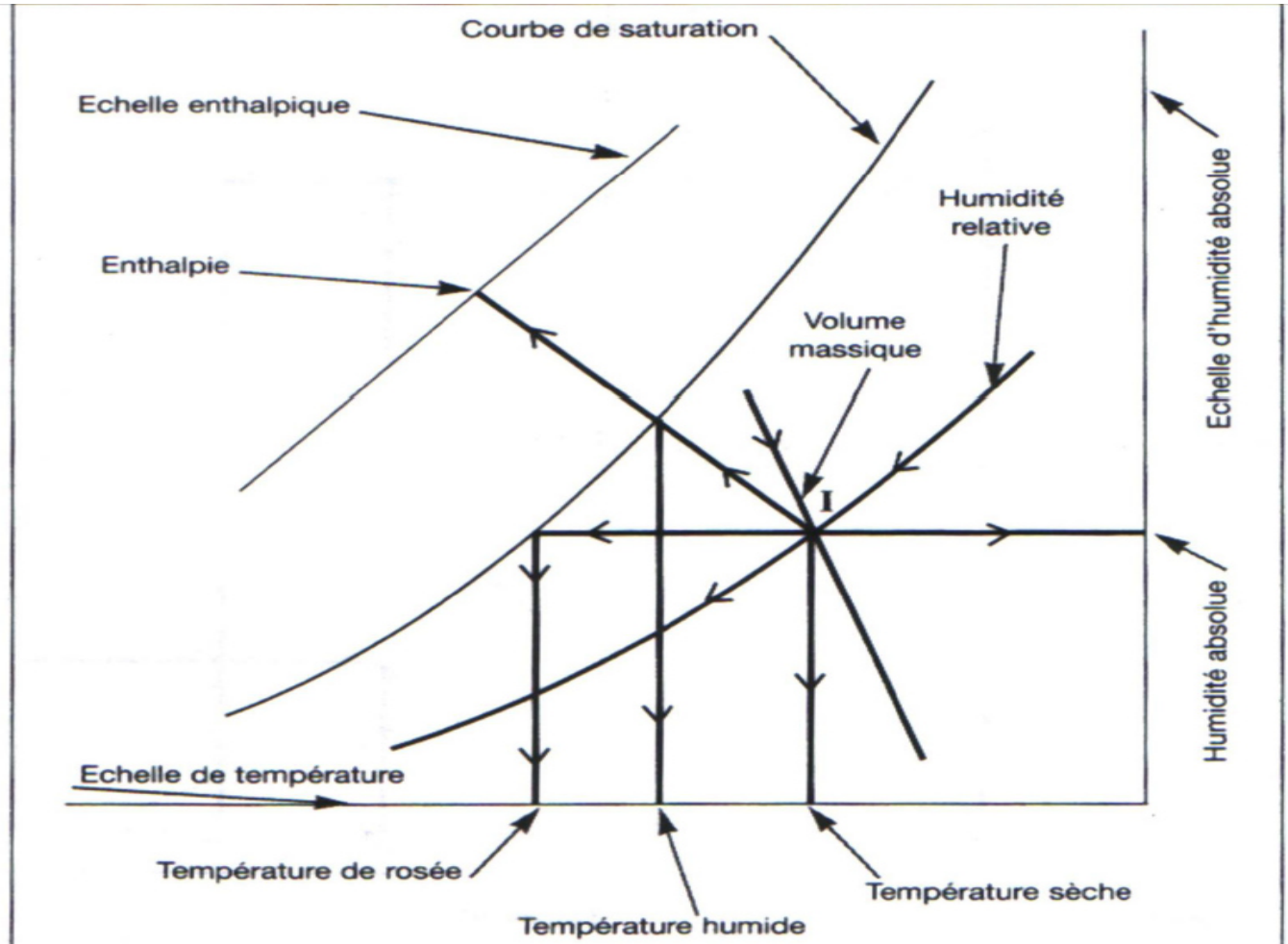


Figure II.4 : diagramme de l'air humide [8]

Tableau Conditions d'ambiance en f (classe) [9]

CLASSE	Classe FS 209D [CL]	Température Ambiante [°C]	Hygrométrie Ambiante [%HR]	Diffusion Air [Flux]	Taux Brassage (qAS/V) (indicatif car f (h) et f (v air)) [Vol/h]	Vitesse air Soufflage [m/s]	% Couverture Filtre [%]	DT Soufflage (indicatif car f (Apports)) [°C]	Surpression Dp [vol/h]	
ISO										
Microélectronique	ISO 1	0,01	21 °C	45 %HR	Laminaire	400 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	100 %	2 °C	5 Vol/h
	ISO 2	0,1	21 °C	45 %HR	Laminaire	400 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	100 %	2 °C	5 Vol/h
	ISO 3	1	22 °C	45 %HR	Laminaire	400 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	100 %	3 °C	5 Vol/h
	ISO 4	10	22 °C	45 %HR	Laminaire	400 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	100 %	3 °C	5 Vol/h
	ISO 5	100	22 °C	45 %HR	Laminaire	400 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	100 %	3 °C	4 Vol/h
	ISO 6	1 000	20 à 25 °C	45 %HR	Turbulent	40 à 60 Vol/h	-	30 %	5 °C	3 Vol/h
	ISO 7	10 000	20 à 25 °C	45 %HR	Turbulent	30 à 40 Vol/h	-	15 à 20 %	5 °C	2 Vol/h
	ISO 8	100 000	20 à 25 °C	45 %HR	Turbulent	20 à 30 Vol/h	-	5 à 10 %	8 °C	2 Vol/h
BPF										
Pharma	A	100	20 à 25 °C	30 à 45 %HR	Laminaire	400 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	-	3 °C	-
	B	100	20 à 25 °C	30 à 45 %HR	Laminaire	400 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	-	3 °C	-
	C	10 000	20 à 25 °C	30 à 45 %HR	Turbulent	30 Vol/h	-	-	5 °C	-
	D	100 000	20 à 25 °C	30 à 45 %HR	Turbulent	20 Vol/h	-	-	8 °C	-
Risque										
Hopitaux	Risque 4	100	18 à 22 °C	< 50 %HR	Laminaire	50 à 200 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	-	3 °C	-
	Risque 3	10 000	28 °C	< 50 %HR	Turbulent	25 à 30 Vol/h	-	-	5 °C	-
	Risque 2	100 000	23 à 26 °C	< 50 %HR	Turbulent	15 à 20 Vol/h	-	-	8 °C	-
	Risque 1	non classé				-	-	-	-	-
ISO										
Agroalim.	ISO 5	100	< 6°C	< 80 %HR	Laminaire	40 à 600 Vol/h	0,35 à 0,45 m/s	-	0 °C	-
	ISO 6	1 000	< 12°C	80 % HR	Turbulent	20 Vol/h	-	-	5 °C	-
	ISO 7	10 000	< 12°C	80 % HR	Turbulent	20 Vol/h	-	-	5 °C	-
	ISO 8	100 000	< 12°C	80 % HR	Turbulent	20 Vol/h	-	-	5 °C	-

© Copyright www.salle-propre.fr

Tableau II - 4 : Conditions d'ambiance en f (classe)

II.7. CONCLUSION :

Dans ce chapitre on a mentionne les conditions de base du site .voire le transfert de chaleur et les méthodes de traitement d'air, enfin on a terminé le chapitre avec le diagramme de l'air humide.

Table des matières

Equation Chapter 1 Section 1	9
II.2. Présentation du site retenu	9
II.2.1. Conditions des bases climatiques	9
II.2.2. Conditions climatiques intérieur (recommandées)	10
II.3. Plan de site :	11
II.4. Transfert de chaleur	11
II.4.1. Définitions	12
II.4.2. Conduction	12
II.4.3. Convection	12
II.4.4. Rayonnement	13
II.5 Définitions de certaines notions	14
II.5.1. Aération :	14
II.5.2. Ventilation :	14
II.5.3. Climatisation :	14
II.5.4. Le confort :	14
II.5.4. Le chauffage :	14
II.6. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE L'AIR HUMIDE	15
II.6. 1. LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE	16
II.6. 1.2 La Température sèche : T_s	17
II.6. 1.3 L'humidité absolue	17
II.6. 1.4 L'humidité relative : HR	17
II.6. 1.5 L'enthalpie spécifique : H	18
II.6. 1.6 La température humide : T_h	18
II.6. 1.7 La température de rosée : T_r ou q_r	19
II.6. 1.8 Le volume massique (spécifique) :	19

III.1. Introduction :

Le troisième chapitre est consacré pour le calcul du bilan thermique de notre site passant par les corrélations tirées à partir de la DTR C3-4, dans notre calcul on a négligé les ponts thermiques.

III.1. 1. Généralités

Tout projet en thermique débute par le calcul des apports et/ou des déperditions.

L'été, les bilans thermiques sont presque toujours positifs, l'équipement à installer devra combattre ces apports positifs afin de garantir des conditions d'ambiance confortables.

L'hiver, les bilans thermiques sont le plus souvent négatifs, l'équipement à installer devra compenser les pertes thermiques afin de garantir des conditions d'ambiance confortables.

Beaucoup d'équipements sont conçus pour combattre les apports l'été et les déperditions l'hiver. Citons par exemple les pompes à chaleur réversibles, les centrales de traitement d'air équipées de batterie à eau glacée et de batterie à eau chaude, etc.

Le chiffrage des apports ou des déperditions peut être effectué par calcul à partir de méthodes simples ou complexes, la tendance actuelle est à l'utilisation de plus en plus fréquente de logiciels spécifiques. Il est néanmoins tout à fait utile de pouvoir maîtriser les bilans thermiques par le calcul afin d'avoir des repères personnels.

III.2. Méthodes de calculs : [10]

Structure des parois:

Coefficient de transmission de chaleur global K

C'est la quantité de chaleur traversant une paroi donnée pour une différence de température de 1°C entre les deux parois et par unité de surface (m²) en (w/m² °C).

L'expression générale de **K**

$$\frac{1}{k} = \sum \left(R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \right) \dots \dots \dots (III.1)$$

$$\frac{1}{k} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \dots \dots \dots (III.2)$$

Avec $R_i = \frac{e_i}{\lambda_i}$ À partir des tables de la DTR C3-2

Calcul des résistances :

- ✓ Enduit plâtre face interne $\lambda_1 = 0.35 W/m^{\circ}C$. (Annexe 2)..... $R_1 = \frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.02}{0.35} = \mathbf{0.057} \cong \mathbf{0.06}$
- ✓ Briques creuse $e_2 = 10cm$ $R_2 = 0.20$ (Annexe 3)
- ✓ Lamé d'air $e_3 = 4cm$ $R_3 = 0.16$ (Chapitre 3)
- ✓ Briques creuse $e_4 = 10cm$ $R_4 = 0.20$ (Annexe 3)
- ✓ Enduit mortier face externe $\lambda_5 = 1.35 W/m^{\circ}C$. (Annexe 2).... $R_5 = \frac{e_5}{\lambda_5} = \frac{0.02}{1.15} = \mathbf{0.02}$
- ✓ Résistance superficiel d'air interne et externe (Chapitre 1) $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17$

Le coefficient de transmission surfacique sera :

$$\frac{1}{K} = 0.06 + 0.20 + 0.16 + 0.2 + 0.02 + 0.17 = 0.81m^2^{\circ}C/W$$

$$K = 1.234 \cong 1.23 W/m^2^{\circ}C$$

Puissance thermique : [11]

$$P = D_T + D_A \dots \dots \dots (III.3)$$

Déperditions totale :

$$D_T = D_{SUR} + D_L + D_{ELE} + D_{PER} + D_{MACH} \dots \dots \dots (III.4)$$

Déperdition surfacique :

$$D_{SUR} = D_{MUR} + D_{PLAF} + D_{SOL} \dots \dots \dots (III.5)$$

Déperditions linaire :

$$D_L = D_{PORTE} + D_{FENETRE} \dots \dots \dots (III.6)$$

Déperditions par mur :

$$D_{MUR} = K_{MUR} \times S_{MUR} \times \Delta T \text{ avec } (K=1,23 \frac{W}{m^2^{\circ}C}) \dots \dots \dots (III.7)$$

Déperditions par plafond :

$$D_{plafon} = K_{plafon} \times S_{plafon} \times \Delta T \dots \dots \dots (III.8)$$

$$(K = 0.035 \text{ w/m}^2 \text{ c}^\circ)$$

Déperditions par sol :

$$D_{sol} = K_{sol} \times S_{sol} \times \Delta T \quad (III.9)$$

On prend $D_{sol} = 0$

Déperditions par porte :

$$D_{porte} = K_{porte} \times L_{porte} \dots \dots \dots (III.10)$$

$$\text{avec } K = 3.48 \text{ w c}^\circ$$

Déperditions par fenêtre :

$$D_{fené} = K_{fené} \times L_{fené} \dots \dots \dots (III.11)$$

tel que $D_{fené} = 0$

Déperditions par éclairages :

$$D_{écl} = n_{écl} \times p_{écl} \times t \times 3.6 \dots \dots \dots (III.12)$$

