Républiques Algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de recherche scientifique

Université YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de technologie

Filière génie civil

Option: équipement de l'habitat

PROJET DE FIN D'ÉTUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME MASTR EN EQUIPEMENT DE L'HABITAT

THEME :

ÉTUDE DU CONDITIONNEMENT D'AIR DANS UN LABORATOIR INFORMATIQUE

Réaliser par :

MOUSSAOUI IKRAM

SEHIL HADJIRA

Encadré par :

Dr : REBHI. R

Dr. ALLICHE. M

2019/2020

Remerciements

Tout d'abord, louange à « Allah » qui nous a guidé sur le droit chemin tout aulong du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes reflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

On tient à exprimer nos vifs remerciements à **Monsieur REBHI** notre encadreur pour avoir proposé ce thème et qui nous a ouvert les portes de la recherche scientifique.

On remercie chaleureusement, les membres de jury d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examinateur.

On remercie tous les enseignants du département du génie méeanique en particulier**Monsieur ZIRARI** le chef de notre département.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes quiont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

A tous. On vous dit merci.

De la part de :

MOUSSAOUI IKRAM

SCHIL HADJIRA

DÉDICACE

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur àceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance duranttoute notre existence.

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de celong chemin, a la lumière de ma vie mama qui a été à mes côtés et ma soutenue durant toutema vie, et mon chère papa qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis.

A toute ma famille, ma sœur Hadil et mon frère Krimo, ma cousine Sirine mes amies.

A mon fiancé qui m'as toujours encouragé que cet ouvrage soit pour eux une base afin qu'ils fassent mieux !

Je vous aime

Ikram

DÉDICACE

Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux.

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la Patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à :

Mes très chère parents « ALLAL et DJAMILA » qui m'ont soutenu et encouragé durant toute ma vie.

Mon frère « YAEKOUB»

Mes sœurs «CHAYMAEE, SOMIA, KHAOULA et HADIL»

Mon fiançais «AMINE»

Les enfants « LOJAINE»

A toute ma famille « SEHIL »

Mon binôme« IKRAM MOUSSAOUI»

Tous mes amis, en particulier DJAMILA, WARDA, SIHEM, FERIEL et AHLEM.

Toute la promotion GENE CLIMATIQUE 2020.

Tous mes collèges sans exception.

A vous …merci

HADJIRA

ملخص

يجب على السكان توفير الراحة الحرارية التي تلبي متطلبات المكاتب الحديثة في الجزائر،تتعلق هده الدراسة بالمحاكاة العددية للحمل القسري في المكتب هدا الاخير يحلل توزيع درجات الحرارة على تاثير اجهزة الكمبيوتر و العاملين من خلال مجموعة من الشروط الحدودية، يتم حل المعادلة التي تتفاعل مع ظاهرة الحمل القسري عدديا. درسنا تأثير درجة الحرارة عتى توزيع السرعة و الحرارة.

الكلمات المفتاحية: النقل الحراري، التكييف، محاكاة رقمية، التهوية

Abstract

Populations must provide thermal comfort that meets the requirements of modern office in Algeria. This study concerns the numerical simulation of forced convection in an office. This last analyzes the distribution of temperature on the effect of computers and workers by a set of boundary conditions. The system of equation which reacts to the phone on of forced convection is solved numeric all through CFD simulations using a commercial computation code ANSYS-CFX.We studied the influence of temperature in the speed distribution.

Key words: thermal Transfer, air conditioning, numerical simulation, ventilation

Résumé

Les populations doivent encore fournir le confort thermique qui répond aux exigences du bureau moderne en Algérie. Cette étude concerne la simulation numérique dans un laboratoire informatique. Ce dernier analyse la distribution de la température sur l'effet des ordinateurs et des travailleurs par un ensemble des conditions limites. Le système d'équation qui régit le phénomène de la convection forcée est résolu numériquement grâce à des simulations CFD. On a étudié l'influence de la température sur la distribution de vitesse

Mots clés : transfert thermique, conditionnement d'air, simulation numérique, ventilation.

Nomenclature

SIGNE	NOMINALE DE SIGNE	UNITE
$q_x^{"}$	Densité de flux de chaleur dans la direction x	W /m²
K	Conductivité thermique de milieu	W / (m .K)
T	Température	(k, c)
X	Position axiale	m
Φ	Flux de chaleur transmis par convection	w
h	Coefficient de transfert	W / m-2K-1
?P	Température de surface d'échange	K, °C
?∞	Température de fluide loi de ma surface d'échange	K, °C
S	Aire de la surface d'échange solide/ fluide	m²
σ_w	constante	M.K
λ	Longueur d'onde	μm
C_1	Constante de Planck	$w \ . \mu^4 m^{-2}$
C_2	constante de Stefan-Boltzmann	$\mu.K$
C	vitesse de la lumière	m/s
V	Vitesse moyenne d'écoulement	m²/s
D	le diamètre intérieur du tube	m
ν	la viscosité cinématique	(m/s)
ρ	La masse volumique	kg
TSe	Température sèche de l'air extérieur à l'heure t.	°C
TSb, e	Température sèche de base de l'air extérieur,	°C
CTS	Coefficient correcteur	-
C	vitesse de la lumière	m/s
μ	la viscosité dynamique	Kg /m .s

Liste des figures

figure	Désignation	page
Figure 1.1	Géométrie du domaine d'étude	7
Figure 1.2	Un jet de fluide laminaire d'un disque circulaire muni d'une couche poreuse.	8
Figure 1.3	Schéma du capteur	11
Figure 2.1	Schéma représentant le phénomène de transfert thermique	14
Figure 2.2	Principe de la conduction	15
Figure 2 .3	Loi de Fourier	16
Figure 2.4	Principe de la convection	19
Figure 2.5	Loi de Newton	21
Figure 2.6	Principe physique de la convection naturelle entre deux plaques planes horizontales	22
Figure 2.7	Phénomènes de la convection forcée.	23
Figure 2.8	Convection mixte sur une plaque verticale	24
Figure 2.9	Les différents flux au niveau de la surface d'un corps opaque	25
Figure2.10	Expérience de Reynolds	28
Figure 3.1	Installation de conditionnement d'air.	31
Figure 3.2	Installation de traitement d'air.	33
Figure 3.3	Installation de climatisation	35
Figure 3.4	Action du vent sur les bâtiments	40
Figure 3.5	Effet du tirage thermique dans les bâtiments	41
Figure 4.1	les modules principaux du CFX.	46
Figure 4.2	Domaine de calcul	46
Figure 4.3	Interface graphique du module CFX-pre.	47
Figure 4.4	Interface graphique du module CFX-post.	49
Figure 5.1	Problème physique	50
Figure 5.2	Les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une Vitesse u=0.5m/s.	52
Figure 5.3	Les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une Vitesse u=1.0m/s.	53
Figure 5.4	Les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une Vitesse u=3.0m/s.	55
Figure 5.5	Les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une Vitesse u=5.0m/s.	56
Figure 5.6	Les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une Vitesse u=7.0m/s	57

Figure 5.7	Les profils de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=0.3m et z=0.5m) dans le plan x=0.8m	58
Figure 5.8	Profil de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=1.0m) dans le plan x=0.8m	59
Figure 5.9	Profil de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=1.5m) dans le plan x=0.8m.	59
Figure5.10	Profil de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=2m) dans le plan x=0.8m	59
Figure5.11	Le profil de la température T=f(y) pour différentes postions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et une vitesse (u=0.5 m/s) dans le plan x=0.8m.	60
Figure5.12	Le profil de la température T=f(y) pour différentes postions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et une vitesse (u=1.0 m/s) dans le plan x=0.8m.	60
Figure5.13	Les profils de la température T=f(y) pour différentes postions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et différentes vitesses (u=0.5 et 3.0m/s) dans le plan x=0.8m.	61
Figure5.14	Le profil de la température T=f(y) pour différentes postions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et une vitesse de 7.0m/s dans le plan x=0.8m.	61

Liste des tableaux

Tableau2.1	La conductivité thermique de quelques matériaux	19
Tableau2.2	Détermination du coefficient h par connaissance des caractéristiques du fluide	21

Sommaire

	Introduction général	1
	CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
	1.1. Généralités	4
	1.2: conditionnement d'air	4
	1.2.1: définition de climatisation	4
	1.2.2 : Généralités sur l'air et l'atmosphère	5
	1. 3: la ventilation	5
	1.3.1 : Nécessité de la ventilation	5
	1. Pour le confort	5
	1.1 : Définition	5
	1.2 : Confort respiratoire	5
	1.3 : Confort thermique	6
	1.4 : Pour la santé	6
	1.5 : Revue bibliographique	6
	1.6 : conclusion	12
	CHAPITRE 2 : GENERALITE	
	2.1 : introduction	13
	2 .2 : Mécanismes du transfert de chaleur	13
	2 .2.1 : La conduction	14
	2.2.1.1 : Loi de Fourier	15
	2 .2.1.2 : La conductivité thermique et ses valeurs expérimentales	17
	2 .2.2 : La convection	18
	2 .2.2.1 : Domaines d'application du transfert de chaleur par convection	19
	2 .2.2.2 : Loi de newton	19
	2 .2.2.3 : Détermination du coefficient h	20
	a. Première loi de Newton ou principe de l'inertie	21
	b .deuxième loi de Newton	21
	c.Troisième loi de Newton	21
	2.2.2.4 : Types de transfert de chaleur par convection	21
	2.2.2.4.1 : Convection naturelle	21
	2.2.2.4.2 : Convection forcée	22
	2.2.2.4.3 : Convection mixte	23
	2 .2.3 : Le rayonnement	24
	2.2.3.1 : Le corps noir	24
	2.2.3.2 : La loi de Stefan-Boltzmann	25
	2.2.3.3 : La loi de Planck	25
	2.2.3.4 : Loi de Wien	26
	2.3 : Quelques éléments de bases	26
	1-La température	26
	2-L'humidité de l'air	26

	3- L'air humide	27
	4- Le Nombre de Nusselt	27
	5- Le nombre de Reynolds	27
	a. Expérience de Reynolds	27
	3. Conclusion	28
	CHAPITRE 3 : CONDITIONNEMENT D'AIR	
	3.1 : Conditionnement de l'air et climatisation	30
	3.1.1 : Conditionnement	30
	3.2 : Les conditions de base	30
	3.2.1 : Caractéristiques de bases de l'air extérieur	30
	3.2.2 : Caractéristiques de bases de l'air intérieur	31
	3.3 : Installations de traitement d'air	32
	3.4 : Climatisation	33
	3.4.1 : Définition	33
	3.4.2 : Principe de fonctionnement d'un système de climatisation	34
	3.4.3 : Composant d'un' installation de climatisation	35
	3.4.3.1 : Condenseur	35
	3.4.3.2 : Evaporateur	36
	3.4.3.3 : Compresseur	36
	3.4.3.4 : Détendeur	36
	3.5 : La ventilation	36
	3.5.1 : Introduction	36
	3.5.2 : Pourquoi aérer ou ventiler	37
	3.5.3 : Comment faire la ventilation ou l'aération	37
	3.5.4: Les types de la ventilation	38
	3.5.4.1 : Ventilation mécanique	38
	3.5.4 .2 : Ventilation Naturel	38
	a .Le vent	39
	b . Le tirage thermique	40
	conclusion	40
	CHAPITRE 4 : ETUDE NUMERIQUE	
	4.1.1. Introduction	41
	4.2 La mécanique des fluides numériques(MFN)	41
	4.2.1 Méthodes de travail	42
	4.2.2. Applications de la CFD	43
	4.2.3. Méthodes de discrétisation	43
	4.2.3.1. Méthodes de différences finies	43
	4.2.3.2. Méthode de volumes finis	43
	4.2.3.3. Méthode des éléments finis	43
	4.2.4. Principe de la méthode des volumes finis	43
	4.3. ANSYS, In	44

	4.3.1. Principaux produits	44
	4.3.2. Les modules d'ANSYS	44
	4.4. ANSYS CFX	44
	4.5. Environnements logiciels	45
	a .ANSYS Classique	45
	b.ANSYS Workbench	45
	4.6. Mettre en place une simulation à l'aide d'ANSYSCFX se fait en 4 étapes	45
	4.6.1 ANSYS ICEM	46
	4.6.2. CFX-pre	46
	4.6.3. CFX-solve	48
	4.6.4. CFX-post	48
	CHAPITRE 5 : RESULTAT ET DISCUSSION	
	5.1. Introduction	50
	5.2. Modèle physique	50
	1. Conditions limites INLET	50
	2. Conditions limites Opening	50
	3. Condition limite des travailleurs	51
	4. Les conditions aux limites des moniteurs	51
	5. Les conditions aux limites des ordinateurs	51
	6. Les conditions aux limites d'admission	51
	5.3 .Résultats et discussion	51
	5.4 Analyse et évaluation des résultats	58
	Conclusion général	62

Introduction général

Introduction générale :

En 1902 le conditionnement d'air scientifique a pris naissance sous l'impulsion de l'ingénieur Américain Dr WELLIS HAVALAND CARRIER, depuis lors, le conditionnement d'air est utilisé en de nombreux endroits allant des simples magasins aux grands locaux d'habitation.

Quelques années plus tard le conditionnement parviendra en France pour un usage industriel, avec l'apparition des premières chambres froides.

L'utilisation de cette invention pour le bien être des personne avec le terme climatisation n'est que très récent, et c'est vers le début des années soixante qu'elle a fait ses premiers pas.

Aujourd'hui, la concurrence fait que, les techniques de fabrication et de production s'améliorent, la climatisation se démocratise, et de plus en plus, on trouve des appartements, des bureaux équipées avec de systèmes pour le bien-être de leurs occupants.

Outre, les tendances architecturales et l'aménagement des lieux de vie, impliquent aujourd'hui des apports thermiques qui n'existaient pas il y a seulement quelques années (baies vitrées, informatiques et machines électriques diverses).

On notera que l'un des buts de la climatisation consiste à améliorer les conditions de travail, et cela pendant toute l'année, en créant dans les locaux équipés un climat confortable.

Le thème du présent travail vise à étudier le conditionnement d'air dans un labo d'informatique chauffés ou rafraîchis (dans notre cas, ce sont des systèmes de ventilation, climatisation et le confort), et à préciser l'influence des systèmes sur la distribution des températures et des vitesses de l'air dans ce local. Pour cela, nous nous sommes attachés à visualiser les écoulements d'air et à connaître les champs de vitesse et de température à l'aide du code Ansys CFX.

Notre travail comporte une introduction générale, quatre chapitres et une conclusion générale.

2. Objectif du travail

L'objectif du présent travail est l'étude de conditionnement d'air dans un local (labo informatique), en utilisant une approche CFD à l'aide du code Ansys CFX. Les paramètres les

plus importants sont la géométrie de l'espace, les propriétés thermo physiques du fluide et les conditions aux limites thermiques.

3. Contenu du mémoire

Ce travail est composé en cinq chapitres.

Le premier chapitre consacré à une étude bibliographique.

Le deuxième chapitre contient une généralité sur le transfert de chaleur (conduction, convection et le rayonnement).

Le troisième chapitre contient une généralité sur le conditionnement d'air, la climatisation et la ventilation avec leurs installations.

Le quatrième chapitre consacré sur la modélisation numérique.

Le cinquième chapitre nous discuterons les résultats des simulations trouvées à l'aide de logiciel Ansys CFX.

Le mémoire se termine par une conclusion générale qui retrace le bilan de cette étude et les recommandations proposées pour la continuité de cette étude.

CHAPITR E 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQE

1.1. Généralités :

Les systèmes de conditionnement d'air font aujourd'hui partie intégrante de notre cadre de vie. Si le confort que ces systèmes apportent est indéniable, il s'accompagne d'un cout, notamment énergétique. Soutirer de la chaleur à une pièce pour en transmettre vers l'air extérieur, alors que cette pièce est plus fraîche, ne peut en effet résulter d'une transformation spontanée. Les travaux ici proposés vous permettent d'appréhender de façon expérimentale les notions de :

• psychrométrie de l'air, caractérisant la qualité de l'air conditionne et donc le confort apporté par l'installation;

• cycle thermodynamique, autorisant le transfert de chaleur depuis une source froide vers une source chaude. [1]

1.2: conditionnement d'air :

Le conditionnement d'air permet de recréer en altitude les mêmes conditions de vie et de confort qu'au sol .deux fonctions sont nécessaires pour assurer ces conditions : [2]

- La climatisation
- La ventilation

1.2.1: définition de climatisation :

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

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

L'objectif est de réaliser un microclimat intérieur confortable quelles que soient les conditions météorologiques extérieures et les apports de chaleur internes au local. Ces

conditions météorologiques et ces apports internes définissent les charges que doit équilibrer le système de climatisation, selon la période pour laquelle est conçu ce système, on parle de climatisation d'hiver, d'été ou annuelle.

1.2.2 : Généralités sur l'air et l'atmosphère :

L'atmosphère est un mélange de gaz et de particules qui entourent notre planète, l'atmosphère aux rôles principaux suivants:

- Permettre la vie du monde animal par l'oxygène quelle contient,
- Garantir une température compatible avec la vie à la surface de la Terre par la chaleur que ses gaz retiennent,
- Stopper les rayonnements solaires nocifs.

Sa composition chimique comprend pour l'essentiel, de l'azote (78%) de l'oxygène (21%), des gaz rares (Argon, Néon, Hélium...), la vapeur d'eau et de du dioxyde de carbone**. [3]**

1. 3: la ventilation :

La ventilation est le processus par lequel l'air intérieur est renouvelé par admission d'air neuf et par évacuation d'air vicié, à l'aide de moyens naturels ou mécaniques, dans le but d'assurer le confort des occupants. Pour cela on a commencé par un quelques notions sur les caractéristiques des différent type du système de ventilation. **[4]**

1.3.1 : Nécessité de la ventilation : [4]

1. Pour le confort :

1.1 : Définition :

Le confort est une notion globale: chaleur et froid, lumière, bruit, paysage, eau, verdure, prestige…. et autre, sont autant d'éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort. Le confort est également la sensation subjective qui n'existe pas en lui-même.

1.2 : Confort respiratoire :

La bonne qualité d'air intérieur traduit par la ventilation est importante pour les processus métaboliques et pour l'hygiène de chacun. La ventilation et la réduction des pollutions à la source sont les garantes d'une meilleure respiration et d'une meilleure santé. L'indicateur de

la qualité de l'air est donné dans certaines études par la concentration en dioxyde de carbone Il a été établi une plage de concentrations de dioxyde de carbone correspondant à une qualité d'air acceptable. Le dioxyde de carbone est produit par la respiration humaine, et sa concentration ne peut être réduite de façon significative que par une ventilation naturelle, ou artificielle suffisante. Le degré de ventilation nécessaire pour maintenir une faible teneur en dioxyde de carbone à l'intérieur permet également de réduire les concentrations d'autres polluants intérieurs et d'améliorer la qualité générale de l'air à l'intérieur.

1.3 : Confort thermique :

Dans les milieux bâtis, le confort thermique constitue une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires. L'environnement thermique est caractérisé par quatre grandeurs physiques (la température de l'air, l'intensité de rayonnement solaire, l'humidité et la vitesse de l'air). Ces variables réagissent avec l'activité et la vêture du corps humain pour établir son état thermique et constituent ensemble les six paramètres de base des échanges thermiques entre l'homme et son environnement.

1.4 : Pour la santé :

Certains éléments relatifs à l'environnement intérieur peuvent causer des troubles de santé. Ceux-ci peuvent varier en fonction de l'âge, du sexe, de l'état de santé,… mais surtout en fonction de la sensibilité de chacun. En plus, on peut distinguer les troubles de santé objectifs des troubles de santé subjectifs.

