



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
La République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de L'Enseignement Supérieur & la Recherche Scientifique  
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم  
Université Abdel Hamid Ben Badis – Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
قسم الهندسة الميكانيكية  
Département Génie Mécanique



N° d'ordre : M

/GM/2019

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

## *Thème*

**Simulation numérique de la climatisation en été  
d'un local**

Présenté par :

- ❖ KELLOUA Toufik
- ❖ BOUCHEHIDA Nacer

***Soutenu le 06/07/2019 devant le jury composé de :***

Président	Pr. RETIEL Nouredine	Université de Mostaganem UMAB
Examineur	Dr. FLITTI Abdlemadjid	Université de Mostaganem UMAB
Encadreur	Dr. KHALDI Abdelaziz	Université de Mostaganem UMAB

**Année Universitaire : 2018 / 2019**

## *Remerciements*

*Nous exprimons toute notre gratitude à notre encadreur Dr KHALDI Abdelaziz enseignant au département de génie mécanique à l'université Abdel Hamid ibn badis pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives pour l'élaboration de ce travail.*

*Nous remercions chaleureusement Dr FLITTI Abdlemadjid, et Pr RETIEL Noureddine D'avoir accepté de présider notre soutenance. je trouve ici l'occasion de leurs témoigner nos respects.*

*Nous remercions tous les enseignants du département de génie mécanique ;*

*Enfin tous nos remerciements vont à nos parents et nos familles respectives à qui on dédie ce travail car ils n'ont pas cessé de nous soutenir et de nous encourager tout au long du chemin.*

# Sommaire

<b>Chapitre</b>	<b>Sous-titre</b>	<b>page</b>
	<b>Remerciements</b>	<b>I</b>
	<b>Sommaire</b>	<b>II</b>
	<b>Liste des figures</b>	<b>IV</b>
	<b>Liste des tableaux</b>	<b>V</b>
	<b>Résumé</b>	<b>VI</b>
	<b>Nomenclature</b>	<b>VII</b>
	<b>Introduction général</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 01 :</b>	<b>Le confort thermique</b>	
	<b>1-1 La notion du confort thermique</b>	<b>2</b>
	<b>1-2 Les paramètres affectant le confort thermique</b>	<b>2</b>
	<b>1-2-1 Paramètres liés à l'ambiance extérieure</b>	<b>3</b>
	<b>1-2-1-1 La température de l'air ambiant</b>	<b>3</b>
	<b>1-2-1-2 La vitesse de l'air</b>	<b>4</b>
	<b>1-2-1-3 L'humidité relative de l'air</b>	<b>4</b>
	<b>1-2-2 Paramètres liés à l'individu</b>	<b>5</b>
	<b>1-2-2-1 La vêtue</b>	<b>5</b>
	<b>1-2-2-2 L'activité</b>	<b>5</b>
	<b>1-2-3 Paramètres liés aux gains thermiques internes</b>	<b>6</b>
	<b>1-3 Le métabolisme humain</b>	<b>6</b>
	<b>1-3-1 Métabolisme de base</b>	<b>6</b>
	<b>1-3-2 Métabolisme de repos</b>	<b>7</b>
	<b>1-3-3 Métabolisme de travail</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 02 :</b>	<b>Généralités sur la climatisation</b>	
	<b>2.1 Introduction</b>	<b>8</b>
	<b>2.2 Notion de climatisation</b>	<b>8</b>
	<b>2.3 Le rôle d'une centrale de traitement d'air</b>	<b>8</b>
	<b>2.4 Les équipements d'une centrale de traitement d'air</b>	<b>9</b>
	<b>2.4.1 Caisson de mélange</b>	<b>9</b>
	<b>2.4.2 Caisson de filtration</b>	<b>9</b>
	<b>2.4.3 Batterie chaude</b>	<b>10</b>

2.4.4 Batterie froide	11
2.4.5 Section d'humidification	11
2.4.6 Ventilateur	12
<b>Chapitre 03 : Résultats et interprétations</b>	
3.1 Introduction	14
3.2.1 Description du modèle	14
3.2.2 Les conditions aux limites	16
3.3 Résultats et interprétations	17
3.3.1 La variation de vitesse	18
3.3.2 La variation de la température	22
Conclusion générale	24
Références Bibliographiques	25

## Liste des figures

Figure 1.1 : valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires

Figure 1.2: Gains thermiques internes d'un espace

Figure 2 .1 : Centrale de traitement d'air

Figure 2.2 : Caisson de mélange

Figure 2.3 : Caisson de filtration

Figure 2.4 : Batterie chaude

Figure 2.5: Batterie froide

Figure 2.6 : section d'humidification

Figure 2.7 : Ventilateur

Figure3.1 : Le model de simulation

Figure 3.2 : le maillage

Figure 3.3 : Lignes de courant illustrant le champ de vitesse dans la chambre pour 1m/s

Figure 3.4 : Isosurfaces de la température pour une vitesse de 1 m/s

Figure 3.5 : Isosurface de la température pour 0.2 m/s

Figure 3.6 : Total température en °C pour 0.2 m/s

Figure 3.7 : Isosurface de la température pour 0.6 m/s

Figure 3.8 : Total température en °C pour 0.6 m/s

Figure 3.9 : Isosurface de la température pour 1.4 m/s

Figure 3.10 : Total température en °C pour 1.4 m/s

Figure 3.11 : Isosurface de la température pour 0.6 m/s

Figure 3.12 : Total température en °C pour 0.6 m/s

Figure 3.13 : Isosurface de la température pour 0.6 m/s

Figure 3.14 : Total température en °C pour 0.6 m/s

## **Liste de tableaux**

Tableau 1.1: Paramètres influents sur la sensation de confort thermique

Tableau 1.2 : Valeurs de référence de température de l'air

Tableau 1-3 : Taux métaboliques des différentes activités

Tableau 3-1 : les conditions aux limites.

## Résumé

Cette étude est basée sur une simulation en trois dimensions pour l'amélioration de la température ambiante d'un local pour réaliser le confort thermique.

Nous avons varié la vitesse et la température de l'air frais, et nous avons trouvé que l'augmentation de la vitesse de l'air frais va réduire la température intérieure d'une façon remarquable mais on va sortir de la zone de confort thermique. Puis nous avons varié la température de l'air frais et les résultats obtenus montrent que la diminution de cette dernière jusqu'à 17 °C au maximum car on est limitée par les installations de climatisation et la consommation énergétique.

### Mots clés :

Confort thermique, Climatisation, Simulation.

## Nomenclature

g	la gravité	$\text{m} / \text{s}^2$
$\beta$	le coefficient de dilatation thermique	$1 / \text{K}$
T	la température	K
U	la vitesse	$\text{m} / \text{s}$
L	la longueur caractéristique	m
$\nu$	la viscosité cinématique	$\text{m}^2 / \text{s}$



## **Introduction général**

Le confort thermique qui est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique, est une exigence reconnue et justifiée, c'est pour cela que les énergéticiens doivent proposer des solutions durables afin d'éviter toute réhabilitation thermique précoce.

Et l'une de ces solutions qui existent déjà et qui a fait d'énormes progrès depuis son invention c'est les centrales de traitement d'air qui est un ensemble de procédés consistant à contrôler simultanément les caractéristiques de l'air en l'occurrence (température, humidité relative, pureté d'air).

Notre étude est une simulation en trois dimensions qui consiste à améliorer la température à l'intérieure d'un local en été par la climatisation.

Pour cela nous avons commencé dans le premier chapitre par présenter la définition du confort thermique et ses paramètres et ses limites. Le deuxième chapitre est consacré pour les installations de climatisation à savoir leurs composantes et rôle.

Le troisième chapitre c'est la simulation numérique en trois dimensions avec les résultats et interprétations.

Enfin nous avons conclu avec une conclusion générale.



---

# LE CONFORT THERMIQUE

---

Premier chapitre



**1-1 La notion du confort thermique :**

Le confort thermique dans les endroits bâtis est devenu une question primordiale pour les ingénieurs architectes et énergéticiens. La notion du confort thermique a été discuté depuis les années trente [1], plusieurs réflexions ont été posés par la littérature scientifique afin de pouvoir définir le confort thermique d'une manière bien précise.

Les chercheurs ont généralement défini ce concept comme la condition de l'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique [2], [3] et [4]

De même, [5] sont arrivé à définir cette notion comme l'état de l'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique.

En effet, ces deux citations illustrent l'idée selon laquelle le confort thermique reste un aspect essentiel concernant la satisfaction des occupants envers leur environnement [6]

Comme résultat on peut déduire que le confort thermique qui est l'état de satisfaction du corps vis-à-vis de son environnement thermique est un paramètre clé pour un milieu résidentiel sain et productif. Et que l'état de confort de l'habitant envers ces environnements thermiques dépend de l'interaction entre de multiples facteurs physiques, physiologiques et psychologiques.