8) Déperditions par personne

$$D_{per} = n_{per} \times p_{per} \times t \times 3.6 \dots \dots \dots (III.13)$$

Déperditions par machine

$$D_{mach} = n_{mach} \times p_{mach} \times t \times 3.6 \dots \dots \dots (III.14)$$

Déperditions par renouvellement d'air

$$D_A = 0.34 \times V \times \Delta T \dots \dots \dots (III.15)$$

Débit volumique

$$\dot{\varphi} = \dot{m} \times c_p \times \Delta T \dots \dots \dots (III.16)$$

d'autres part: $\dot{m} = \rho \times \dot{Q}_v$

En déduire que :

$$\dot{Q}_v = \frac{\dot{\varphi}}{\rho c_p \Delta T} 3600 \dots \dots \dots (III.17)$$

Volume

$$V = S \times H \dots \dots \dots (III.18)$$

Taux de brassage

$$T_B = \frac{\dot{Q}_v}{V} \dots \dots \dots (III.19)$$

Débit du soufflage

$$\dot{Q}_v = T_B \times V \dots \dots \dots (III.20)$$

III.3. Applications numériques**✓ Fabrication bandes de gaz**

$$D_{\text{mur}} = 1.23 \times 10.08 \times 13 = 161.17 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}} = 12.80 \times 3.48 = 44.54 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}} = 0.035 \times 6 \times 23.004 = 4.83 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}} = 0.34 \times 1.41 \times 13 = 271.43 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}} = 4 \times 270 \times 28.8 = \frac{31104}{86400} \times 1000 = 360 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}} = 4 \times 72 \times 28.8 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}} = 1 \times 2200 \times 28.8 = \frac{63360}{86400} \times 1000 = 733.33 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}} = 938.7 \text{ w}$$

✓ Ensachage bandes de gaz

$$D_{\text{mur}} = 1,23 \times 10.08 \times 13 = 161.17 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}} = 12.80 \times 3.48 = 44.54 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}} = 0.035 \times 6 \times 23.004 = 4.83 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}} = 0.34 \times 1.41 \times 13 = 271.43 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}} = 11 \times 4000 \times 28.8 = \frac{115200}{86400} \times 1000 = 1333.33 \text{ w w}$$

$$D_{\text{tot}} = 939.3 \text{ w}$$

✓ **Sas PF**

$$D_{\text{mur}} = 17.64 \times 13 \times 1.23 = 282.06 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}} = 14 \times 3.48 = 48.72 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}} = 0.035 \times 6 \times 9.2 = 1.93 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}} = 0.34 \times 13 \times 25.76 = 113.85 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}} = 2 \times 270 \times 28.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}} = 1 \times 72 \times 28.8 = \frac{2073.6}{86400} \times 1000 = 24 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}} = 0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}} = 650.65 \text{ w}$$

✓ **Sas MP/AC**

$$D_{\text{mur}} = 0 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}} = 14 \times 3.48 = 48.72 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}} = 0.035 \times 6 \times 5.66 = 1.18 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}} = 0.34 \times 13 \times 15.85 = 70.05 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}} = 2 \times 270 \times 28.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}} = 1 \times 72 \times 28.8 = \frac{2073.6}{86400} \times 1000 = 24 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}} = 0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}} = 323.9 \text{ w}$$

✓ **Sas magasin**

$$D_{\text{mur}}=0.27 \times 1.23 \times 13=4.31 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=21 \times 3.4 =73.08 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 5.55 \times 6=1.16 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 15.56 \times 13=68.77 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=2 \times 270 \times 28.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=1 \times 72 \times 28.8 = \frac{2073.6}{86400} \times 1000 = 24 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=351,32 \text{ w}$$

✓ **Fabrication compresses non stériles**

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 13 \times 24.08=385.03 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=7 \times 3.48=24.36 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 6 \times 59.93=12.58 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 13 \times 153.87=680.10 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=2 \times 270 \times 2.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=4 \times 72 \times 28.8 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}= 3 \times 4000 \times 28.8 = \frac{345600}{86400} \times 1000 =4000 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=1382,07\text{w}$$

✓ Quarantaine compresse stérile

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 13 \times 14.2=223.86 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=7 \times 3.48=24.36 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 6 \times 32.5=6.82 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 13 \times 91=402.22 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=2 \times 270 \times 28.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=4 \times 72 \times 28,8 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=933,26\text{w}$$

✓ Découpe et préparation des rouleaux

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 13 \times 11.76=188.04 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=3.48 \times 14=48.72 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 6 \times 26.83=5.63 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 13 \times 75.14=332.11 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=2 \times 270 \times 28,8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=4 \times 72 \times 28.8 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=1 \times 3000 \times 28.8 = \frac{86400}{86400} \times 1000 = 1000 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=851.50 \text{ w}$$

✓ **Vestiaires femmes**

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 26.2 \times 13=418.93 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=11.6 \times 3.48=40.36 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0,035 \times 18.6 \times 6=3.90 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 52.08 \times 13=230.19 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=6 \times 270 \times 28.8 \frac{46.656}{86400} \times 1000 = 540 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=2.72 \times 28.8 = \frac{4147.2}{86400} \times 1000=48 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=1281.38 \text{ w}$$

✓ **Sanitaires femmes**

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 7.7 \times 13=123.12 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=5.8 \times 3.48=20.18 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0,035 \times 1.7 \times 6=0.357 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 4.80 \times 13=21.21 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=164.86 \text{ w}$$

✓ Douche femmes

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 3.52 \times 13=56.41 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=5.8 \times 3.48=20.18 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 1.8 \times 6=0.37 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 5.04 \times 13=22.27 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=99,23 \text{ w}$$

✓ Vestiaires hommes

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 26.20 \times 13=419.06 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=11.6 \times 3.48=40.36 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 17.6 \times 6=3.69 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 49.28 \times 13=217.81 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=6 \times 270 \times 28.8 = \frac{46.656}{86400} \times 1000 = 540 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=2.72 \times 28.8 \frac{4147.2}{86400} \times 1000 = 48 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=1268.92 \text{ w}$$

✓ Sanitaires hommes

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 7.7 \times 13=123.12 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=20.18 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 1.8 \times 6=0.37 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 5.04 \times 13=22.27 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=165.94 \text{ w}$$

✓ Sanitaires hommes

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 3.22 \times 13=51.48 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=8 \times 3.48=20.18 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 1.8 \times 6=0.37 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 5.04 \times 13=22.27 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=94.3 \text{ w}$$

✓ Douche hommes

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 3.52 \times 13=56.41 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=5.8 \times 3.48=20.18 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 1.9 \times 6=0.39 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 5.32 \times 13=23.51 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=100.49 \text{ w}$$

✓ Sanitaires femmes

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 3.21 \times 13=51.48 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=5.8 \times 3.48=20.18 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 1.7 \times 6=0.35 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 4.80 \times 13=21.21 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=93.22 \text{ w}$$

✓ **Fabrication compresses stérile**

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 10.08 \times 13=161.17 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=18.6 \times 3.48=4.72 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 23.5 \times 6=4.935 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 65.80 \times 13=290.83 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=2 \times 270 \times 28.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=4 \times 72 \times 288 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=1 \times 3000 \times 28.8 \frac{86400}{86400} \times 1000 =1000 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=798.65 \text{ w}$$

✓ **Stérilisation Compresses stériles**

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 10.07 \times 13=161.17 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}= 12.80 \times 3.48=44.54 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 23.5 \times 6=4.935 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 65.79 \times 13=290.83 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=2 \times 270 \times 28.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=4 \times 72 \times 28.8 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=1 \times 3000 \times 28.8 = \frac{86400}{86400} \times 1000 =1000 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=1787.47 \text{ w}$$

Ensachage compresses stériles

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 10.07 \times 13=161.17 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=18.60 \times 3.48=64.72 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 23.5 \times 6=4.935 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 65.79 \times 13=290.83 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=2 \times 270 \times 28.8 = \frac{15552}{86400} \times 1000 = 180 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=4 \times 72 \times 28.8 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=1 \times 3000 \times 28.8 = \frac{86400}{86400} \times 1000 = 1000 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=1797.65 \text{ w}$$

✓ Conditionnement secondaire

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 51.32 \times 13=820.63 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=22.62 \times 3.48=78.72 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=77.1 \times 0.035 \times 6=16.19 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 215.88 \times 13=440.39 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=6 \times 270 \times 288 = \frac{46.656}{86400} \times 1000 = 540 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=12 \times 72 \times 28.8 = \frac{24883.2}{86400} \times 1000 = 288 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=2667.72 \text{ w}$$

✓ **Couloir fabrication**

$$D_{\text{mur}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=61.80 \times 3.48=215,06 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0,035 \times 6 \times 34,6=7,26 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0,34 \times 96,88 \times 13=428,20 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=4 \times 72 \times 28,8 = \frac{8294.4}{86400} \times 1000 = 96 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=746.52 \text{ w}$$

✓ **Accueil**

$$D_{\text{mur}}=1.23 \times 16.8 \times 13=268.63 \text{ W}$$

$$D_{\text{porte}}=18.6 \times 3.48=64,72 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 18 \times 6 =3.72 \text{ W}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 48.45 \times 13=214.14 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=3 \times 270 \times 28.8=270 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}= 0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=812.27 \text{ w}$$

✓ **Sas personnel**

$$D_{\text{mur}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{porte}}=17.4 \times 3.48=60.55 \text{ w}$$

$$D_{\text{plafond}}=0.035 \times 6 \times 5.76=1.19 \text{ w}$$

$$D_{\text{renouve}}=0.34 \times 15.96 \times 13=70.54 \text{ w}$$

$$D_{\text{per}}=3 \times 270 \times 28.8 = \frac{23.328}{86400} \times 1000=270 \text{ w}$$

$$D_{\text{écl}}=1 \times 72 \times 28.8 = \frac{2073.6}{86400} \times 1000 = 24 \text{ w}$$

$$D_{\text{mach}}=0 \text{ w}$$

$$D_{\text{tot}}=426.28 \text{ w}$$

Bilan thermique global du site

Liste des locaux du projet																
Description	Surface	Hauteur [m]	Volume	machines	Personnes	Luminaire	déperdition par les murs	déperdition par les plafonds	déperdition par les portes	déperdition par ren d'air	déperdition par les personnes	déperdition par les machines	déperdition par l'éclairages	Puissance totale estivale	DEBIT Bilan Thermique	
RDCPROD	[m²]	[m]	[m³]				[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[m³/h]	
1	PR-1 - ACCUEIL	17,3	2,8	48,45	0,00	3,00	0,00	268,63	3,78	64,72	214,14	270,00	0,00	0,00	821,27	196,06
2	PR-2 - VEST D	18,6	2,8	52,08	0,00	6,00	2,00	418,93	3,90	40,36	230,19	540,00	0,00	48,00	1 281,38	305,90
3	PR-4 - SAN D	1,7	2,8	4,80	0,00	0,00	0,00	123,12	0,35	20,18	21,21	0,00	0,00	0,00	164,86	39,35
4	PR-3 - SAN D	1,7	2,8	4,80	0,00	0,00	0,00	51,48	0,35	20,18	21,21	0,00	0,00	0,00	93,22	22,25
5	PR-5 - DOUCHE D	1,8	2,8	5,04	0,00	0,00	0,00	56,41	0,37	20,18	22,27	0,00	0,00	0,00	99,23	23,68
6	PR-20 - VEST H	17,6	2,8	49,28	0,00	6,00	2,00	419,06	3,69	40,36	217,81	540,00	0,00	48,00	1 268,92	302,92
7	PR-21 - SAN H	1,8	2,8	5,04	0,00	0,00	0,00	123,12	0,37	20,18	22,18	0,00	0,00	0,00	165,94	39,61
8	PR-22 - SAN H	1,8	2,8	5,04	0,00	0,00	0,00	51,48	0,37	20,18	22,27	0,00	0,00	0,00	94,30	22,51
9	PR-23 - DOUCHE H	1,9	2,8	5,32	0,00	0,00	0,00	56,41	0,39	20,18	23,51	0,00	0,00	0,00	100,49	23,98
10	PR-19 - SAS PERSO	5,7	2,8	15,96	0,00	3,00	1,00	0,00	1,19	60,55	70,54	270,00	0,00	24,00	426,28	101,76
11	PR-18 - COULOIR PROD	34,6	2,8	96,88	0,00	0,00	4,00	0,00	7,26	215,06	428,20	0,00	0,00	96,00	746,52	178,21
12	PR-6 - FAB COMP STER	74,5	2,8	208,60	4,00	2,00	8,00	510,40	15,65	44,54	922,01	180,00	4 000,00	192,00	5 864,60	1 400,00
13	PR-11 - ENSACH COMP STERILES	23,5	2,8	65,80	1,00	2,00	4,00	161,17	4,93	64,72	290,83	180,00	1 000,00	96,00	1 797,65	429,14
14	PR-10 - STERILISATION	23,5	2,8	65,80	1,00	2,00	4,00	161,70	4,93	44,54	290,83	180,00	10 000,00	96,00	10 778,00	2 573,00
15	PR-12 - REFENDAGE	26,83	2,8	75,14	1,00	2,00	4,00	188,04	5,63	48,72	332,11	180,00	1 000,00	96,00	1 850,50	441,76
16	PR-15 - FAB COMP PURIF	59,93	2,8	153,87	3,00	4,00	8,00	385,03	12,58	24,36	680,10	360,00	4 000,00	192,00	5 654,07	1 349,77
17	PR-16 - FAB BANDES GAZ	23,004	2,8	61,41	1,00	4,00	4,00	161,17	4,83	44,54	271,43	360,00	733,33	96,00	1 671,30	398,98
18	PR-17 - ENSACH BANDES GAZ	23,004	2,8	61,41	1,00	1,00	4,00	161,17	4,83	44,54	271,43	90,00	1 333,33	96,00	2 001,30	477,76
19	PR-9 - COND SEC	77,1	2,8	215,88	0,00	6,00	12,00	820,63	16,19	48,72	440,39	540,00	0,00	288,00	2 667,72	636,85
20	PR-8 - SAS PF	9,2	2,8	25,76	0,00	2,00	1,00	286,06	1,93	48,72	113,85	180,00	0,00	24,00	650,56	155,30
21	PR-35 - PROJETE	32,5	2,8	91,00	0,00	2,00	4,00	223,86	6,82	24,36	402,22	180,00	0,00	96,00	933,26	222,79
22	PR-13 - SAS MPI/AC	5,66	2,8	15,85	0,00	2,00	1,00	0,00	48,72	1,18	70,05	180,00	0,00	24,00	323,90	77,32
23	PR-14 - SAS MAGASIN	5,55	2,8	15,56	0,00	2,00	1,00	4,31	1,16	73,08	68,77	180,00	0,00	24,00	351,32	83,86
		488,78		1 348,77				4 632,18	150,22	1 054,15	5 447,55	4 410,00	22 066,66	1536,00	39 806,59	9 502,76