1.5 :Revue bibliographique :

Les différents travaux expérimentaux et numériques que nous allons exposer dans la section revue bibliographique, ont été réalisés afin d'étudier l'influence de plusieurs paramètres sur le conditionnement d'air dans un local.

Amirouche et **HAGANI[1] :** ont étudié l'identification des paramètres d'une loi de comportement d'un fluide non-Newtonien et leur implémentation dans le code CFD. Ils ont présentés une analyse théorique des écoulements non-Newtoniens dans une conduite pour le régime d'un écoulement laminaire et les résultats de simulation relatifs à l'écoulement des fluides Newtonien ou les différents résultats ont été présentés : les profils de vitesses et les coefficients de frottement pour un fluide non-Newtonien dans une conduite cylindrique toujours en régime d'écoulement laminaire.

Une étude du Comportement thermique d'un écoulement en convection forcée stationnaire avec le nano fluide (Figure I-1) a été faite par(**DJAOUD Houa).** Elle consiste en l'étude du transfert de chaleur par convection forcée, dans un canal vertical contenant deux ailettes conductrices sur sa paroi gauche à une température constante Tc, par contre la paroi droite est adiabatique. Il a utilisé la méthode des volumes finis à l'aide de code du calcul 'ANSYS 14.0'

DJAOUD a résulté que l'augmentation du nombre de Reynolds et de la fraction volumique a conduit à une amélioration du transfert de chaleur et que l'usage d'un nano fluide Cu-eau présente un taux de transfert de chaleur bien meilleur que celui du fluide de base.

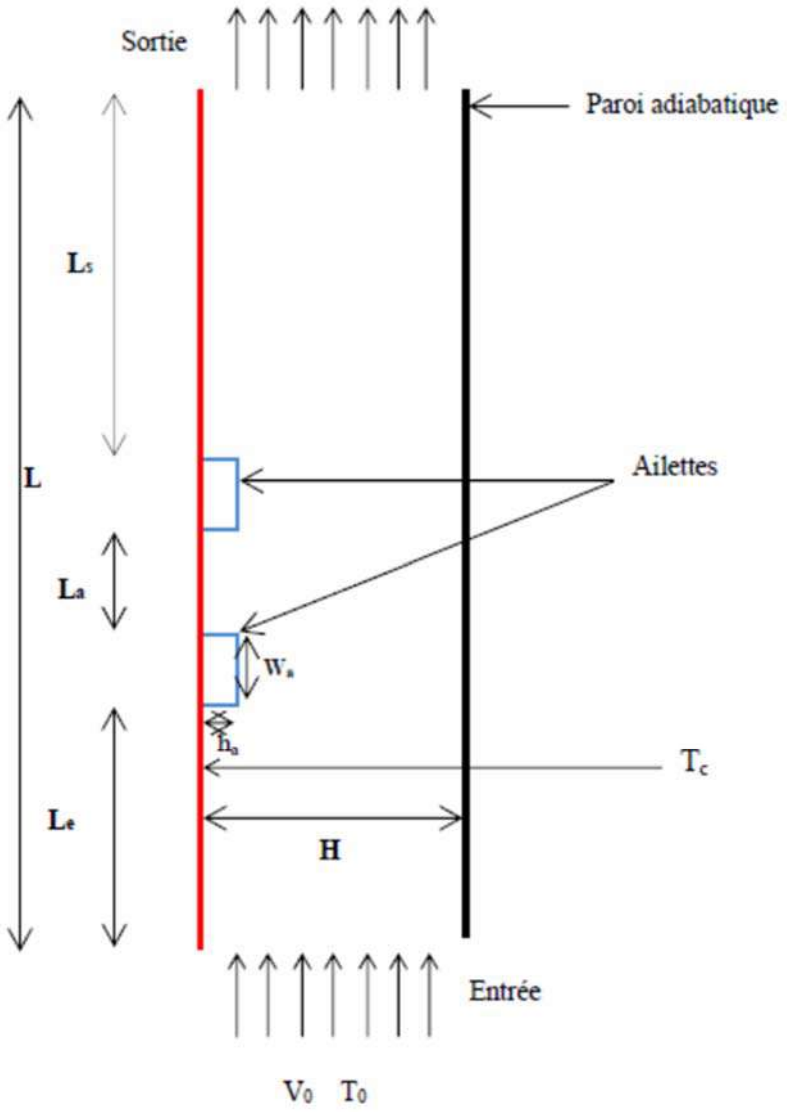


Figure 1.1: Géométrie du domaine d'étude.

BELAID et **OUYESSAD [2]:** on effectuées l'identification des paramètres d'une loi de comportement d'un fluide non -Newtonien et leur implémentation dans le code CFD. Elles

ont étudié l'influence des paramètres de la loi de comportement et le nombre de Reynolds sur la distribution de la vitesse ainsi sur la contrainte pariétale. Elles ont identifiées les mêmes paramètres pour une boue de forage (bentonite) et les résultats numériques par des résultats expérimentaux et analytiques.

Adnani Nassima[3]: a fait une étude numérique d'un jet libre impactant un disque muni d'une couche poreuse en présence d'un gradient thermique (Figure I-2). Elle a étudiée les caractéristiques de l'écoulement. Dans le but de voir l'influence de la couche poreuse ainsi que les autres paramètres qui dépendent du problème on varions le nombre de Darcy (Da), le nombre de Gras Hof (Gr), le rapport de forme (A1) et le rapport de conductivité thermique. Nassima a considéré la discrétisation des équations gouvernantes et l'algorithme SIMPLE pour la résolution des équations avec la méthode des volumes finis utilisée par le code Fluent.

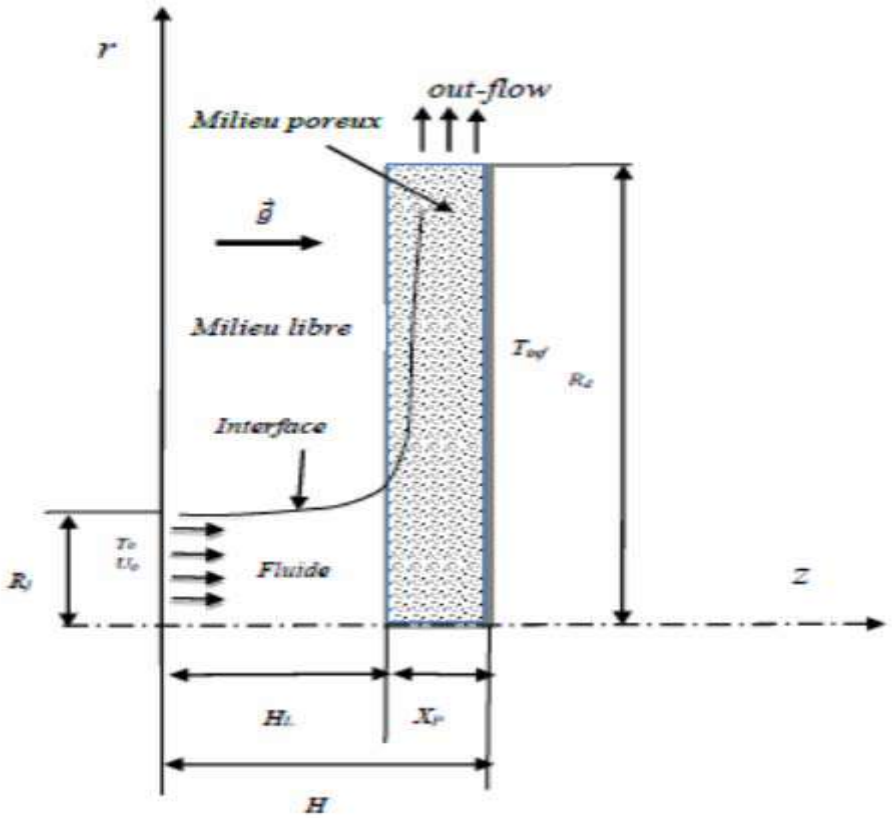


Figure1.2: un jet de fluide laminaire d'un disque circulaire muni d'une couche poreuse.

La conception d'un système de climatisation et de chauffage pour l'école située à Sariine, Békaa, Libana été étudié par **Rana ISMAIL [4].**

La détermination de différents types d'échange calorifique et de déperdition dans les locaux, par l'aide du logiciel HAP (Hourly Analyses Program) les catalogues des fournisseurs, et le cahier de charges renseignant sur les types de construction. Elle a résulté que l'étude écologique finale au niveau des émissions de Co_2 était nécessaire pour avoir une idée sur l'impact environnemental sur la durée de vie des équipements, satisfaire la dernière édition du code ASHRAE.

Jacques et Bouteloup [5] : ont analysé les déférents procédés modifiant la caractéristique de l'air, utilisé dans les installations de climatisation et de conditionnement d'air.

Ils ont poursuivi cet étude ont présente les productions thermique à eau chaude et à vapeur la production frigorifique avec au sans fluide intermédiaire, mais dont la finalité reste le traitement de l'air.

Cet ouvrage réalise un compromis entre la théorie et la technologie.les phénomènes physique sont uniquement étudies pour appréhender les problèmes rencontré dans la pratique. D'autre part, l'aspect technologique est souvent développé afin que les appareils ne restent pas des boite noire fonctionnelles .des exercices illustrent notre propos.

Herman recknagel [6] : a traité des données fondamentales que les applications du conditionnement d'air, de ventilation, du chauffage ou du froid Pratique.HERMAN a donné les méthodes et les données chiffrés pour la conception, l'installation et la maintenance des équipements. Outrela mise à jour de donnés chiffrés sur le calcul du cout des installations, le calcul des énergétiques et de la rentabilité et sur les outils de simulation cette cinquième édition langue français apporte d'importantes actualisation dans les partie suivantes :

- Chauffage
- Technique de ventilation et de climatisation
- Technique du froid.

Mestoui et Allag [7] : ont étudié numériquement la convection naturelle dans une enceinte de forme carrée bidimensionnelle stationnaire par un code commercial de calcule ANSYS CFX. Ils ont étudié les parois horizontales de l'enceinte et les parois verticales de

la cavité, à L'aide des équations différentielles non linéaire, l'équation de la conservation de la masse, L'équation de mouvement et l'équation de l'énergie .ils n'ont résulté que la conception d'un système de climatisation et de chauffage pour l'école à Sarine Bekaa.

Saheb et **Larab [8] :**ont étudié les différents genres d'aération des bâtiments tout en recherchant le plus préférée afin de s'assurer de la qualité d'aération et ainsi éviter tout genre de problème bruit et la somme de réparation et ensuite on a basé sur le comportement thermique que soit dans les endroits chauds et aussi les endroits froid tout en gardant pour but de faire une comparaison entre le "Turbulence modèle" (entre-autre montrer la difficulté de prédire d'une façon correct) avec la conviction naturelle(dans les cas des problèmes complexes) et ensuite localiser les endroits de prospérité d'une façon numérique ainsi faire la simulation de la circulation d'air à l'intérieur de une chambre sur différents niveaux de précision et essayer de montrer la dépendance de température ainsi la Pression et vitesse de l'air aux conditions préliminaires. Donc pour faire la simulation de comportement de l'air et savoir sa vitesse et son intervalle ainsi pour déterminer le degré et la pression de la température ils ont été obligé d'utiliser (FLUENT CFD RANS k-epsilon) et faire cela pour s'assurer de la crédibilité de ce travail dans lequel ils ont travaillés sur 5 exemple avec double dimension/dimensions binaires, et ils ont essayé de montrer le but d'utiliser une méthode par rapport à une autre tout en vison le mode CFD (Calcul de la dynamique des fluides) avec le mode de perturbation lié aux hypothèses qui est considérée comme le plus utiliser et cela par rapport à sa facilité d'utilisation numérique et la fiabilité de résultats par rapport à celle des résultats obtenue expérimentalement .

Benazziet**Bouchelit [9] :** Ont étudiée le circuit de ventilation d'une installation de climatisation une habitation.

Dans la première partie elles ont présentée quelques notions sur Les systèmes des ventilations dans les habitations.

Dans la deuxième partie, elles ont présenté les différents principes des installations des ventilations et traitement d'air pour l'hiver comme pour l'été. Elles ont ensuite procéder à une simulation avec les logiciels Fluent et Gambit pour s'assurer de l'uniformité de la température se trouvant au sein de notre bâtisse et procurer le confort pour occupants.

Certains auteurs se sont intéressé à vérifier le capteur solaire plan à double passes : cas d'un fluide semi transparent par la modélisation et simulation numérique. Parmi ces travaux

on peut citer l'analyse de **HAMICI** et **NAIT IDIR[10]**,la (figure I-3) montre le schéma du capteur étudié. Le code de calcul Fluent a été utilisé pour résoudre les équations del'écoulement en régime stationnaire. Ils ont résulté que le nombre de Reynolds, le canal d'entrée, le rayonnement, la hauteur d'entrée ainsi que l'insertion d'ailettes ont un effet considérable sur l'écoulement et le champ thermique.

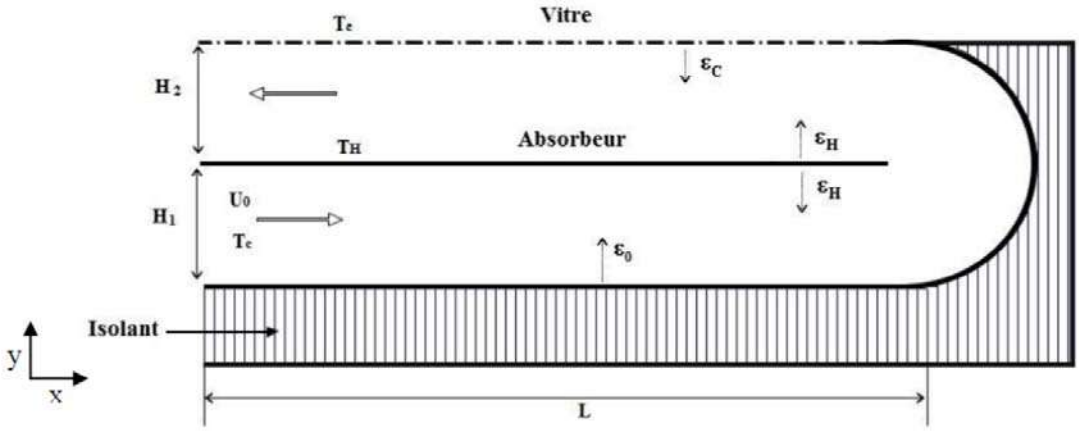


Figure 1.3 : Schéma du capteur.

Erik HOUNGNINOU[11] : à réaliser une étude du système de climatisation Volume Réfrigérant variable (VRV) pour le siège de l'UEMOA à Ouagadougou (figure I-4), qui est basé sur le dimensionnement du système de traitement pour l'immeuble. Ce dernier est déterminé par un bilan thermique de 156 bureaux et à leur répartition en six (06) grandes zones de climatisation.

D'après cette étude, il ressort l'impact environnemental par le remplacement du système de climatisation centralisée à eau glacée par le système VRD.

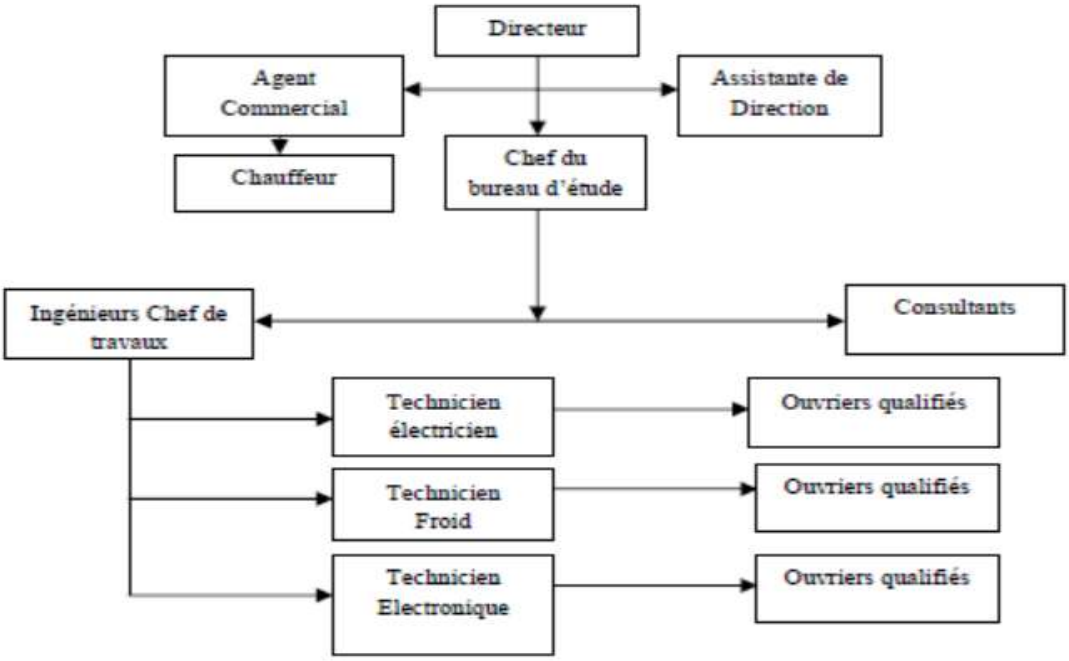


Figure 1.4 : L'organigramme de l'entreprise **HILEC** et **CO SARL.**

Conclusion :

L'étude bibliographique que nous avons présenté montre que l'ensemble des travaux tant que numérique qu'expérimentaux, sont réalisés sur le conditionnement d'air, la climatisation et la ventilation et déférents méthodes pour amélioré le confort.

Le conditionnement d'air consiste à préparer et contrôler d'une façon continue une certaine quantité d'air dans un local dont les caractéristiques. Sont telle que les conditions d'ambiance de locale sont assurées et ce dernier porte sur la température de l'air, son humidité, son renouvellement et sa pureté.

Dans le but de réaliser un bon confort thermique, on a étudié la circulation du flux d'air dans une enceinte par le système du conditionnement d'air.

2 .1 Introduction :

La thermodynamique nous apprend que l'énergie peut être transférée à partir d'interactions entre le système et son environnement, sous forme de chaleur et de travail. Cependant, la thermodynamique ne se préoccupe que de l'état initial et de l'état final du système à l'équilibre, et ne fournit aucune information sur la nature des interactions mises en jeu et sur l'évolution temporelle du système entre les deux états d'équilibre. [9]

Les procédés utilisés dans l'industrie sont très souvent le siège d'échanges de chaleur (fours, échangeurs de chaleur, induction, refroidissement, chauffage). Les phénomènes de transfert thermique et en particulier de la chaleur, ont une importance décisive pour l'étude et le fonctionnement des appareils tels que ; les générateurs de vapeur, les fours, les échangeurs de chaleur, les condenseurs, ….etc. En raison de développement rapide de l'industrie et l'accroissement de la demande et du prix de l'énergie, l'utilisation efficace d'une installation (d'échange de chaleur) pour une dépense d'énergie minimale est le but recherché dans tous les cas. [10]

Le transfert thermique est la science qui tente à prédire le transfert d'énergie entre les molécules ou les particules de la matière à différentes températures. Le but est d'expliquer la manière et de prédire le taux d'échange de la chaleur sous certaines conditions spécifiques. Il complémente les deux premiers principes de la thermodynamique par des lois expérimentales additionnels afin d'établir les proportions de transfert d'énergie. [10]

2 .2 Mécanismes du transfert de chaleur :

Le transfert de chaleur est l'un des modes, les plus connus d'échange d'énergie. Lorsqu'il existe une différence de température entre deux points d'un système à des températures différentes sont mises en contact, on constate une tendance à l'égalisation des températures. On dit qu'il y'a transfert de chaleur.