**1-2 Les paramètres affectant le confort thermique : [7]**

La sensation de confort thermique est fonction de plusieurs paramètres (Tableau 1.1) :

- Les paramètres physiques d'ambiance, au nombre de quatre, sont la température de l'air, la température moyenne radiante, la vitesse de l'air, et l'humidité relative de l'air ;
- Les paramètres liés à l'individu, ils sont multiples, on recense notamment deux paramètres principaux qui sont l'activité et la vêtue de l'individu ;
- Les Paramètres liés aux gains thermiques internes, gains générés dans l'espace par des sources internes autres que le système de chauffage. (Éclairages, appareils électriques, postes informatiques .....).

Paramètres liés à l'individu	L'activité physique et l'habillement
Paramètres liés à l'environnement	La température de l'air, les sources de rayonnement (radiateurs, soleil), la température des surfaces environnantes, la vitesse relative de l'air par rapport au sujet et l'humidité relative de l'air
Autres influences	Gains thermiques internes, degré d'occupation des locaux, couleur, ambiance .....etc.

**Tableau 1.1: Paramètres influents sur la sensation de confort thermique**

### 1-2-1 Paramètres liés à l'ambiance extérieure :

#### 1-2-1-1 La température de l'air ambiant :

La température de l'air, ou température ambiante ( $T_a$ ), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires. Dans un local, la température de l'air n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe [7].

Ainsi la réglementation, impose des valeurs de référence pour les températures de l'air, données par le tableau I.2 ci-dessous [8].

Type de local	Température de l'air
Locaux où des gens habillés normalement sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple : bureaux, salles de cours, salles d'attente, salles de réunion ou de conférence.	21°C
Locaux où des gens peu ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple salles d'examens ou soins médicaux, vestiaires.	23 à 25°C
Locaux où des gens habillés normalement exercent une activité physique très légère. Par exemple ateliers, laboratoires, cuisines.	17°C
Locaux où des gens peu habillés exercent une grande activité physique. Par exemple : salles de gymnastique, salle de sport.	17°C
Locaux qui ne servent que de passage pour les gens habillés normalement. Par exemple corridors, cages d'escalier, vestiaires, sanitaire.	17°C
Locaux uniquement gardés à l'abri du gel. Par exemple garages, archives.	5°C

**Tableau 1.2 : Valeurs de référence de température de l'air [8]**

### 1-2-1-2 La vitesse de l'air :

La vitesse de l'air joue un grand rôle dans les échanges convectifs et évaporatoires, elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s [9].

### 1-2-1-3 L'humidité relative de l'air :

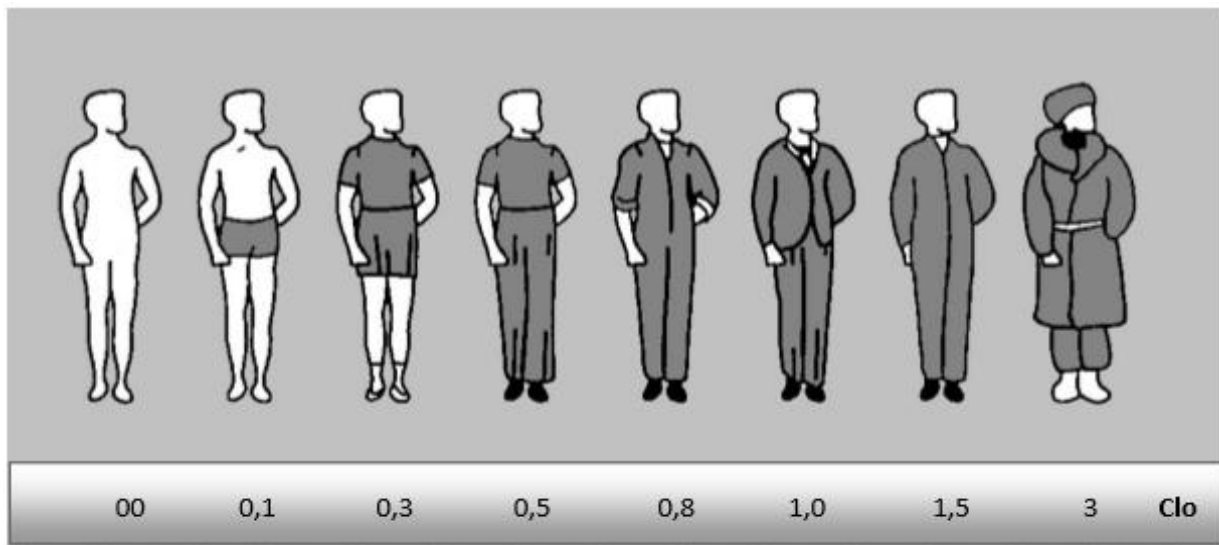
L'humidité relative de l'air influence les échanges évaporatoires cutanés, elle détermine la capacité évaporatoire de l'air et donc l'efficacité de refroidissement de la sueur.

Entre 30% et 70%, l'humidité relative influence peu la sensation de confort thermique. Une humidité trop forte dérègle la thermorégulation de l'organisme car l'évaporation à la surface de la peau ne se fait plus, ce qui augmente la transpiration, le corps est la plupart du temps en situation d'inconfort [10].

### 1-2-2 Paramètres liés à l'individu :

#### 1-2-2-1 La vêtue :

Les vêtements permettent de créer un microclimat sous-vestimental, à travers leurs résistances thermiques, en modifiant les échanges de chaleur, entre la peau et l'environnement. Leur rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables, été comme hiver. La vêtue a un rôle primordial d'isolant thermique, notamment en période hivernale et dans toutes les ambiances froides, ce rôle est pris en compte à travers la définition d'un indice de vêtue, exprimé en Clo [11], caractérisant la résistance thermique d'un vêtement (figureI-1).



**Figure 1.1 : valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires [11]**

La nature du tissu, la coupe des vêtements et l'activité du sujet influencent aussi ces échanges thermiques avec l'environnement [11].

#### 1-2-2-2 L'activité :

L'activité est un paramètre essentiel pour la sensation thermique de l'individu, définissant la quantité de chaleur produite par le corps humain, c'est-à-dire le métabolisme de l'individu. Dans le cas d'une très forte activité, elle peut être responsable de sensations d'inconfort chaud, même en présence de conditions météorologiques très favorables.

### 1-2-3 Paramètres liés aux gains thermiques internes :

Le confort de l'espace est directement influencé par le taux de ces gains internes (figure 1.2) [12], on peut dire que ces apports sont inévitables dès lors que les locaux sont habités. Il faut noter cependant que ces apports sont variables selon le comportement des occupants, et qu'ils constituent donc un facteur d'aggravation de l'inconfort chaud, sur lequel les moyens d'action architecturaux sont limités. Seuls, une bonne ventilation et un comportement adéquat de l'occupant peuvent réduire ces apports ou leur influence sur la température intérieure [13].

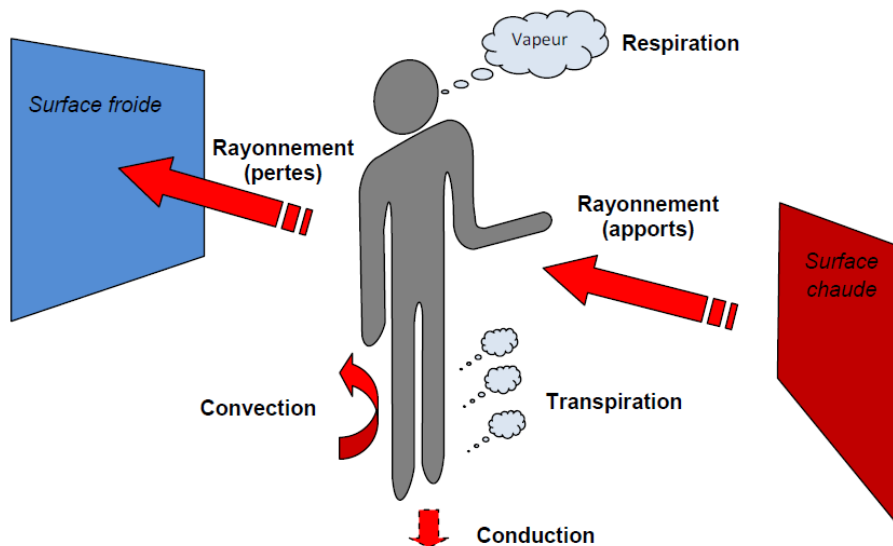


Figure 1.2: Gains thermiques internes d'un espace[13]

### 1-3 Le métabolisme humain :

Le métabolisme (noté  $M$ ) qui s'exprime en Met [11], représente la quantité de chaleur, produite par le corps humain, par heure et par mètre carré de la surface du corps au repos ainsi que la chaleur produite par l'activité humaine (Tableau I.3) [14]. C'est une grandeur toujours positive non nulle, l'activité métabolique minimale vitale est évaluée à 0,7 Met, mais cette valeur est en fonction des paramètres physiologiques, notamment le poids, la taille, et le sexe. On peut distinguer trois niveaux de métabolisme [15]

**1-3-1 Métabolisme de base :** nécessaire à la vie, il concerne la position couchée à jeun (la digestion consomme de l'énergie). Pour une personne « normalisée », ce métabolisme est de l'ordre de 75W.