TABLEAU 01 : Bilan thermique total calculé du site

Liste des locaux du projet									
Description		Surface	Hauteur [m]	Volume	DEBIT Bilan Thermique	TB retenu bilan ther	TB retenu d'apres les normes	Débit de soufflage bilan ther	Débit de soufflage
	RDCPROD	[m²]	[m]	[m³]	m³/h	V/h	V/h	Volume x TB	Volume x TB
1	PR-1 - ACCUEIL	17,3	2,8	48,45	196,06	4,00	0,00	193,80	0,00
2	PR-2 - VEST D	18,6	2,8	52,08	305,90	6,00	20,00	312,48	1 041,60
3	PR-4 - SAN D	1,7	2,8	4,80	39,35	8,00	0,00	38,40	0,00
4	PR-3 - SAN D	1,7	2,8	4,80	22,25	5,00	0,00	24,00	0,00
5	PR-5 - DOUCHE D	1,8	2,8	5,04	23,68	5,00	0,00	25,20	0,00
6	PR-20 - VEST H	17,6	2,8	49,28	305,92	6,00	20,00	295,68	985,60
7	PR-21 - SAN H	1,8	2,8	5,04	39,61	8,00	0,00	40,32	0,00
8	PR-22 - SAN H	1,8	2,8	5,04	22,51	4,00	0,00	20,16	0,00
9	PR-23 - DOUCHE H	1,9	2,8	5,32	23,98	5,00	0,00	26,60	0,00
10	PR-19 - SAS PERSO	5,7	2,8	15,96	101,76	6,00	20,00	95,76	319,20
11	PR-18 - COULOIR PROD	34,6	2,8	96,88	178,21	2,00	20,00	193,76	1 937,60
12	PR-6 - FAB COMP STER	74,5	2,8	208,60	1 400,00	7,00	30,00	1 460,20	6 258,00
13	PR-11 - ENSACH COMP STERILES	23,5	2,8	65,80	429,14	7,00	30,00	460,60	1 974,00
14	PR-10 - STERILISATION	23,5	2,8	65,80	2 573,00	39,00	20,00	2 566,20	1 316,00
15	PR-12 - REFENDAGE	26,83	2,8	75,14	441,76	6,00	20,00	450,84	1 502,80
16	PR-15 - FAB COMP PURIF	59,93	2,8	153,87	1 349,77	9,00	20,00	1 384,83	3 077,40
17	PR-16 - FAB BANDES GAZ	23,004	2,8	61,41	398,98	7,00	20,00	429,87	1 228,20
18	PR-17 - ENSACH BANDES GAZ	23,004	2,8	61,41	477,76	8,00	20,00	491,28	1 228,20
19	PR-9 - COND SEC	77,1	2,8	215,88	636,85	3,00	20,00	647,64	4 317,60
20	PR-8 - SAS PF	9,2	2,8	25,76	155,30	6,00	20,00	154,56	515,20
21	PR-35 - PROJETE	32,5	2,8	91,00	222,79	3,00	20,00	273,00	1 820,00
22	PR-13 - SAS MP/AC	5,66	2,8	15,85	77,32	5,00	20,00	79,25	317,00
23	PR-14 - SAS MAGASIN	5,55	2,8	15,56	83,86	5,00	20,00	77,80	311,20
		488,78		1 348,77	9 505,76			9 742,23	28 149,60

TABLEAU 02 : Calcul du taux de brassage et débit de soufflage du site

Liste des locaux du projet

Description		Surface	Hauteur [m]	Volume	TB retenu d'après les normes	Débit de soufflage	Nombre de diffuseurs	Débit de souf/diff	Débit de reprise	Nombre de grilles	Débit de rep/grille	Air Neuf 20%
RDCPROD		[m²]	[m]	[m³]	V/h	Volume x TB		m3/h	m3/h		m3/h	m3/h
1	PR-2 - VEST D	18,6	2,8	52,08	20,00	1 042	1	1 042	0	1	0	208
2	PR-20 - VEST H	17,6	2,8	49,28	20,00	986	1	986	0	1	0	197
3	PR-19 - SAS PERSO	5,7	2,8	15,96	20,00	319	1	319	319	1	319	64
4	PR-18 - COULOIR PROD	34,6	2,8	96,88	20,00	1 938	3	646	1 938	3	646	388
5	PR-6 - FAB COMP STER	74,5	2,8	208,60	30,00	6 258	4	1 565	6 258	4	1 565	1252
6	PR-11 - ENSACH COMP STERILES	23,5	2,8	65,80	30,00	1 974	1	1 974	1 974	1	1 974	395
7	PR-10 - STERILISATION	23,5	2,8	65,80	20,00	1 316	1	1 316	1 316	1	1 316	263
8	PR-12 - REFENDAGE	26,83	2,8	75,14	20,00	1 503	1	1 503	1 503	1	1 503	301
9	PR-15 - FAB COMP PURIF	59,93	2,8	153,87	20,00	3 077	3	1 026	3 077	3	1 026	615
10	PR-16 - FAB BANDES GAZ	23,004	2,8	61,41	20,00	1 228	1	1 228	1 228	1	1 228	246
11	PR-17 - ENSACH BANDES GAZ	23,004	2,8	61,41	20,00	1 228	1	1 228	1 228	1	1 228	246
12	PR-9 - COND SEC	77,1	2,8	215,88	20,00	4 318	3	1 439	4 318	3	1 439	864
13	PR-8 - SAS PF	9,2	2,8	25,76	20,00	515	1	515	515	1	515	103
14	PR-35 - PROJETE	32,5	2,8	91,00	20,00	1 820	2	910	1 820	2	910	364
15	PR-13 - SAS MP/AC	5,66	2,8	15,85	20,00	317	1	317	317	1	317	63
16	PR-14 - SAS MAGASIN	5,55	2,8	15,56	20,00	311	1	311	311	1	311	62
		460,78		1 270,28		28 149,60			26 122,40			5 630

TABEAU 03 : tableau récapitulatif des différents débits d'air calculés

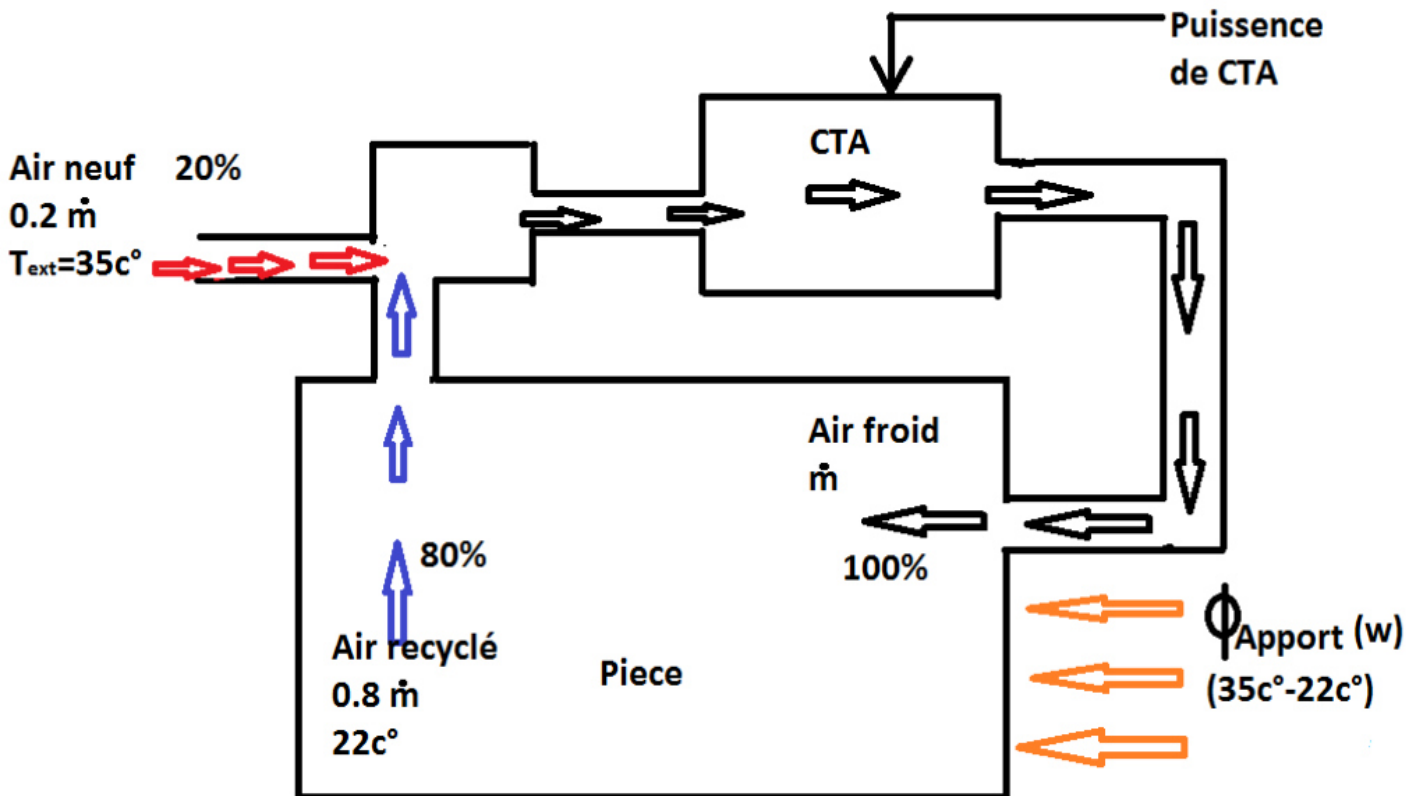


Figure III. : principe de fonctionnement de la CTA .

III.4. Calcul de la puissance utile de la CTA

Utilisant le 1^{er} principe de la thermodynamique

Flux de chaleur

$$\phi + \sum_i \dot{m}_i h_i - \sum_j \dot{m}_j h_j = 0 \quad \dots\dots\dots (III.21)$$

$$\phi_{apport} - p_u + 0.2 \dot{m} C_{pn} T_{ext} = 0 \quad \dots\dots\dots (III.22)$$

Puissance utile

$$p_u = \phi_{apport} + 0.2 \dot{m} C_{pn} T_{ext} \dots\dots\dots (1) \quad \dots\dots\dots (III.23)$$

$$\dot{\phi}_{\text{apport}} + \dot{m}C_{pf}T_f - 0.8\dot{m}C_{pr}T_r = 0 \quad \dots\dots\dots (III.24)$$

$$\dot{\phi}_{\text{apport}} = 0.8\dot{m}C_{pr}T_r - \dot{m}C_{pf}T_f \dots\dots\dots (2) \quad \dots\dots\dots (III.25)$$

Admettons que

$$C_{pr} = C_{pn} = C_{pf} = C_{pm} \quad \dots\dots\dots (III.26)$$

$$\frac{\dot{\phi}_{\text{apport}}}{\dot{m}C_{pm}} = 0.8T_r - T_f \rightarrow T_f = 0.8T_r - \frac{\dot{\phi}_{\text{apport}}}{\dot{m}C_{pm}} \quad \dots\dots\dots (III.27)$$

Sachant que

$$T_r = 22\text{c}^\circ$$

$$\dot{m} = 28149.6 \text{ m}^3 / \text{h} \times 1.16 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{pm} = 1000 \text{ J/kg.c}^\circ$$

$$\dot{\phi}_{\text{apport}} = 39806.59 \text{ w}$$

Application numérique

$$T_f = 0.8 \times 22 - \frac{39806.59}{9070.42} = 13.2 \text{ c}^\circ$$

$$P_u = 39806.59 + 0.2 \times \frac{28149.6}{3600} \times 1.16 \times 10^3 \times 35$$

$$P_u = 103299.58 \text{ w} \approx 103.3 \text{ kw}$$

Avec une majoration 10%

III.5. Conclusion

Ces trois tableaux représentent les bilans thermiques calculés à partir des apports Thermiques des différents éléments, ce dernier nous a permis de calculer les différents débits d'air (air de reprise, air neuf, et air soufflé).ses résultats sont obtenus a partir des relations citées ci-dessus.