Le transfert de chaleur obéit aux principes fondamentaux de la thermodynamique, mais les lois de la thermodynamique ne suffisent pas pour expliquer de quelle manière s'effectue le transfert de chaleur ou pour prévoir la vitesse de ce transfert. Le transfert de chaleur est donc régit par d'autres pois, très importantes dans différentes branches de l'industrie. Citons par exemple pour le génie chimique.

La conception et le fonctionnement des évaporateurs, des condenseurs, des échangeurs entre fluide chaud et froid, des colonnes a distillation, des réacteurs, etc…

Pour l'ingénieur de génie chimique les problèmes des transferts thermiques se ramènent généralement à l'une ou l'autre de ces deux formes :

1. Rechercher la manière la plus efficace de transmettre une quantité de donné de chaleur entre deux systèmes par unités de temps.
2. Rechercher comment limiter les déperditions (ou les gains) calorifiques à travers une surface. [11]

Il existe trois modes de transfert de chaleur :

- ❖ la conduction
- ❖ le rayonnement
- ❖ la convection.

La conduction implique un contact physique ente les corps ou les parties des corps échangeant de la chaleur, alors que le rayonnement ne nécessite ni contact ni présence d'aucune matière entre les deux corps. La convection se produit lorsqu'un liquide ou gaz est en contact avec une source plus chaude ; il se produit alors un mouvement d'ensemble de molécules du fluide transportant la chaleur vers les zones les plus froides. [12]

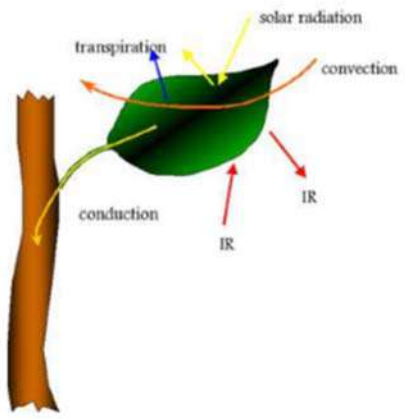


Figure 2.1 : schéma représentant le phénomène de transfert thermique.

2 .2.1 La conduction :

Ce transfert d'énergie thermique, qui ne nécessite pas de mouvement macroscopique de la matière, est créé par:

- l'agitation moléculaire (dans les gaz et les liquides)

- les vibrations des réseaux cristallins (dans les solides non-conducteurs)
- le déplacement d'électrons libres (dans les métaux conducteurs) [13]

Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) propose en 1822 la loi de la conduction connue maintenant sous le nom de loi de Fourier. Cette relation indique que le flux de chaleur est proportionnel au gradient de la température et se fait dans la direction des températures décroissantes. Dans le cas d'une conduction unidirectionnelle suivant l'axe des x, la loi de Fourier s'écrit:[13]

$$q''_x = -k\frac{dt}{dx} \quad \textbf{(2.1)}$$

q''_x : Densité de flux de chaleur dans la direction x W/m2

k : conductivité thermique du milieu W/(m .K) ou W/ (m. C)

T : température (K) ou (C)

x : position axiale (m)

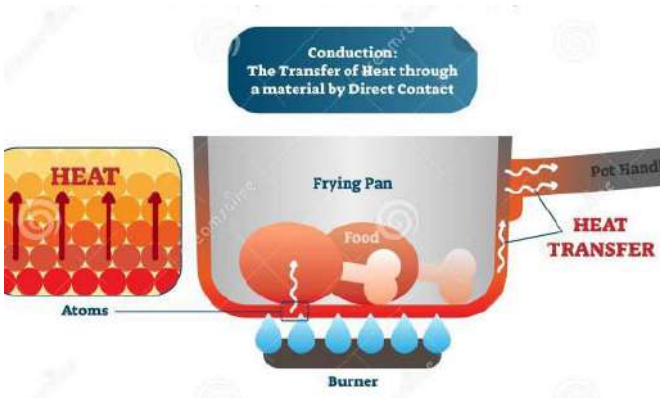


Figure 2.2: Principe de la conduction**.**

2.2.1.1 Loi de Fourier :

La loi de Fourier (1807) décrit le phénomène de conductivité thermique, c'est-à-dire la description de la diffusion de la chaleur à travers un matériau solide.

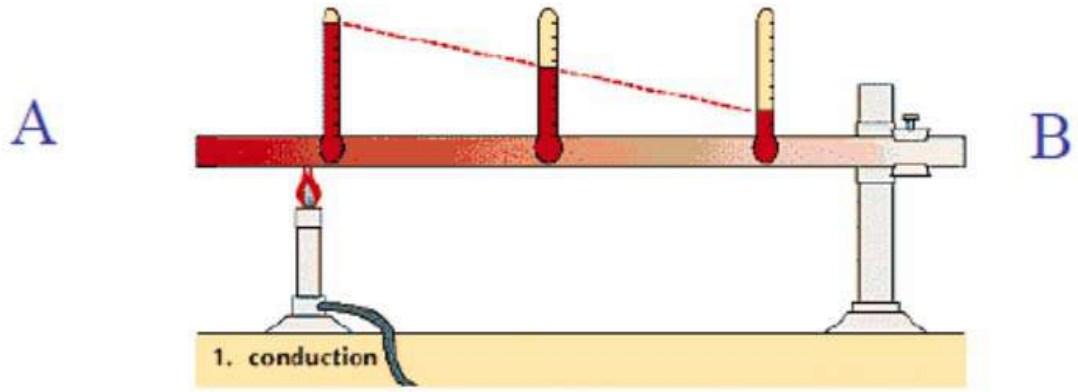


Figure2.3 : Loi de Fourier.

Fourier à découvert que le flux de chaleur qui traverse un matériau d'une face A à une face B est toujours proportionnel à l'écart de température entre les 2 faces :

- Si le matériau a une température homogène (pas d'écart de température), il n'y a pas de flux de chaleur.
- Si en revanche le matériau est soumis à une différence de température, on dit alors que « le système est en état de déséquilibre ». Un flux de chaleur va alors se créer, du plus chaud vers le plus froid, tendant à uniformiser la température. Et ce flux est proportionnel à cette différence de température.

Expérimentalement, si les variations de températures ne sont pas trop importantes, on rend compte localement des phénomènes de conduction de la chaleur par la **loi de Fourier**, à savoir le vecteur densité de flux de chaleur $\vec{j}_Q$ est égal à : $j_\varphi = -\lambda \overrightarrow{gradT}$ pour un milieu isotrope

λ :est appelée **conductivité thermique du milieu** et traduit l'aptitude à conduire la chaleur.

La densité de flux de chaleur φ dans une direction caractérisée par un vecteur unitaire $\vec{n}$ est :

$$\varphi = \vec{j}_\varphi \vec{n} = -\lambda \overrightarrow{grad}\, T\vec{n} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \qquad (2.2)$$

Dans le système MKSA, la densité de flux de chaleur φ se mesure en $W\,m^{-2}$ et la conductivité thermique λ en $W.m^{-1}.K^{-1}$.

Remarques

- Le signe - traduit le fait que les échanges tendent à uniformiser la température (*autrement dit* que spontanément les transferts thermiques se produisent du corps chaud vers le corps froid

- Les tangentes en chaque point au vecteur $\vec{j}_Q$ déterminent les lignes de flux de chaleur. Un tube de flux est constitué par un ensemble de ligne de flux s'appuyant sur un contour fermé. La relation $\vec{j}_Q = -\lambda \overrightarrow{grad}\, T$ (propriété du gradient) impose qu'en chaque point les lignes de flux sont perpendiculaires aux isothermes.

- En milieu anisotrope, la loi de Fourier s'écrit sous la forme :

$\varphi = -\lambda \overrightarrow{grad T \vec{n}}$ où $\vec{\lambda}$ est le tenseur **conductivité thermique**.

- La loi de Fourier est une loi **phénoménologique** ; les théories sur l'interprétation microscopique du processus de Conduction dépendent de la nature du milieu gaz, liquide, solide amorphe, solide cristallin ou métal ; elles sont loin d'être achevées.

- Il convient de remarquer l'analogie qui peut être faite entre la loi de Fourier et la loi d'Ohm introduite en électrocinétique des courants continus $\vec{j} = \sigma \vec{E} = -\sigma \overrightarrow{grad}\, V$.

Dans le cas de la diffusion de matière la même analogie peut être faite avec la loi de Fick. [14]

2.2.1.2 La conductivité thermique et ses valeurs expérimentales :

Matériaux	Conductivité thermique ($W.m^{-1}.K^{-1}$) Valeurs pour une température de 293,15 °C
Diamant	1000-2600
Argent	418
Cuivre	390
Or	317
Aluminium	237
Carbone	129
Étain	66,6
Acier inoxydable	26
Verre	1,2
Béton	0,92
Eau	0,6
brique (terre cuite)	0,84
Marbre	0,30
Liège	0,30
Laine de verre	0,04
Polystyrène expansé	0,036
Air (100 kPa)	0,0262

Tableau 2.1 : La conductivité thermique de quelques matériaux.

2 .2.2 La convection :

Un débit ou une circulation de liquide ou de gaz peut transporter avec lui une certaine quantité d'énergie thermique. Ce transport de chaleur porte le nom de CONVECTION thermique. Ce transport de l'énergie par un écoulement est analogue au transport d'autres quantités scalaires (non vectorielles): transport d'une concentration de sel par de l'eau, transport de l'humidité par l'air, ... On retiendra donc que dans la convection, la chaleur se sert du fluide comme véhicule pour se d´déplacer.

Sans entrer dans les d´détails, notons qu'il existe deux types de transferts convectifs:

• La convection forcée dans laquelle l'´écoulement du fluide est forcé par un dispositif m´mécanique quelconque (pompe ou gravité pour un liquide, ventilateur pour de l'air).

• La convection naturelle: lorsqu'il existe une différence de température entre deux points d'un fluide, le fluide chaud, quiaura une masse volumique plus faible que le fluide froid aura tendance à monter sous l'effet de la poussée d'Archimède.[7]

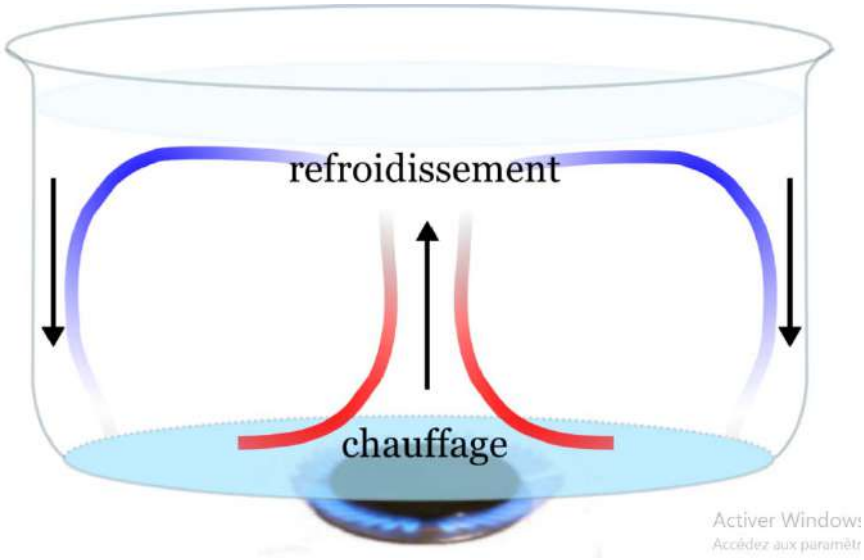


Figure 2.4 : Principe de la convection.

Le transfert de la chaleur par convection, se produit entre deux phases dont l'une est généralement au repos et l'autre en mouvement, en présence d'un gradient de température.

Le mouvement du fluide peut résulter de la différence de masses volumiques (ρ) due aux différences de températures.

2 .2.2.1 Domaines d'application du transfert de chaleur par convection :

Les domaines d'applications des transferts de chaleur par convection sont variés et à différentes échelles spatiales. Aux grandes échelles, par exemple, on peut citer la prédiction météorologique, le climat et la circulation océanique. A plus petites échelles cela concerne de nombreuses applications industrielles comme le refroidissement dans les centrales nucléaires, des aubages de turbine ou des micro-processeurs, le dimensionnement des échangeurs de chaleur, le dégivrage des entrées d'air de réacteur. Des applications domestiques comme le confort thermique, les déperditions d'un double vitrage, le conditionnement d'air ou le tirage d'une cheminée sont aussi concernées. [16]

2 .2.2.2Loi de newton :

Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton qui stipule que la densité de flux de chaleur échangé entre une paroi solide et un fluide en écoulement est proportionnelle à l'écart de température qui lui a donné naissance. [5]

- du point de vue du solide (flux entrant dans le fluide ou sortant du solide si$T^{p} > T \infty$)

$$\phi = hs(T_p - T_\infty)\vec{n} \quad (2.3)$$

Φ : Flux de chaleur transmis par convection[W]

h : coefficient de transfert[W.m-2K-1]

T $_p$: température de la surface d'échange[K, °C]

T∞ : température du fluide loi de la surface d'échange[K, °C]

S : aire de la surface d'échange solide/fluide[m2] [17]

2 .2.2.3 Détermination du coefficient h :

La valeur du coefficient de transfert de chaleur par convection h est fonction :

- ✓ de la nature du fluide.
- ✓ de la température du fluide.
- ✓ de la vitesse de déplacement du fluide.
- ✓ des caractéristiques géométriques de la surface de contact. [17]

Configuration	h ($Wm^{-2}°C^{-1}$)
Convection naturelle	
Plaque verticale de hauteur 0,3 m dans l'air	4,5
Cylindre horizontal de diamètre 5 cm dans l'air	6,5
Cylindre horizontal de diamètre 2 cm dans l'eau	890
Convection forcée	
Courant d'air à 2 m/s sur une plaque carrée de 2 m de côté	12
Courant d'air à 35 m/s sur une plaque carrée de 0,75 m de côté	75
Eau à 0,5 kg/s dans un tube de diamètre 2,5 cm	3500
Courant d'air à 50 m/s perpendiculaire à un tube de diamètre 5 cm	180
Ebullition de l'eau	
Dans un récipient	2500-35000
En écoulement dans un tube	5000-100000
Condensation de l'eau sous 1 atm	
Sur une surface verticale	1000-11000
A l'extérieur de tubes horizontaux	10000-25000

Tableau 2.3 : Détermination du coefficient h par connaissance des caractéristiques du fluide

Il existe 3 lois de newton :

1. **Première loi de Newton ou principe de l'inertie :**

Si un corps ne subit pas de force, alors sa vitesse est constante : soit le corps est au repos (vitesse nulle) ou soit il se déplace en ligne droite avec une vitesse constante (vitesse non nulle).

2. **Deuxième loi de Newton :**

L'accélération $\vec{a}$ d'un corps est parallèle et directement proportionnelle à la force nette appliquée $\vec{F}$ sur le corps, elle est dans la même direction que la force nette, et elle est inversement proportionnelle à la masse m du corps, soit $\vec{F} = \vec{m}.\vec{a}$

3. **Troisième loi de Newton :**

Lorsqu'un premier corps exerce une force F_1 sur un deuxième corps, le deuxième corps exerce simultanément une force $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ sur le premier corps. Ainsi $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ sont égales et opposées en direction.

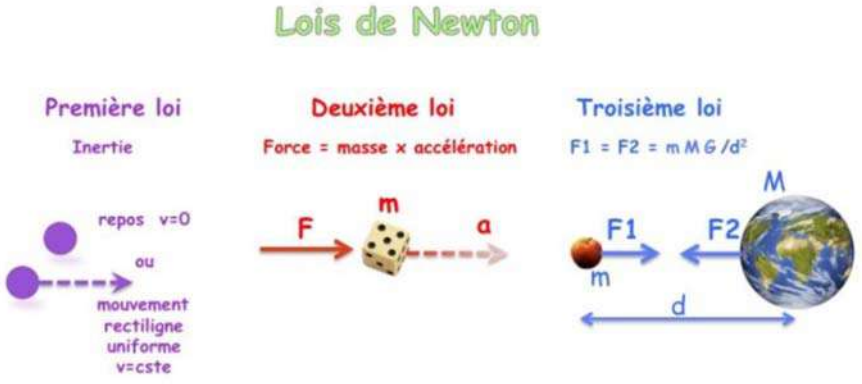


Figure 2.95: Loi de Newton

2.2.2.4 Types de transfert de chaleur par convection :

2.2.2.4.1 Convection naturelle :

Il s'agit de la description du mouvement d'un fluide engendré par les forces d'Archimède dues aux variations de la masse volumique avec la température. Il y a

donc couplage de la dynamique et de la thermique. Le champ de vitesse transporte la chaleur et, du fait de la d´dépendance de ρ avec T, agit sur la distribution de masse volumique; en retour, les modifications de masse volumique créent du mouvement par le biais de la poussée d'Archimède. La convection naturelle est un phénomène important dans de nombreux procédés industriels :

- refroidissement d'appareils ´électriques.
- collecteurs solaires.
- Chau□age des locaux.
- centrales nucléaires. [18]

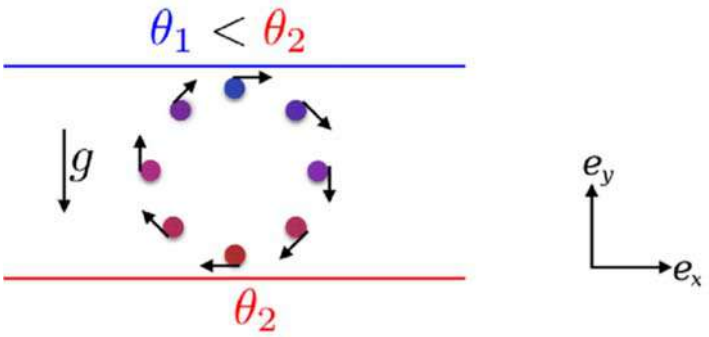


Figure 2.6: Principe physique de la convection naturelle entre deux plaques planes horizontales

2.2.2.4.2 Convection forcée :

La convection forcée trouve son importance dans de nombreuses applications surtout industrielles, précisément dans le dimensionnement des installations thermiques, les capteurs solaires et le refroidissement des turbomachines études, connus sous le nom de problème de Garez ou problème du développement du champ de température dans la région d'entrée thermique par les écoulements hydro dynamiquement établis. L'objectif principal de ce travail est de mener une étude analytique en régime stationnaire et une analyse des résultats numériques sur le transfert thermique par convection forcée laminaire de fluide à loi de puissance, dans un canal rectangulaire, qui est adiabatique en amont et soumis soudainement à une chaleur de forme sinusoïdale en aval, tenant compte des effets de la dissipation visqueuse dans le fluide et en négligeant l'effet de la conduction axiale, pour ce remède on considère que le nombre de Pec let est suffisamment grand (cas de

plusieurs applications techniques), ce qui simplifie énormément la complexité du problème et la résolution de l'équation de l'énergie du fluide, on suivant ces étapes :

1-calcul des nombres adimensionnés **Re** et **Pr**.

2-suivant la valeur de $\mathbf{R}_e$ et la configuration $\rightarrow$choix de la corrélation.

3-calcul du nombre **Nu** par application de la corrélation.

4-calcul de **h = λ Nu/D** (ou λNu/L) et de **φ=h S(TP-T∞).**[19]

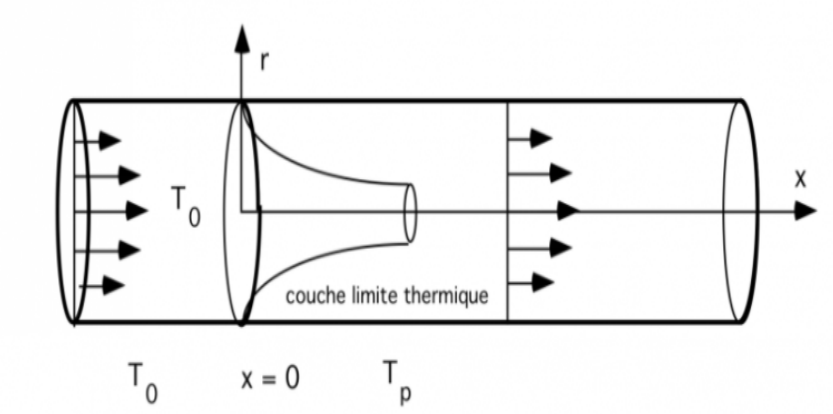


Figure 2.7 : Phénomènes de la convection forcée.