**1-3-2 Métabolisme de repos** : c'est la chaleur minimale produite dans des conditions pratiques de repos du corps, par exemple en position assise, ce métabolisme est de l'ordre de 105 W.

**1-3-3 Métabolisme de travail** : qui dépend de l'activité physique, comme exemple le travail de bureau, ce métabolisme est de l'ordre de 105 à 140 W.

Activité	Met	W/m <sup>2</sup>	W(av)
Dormir	0.7	40	70
Couché , couché dans le lit	0.8	46	80
Assis, au repos	1.0	58	100
Travail debout ,sédentaire	1.2	70	120
Travaux très légers ( shopping, cuisine ,industrie léger)	1.6	93	160
Moyen de travail léger (maison ,machine-outil )	2.0	116	200
Travail moyen régulier (marteau-piqueur ,dense social )	3.0	175	300
Travaux lourds (sciage , rabot a la main , tennis) jusqu' à	6.0	350	600
Travaux très lourds (courge ,travail des fours) jusqu' à	7.0	410	700

**Tableau 1-3: Taux métaboliques des différentes activités [16]**





---

# Généralités sur la Climatisation

---

Deuxième chapitre



**2.1 Introduction :**

En vue du bien-être et du confort thermique des occupants d'une pièce, il est nécessaire d'aménager les conditions climatiques. Il s'agit là d'un processus appelé climatisation. Dans le présent chapitre qui est essentiellement basé sur cette technique. Nous allons expliquer la notion de climatisation et détailler les composantes d'une centrale de traitement de l'air.

**2.2 Notion de climatisation :**

La climatisation est l'ensemble des procédés qui consistent à contrôler simultanément les caractéristiques de l'air dans un milieu en l'occurrence la température, l'humidité relative, et la pureté. Son principal but est de créer des conditions de confort pour les occupants de la pièce.

**2.3 Le rôle d'une centrale de traitement d'air :**

La centrale de traitement d'air (Figure 2.1) réunit dans un seul caisson les équipements destinés à :

- 1- Mélanger l'air neuf et l'air repris dans le caisson de mélange ;
- 2- Filtrer l'air distribué ;
- 3- Chauffer (grâce à une batterie à eau chaude, à des dispositifs électriques, à vapeur ou à détente directe) ;
- 4- Refroidir par l'intermédiaire d'une batterie à eau froide ou d'un dispositif à fluide frigorigène ;
- 5- Une batterie chaude (réchauffage) ;
- 6- Humidifier l'air par l'intermédiaire d'un humidificateur à eau ou à vapeur ;
- 7- Distribuer l'air par des ventilateurs. [17]

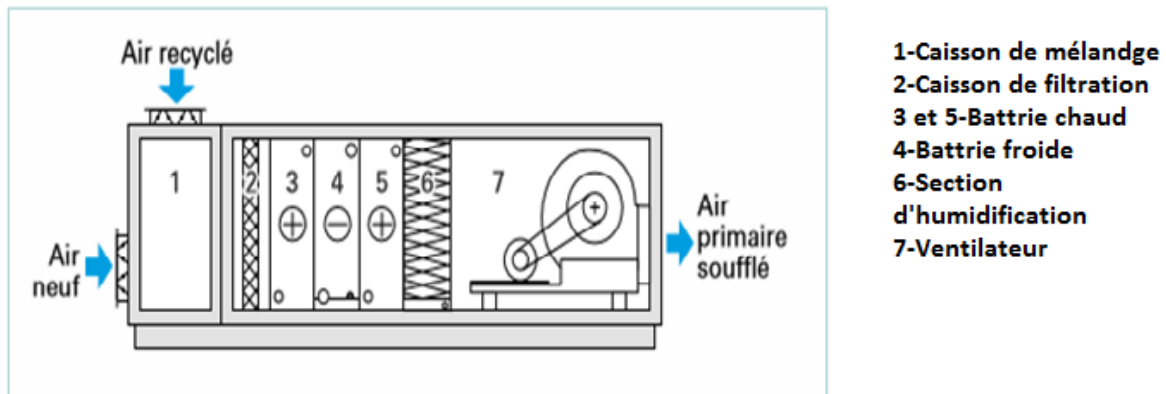


Figure 2.1 : Centrale de traitement d'air. [18]

## 2.4 Les équipements d'une centrale de traitement d'air :

### 2.4.1 Caisson de mélange :

Le caisson de mélange standard (2 voies) est généralement utilisé pour réaliser le mélange de deux airs, l'air neuf avec l'air recyclé. [18]

Dans certaines installations un peu plus sophistiquées, le caisson de mélange comporte une troisième voie, qui assure l'écoulement et le dosage de l'air extrait. On l'appelle généralement « caisson de mélange économiseur » ; Le caisson de mélange standard « 2 voies » comporte, à l'intérieur ou à l'extérieur, des volets dont les lames peuvent être montées en parallèle ou en opposition (Figure 2.2). [18]

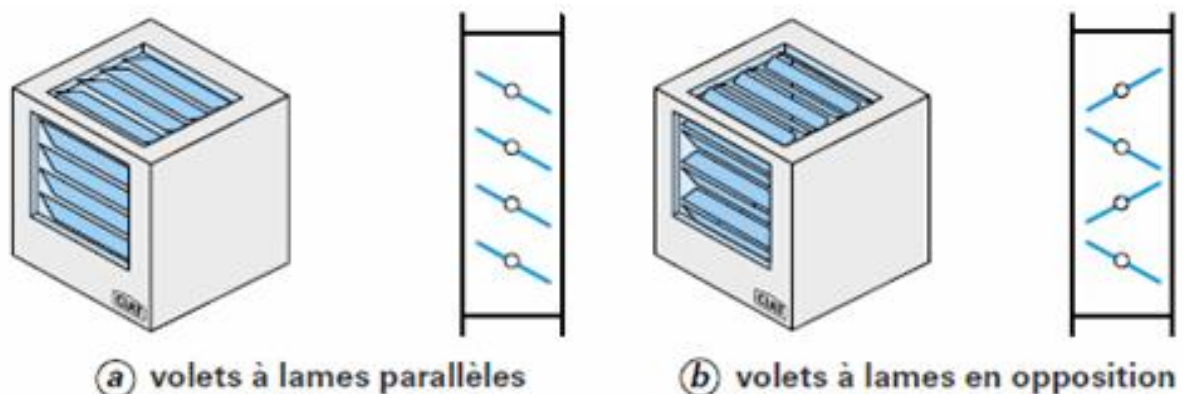
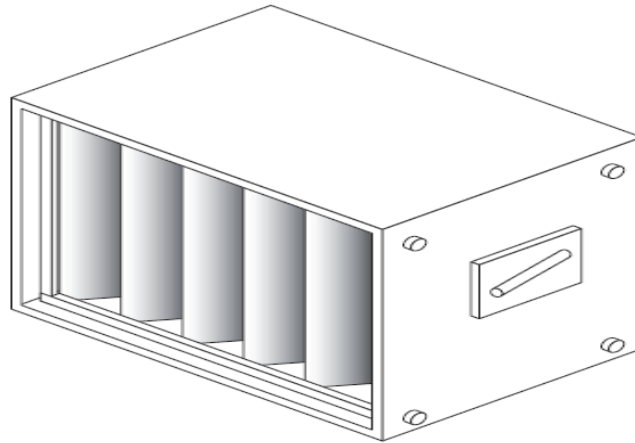


Figure 2.2 : Caisson de mélange [18]

### 2.4.2 Caisson de filtration :

Le filtre est sans action sur les caractéristiques hygrométriques de l'air. Il n'en demeure pas moins que c'est un élément important de la centrale puisqu'il participe à la qualité de l'air (Figure 2.3). Les Poussières servant de support aux micro-organismes, il convient donc de les éliminer le plus possible. [17]