IV.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons déterminer les différentes composantes de la CTA, et les différents filtres utilisés pour la purification de l'air selon les normes et leurs efficacités. et calculer les puissances calorifiques des batteries chaude et froide.

IV.2. CARACTERISTIQUE DE LA CTA

Section	DESIGNATION DES SECTIONS	CTA
A1	Section de mélange	
	- débit d'air neuf (m ³ /h) 20%	5630
	- débit d'air repris (m ³ /h) 80%	22520
	Section de Filtration d'air :	
	Gravimétrique	M6
	Opacimétrique	F9
A2	Batterie froide à eau glacée :	
	Puissance (KW)	157.13 kW
	Batterie chaude :	
	Puissance (KW)	88.7 kW
A3	Section Ventilateur soufflage :	
	débit d'air (m ³ /h)	28 150
	pression statique disponible (mmCE)	
	moteur à vitesse variable	Oui
A4	Section Piège à son	Oui
	Section de Filtration Terminale	
	HEPA	H13

Tableau IV- 1: tableau des accessoires et leurs pertes de charges.

IV.3. Les différentes composantes de la CTA

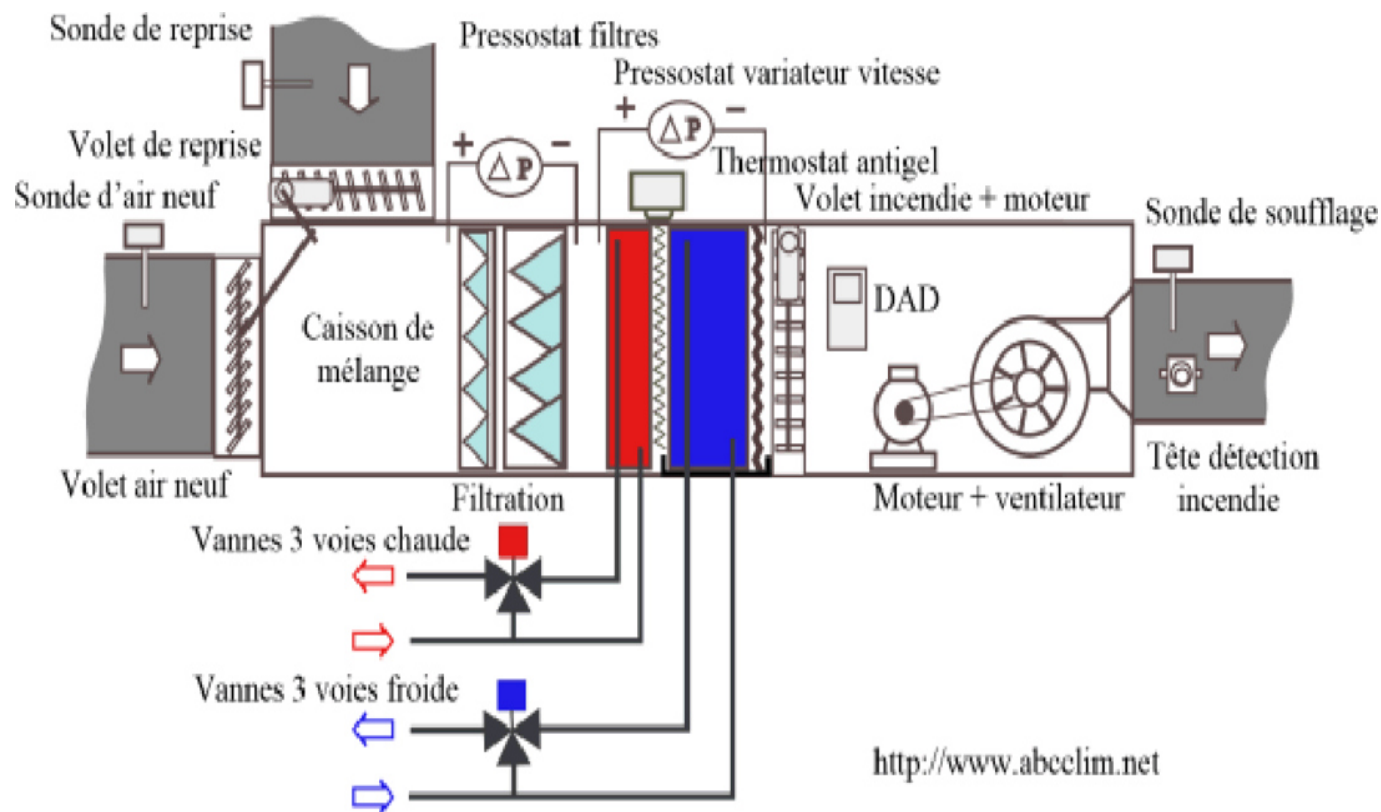


Figure IV. 1 : les composantes de la CTA[12]

IV.3.1. 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 règle 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 reprise. Les volets d'air de reprise et d'air neuf sont synchronisés à partir d'un jeu de tringlerie ou de moteurs.

Filtration: La filtration protège la CTA contre la poussière et les diverses particules nuisibles au fonctionnement et au confort des personnes. 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 frigorifique) 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 fumés par compartimentage

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

Bloc ventilateur : Le ventilateur peut être à action ou à réaction [12]

Représentation des diamètres de particules polluantes et leurs techniques de filtration :

La figure ci-dessous nous montre les types de filtres utilisés pour les différentes particules polluantes.

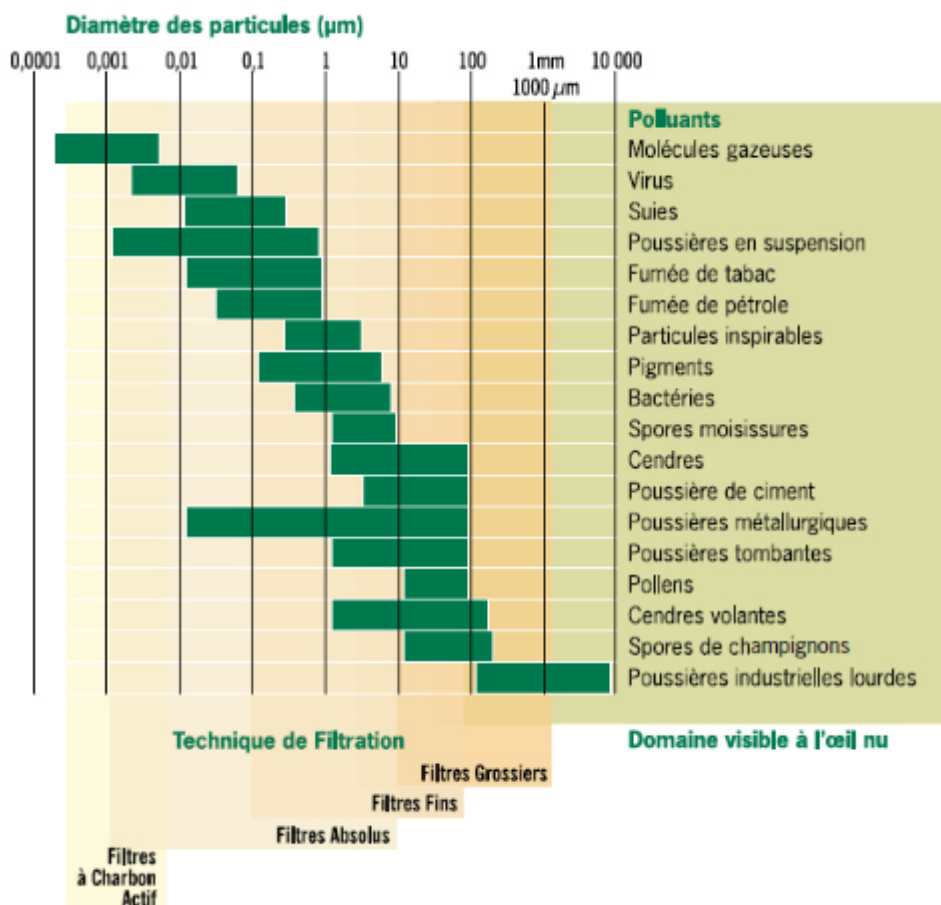


Figure IV .2 : digramme de diverses techniques de filtration

Selon le diamètre des particules. [11]

IV. 4. CENTRALE DE TRAITEMENT D’AIR (C.T.A.)

IV.4.1 FILTRATION DE L’AIR [13]

L'augmentation de fiabilité et la baisse des coûts de la vitesse variable offre un grand potentiel d'économies sur la ventilation et la circulation d'eau. Cette tendance est contrebalancée par l'importance croissante de la qualité de l'air intérieur qui peut se traduire par une augmentation des débits minimum d'air, une filtration accrue et donc des dépenses d'énergie en augmentation.

L'efficacité des filtres à air est évaluée selon des méthodes différentes selon leur efficacité, et propres à la norme de référence utilisée.

Les méthodes les plus couramment utilisés et qui permettent d'identifier directement le type de filtre requis en fonction des préconisations indiquées :

- selon la norme EN 779
- selon Euro vent 4/5
- selon la norme Pr EN 1822

	Norme EN 779	Eurovent 4/5	Rendement moyen %
Groupe de filtres	Classe	Classe	
Grossier Gravimétrique Δp max : 250 Pa	G1	EU1	$Am^* < 65$
	G2	EU2	$65 \leq Am < 80$
	G3	EU3	$80 \leq Am < 90$
	G4	EU4	$90 \leq Am$
Fin Opacimétrique Δp max : 450 Pa	F5	EU5	$40 \leq Em^* < 60$
	F6	EU6	$60 \leq Em^* < 80$
	F7	EU7	$80 \leq Em^* < 90$
	F8	EU8	$90 \leq Em^* < 95$
	F9	EU9	$95 \leq Em$
	Norme pr EN 1822		Efficacité globale MPPS*
HEPA	H10		85
	H11		95
	H12		99,5
	H13		99,95
	H14		99,995
ULPA	H15		99,9995
	H16		99,99995
	H17		99,999995
Am	efficacité de filtration (proportion pondérale retenue)		
Em	efficacité de filtration opacimétrique		
MPPS	efficacité pour la particule pénétrante		
HEPA	high efficiency particulate air		
ULPA	ultra low penetration air		

Tableau IV-2: tableau récapitulatif des types de filtres et leurs classes selon les normes et le rendement moyen [13]

La filtration devra assurer :

- la protection de la centrale de traitement d'air (CTA) contre l'encrassement et le développement des microorganismes
 - entrée de la centrale nécessaire : F6 (65 % OPA) souhaitable : F7 (85 % OPA)
- la protection du réseau aéraulique de distribution d'air et de ses terminaux
 - sortie de la centrale : filtres haute efficacité: F9 (95 % OPA)
- le traitement de l'air pour garantir la classe d'empoussièrement zone 2 : F9 (95 % OPA) suffisant en sortie de centrale ou en gaine.--zones 3 et 4 : filtres très haute efficacité (filtres absolus) H 13 (99,95 % DOP) situé de préférence à l'entrée du local traité.
- la protection du réseau de reprise- F6 (65 % OPA)
- le suivi du colmatage des filtres est assuré par mesure de la perte de charge (capteur de pression – tube de Pitot), pour en garantir le remplacement en temps voulu et :
 - maintenir les débits
 - maintenir les niveaux de pression des locaux
 - protéger les filtres très haute efficacité (durée de vie : 3 à 5 ans)

La filtration assure la bonne qualité de l'air introduit dans la salle ou rejeté à l'extérieur (cas des locaux confinés).

- Pour la contamination particulaire, la filtration à "Très Haute Efficacité" obéit à la norme EN 1822.

-Le tableau ci-contre nous présente l'efficacité et les pénétrations des deux classes de filtre HEPA et ULPA via les valeurs locales à la MPPS.