2.2.2.4.3 Convection mixte :

Parmi les exemples de cette mixité, on peut citer : les écoulements lents en canalisations (comme dans les radiateurs à eau) ou le long d'une paroi, les jets an isothermes (chauffage ou climatisation des locaux, panaches de fumée, …), les écoulements atmosphériques et les courants marins (qui sont importants pour les questions de climatologie et de pollution), et plus généralement beaucoup d'écoulements fortement an isothermes.

Mais un aspect nouveau fait ici son apparition : les deux mécanismes vont s'aider ou se contrarier selon le sens relatif du mouvement forcé par rapport au mouvement gravitaire, qui jouera donc un rôle essentiel. Si les effets de la pesanteur s'opposent au mouvement forcé, l'écoulement est freiné, le transfert thermique a tendance à diminuer et on parle de convection mixte "contrariée". Si l'écoulement forcé est de même sens que l'écoulement libre (cas de la plaque verticale chauffée, dans un fluide lui-même en mouvement ascendant) il se produit une amplification des transferts par rapport à la convection forcée

seule et on parle alors de convection mixte "aidée". Enfin, l'écoulement forcé peut être perpendiculaire à la direction des forces de pesanteur (c'est à dire horizontal !). En général on observe là aussi une amélioration des échanges thermiques.

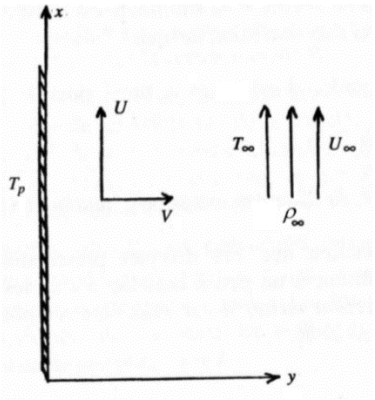


Figure 2.8: Convection mixte sur une plaque verticale.

2 .2.3 Le rayonnement :

La chaleur du soleil frappe pourtant notre planète alors qu'il n'y a aucun support solide, liquide ou gazeux au-delà de l'atmosphère terrestre. Ceci signifie donc que l'énergie thermique peut tout de même traverser le vide. Ce mode de transfert s'appelle le rayonnement. Il correspond à un flux d'ondes ´électromagnétiques ´émises par tout corps, quelle que soit sa température. Comme on l'imagine, le rayonnement ´électromagnétique est d'autant plus ´élevé que sa température est grande. Comme pour la conduction, ce sont les interactions entre atomes et molécules qui sont à l'origine de ce rayonnement. Elles peuvent le générer, ce qui diminue leur énergie, ou encore l'absorber, ce qui l'augmente. De par sa nature, le rayonnement n'intervient que dans les milieux transparents (gaz, verre, vide) ou semi-opaque (gaz + fumées de CO2, gaz + vapeur d'eau). [11]

2.2.3.1 Le corps noir :

Un **corps noir** désigne un objet idéal qui absorbe parfaitement toute l'énergie électromagnétique (toute la lumière quelle que soit sa longueur d'onde) qu'il reçoit. Cette absorption se traduit par une agitation thermique qui provoque l'émission d'un rayonnement thermique, dit *rayonnement du corps noir*. [11]

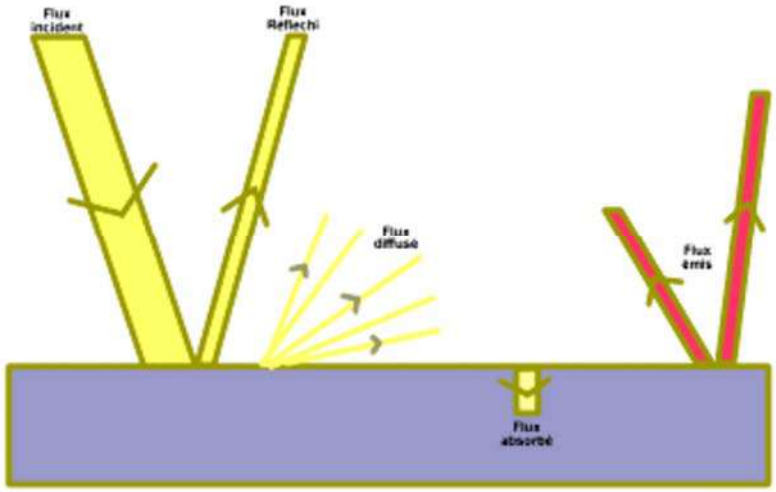


Figure 2.9: Les différents flux au niveau de la surface d'un corps opaque.

2.2.3.2 La loi de Stefan-Boltzmann :

Définissons d'abord l'émit tance du corps noir, M0, qui est la puissance totale émise par une unité de surface, en intégrant sur toutes les longueurs d'onde. la loi de Stefan-Boltzmann lie cette grandeur `a la température du corps noir :

M0 = σT4 **(2.4)**

$\mathbf{M}^{0}$ **:** est en W.m−2, T en Kelvin, et σ est la constante universelle de Stefan-Boltzmann :

σ = 5.670 10−8 W.m−2.K−4 **(2.5)**

2.2.3.3. La loi de Planck :

L'emittance monochromatique du corps noir dépend seulement de la longueur d'onde (λ) et de la température (T) : [11]

$$M_{\lambda}^{0} = \frac{d\phi\lambda}{ds} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)} \qquad \textbf{(2.6)}$$

Avec:

T : température en Kelvin

λ : Longueur d'onde en μm

$C_1 = 2\pi hC^2 = 3{,}74.10^8$ w. $\mu^4.m^{-2}$ c'est la constante de Planck.

$C_2 = \frac{hc}{k} = 14400\ \mu.K$ et ou`k : constante de Stefan-Boltzmann

C : vitesse de la lumière (c=3.10^8 m/s) [6]

2.2.3.4 Loi de Wien :

En étudiant le rayonnement de corps de nombreux objets a différentes températures. Wilhelm Wien a remarqué que la longueur d'onde correspondante au maximum de rayonnement était inversement proportionnelle à la température du corps noir. D'où la célèbre loi de WEIN :

$$\lambda_{\max} = \frac{\sigma_w}{T} \qquad \textbf{(2.7)}$$

Où σ_w est une constante égale à $2{,}898.10^{-3}$ M.K

2.3 Quelques éléments de bases :

1- La température :

Il s'agit avant tout d'une grandeur fondamentale qui caractérise l'état physique d'un gaz comme l'air. Toute la thermodynamique, avec ses applications multiples, en découle... et la météorologie est évidemment concernée par cette grandeur, dont la mesure a été rendue possible par divers procédés thermométriques, associés à la définition d'une échelle thermométrique de référence.

On utilise normalement l'échelle Celsius, dans laquelle le 0° correspondent à la température de la glace fondante, et le degré 100 à celle de l'eau bouillante sous la pression atmosphérique normale (1 013,25 h Pa) : la température est alors exprimée en °C. Elle est choisie soit pour des raisons de bien-être, soit pour des raisons de conservation ou de fabrication. [20]

2- L'humidité de l'air :

C’est la quantité d'eau que contient cet air sous forme de vapeur, incolore et inodore. Mais on peut exprimer cette humidité sous bien des formes, et la mesurer avec des méthodes très diverses selon la grandeur que l'on veut déterminer. [21]

3- L’air humide :

Il existe pour mesurer l‘humidité, différents procédés usuels qui se différencient principalement par leur précision et leur aptitude aux mesures à long terme, ainsi que par le milieu à mesurer :

- Mesure capacitive d‘humidité de l‘air
- Mesure psychrométrique d‘humidité de l‘air
- Mesure hygrométrique d‘humidité de l‘air
- Mesure diélectrique de l‘humidité des matériaux
- Mesure d‘humidité des matériaux selon le principe de la conductivité
- Détermination du point de rosée par sonde de rosée CCC
- Détermination du point de rosée par miroir de rosée.

3- **Le Nombre de Nusselt :**

C’est le rapport de la quantité de chaleur échangée par convection à une quantité de chaleur échangée par conduction :

$$N_u = \frac{hs\Delta T}{\lambda s\frac{\Delta T}{d}} = \frac{h.d}{\lambda} \qquad \textbf{(2.8)}$$

N_u : est fonction direct de h,sa connaissance permet de déterminer la valeur de h.

4- Le nombre de Reynolds :

I. Expérience de Reynolds :

Les hydrauliciens ont remarqués depuis longtemps l’existence des régimes d’écoulement mais c’est Osborne Reynolds qui démontra leur existence expérimentalement et développa des critères permettant de les différencier. L’expérience de Reynolds schématisée ci-après consiste à envoyer à l’aide d’un dispositif un liquide coloré au sein d’une masse liquide en mouvement dans un tube en verre.



Figure 2.13: Expérience de Reynolds.

En ouvrant plus ou moins le robinet de vidange on fait varier la vitesse de l'écoulement dans le tube, quand la vitesse de l'écoulement est suffisamment faible le liquide coloré forme un filet droit parfaitement net qui ne se mélange pas aux autres filets. Ce régime tranquille est appelé Régime Laminaire, dans ce cas les filets liquides sont tous droit et parallèles entre eux. Puis si on augmente encore la vitesse la vitesse d'écoulement le filet coloré devient sinueuse et instable ; c'est le Régime Transitoire. Et si on augmente encore plus la vitesse d'écoulement, le filet se rompt et se mélange avec l'écoulement ; c'est le Régime Turbulent. Pour différencier les régimes d'écoulement entre eux, Reynolds à développer un nombre adimensionnel qui est le Nombre de Reynolds.

V : est la vitesse moyenne d'écoulement

D : le diamètre intérieur du tube

ν : la viscosité cinématique.

ρ: la masse volumique.

μ : la viscosité dynamique.

Conclusion :

Les problèmes de transfert de chaleur sont nombreux, et on peut essayer de les différencier par les buts poursuivis dont les principaux sont:

• L'augmentation de l'énergie transmise ou absorbée par une surface,

• L'obtention du meilleur rendement d'une source de chaleur,

• La réduction ou l'augmentation du passage d'un débit de chaleur d'un milieu à un autre.

Généralités

3.1 : Conditionnement de l'air et climatisation

3.1.1 : Conditionnement

Le conditionnement et la technique qui consiste à intervenir sur les conditions climatique d'un local en modifiant la température, l'humidité, le niveau des poussières en fonction des besoins (locaux technique tels que ceux utilisés dans l'industrie de précision, les laboratoires, les hôpitaux, les salles informatique.[19]

Le traitement de l'air et la technique le plus utilisé dans le domaine de chauffage et

Climatisation. Ce procédé réponde aux exigences environnementales en matière de pollution par minimisation de l'émission des gaz à effet de serre. Cette technique consiste à modifier, contrôle et réguler les conditions d'un local et maintenir un confort répondent au besoin de l'être humain et qui ne se limite pas seulement au maintenir d'une température ambiante, beaucoup d'autre facteurs peuvent être pris en considération tels que l'hygromètre, la qualité de l'air.

3.2 : Les conditions de base : [3]

3.2.1 : Caractéristiques de bases de l'air extérieur

L'air extérieur est définit par :

- La température sèche de base TSb, e (en °C): c'est une température qui n'est dépassée que pendant 2,5% des heures de Juin, de Juillet, d'Aout et de septembre.
- L'humidité spécifique de base HSb,e (gvap.kga.s-1): c'est la moyenne mensuelle durant le mois le plus chaud de l'humidité spécifique à 15 heures.
- L'écart diurne de base Eb (en °C):c'est la moyenne mensuelle durant les mois de juillet et d'août de la différence entre les températures sèches maximales de l'air extérieur durant la journée.
- La température moyenne TSm (en °C): c'est la moyenne mensuelle durant les mois de juillet et Août, de la température moyenne quotidienne.

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

TSe(t) =TSb,e -[CTS(t)×Eb] [°C] **(3.1)**

• **TSe(t)** (en °C):Température sèche de l'air extérieur à l'heure t.

• **TSb,e**(en °C):Température sèche de base de l'air extérieur,

• **CTS (t)**: Coefficient correcteur

3.2.2 : Caractéristiques de bases de l'air intérieur

Les conditions intérieures de base intérieur sont définie par:

- La température sèche de base de l'air intérieur TSb,i (en °C) .
- L'humidité relative de base de l'air intérieur (en %).

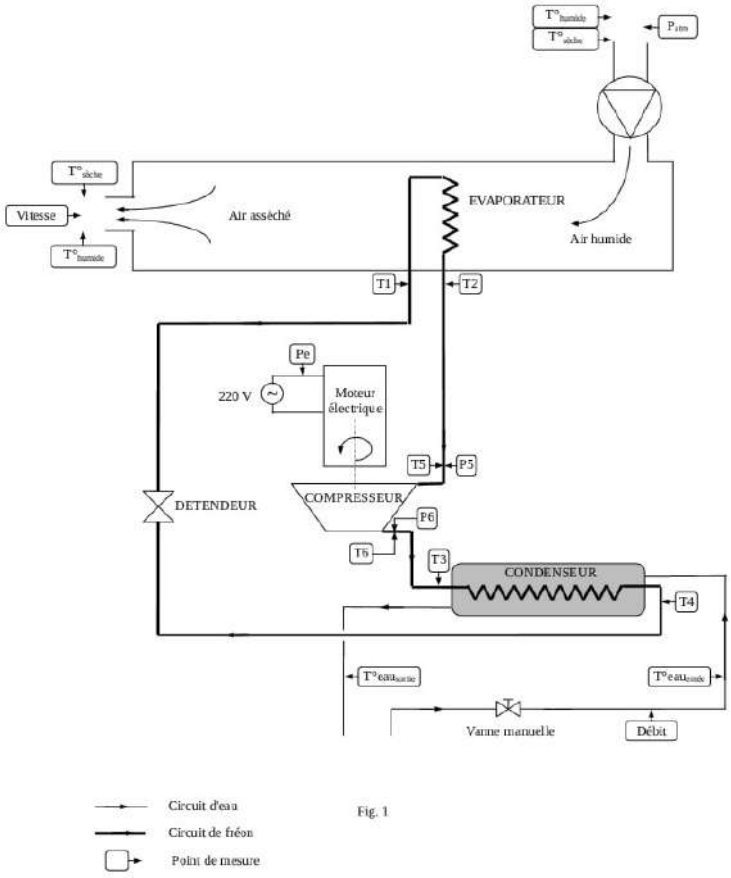


Figure 3.1 : Installation de conditionnement d'air.

3.3 : Installations de traitement d'air :

Les systèmes de conditionnement d'air font aujourd'hui partie intégrante de notre cadre de vie. Si le confort que ces systèmes apportent est indéniable, il s'accompagne d'un cout, notamment ´énergétique. Soutirer de la chaleur `a une pièce pour en transmettre vers l'air extérieur, alors que cette pièce est plus fraîche, ne peut en effet résulter d'une transformation spontanée.

Les installations de conditionnement d'air permettent de réguler tout à la fois la température ambiante (par chauffage ou rafraîchissement) et l'humidité (par humidification ou déshumidification) et réalisent la ventilation des locaux concernés. La conduite d'une telle installation Un système de conditionnement d'air est généralement composé de trois éléments :

Le dispositif de traitement d'air : traite l'air du point de vue thermique et de la qualité et met l'air en mouvement.

La régulation agit sur les différents paramètres pour maintenir les valeurs mesurées proches du confort désiré.

Le réseau aéraulique assure les liaisons entre le dispositif de traitement d'air et les locaux desservis. [20]

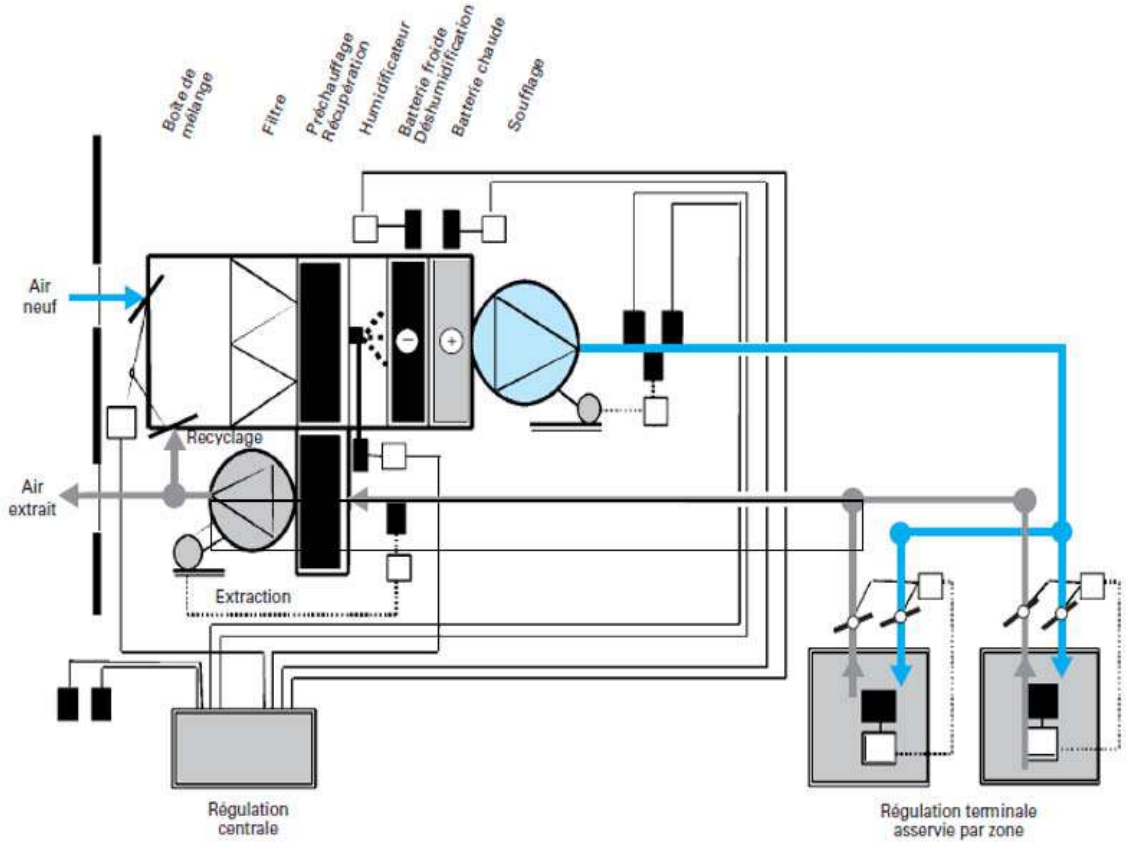


Figure 3.2: Installation de traitement d'air.

3.4 : Climatisation :

3.4.1 : Définition :

La climatisation assure le confort d'été et d'hiver des habitations, des bureaux, du commerce, des ateliers en modifiant la température de l'air.

Les courant d »air froid ou chaud sont souvent associés à la climatisation ; cela peut être dû à une mauvaise implantation du climatiseur ou à une diffusion trop brutale de l'air soufflé. En général, il est possible de régler sur plusieurs niveaux la puissance de soufflage.

L'emplacement de l'unité intérieur est très important pour éviter que les occupants soient agressés par les courants d'air.la température intérieur en été ne doit pas être inférieur de plus de 5 à 6c par apport à la température extérieur.