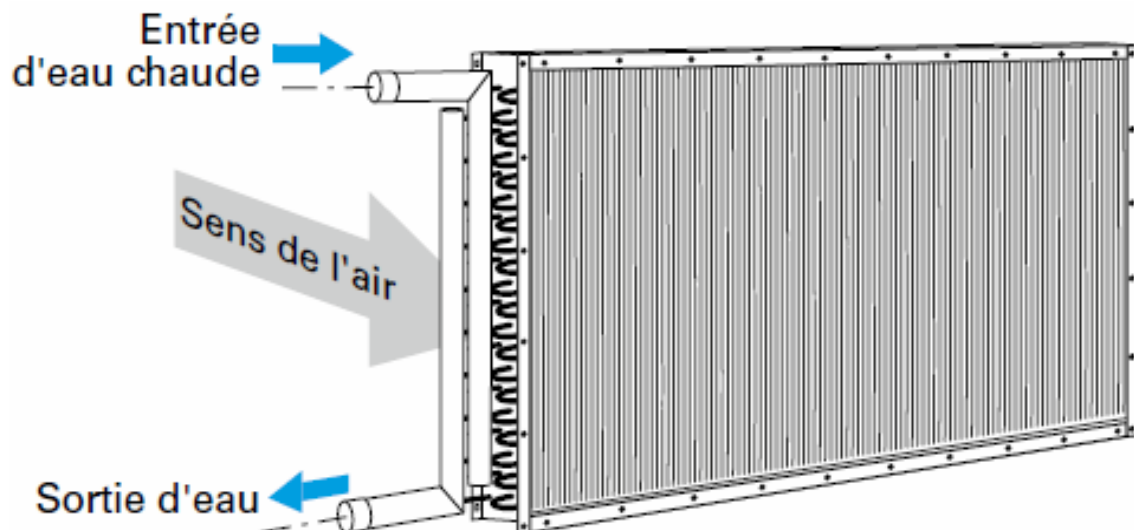


**Figure 2.3 : Caisson de filtration [17]**

### **2.4.3 Batterie chaude :**

La section de chauffage contient l'échangeur pour chauffer l'air. On l'appelle batterie chaude (Figure 2.4). C'est un échangeur d'un type particulier constitué par des tubes à ailettes. L'air circule sur les ailettes tandis qu'un fluide chaud (eau, vapeur, fluide) circule à l'intérieur des tubes.

Dans la très grande majorité des cas, il s'agit d'eau chaude en provenance de chaudières ou de récupérateurs. Lorsque les apports calorifiques sont faibles, on pourra choisir une batterie électrique dont l'investissement est plus faible [17].



**Figure 2.4 : Batterie chaude [18]**

#### 2.4.4 Batterie froide :

Le fluide circulant dans les tubes (Figure 2.5) abaisse la température de surface jusqu'à une valeur inférieure à la température de rosée de l'air à traiter. La vapeur d'eau contenue dans l'air se condense sous forme de gouttelettes ; l'air se refroidit et se déshumidifie. [19]

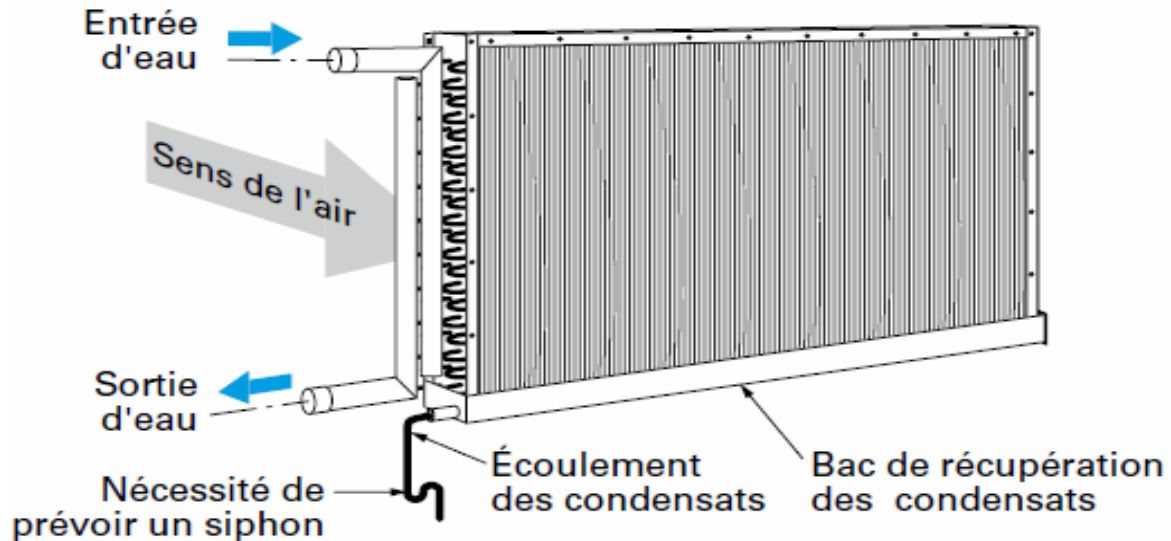
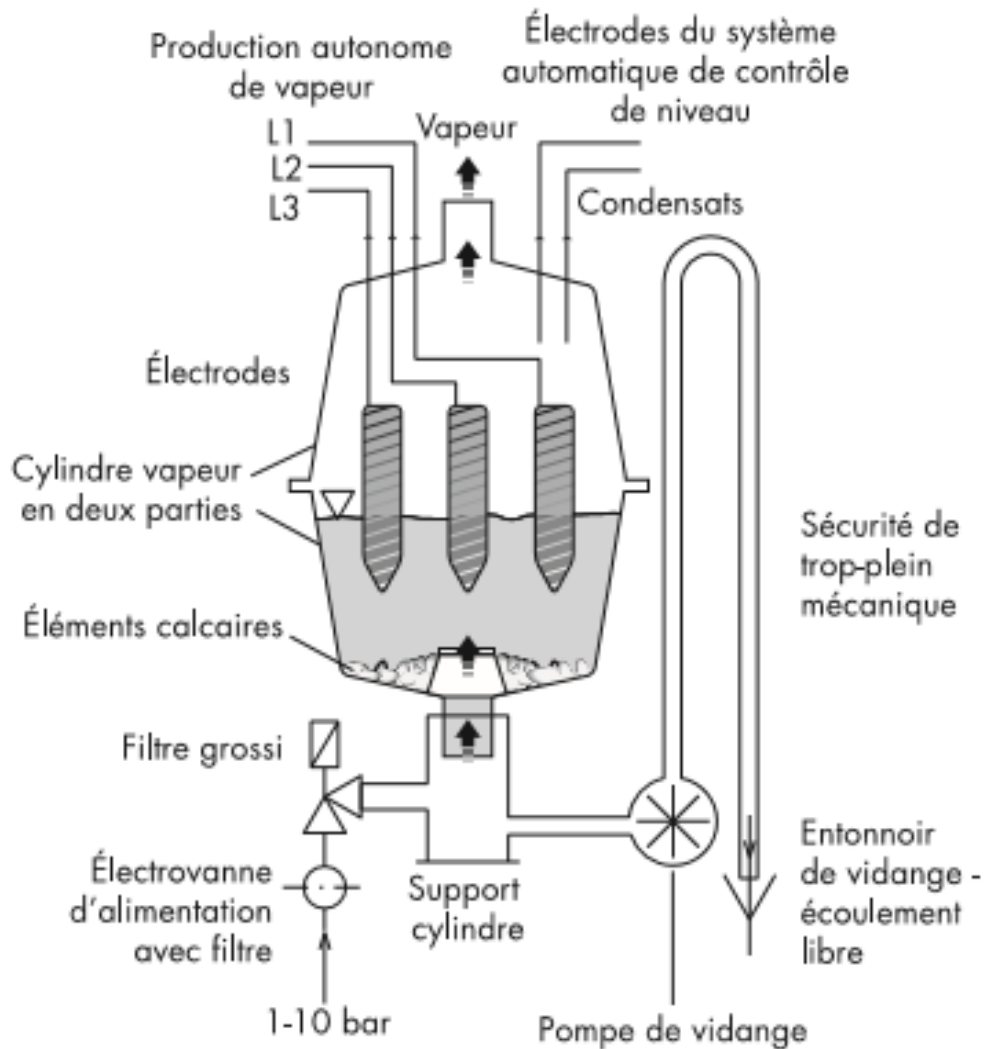


Figure 2.5: Batterie froide [18]