Extrait NF EN 1822-1 Classe de filtre		Valeurs locales à la MPPS*		Valeurs locales à la MPPS*	
		Efficacité	Pénétration	Efficacité	Pénétration
HEPA	H10	85 %	15 %	/	/
	H11	95 %	5 %	/	/
	H12	99,5 %	0,5 %	/	/
	H13	99,95 %	0,05 %	99,75 %	0,25 %
	H14	99,995 %	0,005 %	99,975 %	0,025 %
ULPA	U15	99,9995 %	0,0005 %	99,9975 %	0,0025 %
	U16	99,99995 %	0,00005 %	99,99975 %	0,00025 %
	U17	99,999995 %	0,000005 %	99,999975 %	0,000025 %

*MPPS : taille de la particule la plus pénétrante.

Tableau IV- 3 : tableau des quantités rejetées et pénétrantes des particules polluantes selon les deux classes de filtres HEPA & ULPA.[3]

Le choix de la classe de filtre pourra se baser sur les indications suivantes :

Classe	Applications
G1 ou G2	par exemple pour les aérothermes d'un garage, où la filtration ne doit pas être très poussée, ou si des filtres plus fins posent des problèmes de perte de charge.
G3 ou G4	Pour les ventilo-convecteurs,
M5 ou M6	pour les locaux faciles à nettoyer et ne contenant pas d'objets sensibles à la poussière : halls d'exposition, salles de sport, piscines.
F7	bureaux, salles de conférence, bibliothèques, musées, salles de cours , laboratoires, cuisines et restaurants.
F8 ou F9	salles d'ordinateurs, hôpitaux (locaux abritant des patients, à l'exclusion des salles d'opération et autres locaux "propres" ou stériles).
H10 à H14	pour des salles à empoussièremement contrôlé : laboratoires exigeant de l'air très pur, salles d'opération ou de stérilisation, salles blanches, centrales nucléaires.
U15 à U17	salles stériles, salles blanches, centrales nucléaires,...

Tableau IV. 4 : Choix des classes de filtres et leurs applications. [13]

PUISSANCE DES BATTERIES (ECHANGEURS)

Utilisation du diagramme psychrométrique

Description du traitement	T _{bs} °C	HR [%]	T _{sh} °C	X _i [g/kg]	J [kJ/kg]	Q [m³/h]	P [kW]
M1: Mélange Premier point	35.0	70.0	30.1	25.16	99.52	5630.1	186.77
M2: Mélange Second point	22.0	50.0	15.4	8.22	42.90	22519.9	425.02
M3: Mélange Sortie	24.5	59.7	19.0	11.47	53.69	28148.8	101.24
F: Refroidissement	13.0	100.0	13.0	9.35	36.63	27030.6	157.13
Y: Chauffage	16.0	82.5	14.2	9.35	39.65	27311.4	27.37

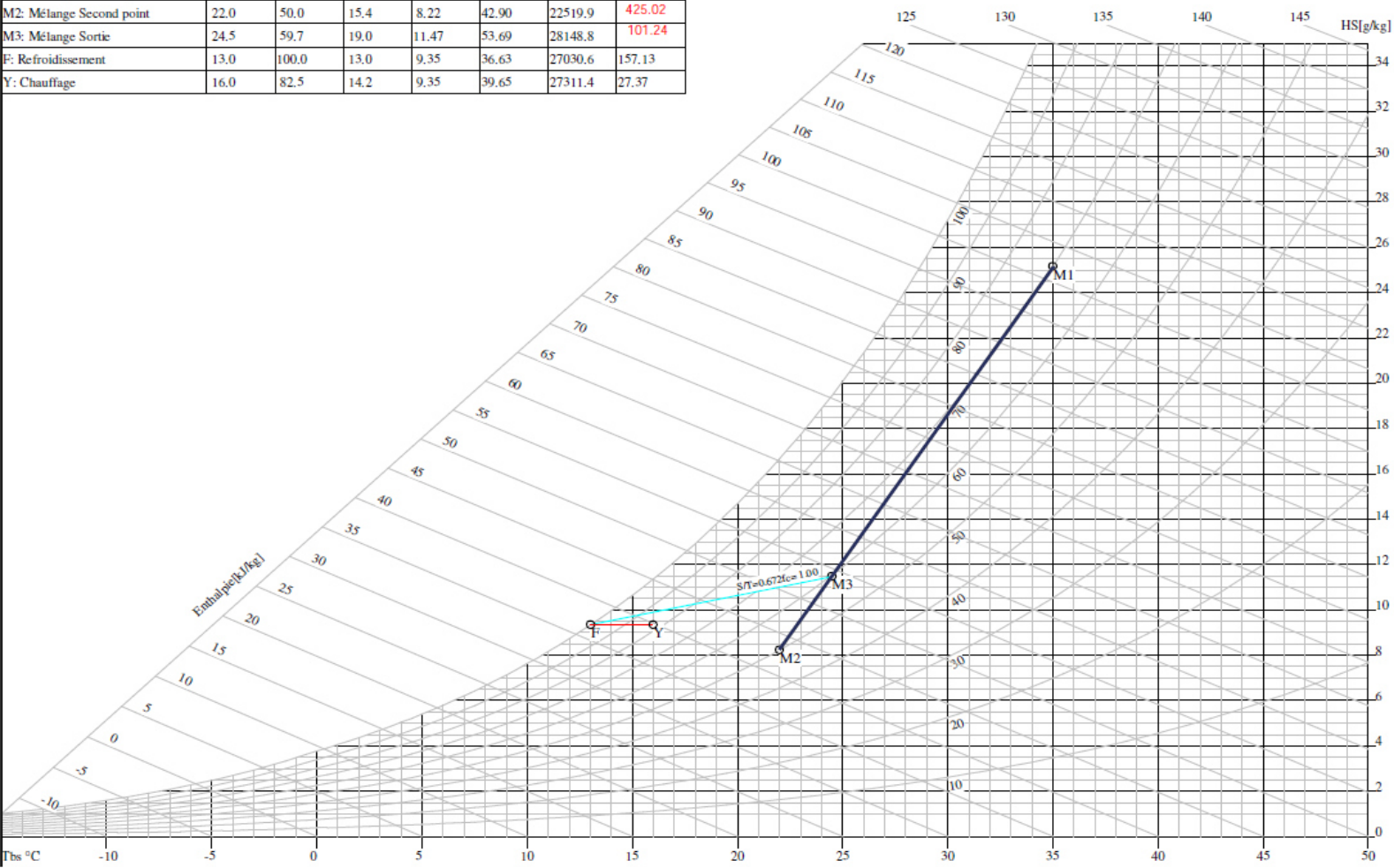


Figure IV. 3: Diagramme psychrométrique (calcul batterie froide)

Puissance calorifique [14]

$$\dot{Q} = \rho \times q_v \times \Delta h \quad \dots\dots\dots (IV.1)$$

avec $q_v \Rightarrow m^3 / h$

$$\rho \Rightarrow kg / m^3$$

$$q_m = \rho \times q_v \quad \dots\dots\dots (IV.2)$$

avec $q_m \Rightarrow kg / s$

$$\dot{Q} = \rho \times \frac{q_v}{3600} \times \Delta h \quad \dots\dots\dots (IV.3)$$

$$\Delta h \Rightarrow j / kg$$

Application numérique :

Batterie à eau glacée : bf

Au point M $\dot{Q}_1 = 1.2 \times \frac{5630.1}{3600} \times 99.52 = 186.77 KW$

Au point M2 $\dot{Q}_2 = 1.2 \times \frac{22519.9}{3600} \times 56.62 = 425.02 KW$

Au point M3 : $\dot{Q}_3 = 1.2 \times \frac{28148.8}{3600} \times 10.79 = 101.24 KW$

$$\dot{Q}_T = 185.77 + 425.02 + 101.24 = 713.03 KW$$

Diagramme psychrométrique utilise pour le calcul de la batterie chaude

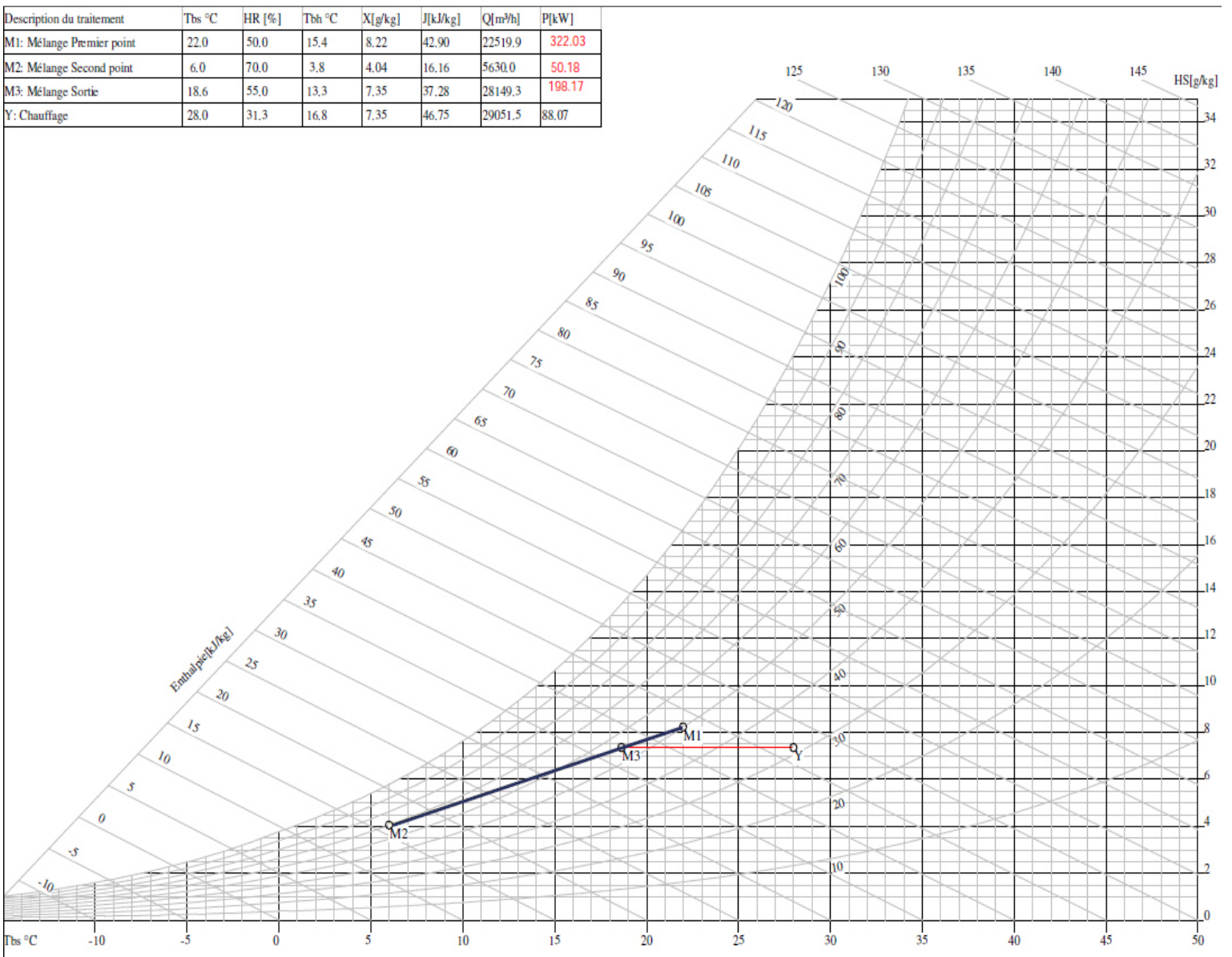


Figure IV. 4 : Diagramme psychrométrique (calcul batterie chaude)

Batterie à eau chaude : bc

$$\text{Au point M1} \quad \varnothing_1 = 1.2 \frac{22519.9}{3600} 42.90 = 322.03 \text{KW}$$

$$\text{Au point M2} \quad \varnothing_2 = 1.2 \frac{56.30}{3600} 26.74 = 50.18 \text{KW}$$

$$\text{Au point M3} \quad \varnothing_3 = 1.2 \frac{28149.3}{3600} 21.12 = 198.17 \text{KW}$$

$$\varnothing_T = 322.03 + 50.18 + 198.17 = 570.38 \text{KW}$$

Perte de charge des équipements divers (estimation)

Accessoire / éléments	Perte de charge Δp élément [PA]
Grilles d'aération, clapets automatiques, volets pare pluie*	20 – 40
Volets de fermeture	10 – 20
Batteries de chauffe, échangeurs de chaleur*	100 – 150
Filtres propres*	40 – 60
encrassés	250 – 300
Silencieux*	40 – 80
Bouches de ventilation*	10 – 200
Séparateurs à cyclone	500 – 750

* pour valeurs exactes, voir pages produits

Tableau IV. 5 : tableau des accessoires et leurs pertes de charges. [13]

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les différentes composantes d'une CTA. Ainsi que le calcul des puissances calorifiques des deux batteries chaude et froide en utilisant le diagramme psychrométrique.