Suivant le type de climatisation, les locaux étant obligatoirement étanches, l'air n'est pas renouvelé ; ces locaux, dans ce cas, doivent être équipés d'une ventilation mécanique contrôlée.

Le confort thermique est subjectif et dépend des perceptions individuelles.il est influencé par l'activité physique, l'habillement et la fluctuation des caractéristique de l'ambiance thermique (température de l'air, de rayonnement, de contact, humidité et vitesse de l'air). [8]

3.4.2 : Principe de fonctionnement d'un système de climatisation :

Le froid artificiel consiste à transférer au moyen d'un fluide dit frigorigène de la chaleur d'un évaporateur situé à l'intérieur d'un local vers un condenseur situé à l'extérieur de ce local. Ce transfert de chaleur permet d'abaisser la température du local, qu'il s'agisse d'un réfrigérateur ménager, d'un congélateur industriel, de la climatisation d'une maison, d'un immeuble. L'électricité consommée ne sert pas à produire du froid, mais à compresser et mettre en mouvement le fluide frigorigène, brasser l'air de la pièce à climatiser et ventiler pour refroidir le condensateur extérieur. Elle permet le transfert de chaleur. Le système reste sensiblement le même. Seule la taille des installations et les températures de fonctionnement diffèrent. Au cours de son évolution dans le circuit frigorifique, le fluide frigorigène change de phase : son évaporation s'effectue avec absorption de la chaleur, sa condensation avec dégagement de la chaleur. C'est grâce à ce changement d'état que la chaleur sera transportée d'un point à un autre. Un climatiseur se compose donc de 4 éléments de base. [20]

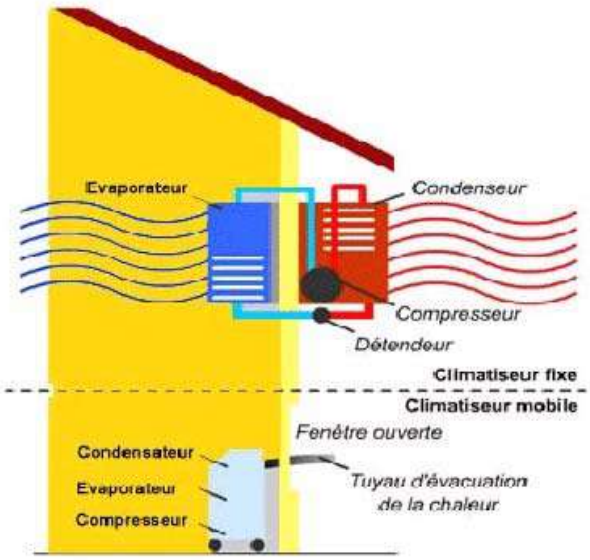


Figure 3.3: Installation de climatisation.

3.4.3 : Composant d'un' installation de climatisation : [20]

3.4.3.1 : Condenseur :

Le condenseur est un échangeur de chaleur dans lequel le fluide frigorigène passe progressivement de l'état gazeux à l'état liquide. Le fluide frigorigène transfère son énergie à un fluide secondaire dit « source chaude » à une température inférieure de quelques degrés à la température de condensation. La puissance calorifique transmise peut s'écrire selon l'équation (1) du point de vue u réfrigérant, d'après les coordonnées des points 1 et 2 du diagramme de Mollir et selon l'équation (2) du point de vue du fluide de la source chaude.

$$Q2 = m\,(h3 - h4) \qquad (3.2)$$

$$Q2 = mCp\Delta Tc \qquad (3.3)$$

La transformation correspondant à la condensation sur le diagramme de Mollir représente plus précisément un rejet de chaleur dans le condenseur composé d'une désurchauffe des vapeurs, suivie de la condensation à proprement parler et d'un sous-refroidissement. Le sous-refroidissement doit être suffisant pour que tout le fluide soit en phase liquide à l'alimentation du détendeur.

3.4.3.2 : Evaporateur :

Dans l'évaporateur, le fluide frigorigène passe progressivement de l'état liquide à l'état gazeux en absorbant l'énergie d'un fluide secondaire dit « source froide ». De la même manière que pour le condenseur, la puissance échangée peut s'écrire de manière différente en considérant le réfrigérant ou la fluide source (équations (3.4) et (3.5)

$$Q_1 = m(h_2 - h_1) \qquad \textbf{(3.4)}$$

$$Q_2 = mC_p\Delta T_c \qquad \textbf{(3.5)}$$

Les vapeurs subissent une légère surchauffe de quelques degrés afin d'assurer un fluide entièrement à l'état vapeur à l'entrée du compresseur.

3.4.3.3 : Compresseur :

Le compresseur est l'élément qui assure la circulation et l'augmentation de pression du fluide dans le circuit. Dans le cas de compresseurs volumétriques (compresseurs scroll, à piston, à membrane, à vis, à lobes, à palettes, à anneau liquide…), le fluide frigorigène sous forme gazeuse est confiné pendant un intervalle de temps dans un espace compris entre cette cloison mobile et une cloison fixe. Les deux cloisons se rapprochant, le volume de l'espace diminue et le fluide subit une augmentation de pression et de température. Dans le cas de compresseurs dynamiques (compresseurs axiaux et centrifuges), la pression augmente par un processus de transfert de la quantité de mouvement de la cloison mobile au fluide frigorigène.

3.4.3.4 : Détendeur :

L'objectif de ce composant est d'abord de provoquer une chute de pression entre la condensation et l'évaporation. Cette chute de pression est engendrée par un rétrécissement réglable ou non de la section de passage du fluide frigorigène. Le condenseur est l'échangeur qui permet d'évacuer la chaleur prise à l'intérieur du réfrigérateur en la donnant à l'ambiance, le fluide passe de gaz à liquide, permettant ainsi de recommencer l'opération et de maintenir une température constante à l'intérieur du réfrigérateur.

3.5 : La ventilation

3.5.1 : Introduction : [21]

La ventilation c'est une stratégie passive, sans moyen mécanique, de maintenir un Environnement intérieur confortable. Un des moyens déjà utilisés auparavant dans L'architecture traditionnelle exploitée sous plusieurs formes et sur plusieurs plans. Les Systèmes de ventilation doivent satisfaire des exigences de confort, d'hygiène et respect de L'environnement et d'économie d'énergie. Elle est au service de ces trois fonctions principales. Face à la multitude de polluants de l'air intérieur, la ventilation a d'abord un rôle hygiénique Qui consiste à maintenir une bonne qualité de l'air intérieur. Cela exige le remplacement de L'air vicié par de l'air dit « neuf », c'est-à-dire supposé exempt de polluant. Il s'agit Essentiellement de prévenir l'accumulation de polluants gazeux et d'odeurs désagréables Générés au sein même du bâtiment, car l'état actuel des connaissances montre que la santé et Le confort des occupants sont avantagés ou défavorisés selon le type de gestion de L'environnement. La présence de moisissures, de poussières, de dioxyde de carbone et de tout Autre contaminant pouvant nuire à la santé des occupants.

3.5.2 : Pourquoi aérer ou ventiler ?

L'activité humaine (lessiver, nettoyer, cuisiner, transpirer,…) produit pas mal de vapeur D'eau dans le logement, qui doit être évacuée pour éviter des problèmes de condensation et de moisissures. Par ailleurs, l'être humain consomme de l'oxygène, qui doit être apporté par l'air frais extérieur non pollué, sinon des troubles physiologiques pourraient survenir sur le métabolisme humain. Une attention verdure, prestige…. et autre, sont autant d'éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort.

3.5.3 : Comment faire la ventilation ou l'aération ?

Théoriquement, un renouvellement de l'air de 3.6 m^3/h et par m^2 de superficie de Plancher est nécessaire pour garantir une qualité de l'air acceptable. En pratique, il est difficile d'atteindre un tel débit de ventilation. Il est donc préférable que la ventilation ou aération soit la plus efficace possible.

L'efficacité de l'aération ou de la ventilation naturelle est déterminée principalement par le débit de ventilation mais aussi par les mouvements des courants d'air. Le débit de ventilation est déterminé par les différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur, par le vent et par la dimension des ouvertures. Pour les mouvements de l'air, ce sont la forme, l'emplacement et le nombre d'ouvertures qui sont déterminants. Dans le cas d'une ventilation unilatérale, ce sont les différences de température entre

l'intérieur et l'extérieur, ainsi que la hauteur de l'ouverture qui jouent un rôle important.

La quantité d'air nécessaire dépend d'un certain nombre de facteurs. Les plus Importants sont :

- Le taux d'occupation de la pièce.
- La nature des activités.
- La quantité et la nature de la pollution (provenant aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur).
- L'environnement extérieur.
- L'entretien hygiénique.

3.5.4: Les types de la ventilation :

D'une façon générale, Dans le domaine de la climatisation la ventilation se divise en deux types distincts:

- La ventilation mécaniquement

- La ventilation naturelle

3.5.4.1 : Ventilation mécanique :

La ventilation mécanique consiste à recourir à des systèmes mécaniques pour apporter et extraire l'air des bâtiments. L'air frais est aspiré par des ventilateurs électriques et amené dans les locaux secs au moyen de conduits et de bouches d'insufflation. Dans notre travail ce type de ventilation n'est pas approfondi car on s'intéresse seulement à la ventilation naturelle.

3.5.4 .2 : Ventilation Naturel :

Grâce au vent et aux différences de températures, l'air frais est amené par des grille Réglables et qui peuvent être fermées, dans les châssis ou les murs extérieurs des locaux. Dans les constructions existantes, des grilles de ventilation réglables peuvent être placées sur le vitrage, entre l'ouvrant et le dormant inférieur, au-dessus du châssis ou intégrées dans le caisson à volets ou dans le mur. Les ouvertures doivent être réglables manuellement ou automatiquement au moyen de glissières, clapets ou tambours, et le nombre de positions doit être suffisant. Les grilles auto réglables reprennent les pressions de vent trop élevées pour éviter de ventiler excessivement et éviter les courants d'air. Les grilles régulées par la demande se règlent automatiquement en fonction des besoins en ventilation. La régulation

peut se faire sur base de détection de présence ou de mouvement, sur base de l'humidité de l'air ou du taux de CO2. Dans certaines situations des grilles d'amenée d'air acoustiques peuvent être indiquées. En cas d'absence de dispositifs de ventilation, l'air peut être amené par l'ouverture de portes et/ou fenêtres, éventuellement en mode oscillant. Mais ce n'est pas la manière la plus recommandée parce que ces ouvertures sont souvent bien plus grandes que nécessaire.

La ventilation naturelle est utilisée en approche bioclimatique pour fournir l'air frais nécessaire aux occupants pour leur santé, et de contrôler la température pour leur confort. Cette stratégie s'avère efficace à contrôler les surchauffes des bâtiments si ceux-ci sont bien conçus et si les conditions climatiques le permettent : une disposition stratégique des ouvertures et une morphologie architecturale favorable à la circulation transversale et verticale de l'air permettront de générer suffisamment de changements d'air pour évacuer la surchauffe.

Il y a deux grands « moteurs » de la ventilation naturelle:

a .Le vent : Une façade exposée au vent est en surpression. A l'inverse, une dépression est créée sur les façades sous le vent. Si des ouvertures sont créées sur les faces opposées d'un bâtiment, un renouvellement d'air proportionnel au carré de la vitesse du vent se produit

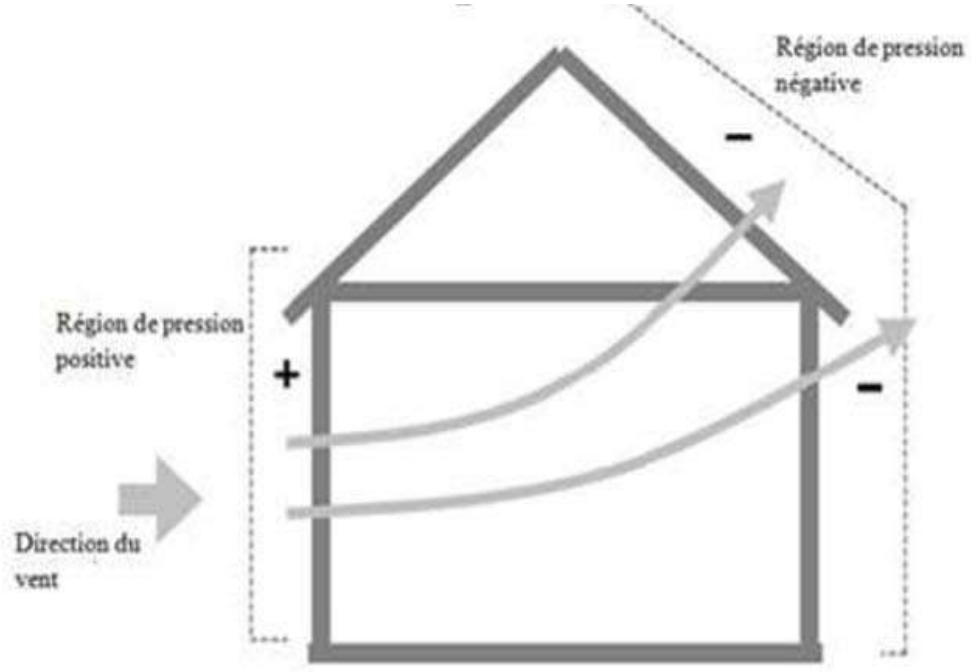


Figure3.4 : Action du vent sur les bâtiments.

b . Le tirage thermique :

La dépression qui génère les mouvements d'air est créée par la différence de masse volumique de l'air plus ou moins chaud. « L'air chaud a tendance à monter » (Figure II.5). Si on prévoit des ouvertures en partie basse pour introduire d'air extérieur dans un espace à rafraîchir, et des ouvertures en partie haute pour laisser l'air s'échapper, il se produit un renouvellement d'air par effet de cheminée.

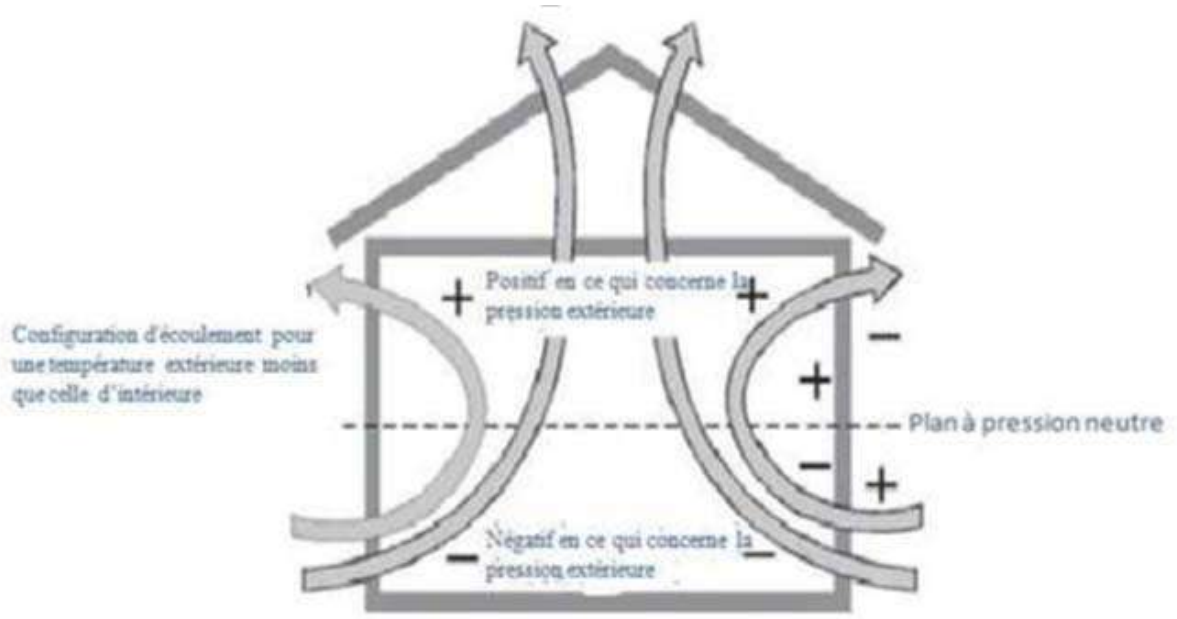


Figure 3.5 : Effet du tirage thermique dans les bâtiments.

CONCLUSION :

A partir de ce chapitre on conclue que la ventilation est une nécessité essentielle dans les locaux. Il y a deux mécanismes de ventilation. La ventilation naturelle et la ventilation mécanique qui ont le même but, de créer un mouvement d'air.

La ventilation naturelle se produit également en raison de la commande des ouvertures, des portes et des fenêtres ou par un moyen passif.

La ventilation mécanique crée mécaniquement les flux d'air. Elle consiste à créer un mouvement d'air dynamique grâce a un moyen mécanique.

D'après la présentation des différentes recherches sur la ventilation, on a conclu que : La ventilation naturelle est la plus préférable d'utiliser par rapport la ventilation mécanique, car ce genre de ventilation a des avantages multiples.

4.1.1. Introduction :

Il parait cependant difficile de deviser les approches selon les échelles .Parmi les approches utilisées et largement répandus nous citons l'approche CFD «**Computationnel Fluide Dynamics**» dont se base notre présente étude. C'est une méthode numérique basée sur les équations de la mécanique des fluides lesquelles sont impliquées dans l'étude des écoulements et la dispersion des polluants surtout à petite échelle notamment en géométrie complexe .Les simulations numérique se rapprochent le plus de la réalité des phénomènes vu qu'elles résolvent les équations de la mécanique des fluides lesquelles sont impliquées dans l'étude des écoulements et la dépressions des polluants surtout à petite échelle notamment en géométrie complexe. Les simulations numériques se rapprochent le plus de la réalité des phénomènes vu qu'elles résolvent les équations de continuité, de quantité de mouvement, de l'énergie et du transport d'une quantité scalaire (la concentration), tout en tenant compte du phénomène de turbulence. Parmi les codes **CFD** commerciaux les plus utilisées nous citons :

FLUENT et **ANSYS CFX.**

La résolution de ces équations se fait par des méthodes numériques telles que la méthode des volumes finis, la méthode des différents finis et la méthode des éléments finis.

4.2 La mécanique des fluides numériques(MFN) :

Plus souvent désignée par le terme anglais Computationnel fluide Dynamics (CFD), consiste à étudier les mouvements d'un fluide, ou leurs effets, par la résolution numérique des équations régissant le fluide. En fonction des approximations choisies, qui sont en général le résultat d'un compromis en terme de besoins de représentation physique par rapport aux ressources de calcul ou de modélisation disponible, les équations résolues peuvent être les équations d'Euler, les équations de Navier-stockes, etc.

La CFD permet de construire un prototype virtuel d'un produit ou d'un processus. Afin de simuler des conditions de fonctionnement réel, l'approche CFD est un complément aux techniques expérimentales et autres modélisations pour obtenir une description précise des problèmes d'écoulement de fluides. Ce procédé complexe, à l'origine excessivement couteux, était réservé aux bureaux d'ingénierie des hautes technologies, comme l'industrie aéronautique.

Aujourd'hui, les couts, les temps de calcul se sont considérablement réduits et la CFD est devenue un outil performant au service de toutes les industries qui manipulent des fluides ou rencontrent des mouvements de fluides dans leurs projets ou procès.

4.2.1 Méthodes de travail :

Pour les écoulements simples tels que l'écoulement stationnaire dans un tube circulaire ou celui de la couche limite sur une plaque plane, les équations de Navier Stockes sont directement intégrées et résolues par méthode analytique. Il s'agit de méthodes locales.