Afin d'éviter l'entraînement dans l'air des gouttelettes, il est vivement recommandé de ne pas dépasser dans la batterie des vitesses d'air de l'ordre de 3 m/s, sinon l'adjonction d'un séparateur de gouttes est indispensable. [17]

#### 2.4.5 Section d'humidification :

Il s'agit de ce que l'on appelle improprement « laveurs à pulvérisation » (Figure 2.6) ou « humidificateurs adiabatiques avec reliquat ». Dans ces équipements, la pulvérisation de l'eau se fait sous forme d'un nuage de gouttelettes fines pour augmenter la surface d'échange entre l'air et l'eau. C'est un échange en paroi. L'air étant mis en contact avec le brouillard d'eau, il s'ensuit des échanges de chaleur et d'humidité (de masse) se produisant en même temps. L'air est refroidi et humidifié. L'eau est récupérée dans le fond et recyclée. [17]

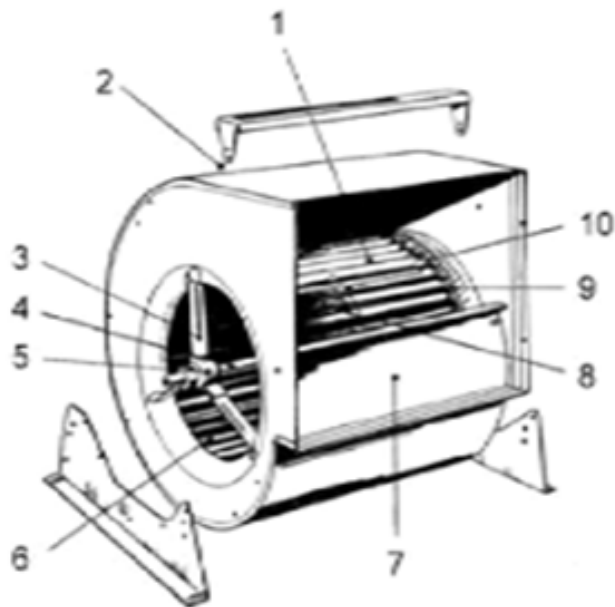


**Figure 2.6 : section d'humidification[17]**

### 2.4.6 Ventilateur :

Un ventilateur est une turbomachine produisant de l'énergie mécanique qu'elle utilise pour entretenir un écoulement continu d'air ou d'un autre gaz qui le traverse.

Les applications des ventilateurs sont très nombreuses et variées. Chaque application demande un ventilateur spécifique. Un ventilateur est sélectionné en fonction des critères suivants : l'utilisation, le débit d'air, la pression totale, le niveau de bruit maximal imposé et le rendement.



- 1:aubes
- 2:volute
- 3:bras support de la roue
- 4:arbre
- 5:coussinets ou roulements
- 6:ouie de d'aspiration
- 7:ouil de refoulement
- 8:disque central permettant une excelente rigidte mecanique de l'ensemble
- 9:ventilateur double ouile (aspiration de chaque cote de la roue)
- 10:aubes fixiées en 3 points (a chaque extremitè et au centre)

Figure 2.7 : Ventilateur [19]



---

# SIMULATION ET RESULTATS

---

Troisième chapitre





### 3.1 Introduction :

Le confort thermique est une notion qui à l'heure actuelle fait encore l'objet de nombreuses recherches. Il est défini consensuellement comme « une condition de l'esprit qui exprime une satisfaction avec l'environnement thermique qui l'entoure ». Cette notion de confort, évolutive dans le temps, est principalement définie par sa négative: l'inconfort et varie selon les géographies et les sociétés. En vue du bien-être et du confort thermique des occupants d'une pièce, il est nécessaire d'aménager les conditions climatiques. Il s'agit là d'un processus appelé climatisation.

Notre travail est inspiré d'une étude effectuée par, [20] D. Mazoni et P. Guitton.

Dans leur recherche, ils ont mis une source de chaleur dans une chambre et ils voulaient la refroidir en plaçant un système de ventilation.

Notre travail consiste à faire un modèle en trois dimension qui va étudier les performances d'un système de climatisation en été, Dans ce modèle, nous allons configurer les équations de transfert de chaleur et d'écoulement turbulent couplées décrivant le système à l'aide du couplage multiphysique prédéfini, k- $\epsilon$ , flux turbulent non isothermique.

Étant donné les valeurs mesurées pour la vitesse d'entrée et la température d'entrée, ce modèle donne des configurations de champ de température et de vitesse de l'air.

Et pour faire ce modèle nous allons utiliser un logiciel qui est un logiciel multi -plateforme d' analyse par éléments finis , de solveur et de simulation multiphysique . Il permet des interfaces utilisateur classiques basées sur la physique et des systèmes couplés d' équations aux dérivées partielles.

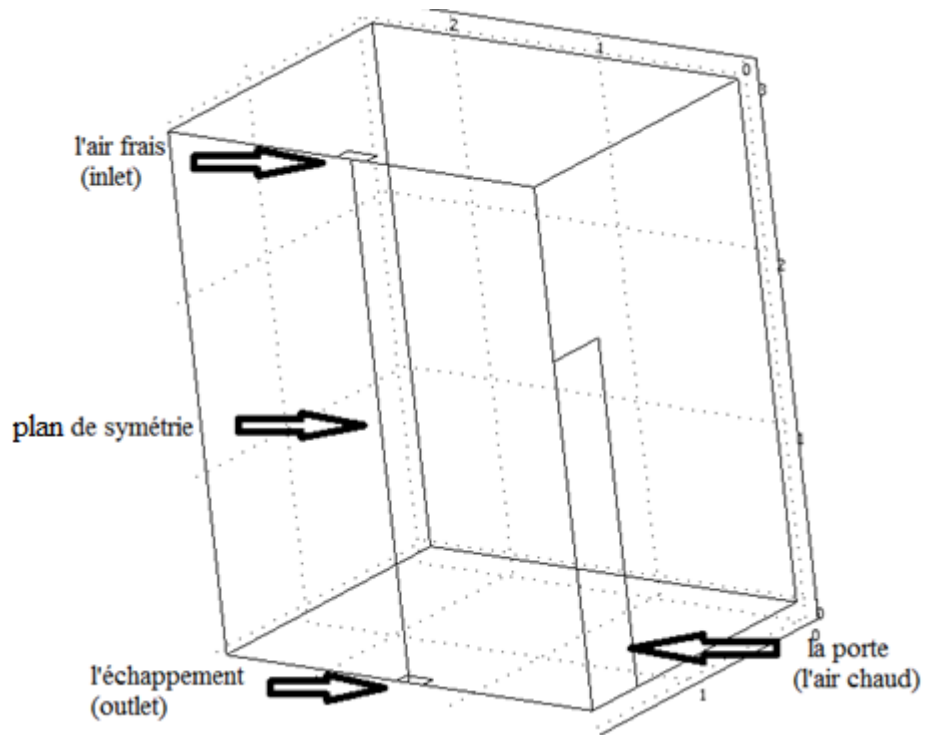
Ce logiciel consiste a étudié les applications électriques, mécaniques, fluides et chimiques.

Et nous allons essayer de voir les changements lorsqu'on varie la vitesse d'injection du l'air frais et on garde la meilleure vitesse et faire baisser la température de l'air frai et voire les changements.

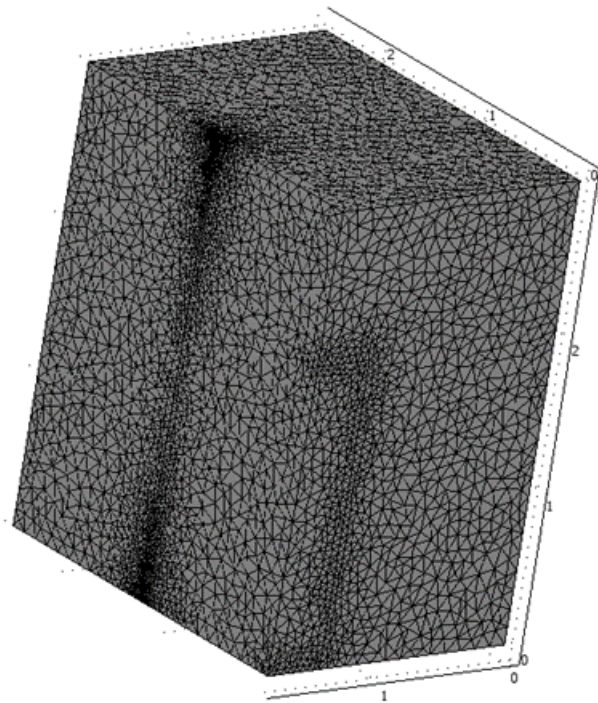
#### 3.2.1 Description du modèle :

La géométrie du modèle est une chambre de dimensions de 2,5 m sur 3,65 m sur 3 m. L'air frais entre par un système de climatisation située au centre du plafond, à basse température, La chaleur entre à travers une porte située au centre du muret un orifice d'échappement qui est symétrique avec le système de climatisation. Les parois de la chambre sont supposées être isolées thermiquement.