On a aussi cité les différents types de filtres par rapport a leurs classes et aux choix respectivement aux polluants présents dans l'atmosphère.

V.1. Introduction

La distribution de l'air consiste à fournir de l'air traité nécessaire aux locaux selon les besoins de chaque local, pour cela il faut installer un réseau aéraulique afin de véhiculer l'air depuis la centrale jusqu'aux locaux à conditionner.

L'installation du réseau aéraulique se fera d'une façon à assurer une bonne distribution de l'air en respectant les critères suivants :

- ✓ L'architecture du réseau ne doit pas être encombrante.
- ✓ Réduire la longueur du réseau au minimum possible.
- ✓ Eviter l'excès de déviation et des coudes.

Un réseau de gains convenable aux besoins des locaux nécessite une prise en considération des paramètres suivants :

- ✓ Les pertes de charges.
- ✓ Le niveau sonore.
- ✓ La vitesse de l'air dans la gaine.

V.2. CLASSIFICATION DES RESEAUX D'AIR [14]

Elle est fonction de deux critères : **PRESSION, VITESSE**

A. PRESSION : son choix va conditionner le type du ventilateur

➤ RESEAUX BASSE PRESSION

Vitesse d'air inférieure à 10 [m/s] et Pression comprise entre 0 et à 1000 [Pa]

Distribution la plus utilisée dans le Tertiaire

Pas de traitement acoustique particulier

➤ RESEAUX MOYENNE PRESSION

Vitesse d'air inférieure à 25 [m/s] et Pression comprise entre 1000 et 2000 [Pa]

Climatisation de locaux à ambiance différente : MULTIZONE

Traitement acoustique lié à la circulation de l'air

➤ RESEAUX HAUTE PRESSION

Vitesse d'air supérieure à 25 [m/s] et Pression comprise entre 2000 et 3000 [Pa]

Climatisation d'installations importantes ramifiées en sous-réseaux

Emploi de boites de détente avec protection phonique

Echauffement de l'air dû à la pression et la vitesse à prendre en compte

B. VITESSE : son choix va conditionner le type de la climatisation

➤ **RESEAUX BASSE VITESSE**

Soufflage : de 6 à 11 [m/s] en Climatisation de confort

de 11 à 12 [m/s] en Climatisation industrielle

Reprise : de 7,5 à 9 [m/s] en Climatisation de confort

de 9 à 11 [m/s] en Climatisation industrielle

➤ **RESEAUX HAUTE VITESSE**

Soufflage : de 15 à 25 [m/s]

V.3. Critères de choix et de calcul d'un réseau d'air [14]

- Débit d'air imposé par le calcul des charges et l'écart de soufflage
- Vitesse dans le tronçon principal ou dans un tronçon déterminé :

Contrainte imposée par les problèmes d'Acoustique ou vitesse recommandée

- Espace disponible et considération esthétique :
- Présence ou non d'un faux-plafond – retombées de poutres
- Possibilités de conduits apparents ou non
- Place disponible pour le passage des gaines
- Coût d'installation et d'exploitation
- Prise en compte des échanges de chaleur à travers les conduits entre l'air du conduit et le local traversé (calculs effectués par quelques constructeurs pour les calculs de charge)

V.4. Méthodes de calcul des réseaux de gaines [15]

- Méthode dynamique ou méthode de réduction arbitraire de la vitesse
- Méthode d'équifriction ou méthode à perte de charge constante (j constant)
- Méthode au gain de pression statique (méthode itérative)

VI.4.1. Méthode dynamique

Le réseau est dimensionné en diminuant arbitrairement la vitesse dans les différents tronçons. Cette méthode est très peu utilisée

Méthodologie de calcul

Débit Q_i connu

Vitesse W_i connue section $S_i = Q_i / W_i$ ϕ_i si conduit circulaire
 $a_i \times b_i$ si conduit rectangulaire

Débit Q_i connu

Vitesse W_i connue perte de charge j_i

VI.4.2. Méthode à perte de charge constante (j constant)

La méthode consiste à dimensionner les diverses tronçons (sections) du réseau de telle sorte que chacun de ces tronçons présente théoriquement la même perte de charge linéique.

En effet, cela ne peut être que théorique car il nous faut utiliser des diamètres commerciaux ou des dimensions de gaine standard donc les pertes de charge linéiques ne seront pas toujours toutes identiques. C'est la méthode la plus utilisée en Bureau d'études

VI.4.2.1. Méthodologie de calcul

- On détermine ou on connaît le débit volumique du tronçon étudié
- On se fixe la valeur de la vitesse dans le tronçon principal

Cas général : on connaît le type d'installation. L'utilisation des tableaux 1 et 2

Donne les vitesses recommandées en fonction du type d'installation

Le cahier des charges fixe la vitesse dans un tronçon donné (problème d'acoustique ou de diffusion)

- Connaissant Q_1 et W_1 , on détermine la valeur de j_1

Attention, il faut prendre en compte le j réel (celui correspondant dimensions réelles Du tronçon) et non le j théorique

On pose $j_1 = j_{\text{limite}} = C_{te}$

On peut également se fixer la perte de charge : par exemple, FRANCE-AIR préconise une valeur de j comprise entre 0,7 et 1,0 [Pa/m].

Dans notre 741740. le diamètre équivalent et les dimensions de la gaine

- On détermine ensuite les pertes de charge statiques de chaque circuit

$$PS \text{ [Pa]} = \sum_i (j_i * L_i) + \sum_i (k_i * \rho / 2 * W_i^2) = j * L_{eq}$$

- On recherche le circuit le plus défavorisé
- On détermine le ventilateur en calculant sa pression disponible

$$P_{T, V} = P + P_{T, B} \dots \dots \dots (V.1)$$

$P_{T, V}$: pression totale du ventilateur en [Pa]

ΔP : perte de charge totale du circuit le plus défavorisé

$$P = P_S + P_D \dots \dots \dots (V.2)$$

P_S : perte de charge statique du réseau elle correspond à la somme des pertes de charge du réseau (j , k)

P_D : perte de charge dynamique du réseau elle correspond à la perte de vitesse le long du réseau puisque l'on aura $W_1 > W_N$ (W_N étant la vitesse dans le dernier tronçons du circuit le plus défavorisé)

$P_D = \rho / 2 \times (W_1^2 - W_N^2)$: ce terme est appelé regain de pression statique

Il est rarement pris en compte par les constructeurs Dans la pratique, l'air frottant sur les parois du conduit, il y a perte d'énergie et on ne peut récupérer en totalité la P_D .

Les pertes par frottement correspondent à une perte de pression équivalente à 25 % du

Regain de pression statique.

$$\delta p_{STAT} = 0,75 \times P_D = 0,75 \times / 2 \times (W_1^2 - W_N^2) \dots \dots \dots (V.3)$$

$P_{T, B}$: pression totale nécessaire à la bouche de soufflage pour Fonctionner correctement (Donnée du constructeur) Pour qu'une bouche fonctionne correctement, il faut que l'air soit à la pression $P_{T, B}$

On caractérise les bouches en précisant la pression statique nécessaire $P_{S, B}$

Enfin $P_{T, V}$: pression totale du ventilateur en [Pa]

$$P_{T, V} = P_{S, V} + P_{D, V}$$

$$\text{Avec } P_{S, V} = \delta p_{STAT} + P_{S, B}$$

Et $P_{D, V}$: pression dynamique à la sortie du ventilateur

Remarque : Le ventilateur déterminé ici ne combat que les pertes de charge du réseau et Permet d'assurer la vitesse demandée dans le tronçon principal.

Si le réseau comporte des appareils tels que Centrale de traitement d'air, Batteries de Réchauffage, Filtres, etc, ..., il ne faudra pas oublier de prendre en compte ces pertes de charge qui seront, de loin, les plus importantes

Abaque donnant le diamètre équivalent pour un débit constant, cet abaque donne aussi la pression dynamique.

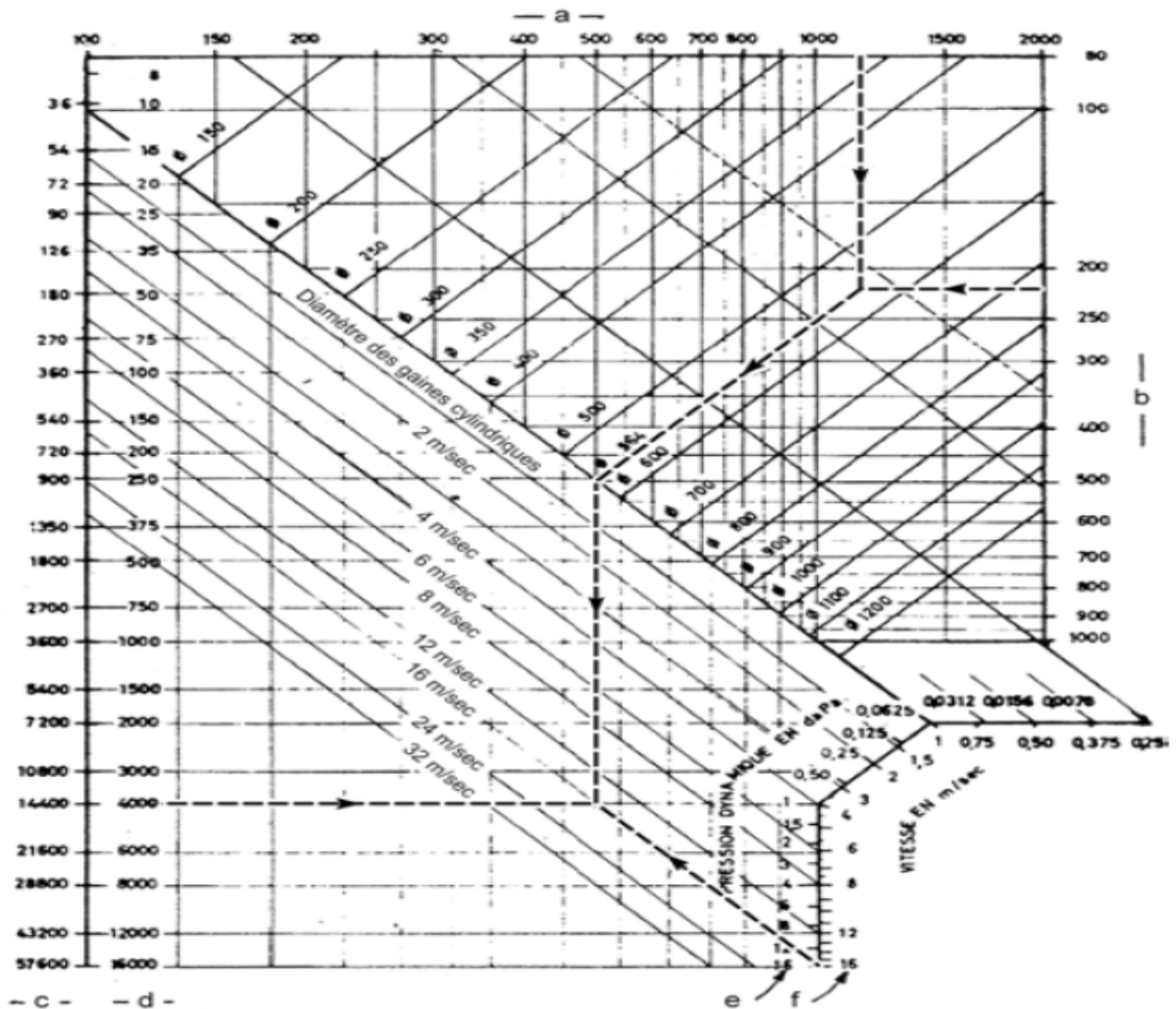


Figure V. 1 Abaque donnant le diamètre équivalent pour un débit constant, cet abaque donne aussi la pression dynamique. [15]

- a: grand côté de la gaine ; b : petit côté de la gaine ; c : débit d'air en m³/h ;
- d: débit d'air en l/s ; e : pression dynamique en daPa ; f : vitesse en m/s.

Diagramme pour le calcul des pertes de charge de l'air dans les gaines circulaires droites.