Dans le cas général, une méthode de discrétisation est appliquée pour l'approximation des équations différentielles. Ces dernières sont remplacées par des équations algébriques qui son résolues par méthode numérique. Un maillage est généré dans un domaine d'étude qui entoure l'obstacle considéré (aile, avion, voiture, hélice…) ou un domaine délimité par le contenant du fluide. Les équations algébriques sont resalues pour chaque nœud du maillage.

Le plus souvent, une méthode itérative est appliquée. Les calculs sont exécutés à l'aide d'un code CFD.

En pratique, les simulations CFD s'effectuent en trois étapes :

-pré-processing ;

-solver ;

-post processing ;

Au cours de première étape, **Pré-proccesing,** on construit la géométrie t on définit le domaine d'étude. Le maillage est ensuite généré à l'intérieur de ce domaine. Ensuite, on spécifie les propriétés physiques de fluide et on choisit les modèles à appliquer l'algorithme de calcul, les méthodes d'interpolation et autres schémas.

La deuxième étape, **Solver,** c'est la phase de calcul. Ou de résolution des équations algébriques.

La troisième et dernière étape, **Post processing,** c'est la phase de traitement et d'interprétation des résultats.

Avec CFD, on peut faire plus de simulations avec la possibilité de faire varier à moindre cout plus de paramètres et simuler différentes configuration. Mais des résultats expérimentaux sont nécessaires pour valider les calculs CFD.

4.2.2. Applications de la CFD :

Elles sont très nombreuses. On peut citer celles de :

- L'aérodynamique.
- De la médecine : circulation du sang.
- L'hydrodynamique.
- Des turbomachines.
- Du génie électrique pour le refroidissement des machines et autres microcircuits électronique.
- Du bâtiment : chauffage/ventilation ou action du vent sur les structures.

4.2.3. Méthodes de discrétisation :

4.2.3.1. Méthodes de différences finies :

La méthodes des différences finies a une importance historique et est à programmer. Elle n'est actuellement utilisée que dans quelques codes spécialisés.

4.2.3.2. Méthode de volumes finis :

La méthode des volumes finis est une approche commune utilisée dans les codes MFN. Les équations qui régissent le fluide sont résolues sur des volumes de contrôle discret.

4.2.3.3. Méthode des éléments finis :

La méthode des éléments finis(MEF) est utilisée dans l'analyse structurale des solides,

Mais est également applicable aux fluides.

4.2.4. Principe de la méthode des volumes finis :

La méthode des volumes finis intégré, sur des volumes élémentaires de forme simple, les équations écrites sous forme de loi de conservation. Elle fournit ainsi de manière naturelle des approximations discrètes conservatives et est donc particulièrement bien adaptée aux équations de la mécanique des fluides : l'équation de conservation de la masse, l'équation de conservation de la quantité de mouvement, l'équation de la conservation de l'énergie et de la masse.

Sa mise en œuvre est simple si les volumes élémentaire sont des rectangles (ou des parallèlement rectangle en3 dimensions). Ce pendant la méthode des volumes finis permet d'utiliser des volumes élémentaires de forme quelconque, donc de traiter des géométries complexe, ce qui est un avantage sur les différences finis.

4.3. ANSYS, In :

ANSYS, In c'est un éditeur de logiciels spécialisé en simulation numérique. L'entreprise a son siège à Canonsburg en Pennsylvanie aux États-Unis. La société possède de nombreuses finales à travers le monde, notamment en Europe et en Asie.

4.3.1. Principaux produits :

ANSYS Structural : Ce produits permet d'effectuer des simulations mécanique en camculde structures. Ses principales capacités sont :

- L'analyse statique
- L'analyse modale
- L'analyse harmonique (réponse forcée)
- L'analyse temporelle
- La gestion de différentes situations non-linéaires (contact, plasticité matériaux, grands déplacements ou grandes déformations).

4.3.2. Les modules d'ANSYS :

- ANSYS Mechanical
- ANSYS CFX et Fluent
- ANSYS AUTODYN et ANSYS LS-DYNA
- ANSYS Électromagnétique et Ansolf
- ANSYS Multiphysics

Dans le présent travail, on a utilisé le code ANSYS CFX, qui utilise comme plateforme la méthode des volumes finis.

4.4. ANSYS CFX :

ANSYS CFX est outil de dynamique des fluides (CFD) très performant qui fournit rapidement des résultats fiables et précis pour un large éventail d'applications CFD et multi-physique. ANSYS CFX est reconnu pour sa précision, sa robustesse et sa rapidité

exceptionnelle pour les machines tournantes (pompes, ventilateurs, compresseurs, turbines à gaz et hydriques).

ANSYS CFX est un logiciel de CFD généraliste extrêmement performant, utilisé pour

Résoudre une large variété de problèmes d'écoulement de fluide depuis plus de 20ans. Grace à son solveur avancé, moderne et parallélisé, les utilisateurs obtiennent rapidement des solutions fiables et robustes. Le vaste choix de modèles physiques proposé permet de représenter la quasi-totalité des phénomènes d'écoulement de fluides. Le solveur tout comme

Les modèles physiques, sont accessibles via un environnement utilisateur graphique moderne,

Intuitif, flexible, personnalisable et automatisable (fichiers de session, scripts, générateur d'expression…).

4.5. Environnements logiciels :

Deux environnements logiciels permettent de mettre en œuvre le code ANSYS :

- **ANSYS Classic :**Chronologiquement, c'est la première solution logicielle développée par le constructeur. Elle est destinée à la concentration de modèles éléments finis à la géométrie simple, facilement constructible à l'aide d'opération basiques. A partir de cet environnement, l'utilisateur construit directement un modèle éléments finis en utilisant le langage de script APDL (*ANSYS parametricDesign language).*ANSYS classic est donc destiné à des utilisateurs compétents dans le domaine de la simulation numérique.
- **ANSYS Workbench :** cette plateforme propose une approche différente dans la construction d'un modèle en réutilisant le logiciel ANSYS initial. Elle est particulièrement adaptée au traitement de cas à la géométrie complexe (nombreux corps de pièces) et aux utilisateurs non confirmés dans le domaine du calcul. Dans cet environnement, l'utilisateur travaille essentiellement sur une géométrie et non plus sur le modèle lui-même. La plateforme est donc chargée de convertir les requêtes entrées par l'utilisateur en logiciel ANSYS avant de lancer la résolution.

4.6. Mettre en place une simulation à l'aide d'ANSYSCFX se fait en 4 étapes :

ICEM, CFX-pre, CFX-solve et CFX-post

Chaque module a une utilisation bien spécifique (figure 4.1)

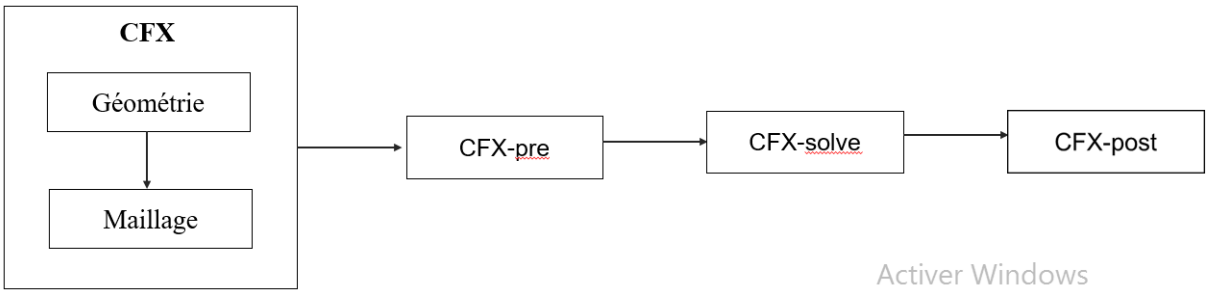


Figure 4.1 : les modules principaux du CFX.

4.6.1 ANSYS ICEM :

Le module ICEM permet d'établir la géométrie la géométrie du système étudié. Il est utilisé comme un logiciel de CAO traditionnel : la géométrie est construite à partir de points, de courbes, de surfaces et de volume (figure 4.2). C'est également ce module qui permet de permet de générer un maillage s'appuyant sur la géométrie.

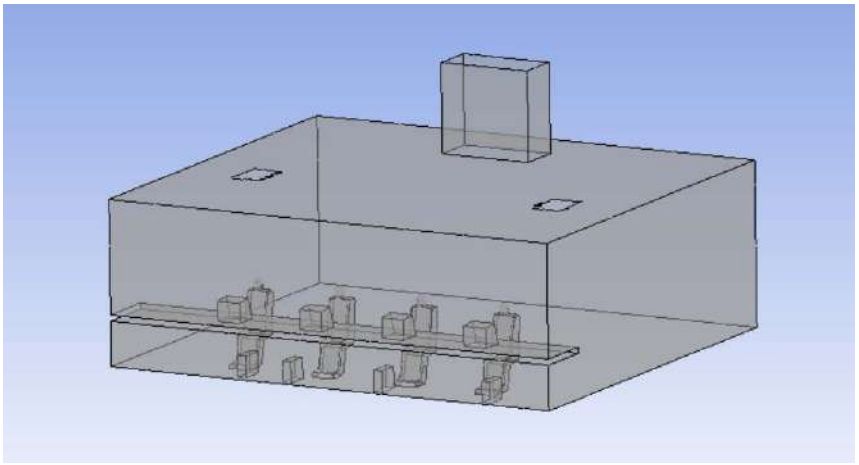


Figure 4.2 : Domaine de calcul.

4.6.2. CFX-pre :

Le module CFX-pre, Figure (4.3) permet quant à lui de définir les conditions aux limites et initiales du système, ainsi que les équations à résoudre, le types de résolution (régime permanent ou transitoire), les paramètres du solver, parmi lesquels : le pas de temps, le nombre d'itération, le critère de convergence ainsi que la nature des fluides(ou solides) en présence.

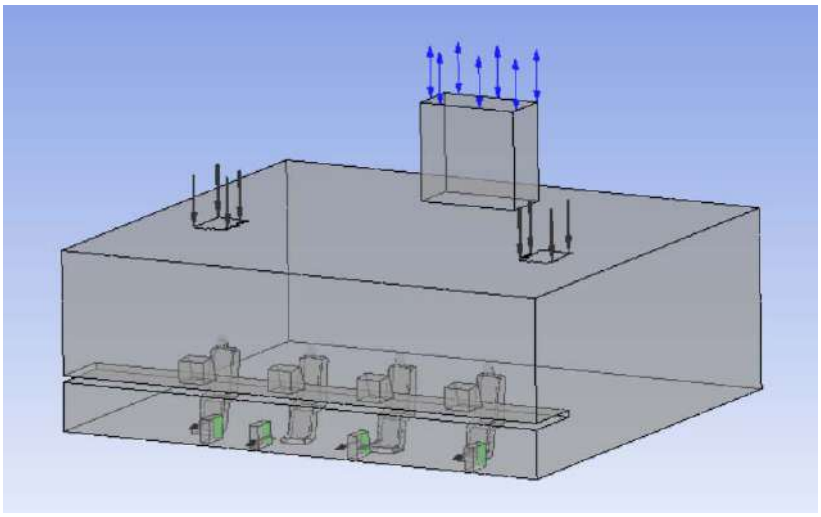


Figure 4.3 : Interface graphique du module CFX-pre.

Les conditions aux limites sont de 5 types :

- **INLET ;**
- **OUTLET ;**
- **OPENING ;**
- **WALL ;**
- **SYMMETRY.**

Les conditions de types **INLET** sont utilisées dans le cas d'un écoulement entrant à l'intérieur du domaine.

Les conditions de type **OUTLET** sont quant à elles utilisées dans le cas d'un écoulement sortant à l'extérieur du domaine.

La condition **OPENING** est utilisée dans le cas d'une méconnaissance de la nature entrante ou sortante de l'écoulement.

La condition aux limites de type **WALL** est attribuée aux attribuée aux parois imperméable à l'écoulement.

Enfin, si l'écoulement présente un plan de symétrie, il est possible d'attribuer la condition **SYMMETRY** à ce plan.

Une fois tous les paramètres définis, **CFX-Pre** génère un fichier «**.def**» qui contient toutes les informations relatives au maillage, aux conditions aux limites et initiales, ainsi

que tous les autres paramètres introduit dans **CFX-pre**. C'est ce fichier qui va être à la base de travail du solver.

4.6.3. CFX-solve :

Le module CFX-solve est le module qui effectue les calculs. Il est basé sur l'intégration des équations de Navier Stockes dans chaque maille et dispo modèles additionnels pour prendre en compte la turbulence, le rayonnement thermique.

Dans le cas d'une résolution en régime permanant, le calcul se poursuit jusqu'à ce que, soit le nombre maximal d'itération demandé par l'utilisateur est atteint, soit la solution satisfait au critère de convergence. Dans le cas d'une résolution en régime transitoire, le calcul prend fin lorsque la durée de résolution en régime transitoire, le calcul prend fin lorsque la durée de résolution du phénomène étudiée est atteinte.

A fin de son calcul, CFX-solve génère deux types de fichiers :

- Un fichier «**.out**» lisible par un éditeur de texte. Ce fichier résume le déroulement du calcul. Il contient, entre autres, les informations du.def, ainsi que le bilan masse du système.
- Un fichier «**.res**» qui contient l'ensemble des résultats. Ce fichier est directement exploitable par CFX-post.

4.6.4. CFX-post :

Le module CFX-post est un outil graphique permettant le traitement et la visualisation des résultats. Il permet d'appliquer des textures sur la géométrie, de visualiser des contours, des iso-surfaces, des lignes de courant, des champs de vitesse. Il permet également l'exportation des résultats sous forme numérique, comme par exemple la valeur des différentes variables sur chaque nœud, sous forme photographique et même sous forme d'animation.

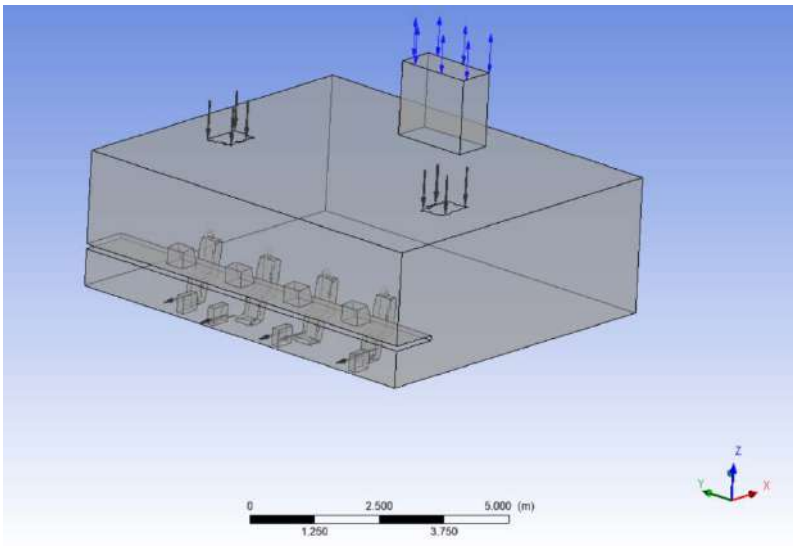


Figure 4.4 : Interface graphique du module CFX-post.

5.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons les résultats obtenus des simulations concernant l'étude d'un conditionnement d'air dans un labo informatique en 2D et 3D. L'air entre via un bureau qui contient quatre ordinateurs et quatre travailleurs avec deux entrées d'air à $21\,^{\circ}c$. Il s'échappe par une seule sortie. H est la hauteur du labo qui sépare l'entrée et les travailleurs.

5.2 Modèle physique :

Dans cette étude, nous avons analysées l'effet des ordinateurs et des travailleurs sur la distribution de la température dans un bureau. Dans la première étape, le flux d'air à travers les conduits d'air d'alimentation sera simulé et les conditions de sortie du conduit seront utilisées pour définir les conditions d'entrée de la pièce. Bien que les deux composants puissent être analysés ensemble, la séparation des deux composants permet d'analyser différentes configurations de pièce sans résoudre à nouveau le débit du conduit .Le domaine de calcul est montré sur la **figure 5.1**.

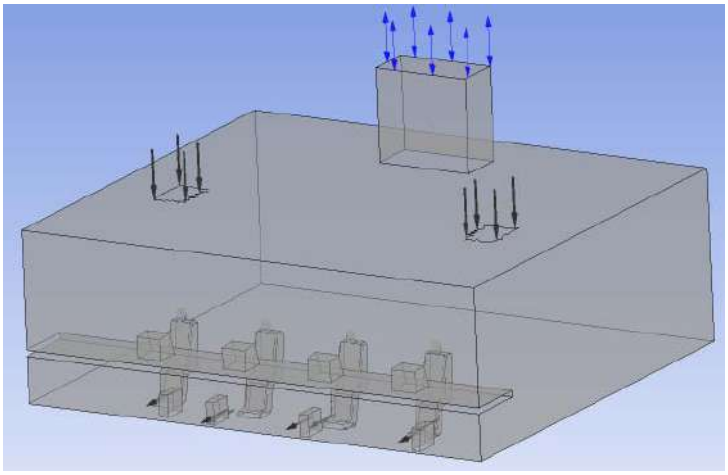


Figure 5.1 : Problème physique.

- Les conditions aux limites suivantes:

1. **Conditions limites INLET**

   Nom: Inlet

   Option vitesse (0.5, 1.0, 3, 5 et 7m/s)

2. **Conditions limites Opening**

   Nom: Openeing

   Option pression relative (P=0Pa)

3.Condition limite des travailleurs

Nom: travailleurs

Type de limite: Wall

Option de transfert de chaleur: Température fixe: 37 [C]

4. Les conditions aux limites des moniteurs

Nom: Moniteurs

Type de limite: Wall

Option de transfert de chaleur: Température fixe: 30 [C]

5. Les conditions aux limites des ordinateurs

Nom: Computer

Type de limite: Inlet

Option Masse et Momentum: Débit massique: 0,132 [kg/s]

Option de transfert de chaleur: Température statique: 40 [C]

6. Les conditions aux limites d'admission

Type de limite: Outlet

Option Masse et Momentum: Débit massique: 0,132 [kg / s]

Option du débit massique: flux constant.