Symétrie du domaine de modélisation de la moitié de la chambre pour minimiser le temps de calcul. Le jet chaud alimente dans la pièce à une température de 45 ° C.



**Figure3.1 : Le model de simulation**



**Figure3.2 : le maillage**

La figure3.2 : le maillage triangulaire de la pièce (170894 mailles).

## 3.2.2 Les conditions aux limites :

	Type de frontière	Condition aux limites
Les parois	<b>Paroi</b>	<b>Fonction de loi de paroi logarithmique</b>
Orifice haut	<b>Entrée</b>	<b>Vitesse</b>
Orifice bas	<b>Sortie</b>	<b>pression</b>
La porte	<b>Entrée</b>	<b>vitesse</b>

Tableau 3-1 : les conditions aux limites.

La convection de chaleur peut être forcée ou libre. La convection forcée se produit si :

$$\frac{g\beta\Delta T}{U^2/L} \ll 1 \quad (3-1)$$

Où  $g$  est la gravité ( $m / s^2$ ),  $\beta$  ( $1 / K$ ) est le coefficient de dilatation thermique,  $T$  (K) la température,  $U$  ( $m / s$ ) la vitesse et  $L$  (m) se réfèrent à la longueur caractéristique. L'équation (3-1) indique que la force de gravité est petite comparée à la force d'inertie. Dans une telle situation, le nombre de Reynolds,  $Re = UL / \nu$ . La convection naturelle se produit si l'équation (3-1) n'est pas remplie, auquel cas le caractère de champ d'écoulement est décrit par le numéro Grashof,

$$Gr = \frac{g\beta\Delta TL^3}{\nu^2} \quad (3-2)$$

Où  $\nu$  ( $m^2 / s$ ) est la viscosité cinématique. Si les forces de convection et de flottabilité sont du même ordre de grandeur,  $Gr^{1/2}$  peut alors être interprété comme le rapport entre les forces de la flottabilité et les forces visqueuses. C'est-à-dire que lorsque le nombre de Grashof est grand, le flux devient turbulent. Pour rechercher si l'équation (3-1) est vérifiée, l'air peut être considéré comme un gaz idéal, auquel cas  $\beta = 1 / T$ . De plus,  $\Delta T \approx 20$  K,  $U \approx 1$  m/s, et  $L \approx 2$  m. Cela donne :

$$\frac{g\beta\Delta T}{U^2/L} \approx \frac{9.8 \cdot 20 \cdot 2}{1^2 \cdot 300} = 1.3$$

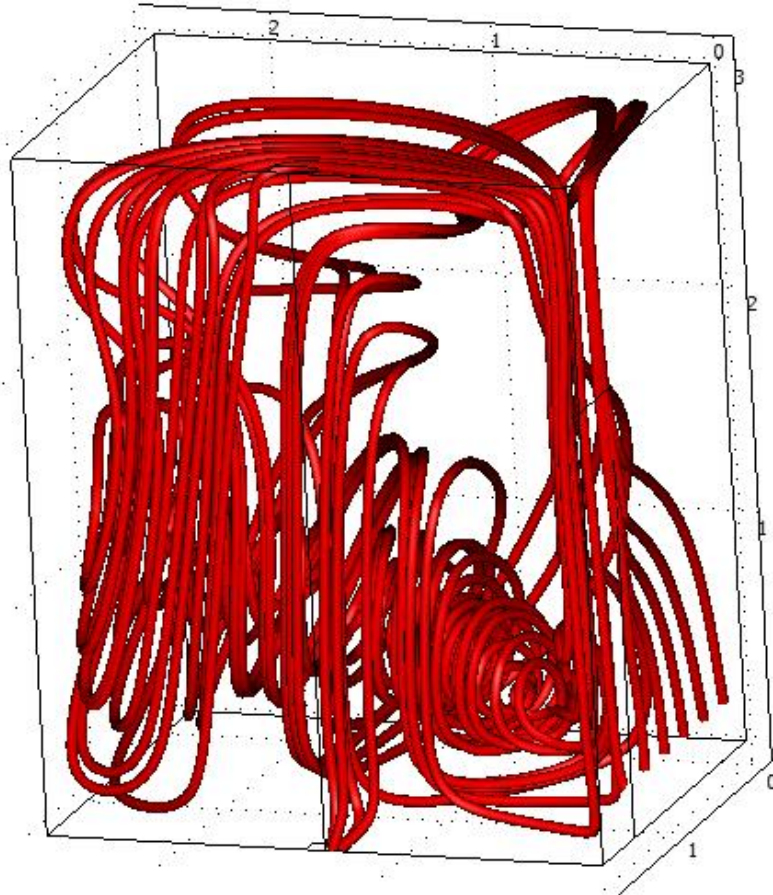
C'est donc le nombre de Grashof qui détermine si le flux est turbulent ou laminaire. En utilisant les mêmes approximations que ci-dessus :

$$Gr \approx \frac{9.8 \cdot 20 \cdot 2^3}{(1.6 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 300} = 2.10^{10}$$

L'équation (3-2) indique clairement que l'écoulement est turbulent.

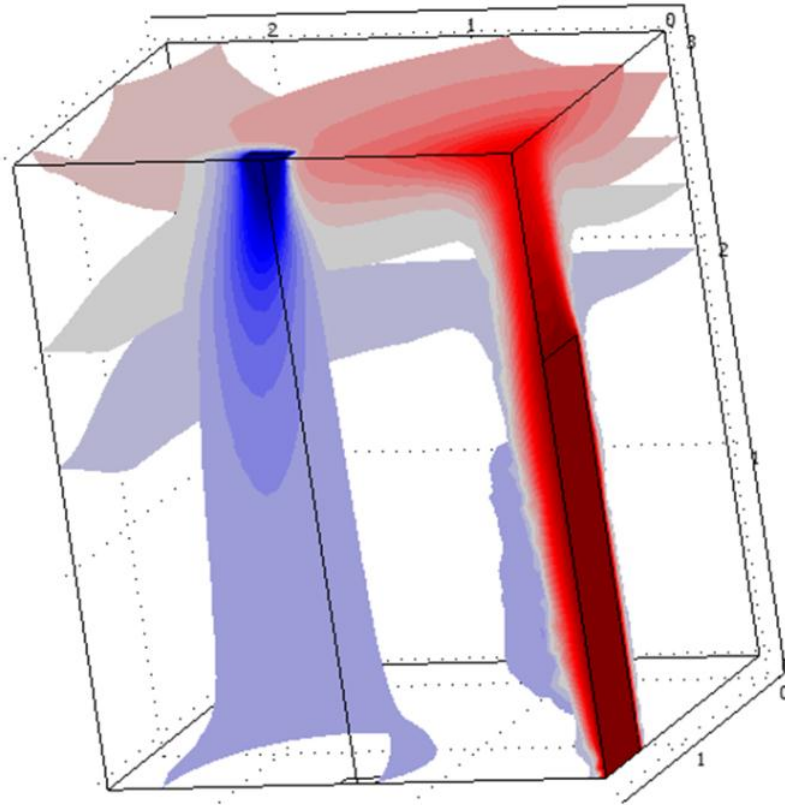
### 3.3 Résultats et interprétations :

La figure suivante montre les lignes de courant du champ de vitesses dans la chambre. L'air froid qui pénètre dans le diffuseur se propage vers la porte.



**Figure 3.3 : Lignes de courant illustrant le champ de vitesse dans la chambre pour 1 m/s**

La figure qui suit montre les isosurfaces de la température. On remarque que l'air chaud monte vers le haut et l'air froid descend vers le bas.



**Figure 3.4 : Isosurfaces de la température pour une vitesse de 1 m/s**

### **3.3.1 La variation de vitesse :**

On va fixer la température à 21°C et faire varier la vitesse de (0.2m/s,0.6m/s,1.4m/s) en gardant la même vitesse de l'air chaud.

Et on extrait des graphes de la température par apport à la hauteur de la chambre.

On a pris des distances de la porte jusqu'au mur en face par pas de 0.5 m en passant par 1.25 m, pour voir la distribution de température.