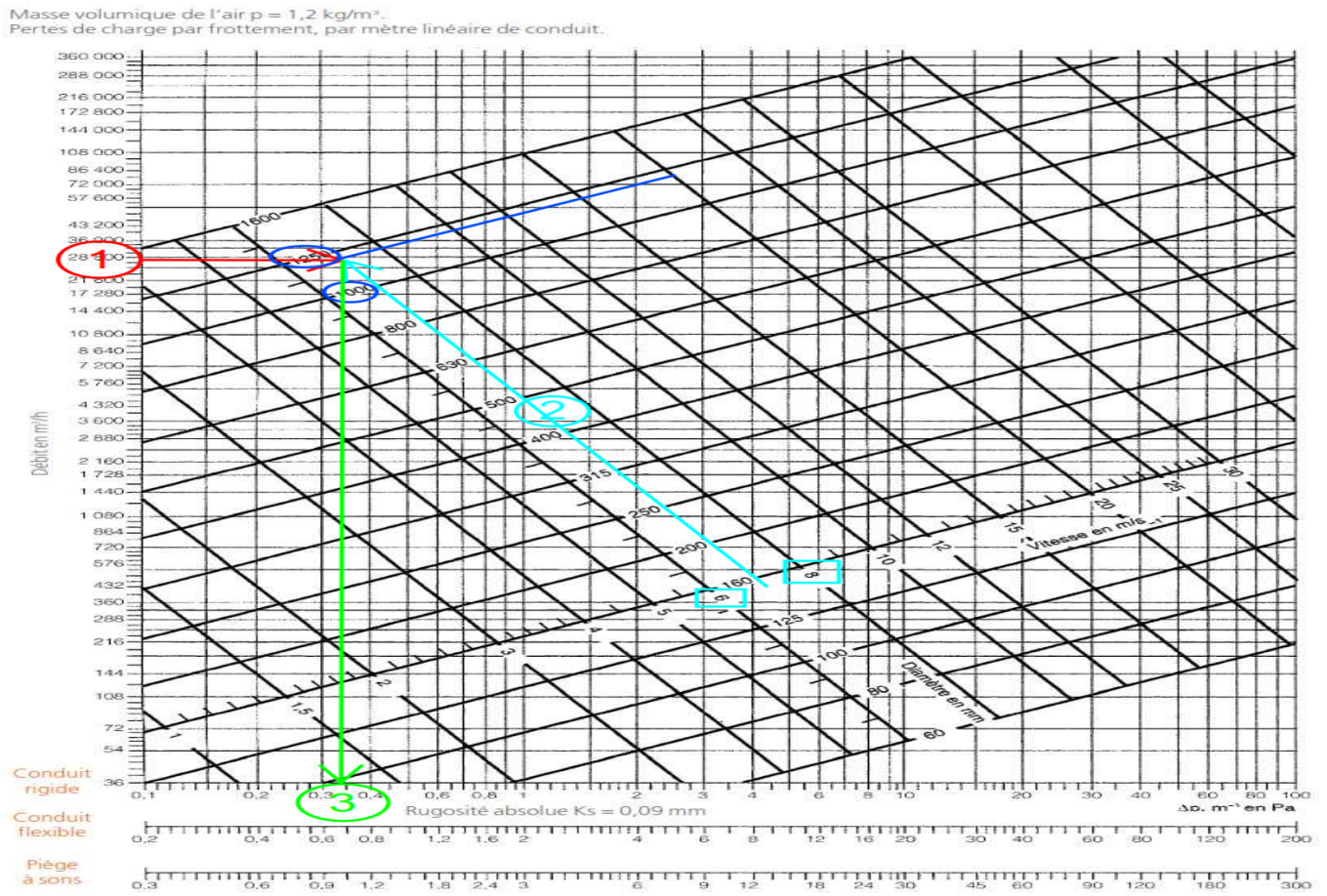


Figure V. 2 Abaque donnant les pertes de charges linéaire par mètre pour les différents diamètres[15]

Cette figure a été prise du logiciel AUTOCAD pour les deux réseaux soufflage et reprise de la CTA

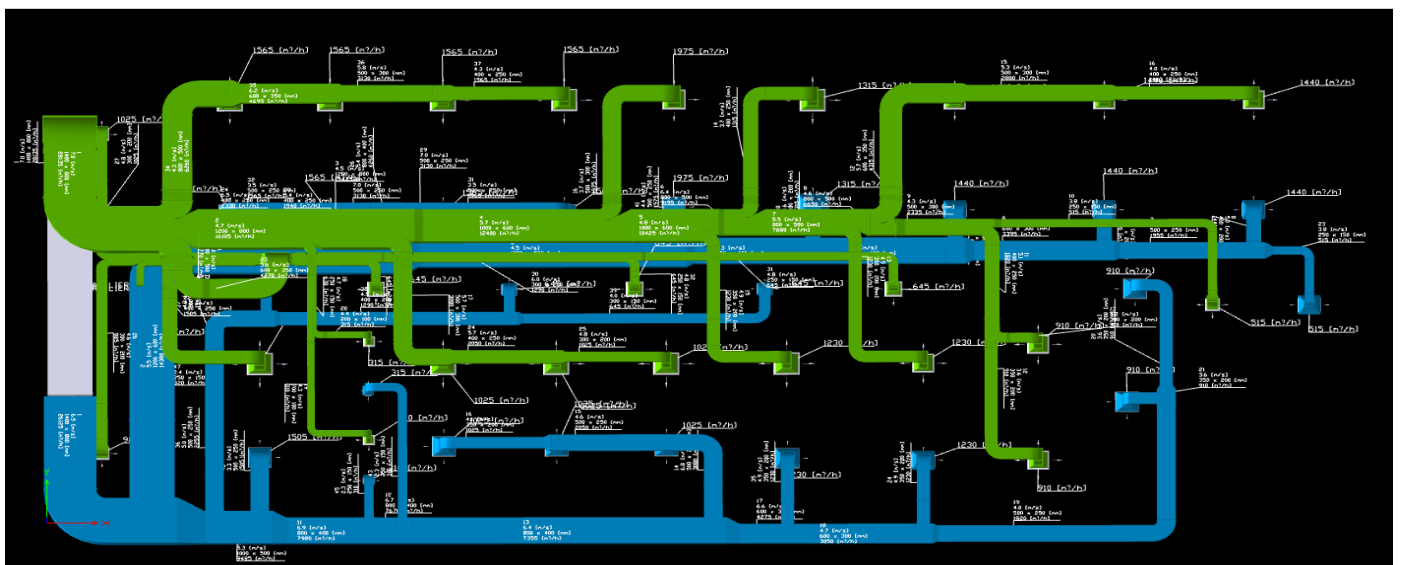


Figure V. 3 : Réseaux de gaine pour les deux réseaux soufflage et reprise de la CTA

<u>DONNEES DU CALCUL</u>			
Viscosité de l'air	[Pa*s]: 0.01816	Densité de l'air	[kg/m³]: 1.2
Revêtement interne	:	Epaisseur	[mm]: 0
Rugosité parois	[mm]: 0.15		
GAINES Rapport B/A: 0.5			
OPTIONS			
Type de calcul choisi : 0			
1 Perte de charge régulière [Pa/m]: 0.8			
2 Vitesse maximale dans les tronçons [m/s]: 7			
3 Vitesse maximale dans les branches [m/s]: 5			
Calcul avec dimensions normalisées [O/N]: Oui			
4 Pas pour calcul avec dimensions non normalisées [mm]: 0			
5 Dimension minimale [mm]: 0			
6 Dimension maximale [mm]: 0			
LIMITES			
Déséquilibre mini. pour justifier l'équilibrage et l'insertion de registres sur les branches (Δp_{mc}) [Pa]: 10			
Déséquilibre mini. pour justifier l'équilibrage et l'insertion de registres sur les terminaux (Δp_{mic}) [Pa]: 10			
Perte de charge maximale admissible sur les registres des terminaux (Δp_{MT}) [Pa]: 0			
PERTE MAXIMALE			
Pression totale pour le parcours le plus défavorisé [Pa]: 131.34			
Pression statique pour le parcours le plus défavorisé [Pa]: 156.61			



PARCOURS LE PLUS DÉFAVORISÉ
000-001-02-03-04-05-06-07-08

Figure V. 3 Données de calculs prior pour les différents paramètres relie à le conduit

Tableau donnant le dimensionnement et les pertes de charge de la gaine de reprise

TRAIT	Type	Débit Q[m ³ /h]	Diam DouD _e [m]	Base A [mm]	Haut.B [mm]	Long.L [m]	Δp _f /L [Pa/]	Vit.V [m/s]	P.Dinam P _v [Pa]	Perte Δp _f [Pa]
1	Tronçon	26125	1146	1400	800	3.15	0.38	6.5	25.43	7.16
2	Tronçon	14380	914	1200	600	7.6	0.38	5.5	18.21	33.04
26	Tronçon	6260	609	800	400	1.36	0.6	5.4	17.55	7.76
29	Tronçon	3130	381	500	250	1.49	1.68	7	29.5	23.31
30	Terminal TRM-52	1565	381	500	250	1.2	0.46	1.2	7.37	22.94
31	Terminal TRM -51	1565	381	500	250	3.23	0.46	3.5	7.37	19.18
27	Tronçon	3130	381	500	250	1.51	1.69	7	29.5	23.35
28	Terminal TRM -53	3130	381	500	250	1.12	0.46	3.5	7.37	22.94
32	Terminal TRM -54	1565	381	500	250	2.64	0.46	3.5	7.37	18.19
3	Tronçon	8120	914	1200	600	7.63	0.32	0.4	12.19	13.15
4	Tronçon	6150	609	800	400	3.7	0.58	5.3	16.91	8.43
5	Tronçon	4830	609	800	400	3.78	0.37	4.2	10.62	6.29
34	Terminal TRM -48	1440	305	400	200	1.48	1.19	5	15.05	5.97
6	Tronçon	3395	457	600	300	3.96	0.79	5.2	16.28	9.44
25	Terminal TRM -48	1440	305	400	200	1.48	1.19	5	15.05	14.64
7	Tronçon	1955	381	500	250	3.97	0.7	4.3	11.13	12.22
8	Terminal TRM -48	1440	305	400	200	1.48	1.19	5	15.05	34.04
23	Terminal TRM -48	515	210	250	150	1.48	1.11	3.8	8.69	16.63
40	Terminal TRM -49	1315	305	400	200	1.6	1.01	4.6	12.74	-5.4
41	Terminal TRM -50	1975	381	500	250	1.59	0.7	4.4	11.65	-1.64
9	Tronçon	11740	762	1000	500	1.66	0.64	6.5	25.43	20.18
10	Tronçon	9485	762	100	500	1.2	0.43	5.3	16.91	7.22
11	Tronçon	7980	609	800	400	2.9	0.95	6.9	28.66	10.54
12	Tronçon	7670	609	800	400	0.89	0.88	6.7	27.02	2.58
13	Tronçon	7355	609	800	400	8.26	0.81	6.4	24.66	8.45

17	Tronçon	4275	457	600	300	1.98	1.22	6.6	26.22	17.69
35	Terminal TRM -55	1230	286	350	200	1.34	1.22	4.9	14.45	-0.89
18	Tronçon	3050	457	600	300	361	0.65	4.7	13.3	11.93
24	Terminal TRM -60	1230	286	350	200	1.28	1.21	4.9	14.45	9.86
19	Tronçon	1820	381	500	250	6.46	0.61	4	9.63	15.31
20	Terminal TRM -46	910	286	350	200	3.53	0.69	3.6	7.8	13.41
21	Terminal TRM -61	910	286	350	200	1.12	0.69	3.6	7.8	11.62
14	Tronçon	3080	381	500	200	1.72	1.63	6.8	27.84	31.63
15	Tronçon	2050	381	500	200	2.92	0.76	4.6	12.74	13.68
16	Terminal TRM -54	1025	286	350	200	1.12	0.26	4.1	10.12	13.75
22	Terminal TRM -55	1025	286	350	200	1.12	0.86	4.1	10.12	8
33	Terminal TRM -56	1025	286	350	200	1.12	0.86	4.1	10.12	-0.01
43	Terminal TRM -45	315	210	250	150	3.46	0.46	2.3	3.18	-15.19
45	Terminal TRM -44	315	210	250	150	1.14	0.44	2.3	3.18	-19.21
46	Terminal TRM -43	1505	381	500	250	1.39	0.42	3.2	6.56	-9.72
36	Tronçon	1505	381	500	200	4.53	0.91	5	15.05	-9.59
47	Terminal TRM -62	320	286	250	150	1.97	0.46	2.4	3.47	-7
37	Tronçon	1940	381	500	200	1.38	0.69	4.3	11.13	7.02
44	Terminal TRM -59	645	229	300	150	1.12	1.12	4	9.63	3.41
38	Tronçon	1290	381	500	250	6.47	0.97	4.5	12.19	12.53
42	Terminal TRM -58	645	229	300	150	1.12	1.12	4.5	12.19	11.24
39	Terminal TRM -57	645	229	300	150	1.12	1.12	4.5	12.19	21.82

Tableau V.1. Dimensionnement et les pertes de charge de la gaine de reprise

Tableau donnant le dimensionnement et les pertes de charge de la gaine de soufflage