5.3 Résultats et discussion :

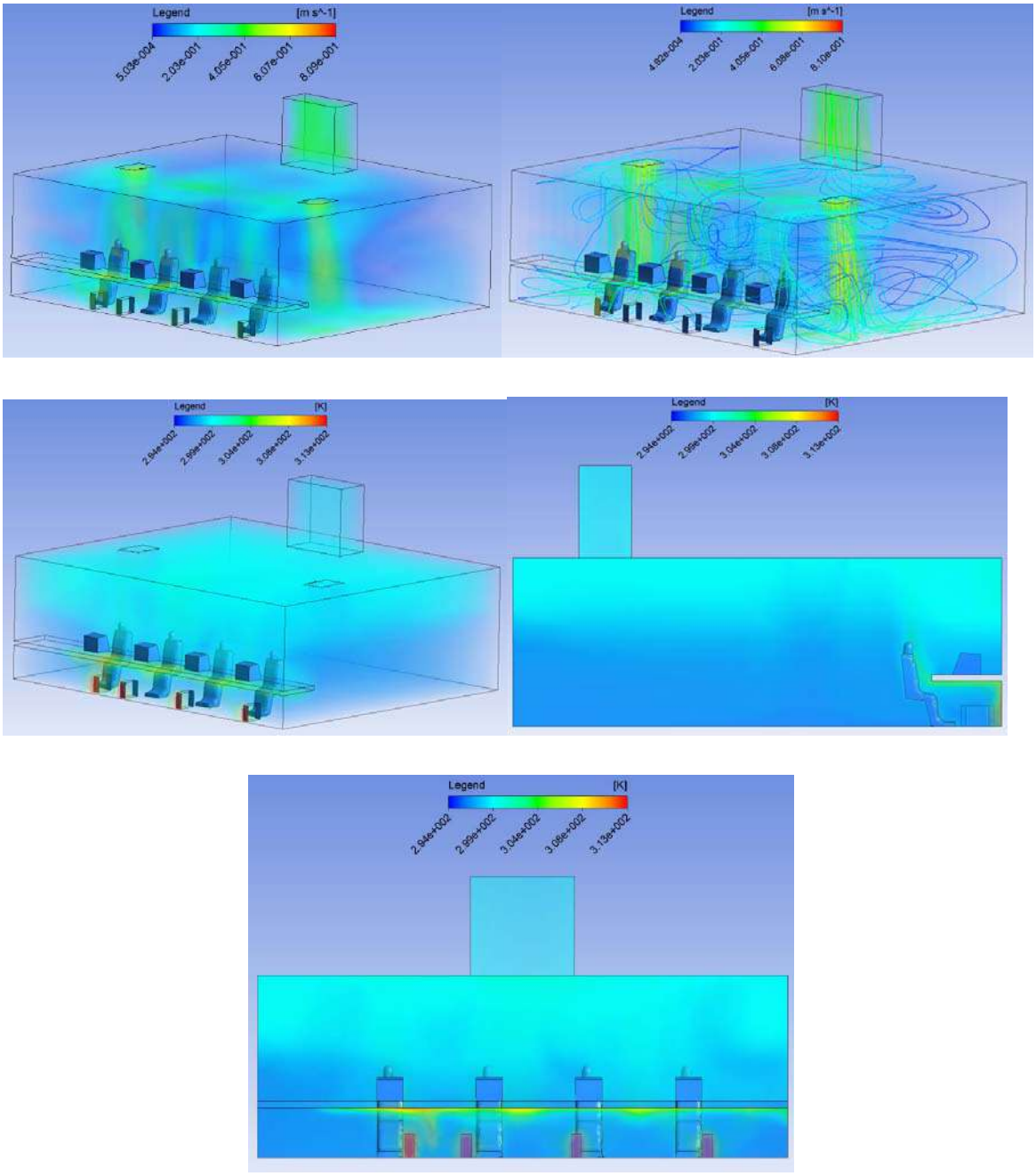


Figure 5.2 : les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une Vitesse u=0.5m/s.

Ces figures représente l'évolution de la vitesse et les lignes de courants et des températures pour le cas de vitesse u=0.5m/s. D'après la figure on constate qu'il ya une distribution uniforme de la vitesse dans le local qui varie entre les deux couleurs bleu et rouge (5,03^{e}0004), on remarque aussi que la vitesse est maximale juste aux les deux ouvertures de l'entré. Ce résultat est confirmé par les lignes de courant présente dans la figure 1(b).

Figure 1(c) montre l'évolution de la température dans le local et en constate, cette dernière est maximale au niveau bas de l'être humain. Il y aunecontraction de température au niveau de la table dans ce cas la température varié entre (2,9^{e}002 et 3,13^{e}002) ce niveau illustre clairement l'évolution de la température. On a présenté aussi de endroit comme le montre sur les deux figure (d et e), c'est-à-dire il y a un moins refroidissement au niveau bas de laboratoire (environs l'entré humain).

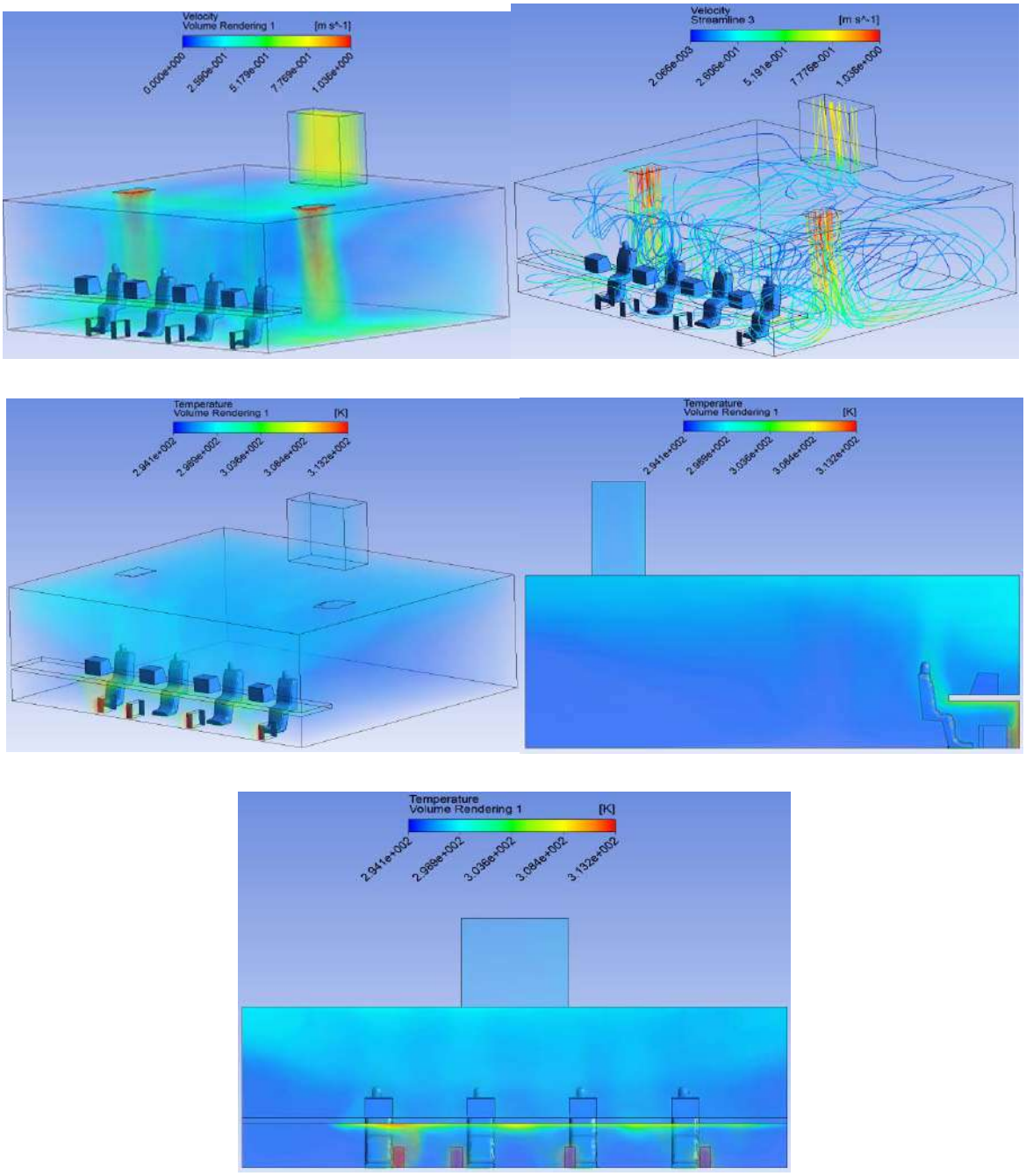


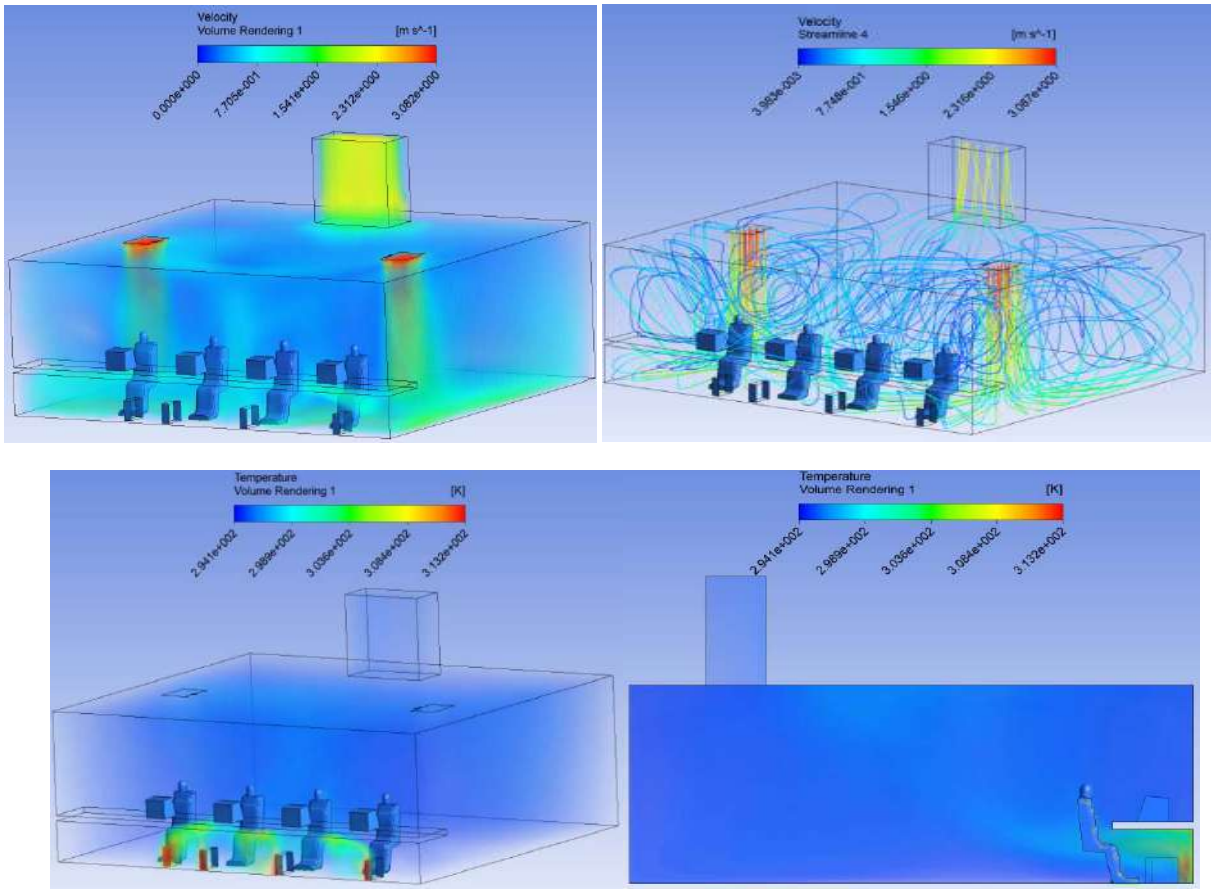
Figure 5.3 : Les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une

Vitesse u=1.0m/s.

Ces figures illustres l'évolution de la vitesse, les lignes de courants et de la température pour une vitesse de1.0m/s. A partir de cette figure on remarque que la vitesse est irrégulière et varie entre (0 e0 et 1,036^{e}00) et les deux couleurs bleu et rouge, on constat que la vitesse est moyenne au niveau des deux entrés, cette remarque est confirmé par les lignes de courants présenté dans la figure (2, b).

D'âpres la figure (1, C) on constat que l'évolution de la température dans le local est haute au niveau des tables à cause de la température dégagée par les ordinateurs, cette température varie entre (2,9^{e}002 et 3 ,13^{e}002).

Les deux dernières figures (d, e)présentent l'évolution de la température plus claire qui montre un dégagement de la chaleur (moins refroidissement) au niveau bas de local.



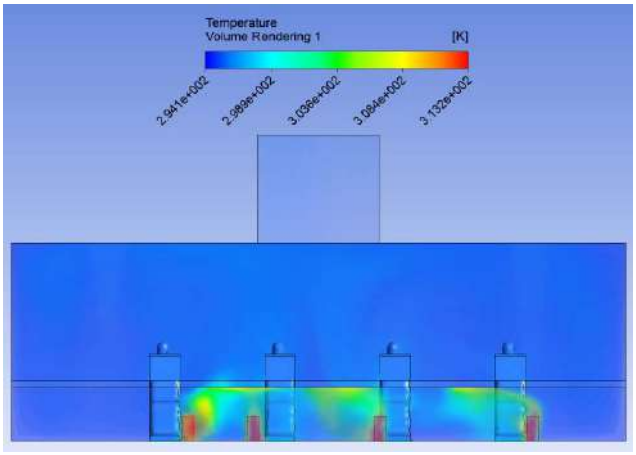
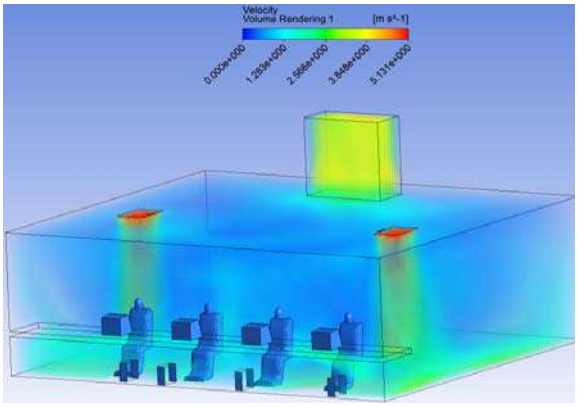
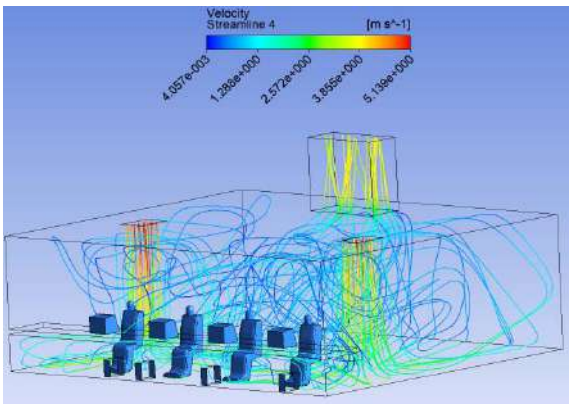


Figure 5.4: les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une Vitesse u=3.0m/s.

Ces figures représentent l'évolution de la vitesse, des lignes de courant et de la température pour une vitesse u=3.0m/s. On remarque que le débit de vitesse est élevé dans le local qui varier entre (0^{e}0 et 3,09^{e}0), donc on constat que la vitesse est maximale au niveau des entrés. Cette résultat est confirmée par les lignes de courant que présenté dans la figure (1, b).

La figure (1, c) représente l'évolution de la température dans le local, on remarque que la température est maximale au niveau bas de local elle entre juste au niveau des tables entre les deux valeurs (2 ,94^{e}002 et 3 ,13^{e}002), pour voire l'évolution de la température plus claire comme on montre les deux figures (d et e), c'est-à-dire il ya un moyenne refroidissement environs les travailleurs.





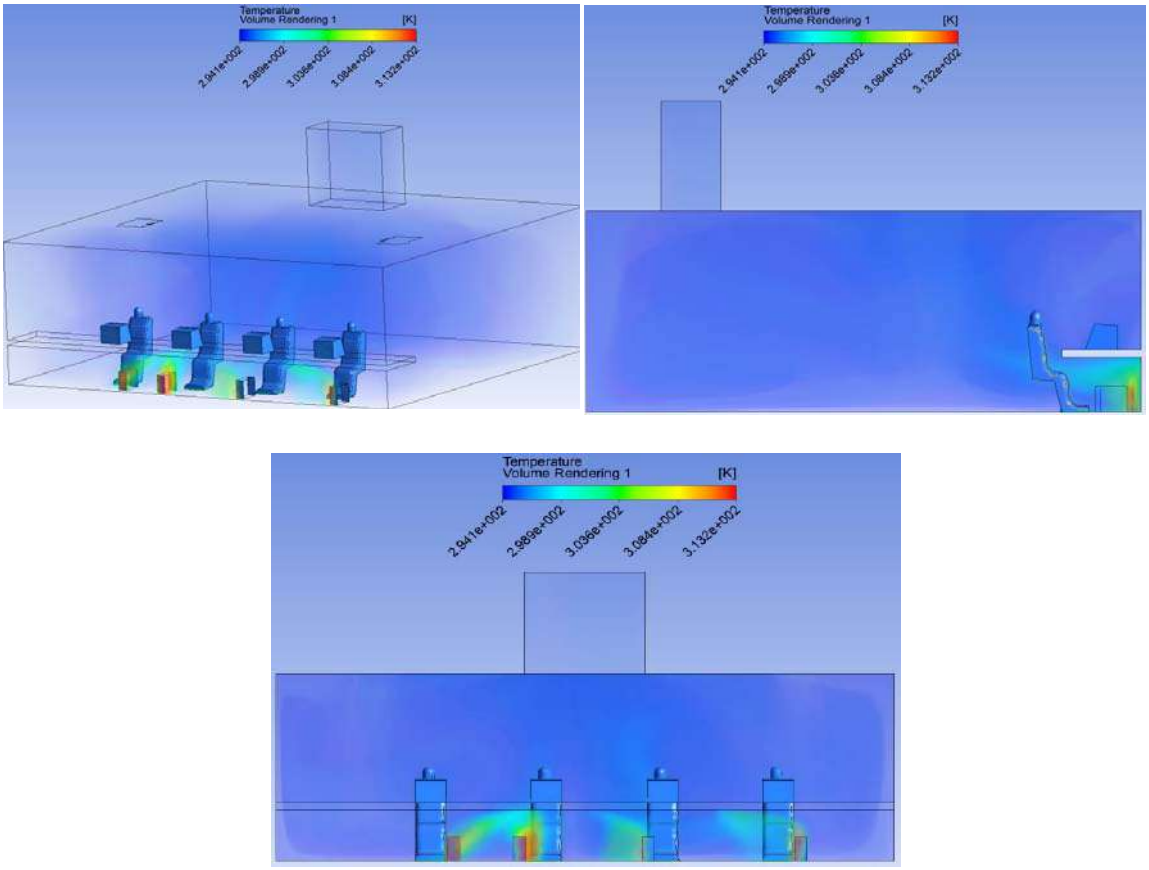


Figure 5.5 : les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une

Vitesse u=5.0m/s.

Ces figures représentent l'évolution de la vitesse, les lignes de courants et de la température pour une vitesse de u=5.0m/s .à partir de cette figure on constat qu'il ya une distribution de vitesse varié entre les deux valeurs (0^{e}0 et 5,13^{e}0), et on remarque que la vitesse est maximal aux les deux ouvertures de l'entré comme le présenté dans la figure (1, b).

D'après la figure (1, c) on constat que la température est maximal au niveau bas du local (au niveau des tables et l'être humain), cette température est variée entre (2 ,94^{e}002 et 3,13^{e}002).

Pour connaitre l'évolution de la température plus claire on voire les deux figure (d et e), d'après ces figureson résulte qu'il ya un moins température (moins refroidissement) au niveau bas de local.