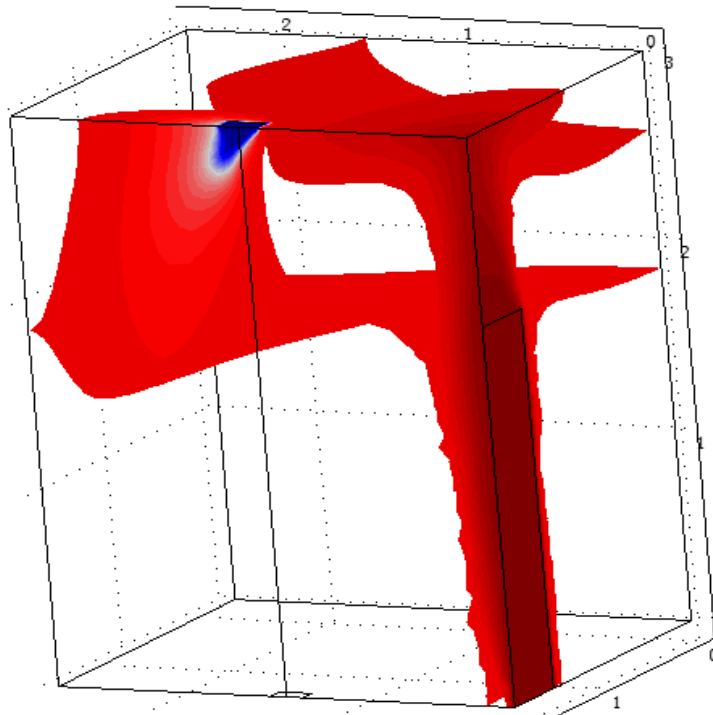


Figure 3.5 : Isosurface de la température pour 0.2 m/s

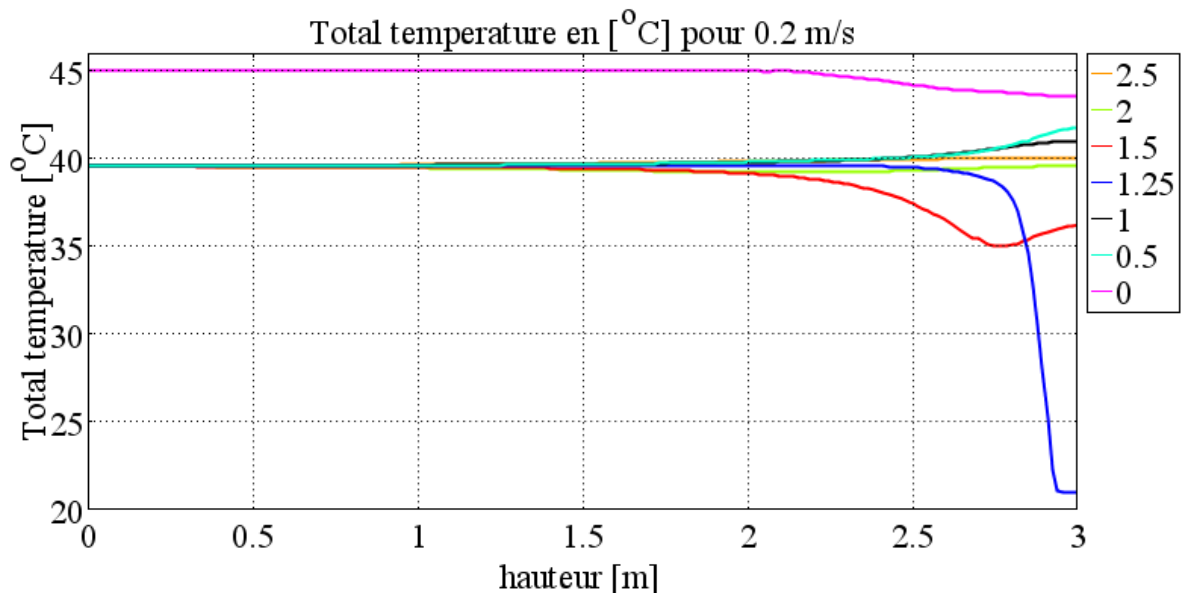


Figure 3.6 : Total température en °C pour 0.2 m/s

Dans ce graphe on remarque qu'il y a une chute de température de 45°C à 39°C, mais ce changement n'est pas suffisant pour le confort des occupants.

Au niveau de la porte on voit que la température reste constante et en s'éloignant de la porte et en avançant vers le diffuseur on remarque que la température commence à chuter. Nous allons augmenter la vitesse d'éjection de l'air frais pour voir l'influence de la vitesse sur la température ambiante.

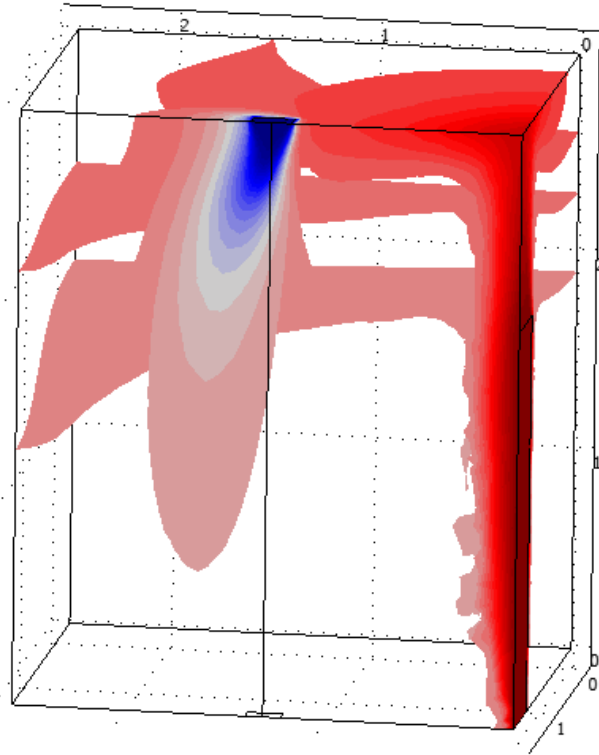


Figure 3.7 : Isosurface de la température pour 0.6 m/s

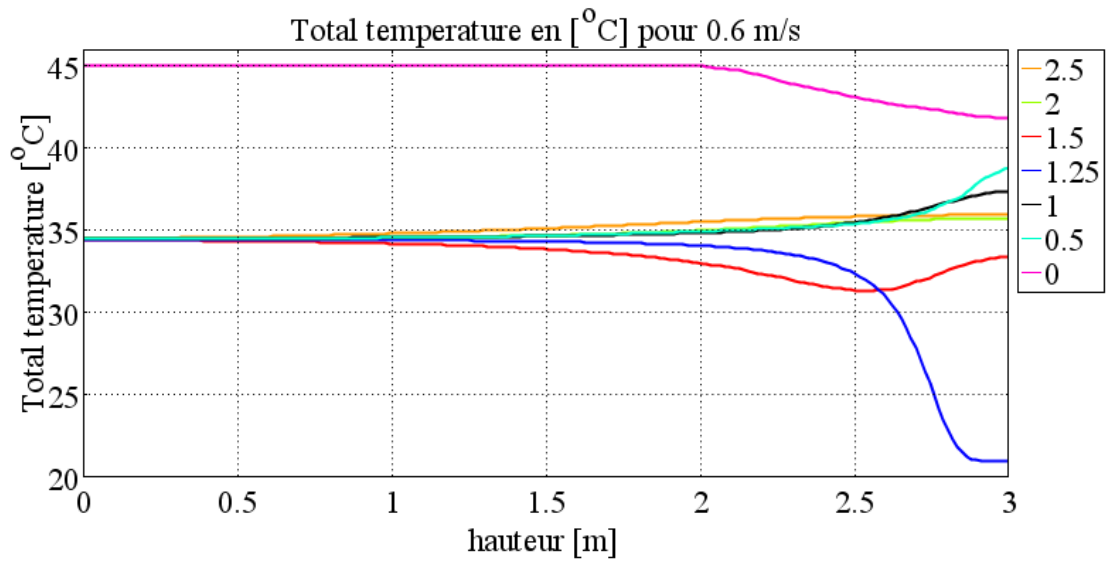


Figure 3.8 : Total température en °C pour 0.6 m/s

Lorsqu'on augmente la vitesse jusqu'à 0.6 m/s on remarque une chute de température qui va atteindre les 34°C comme illustrés par dans le graphe.

nous avons augmenté encore la vitesse dans l'espoir d'obtenir une meilleure température.