TRAIT	Type	Débit Q [m³/h]	Diam.Dou D _e [mm]	Base [mm]	Haut [mm]	Long [m]	Δp _f /L [Pa/m]	Vit.V [m/s]	P.Dinam P _v [Pa]	PerteΔp _f [Pa]
1	Tronçon	28135	1146	1400	800	3.16	0.44	7	29.5	21.5
34	Tronçon	6260	687	800	500	4.23	0.33	4.3	11.13	25.21
35	Tronçon	4695	496	600	350	2.67	0.96	6.2	23.14	5.44
36	Tronçon	3130	420	500	300	3	1.04	5.8	20.25	9.07
38	Terminal TRM -3	1565	343	400	250	1.99	0.77	4.3	11.13	19.69
37	Terminal TRM -4	1565	343	400	250	1.99	0.77	4.3	11.13	18.52
39	Terminal TRM -2	1565	343	400	250	1.99	0.77	4.3	11.13	21.77
40	Terminal TRM -1	1565	343	400	250	1.99	0.77	4.3	11.13	14.48
21	Tronçon	5770	687	800	500	1.85	0.29	4	9063	21.96
29	Tronçon	1940	343	400	250	2.64	1.14	5.4	17.55	15.62
33	Terminal TRM -37	645	210	250	150	1.62	1.7	4.8	13.87	21.95
30	Tronçon	1290	266	300	200	6.88	1.92	6	21.67	16.71
37	Terminal TRM -37	645	210	250	150	1.62	1.7	4.8	13.87	23.13
31	Terminal TRM -37	645	210	250	150	6.88	1.7	4.8	13.87	33.46
24	Tronçon	2330	343	400	250	3.63	1.63	6.5	25.43	21.57
28	Terminal TRM -44	320	152	200	100	1.62	2.27	4.4	11.65	33.8
25	Tronçon	1025	266	300	200	2.93	1.24	4.7	13.3	4.73
27	Terminal TRM -40	1025	266	300	200	4.05	1.24	4.7	13.3	16.39
26	Terminal TRM -41	985	266	300	200	5.9	1.15	4.6	12.74	17.7
22	Terminal TRM -15	1975	420	500	300	2.95	0.44	3.7	8.24	65.85
2	Tronçon	16105	1066	1200	800	3.58	0.22	4.7	13.3	5.95
18	Tronçon	630	210	250	150	3.29	1.6	4.7	13.3	18.95

19	Terminal TRM -42	310	152	200	100	3.07	2.17	4.3	11.13	26.14
20	Terminal TRM -18	1350	343	400	250	2.94	0.56	3.7	8.24	70.69
3	Tronçon	15475	1066	1200	800	2.42	0.2	4.5	12.19	2.32
4	Tronçon	12400	976	1000	600	5.56	0.44	5.7	19.56	5.12
5	Tronçon	10425	840	1000	600	2.7	0.31	4.8	13.87	3.48
6	Tronçon	9195	687	800	500	0.99	0.68	6.4	24.66	2.75
7	Tronçon	7880	687	800	500	2.78	0.51	5.5	18.21	0.36
23	Terminal TRM -23	1230	286	350	200	3.98	1.21	4.9	14.45	31.09
8	Tronçon	6650	687	800	500	0.95	0.37	4.6	12.74	0.05
9	Tronçon	2335	420	500	300	2.69	0.6	4.3	11.13	4.33
10	Terminal TRM -	516	210	250	150	5.86	1.11	3.8	8.69	20.5
11	Tronçon	1820	343	400	250	2.82	1.02	5.1	15.66	61.83
13	Terminal TRM -24	1230	286	350	200	3.98	1.21	4.9	14.45	31.09
12	Tronçon	910	286	350	200	3.61	0.69	3.6	7.8	15.65
15	Terminal TRM -22	2880	420	500	300	3.98	0.88	5.3	16.91	8.56
16	Terminal TRM -32	1440	343	400	250	3.98	0.66	4	9.63	15
17	Terminal TRM -34	3080	420	500	300	2.82	1	5.7	19.56	15.65
14	Terminal TRM -19	4315	496	600	350	2.925	0.85	5.7	19.56	75.73

Tableau V.2 : donnant le dimensionnement et les pertes de charge de la gaine de soufflage

V.4.3. Calcul les pertes de charge pour les trois premiers tronçons[15]**Méthode du calcul**

Débit dans le tronçon

$$Q_i = m^3 / h \times \frac{1}{3600} = m^3 / s \dots\dots\dots (V-4)$$

Vitesse dans le tronçon

$$w_i = \frac{Q_i}{S_i} = m / s \dots\dots\dots (V-5)$$

Pression dynamique

$$P_d = \frac{1}{2} \times \rho \times w_i^2 \dots\dots\dots (V-6)$$

Pertes de charge singulière

$$d_{\text{sing}} = \xi \ 1 / 2 \rho w_i^2 \dots\dots\dots (V-7)$$

Pertes de charge statique

$$\Delta P_s = \sum (j_i \times L_i) + \sum \left(\xi \frac{\rho}{2} w_i^2 \right) \dots\dots\dots (V-8)$$

Pertes de charge statique du ventilateur

$$P_{SV} = P_s + P_{SB} \dots\dots\dots (V-9)$$

Pertes de charge total

$$P_T = P_s + P_d \dots\dots\dots (V-10)$$

Pour tronçon 01 $j_1 = 0.38 \text{ pa/m}$ $L_1 = 3.15 \text{ m}$ $d_{\acute{e}1} = 1.14 \text{ m}$ $\xi = 0.201$

$$Q_1 = \frac{26125}{3600} = 7.25 \text{ m}^3/\text{s} \quad S_1 = 1.4 \times 0.8 = 1.12 \text{ m}^2 \quad w_1 = \frac{7.25}{1.12} = 6.5 \text{ m/s}$$

$$P_{d1} = \frac{1}{2} \times 1.2 \times (6.5)^2 = 25.35 \text{ pa}$$

$$d_{sing1} = 0.20 \times 25.35 = 5.10 \text{ pa}$$

$$\Delta P_{l1} = 0.38 \times 3.15 = 1.2 \text{ pa}$$

$$\Delta P_{l2} = 0.38 \times 2.18 = 0.83$$

$$\Delta P_{ST1} = 5.10 + 1.2 + 0.83 = 7.16 \text{ pa}$$

Pour tronçon 02

$j_1 = 0.38 \text{ pa/m}$ $L_1 = 7.6 \text{ m}$ $d_{\acute{e}1} = 0.91 \text{ m}$ $\xi_1 = 1.32$ $\xi_2 = 0.201$

$$Q_1 = \frac{14380}{3600} = 3.99 \text{ m}^3/\text{s} \quad S_1 = 1.2 \times 0.6 = 0.72 \text{ m}^2 \quad w_1 = \frac{3.99}{0.72} = 5.5 \text{ m/s}$$

$$P_{d1} = \frac{1}{2} \times 1.2 \times (5.5)^2 = 18.15 \text{ pa}$$

$$d_{sing1} = 0.201 \times 18.15 = 3.72 \text{ pa}$$

$$d_{sing2} = 1.32 \times 18.15 = 24.06 \text{ pa}$$

$$\Delta P_{l1} = 0.38 \times 7.6 = 2.88 \text{ pa}$$

$$\Delta P_{l2} = 0.38 \times 6.26 = 2.37 \text{ pa}$$

$$\Delta P_{ST1} = 2.88 + 2.37 + 24.06 + 3.72 = 33.03 \text{ pa}$$

Pour tronçon 26 $j_1 = 0.6 \text{ pa/m}$ $L_1 = 1.36\text{m}$ $d_{e1} = 0.6\text{m}$ $\xi = 0.39$

$$Q_1 = \frac{6260}{3600} = 1.73 \text{ m}^3/\text{s} \quad S_1 = 0.8 \times 0.4 = 0.32\text{m}^2 \quad w_1 = \frac{1.73}{0.32} = 5.4 \text{ m/s}$$

$$P_{d1} = \frac{1}{2} \times 1.2 \times (5.4)^2 = 17.49\text{pa}$$

$$d_{sing1} = 0.39 \times 17.49 = 6.95\text{pa}$$

$$\Delta P_{l1} = 0.6 \times 1.36 = 0.81\text{pa}$$

$$\Delta P_{ST26} = 6.95 + 0.81 = 7.76\text{pa}$$

Pertes de charge totale

$$\Delta P_T = \Delta P_{ST1} + \Delta P_{ST2} + \Delta P_{ST26}$$

$$\Delta P_T = 7.16 + 33.03 + 7.76 = 47.95 \text{ pa}$$

TRAIT	Type	Débit Q	Diam. D ou D _e	Base A	Haut. B	Long. L	$\Delta p_f/L$	Vit. V	P.Dinam P_x	Perte Δp_f
N°	Tronçon	[m³/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]
1	Tronçon	26125	1146	1400	800	3.15	0.38	6.5	25.43	7.16
2	Tronçon	14380	914	1200	600	7.6	0.38	5.5	18.21	33.04
26	Tronçon	6260	609	800	400	1.36	0.6	5.4	17.55	7.76
ΔP_T										47.95

Tableau V.3 : Calcul des pertes de charges totales pour les trois premiers tronçons reprise



Conclusion générale

Ce travail nous a permis de mener à bien une étude sur l'usine de fabrication de produits pharmaceutiques, les calculs des bilans thermiques et aérauliques selon les normes et exigences de l'installation ont été réalisés.

Le système de traitement de l'air et climatisation des locaux et les conditions de confort et de sécurité des personnels répond aux normes et exigences de l'usine.

Les caractéristiques de la CTA et le calcul des puissances des batteries chaudes et froides ont été déterminées, afin de faire un bon choix des filtres et ventilateurs ainsi que les consommations des équipements de climatisation de l'air de notre usine de médicament.

Les équipements de l'industrie pharmaceutique sont de plus en plus performants. Il on résulte un meilleur confort de manipulation, une plus grande sécurité, une meilleure productivité, Alors les conditions d'ambiance des salles blanches tel que le système de traitement d'air, le refroidissement, l'humidification et déshumidification doit être respecter.

Enfin, les perspectives, le calcul de cette installation être compléter avec le calcul technico-économique, et les spécifications du matériel pour une future réalisation ainsi l'impact de la réalisation de ce projet sur l'environnement.

Bibliographie

[1] : Conception des installations et équipements pour salles propres.
JACK BOSSARD.2011

[2] : Guide OMS des normes relatives aux bonnes pratiques de fabrication
(BPF), Organisation mondiale de la Santé, Partie 2 : Validation

[3] : la classification de la propreté particulaire et la qualification des zones
a atmosphère contrôlées .thèse .**CALLEWAERT REGIS .juillet 2015.**

[4] : aspect pour la prévention et l'étude de la Contamination .**SYLVIE
VANDRIESSCHE.**

[5] : TUV Rheinland France SAS-**ANNICK OLIVIER-LAMARQUE.2009.**

[6] : Aide-mémoire Génie climatique 2 édition. **JEAN DESMONS.**

[7] : DGS/DHOS - Projet de recommandations sur les prélèvements
Microbiologique d'environnement en milieu hospitalier (décembre
2001)

[8] : froid et climatisation-ressources formatives-diagramme
psychrométrique. **F.CABEZA. Mai 2002**

[9] : salle propre ISO 14644-Denys Durand-Viel. Juin 2009.

[10] : Document Technique Réglementaire (D.T.R. C 3-4).1998.

[11] : la filtration de l'air. Camfil. Avril 2014

[12] : les différentes composantes de la CTA.**ABCCLIM.2016**

[13] www.bruxellesenvironnement.be , Bruxelles Environnement-IBGE
Département chauffage et climatisation PEB

[14] : Etude des réseaux d'air Souillac B.T.S. E.T.E.Daniel Rocher. 1998

[15] : **H. RECKNAGEL E. SPRENGER • E.-R. SCHRAMEK GÉNIE
CLIMATIQUE - 5e édition.2013**

Résumé

L'objet de notre travail est de calculer les bilans thermique et aérauliques, afin de faire un bon choix d'équipements pour l'installation de notre centrale de traitement d'air (CTA) pour une usine de fabrication parapharmaceutique. La méthode de calcul utilisée est la méthode des Apports Thermique pour les bilans thermique et la méthode des pertes de charge constante.

Les résultats obtenus sont comparé avec les normes ISO 14644-1 applicables au calcul des salles blanches.

Mots clés : ventilation, bilan thermique, salle Blanche, pertes de charges aéraulique.

Abstract

The aim of this work is to calculate the heat balances and aeraulic, in order to make a good choice of equipment for the installation of our power station of Air treatment (CTA) for factory parapharmaceutic. Thermal method of the Contributions for the heat balances and the pressure losses constant method are used in this work.

The results obtained are compared to with standards ISO 14644-1 which is used to calculate the clean rooms.

Key words: ventilation, heat balance, clean room, aeraulic pressure loss.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو حساب موازين الحرارة و ايروليكي، من أجل جعل خيارا جيدا من المعدات لتركييب محطة الطاقة لدينا من معالجة الهواء (CTA) لمصنع بارافارماسوتيك. يتم استخدام الطريقة الحرارية للإسهام في الموازين الحرارية وطريقة فقدان الضغط الثابت في هذا العمل.

تتم مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع المعايير ISO 1-14644 التي تستخدم لحساب غرف نظيفة.

الكلمات المفتاحية: التهوية، توازن الحرارة، غرفة نظيفة، فقدان الضغط الهوائي.