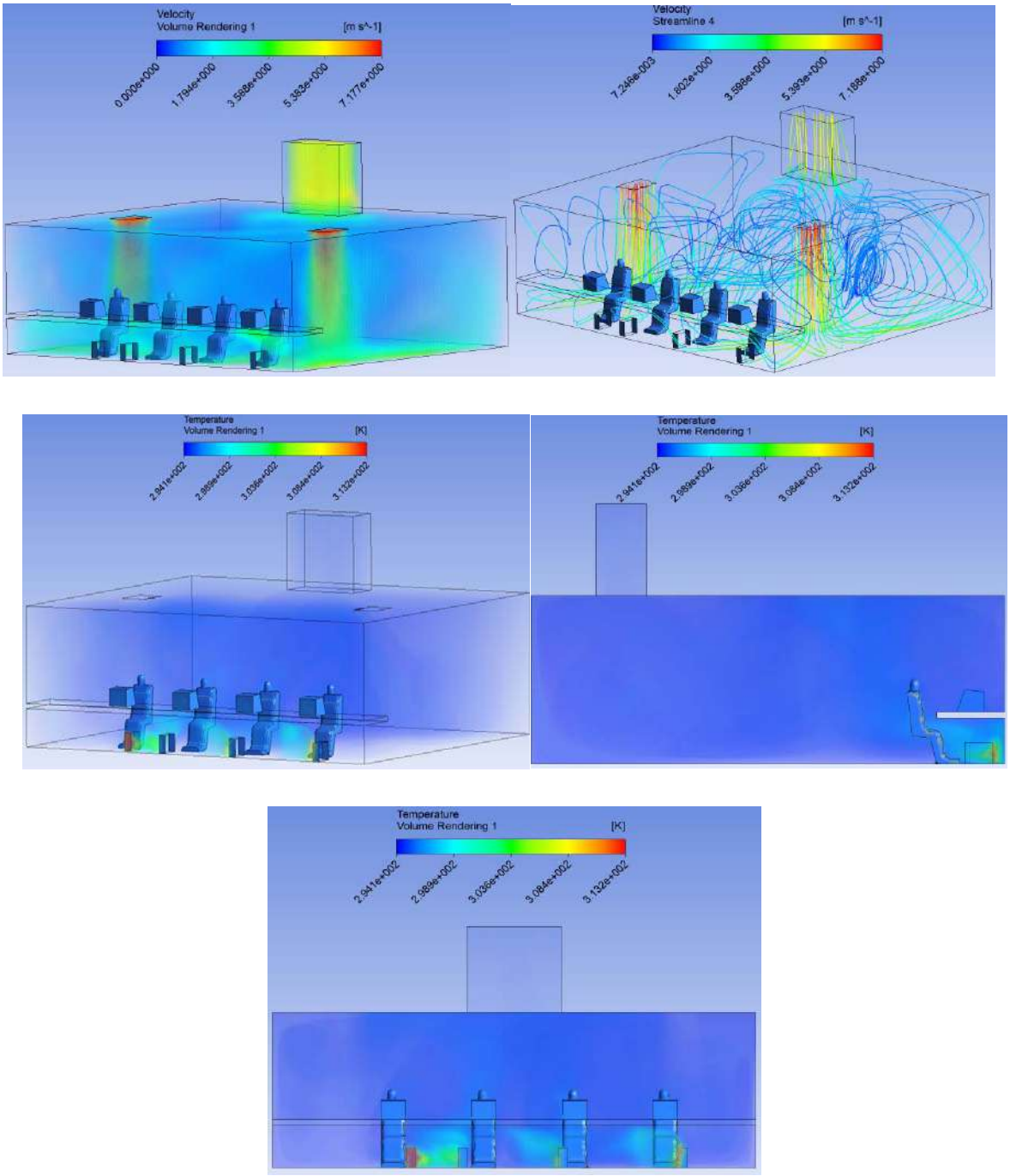


Figure 5.6 : les contours de vitesse, des lignes de courant et de la température pour une

Vitesse u=7.0m/s.

Ces figures représente l'évolution de la vitesse, les lignes de courants et de la température pour une vitesse de u=7.0m/s, d'aprèson constat qu'il ya une distribution de vitesse dans le local qui varie entre (0,0^{e}0 et 7,17^{e}0), et on remarque que la vitesse est maximale juste à les deux entrés, cette remarque est présenté par les lignes de courants dans la figure (1, b).

La figure (1, c) montre l'évolution de la température, on remarque que la température est maximale dans le local juste au niveau bas des être humain cette température est varié entre les valeurs (2 ,94^{e}002 et 3,13^{e}002) .Les deux dernier figure (d, e) représente l'évolution de la température plus claire, d'après ces figure on constat qu'il ya un moins refroidissement environs les travailleurs.

5.4 Analyse et évaluation des résultats :

L'étude de la variation des vitesses de sorties dans le cas d'un labo informatique pour des hauteurs différentes ont montrée que les profils de la température T=f(y) tracé à (z=0.3m et z=0.5m) en passant de u=0.5 à u=7m/s (**figure 5.7)**, les profils de vitesses sont presque identiques mais les plus élevées correspondent à la vitesse (u=3m/s) elle augmente jusqu'à 305 K, avec une diminution très marqué jusqu'à ce qu'ils deviennent presque nulle.

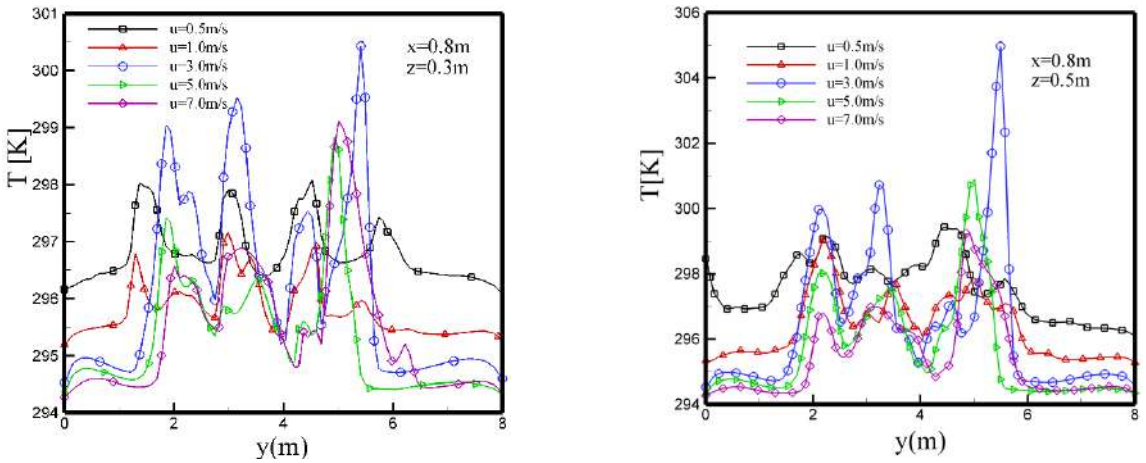


Figure 5.7: Les profils de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=0.3m et z=0.5m) dans le plan x=0.8m

La (**figure 5. 8)** Montre le profil de la température T=f(y) tracé à z=1.0m en passant de u=0.5 à u=7m/s,les valeur de u=0.5 et 1.0m/s augemnte et varie entre (295.7 – 298.5k) avec une diminution très marqué . Cependant, pour u= 3.0,5.0 et 5.0 m/s sont presque stables .

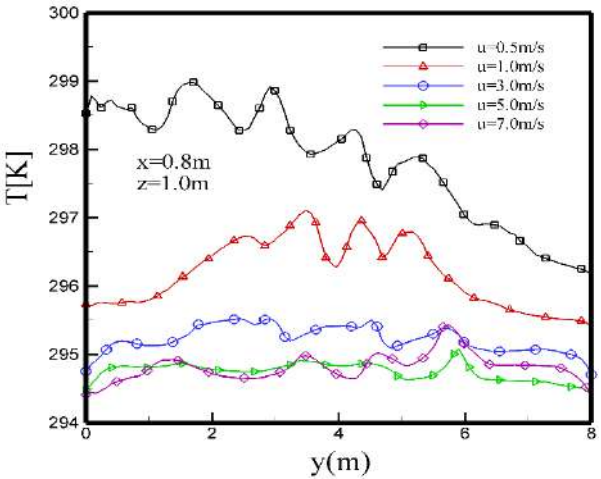


Figure 5.8: Profil de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=1.0m) dans le plan x=0.8m

Les profils de températures obtenus pour les différentes vitesses et pour la position (z=1.5m) **(figure 5. 9)** à montrées que les variations pour les vitesses (u=0.5 et 1.0 m/s) augmentent tandis que u=0.5m/s arrive au sommet avec une diminution très remarqué. Cependant pour les autres vitesses les variations sont identiques.

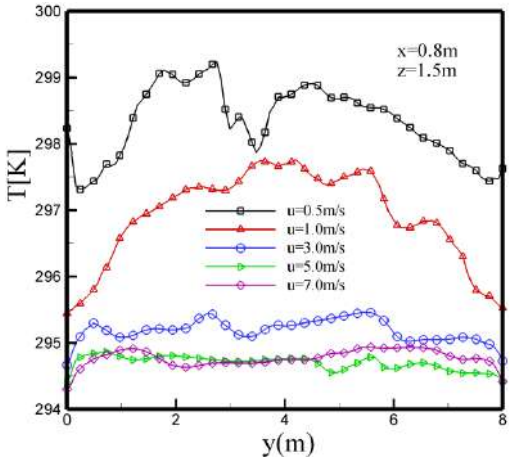


Figure 5. 9: Profil de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=1.5m) dans le plan x=0.8m.

Et pour la dernière hypothèse quand (z=2.0m/s) la **(figure 5.10)** Illustre que le profil de température est stables pour toutes les vitesses sauf pour (u=0.5m/s) on remarque deux zones de creux sur T=298K.

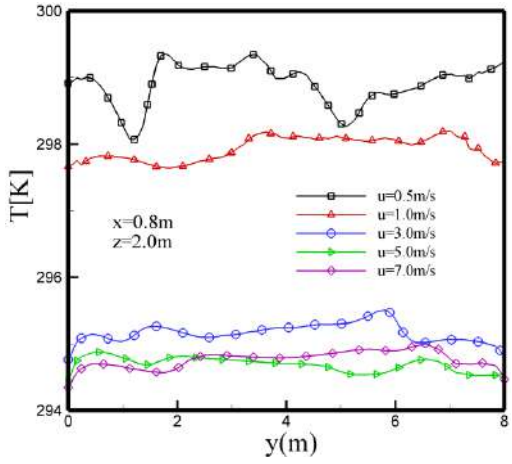


Figure 5.10: Profil de la Température T=f(y) pour différentes vitesses (u=0.5, 1.0, 3.0, 5.0 et 7.0m/s) et position (z=2m) dans le plan x=0.8m.

Pour mieux étudier la convection forcée dans ce laboratoire nous avons effectué un changement de la position de la source et une vitesse de sortie de l'air fixes **(figure 5.11)**. La modélisation par rapport au plan x montre que les profils sont presque identiques avec une augmentation de z=0.5m à une valeur de T=299.5K. On remarque qu'à la fin de la hauteur tous les positions finissent par diminuées tel que z=2.0m augmente léguèrent.

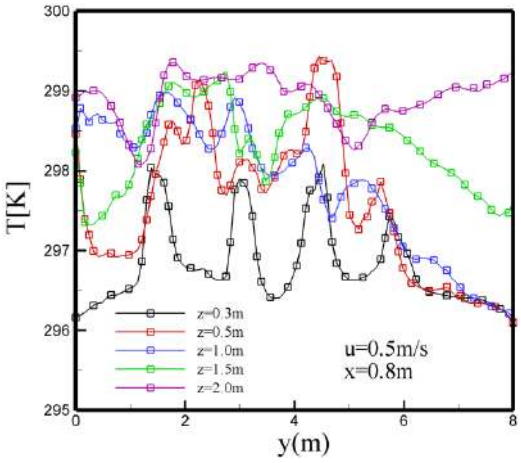


Figure 5.11: Le profil de la température T=f(y) pour différentes positions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et une vitesse (u=0.5 m/s) dans le plan x=0.8m.

La **(figure 5.12)** Présente le profil de la température T tracé à u=1.0m/s. En passant de z=0.3m à z=2.0m, les valeurs de la température sont identiques on remarquant à z=0.5m on a un taux de T maximal. Tandis que pour z=2.0m elle est presque stable sur T=298K.

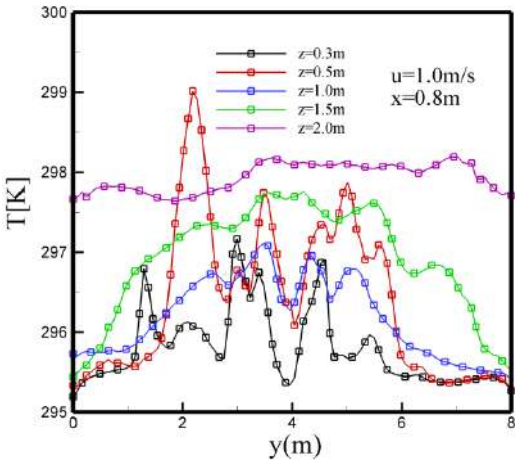


Figure 5.12 : Le profil de la température T=f(y) pour différentes positions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et une vitesse (u=1.0 m/s) dans le plan x=0.8m.

La **(figure 5.13)** Illustre les profils de températures obtenus pour les différentes vitesses (3.0 et 5.0 m/s) a montrées que les variations sont identiques toute au long de la hauteur du

laboratoire pour les deux vitesses et que z=0.5m arrive au sommet avec une valeur de T=305K, tel que pour z= 0.3m arrive jusqu'à T=298.5K.

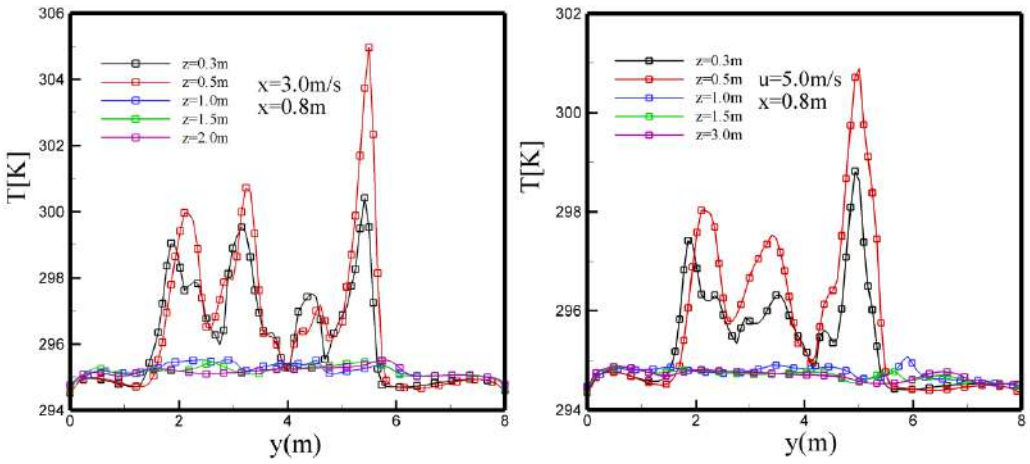


Figure 5.13: Les profils de la température T=f(y) pour différentes positions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et différentes vitesses (u=0.5 et 3.0m/s) dans le plan x=0.8m.

Le profil de la température obtenu pour la vitesse 7m/s a montré que les variations sont identiques tout au long du plan x=0.8m **(figure 5.14)** Avec une augmentation très marquédans (z=0.3 et 0.5m) et qui finissent toutes par diminués jusqu'au 294K.

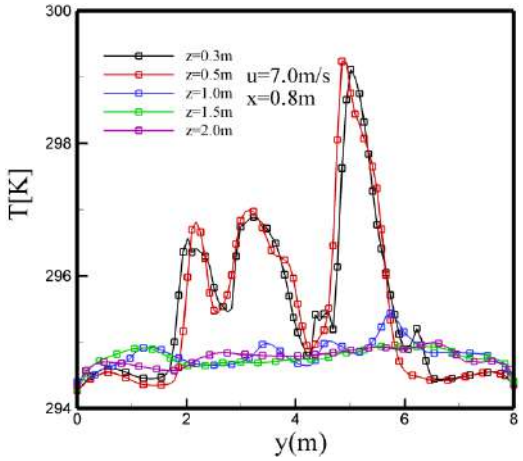


Figure 5.14 : le profil de la température T=f(y) pour différentes positions (z=0.3, 0.5, 1.0, 1.5 et 2.0m) et une vitesse de 7.0m/s dans le plan x=0.8m.

Conclusion général

Dans la présente étude la modélisation numérique du conditionnement d'air dans un laboratoire de deux entré et une sortie a été étudiée on utilisant des techniques de calcul de ladynamique de l'air.

Ce travail présente une étude quantitative et qualitative de l'air intérieur qui a permis d'étudiée le profil d'écoulements de l'air intérieur dans une local avec une présence des travailleurs dans différentes positions.Ainsi les résultats qu'on a obtenus montrent que la variation maximale da la vitesse est obtenus près des entrées et de la sortie, ce qui engendre des zones de recirculations dans différents régions de local. Cela provoque une sensation de froid/chaleur ressentie les personnes de local.

Les résultats numériques ont montrés que dans le cas des vitesses de (0.5 1 et 3m/s), l'air se propage dans différents endroits de local, et on constateune grande sensation de température quand les personnes sont au niveau bas de local, à causes de la chaleur dégagé par les ordinateurs. Dans le deuxièmes cas (vitesse de 5 et 7 m/s), on constat que la variation maximal de la vitesse est obtenus au niveau des entrées et de la sortie. Les résultats ont également montrés que le niveau de confort diminue avec le taux de soufflage induit par la convection forcée.

Enfin, le présent travail ouvres des respectives pour une bonne amélioration de la qualité du confort à l'intérieur de laboratoire, puisque les conditions aux limites utilisés actuellement sont pas idéales due aux résultats qu'on a obtenus. Nous recommandes à l'entreprise de bien analyser notre étude. Pour qu'enfin la qualité du confort sera réalisable.

Références Bibliographiques

[1] Etude et conditionnement d'air, PDF.

[2] prélèvement et conditionnement d'air, PDF.

[3] BELAHBIB Hamza, dimensionnement d'une installation de climatisation centralisée pour un auditorium de 500 places, thèse de fin d'étude, université Abderrahmane mira de Bejaia(2014).

[4] Benazzi Leila et Bouchelit Fatiha, Etude du circuit de ventilation d'une Installation de climatisation, Université Abou Baker Belkaid-TLEMCEN(2015).

[5] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique ». Ventilation, climatisation, Conditionnement d'air. Tome 03, 3éme édition JJMG éditions / pyc livres 2001.

[6] JACQUES BOUTELOUP, MICHEL LE GAUY, JEAN LIGEN: Climatisation Conditionnement d'air Les système.

[7] MESTOUI MOHAMED et Mr. ALLAG FAROUK, Etude la convection naturelle dans une cavité carrée de Milieu poreux, mémoire de master Université YAHIA FARES de MEDEA(2017).

[8] article généralité système de climatisation.

[9] Sophie Mergui, SORBONNE universités, Licence de mécanique 2 *éme* année, Module 2A101.

[10] Mustapha Bordjane, modes de transfert thermique, Université d'Oran «Mohamed Boudiaf», 2017.

[11] Rana Ismail, institut des sciences appliqués et économiques, conception, étude et analyse du conditionnement d'air et chauffage d'un établissement scolaire libanais, 2015.

[12] :www.grandjean-bpa.com.

[13] : www.sciences.univ-nantes.fr.

[14] Philippe Marty, Universités Joseph Fourier, Grenoble, cours de transferts thermiques, 2012-2013.

[16] Djaoud Houa, comportement thermique d'un écoulement en convection forcée stationnaire en utilisant le nano fluide, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa ,2014/2015.

[17] Philippe Marty, Grenoble, transfert thermique conductifs, Universités Joseph Fourier ,2013.

[18] Cristian Perrin et Michel Leroy, la métrologie 8 série –n=12, la mesure de la température de l'air, Décembre 1995.

[19] Cristian Perrin, la métrologie 8 série –n=12, l'humidité de l'air; mesures hygrométriques au sol, juin 1993.

[20] Nehal Sara, contribution à l'étude de transfert thermique dans les échangeurs, Nehal Sara, université A.Mira-Béjajia, 2016/2017.

[21] DAHMANI Mohand Said, bounoua Saïd, modélisation numérique du conditionnement d'air au sein d'une enceinte, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2017.

CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 2 : GÉNÉRALITÉ

CHAPITRE 3 :
CONDITIONNEMENT D'AIR

Chapitre 4 : Étude numérique

CHAPITRE 5 : RÉSULTAT ET DISCUSSION

CONCLUSION GÉNÉRAL