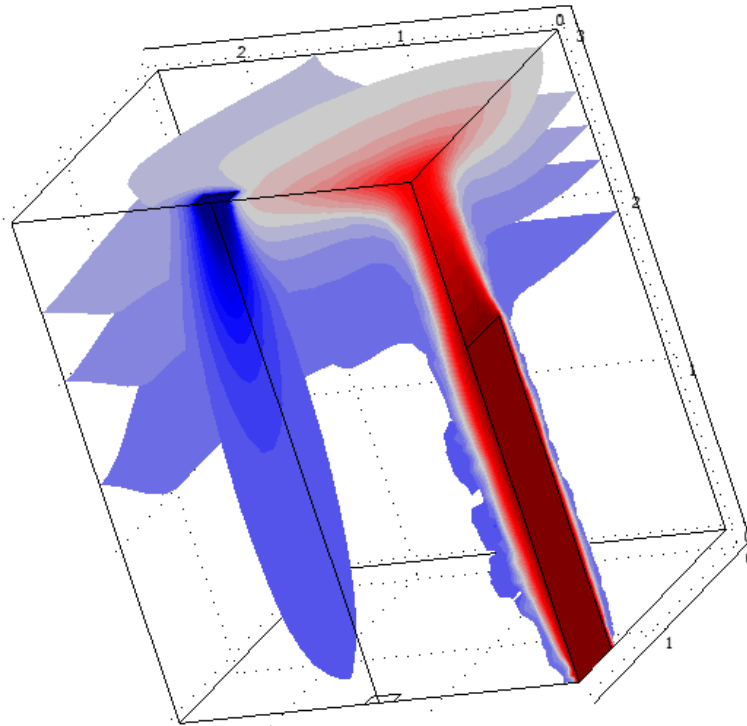


Figure 3.9 : Isosurface de la température pour 1.4 m/s

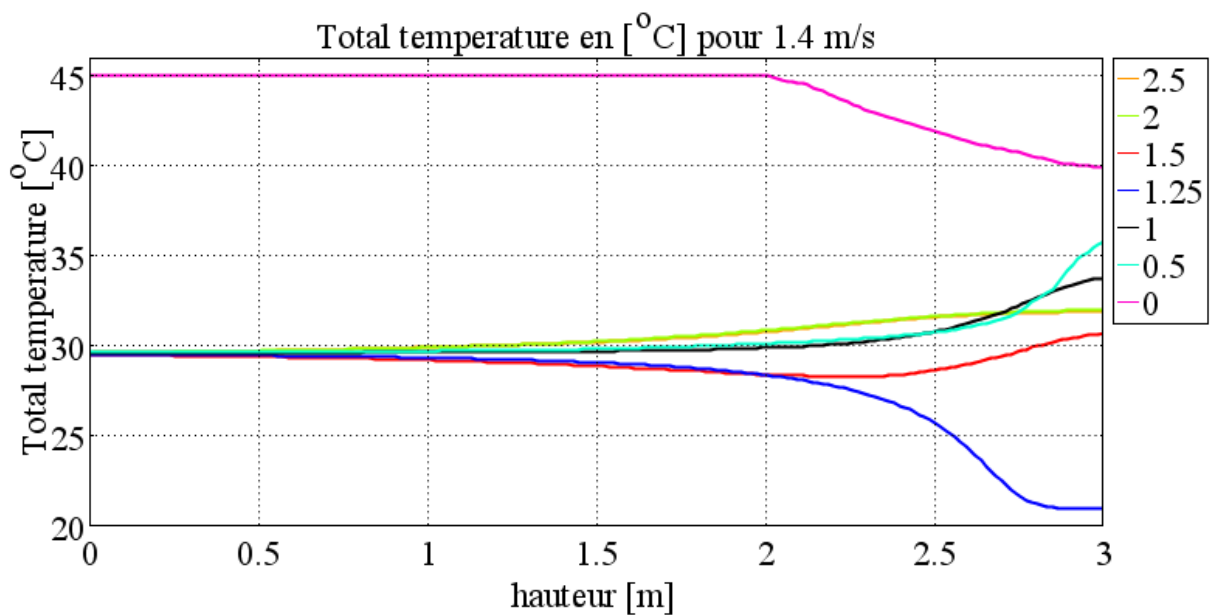


Figure 3.10 : Total température en °C pour 1.4 m/s

Dans ce graphe On remarque que la température descend à 29°C lorsqu'on augmente la vitesse mais on ne peut pas l'augmenter plus à cause du bien être des occupent.

Donc On va prendre une vitesse de 0.6 m/s et faire varier la température de l'air frais à 17°C et 19°C.



### 3.3.2 La variation de la température :

Pour 19°C :

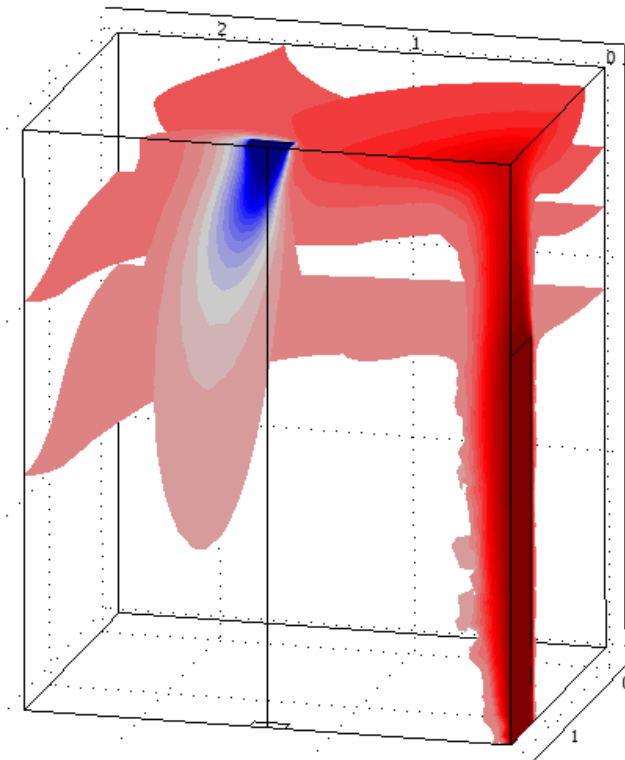


Figure 3.11 : Isosurface de la température pour 0.6 m/s

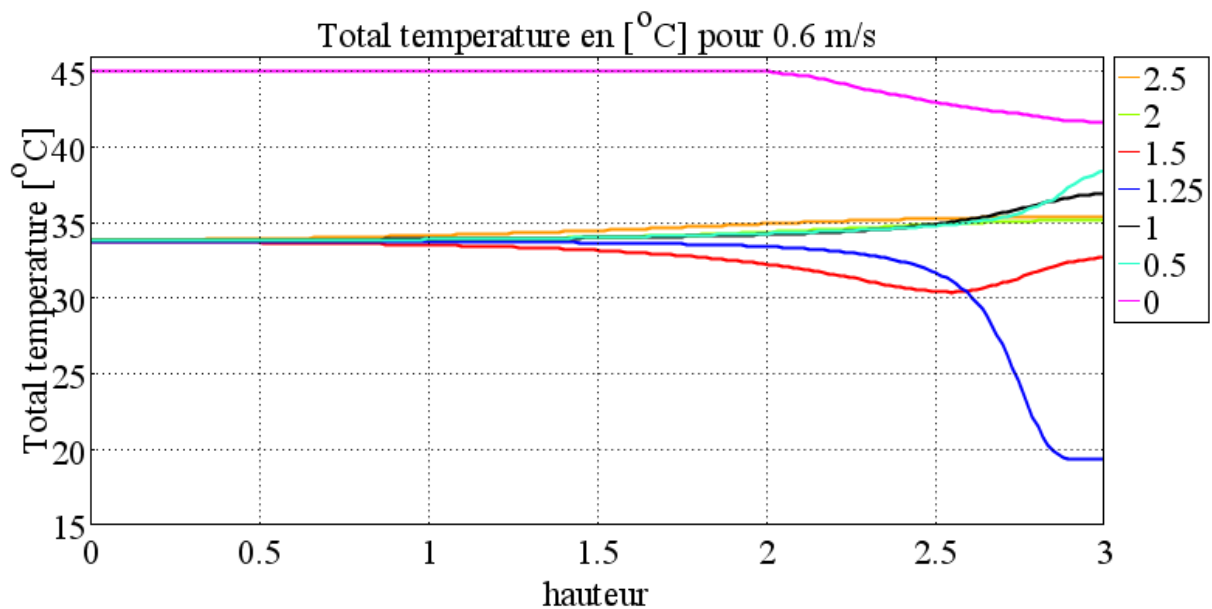


Figure 3.12 : Total température en °C pour 0.6 m/s

Nous avons remarqué que la température de la chambre diminue à 33.5°C lorsqu'on diminue la température de l'air frais à 19°C et on obtient de meilleurs résultats que le 1er cas.

La température reste constante jusqu'à la hauteur de 1.5 m et elle commence à varier à cause de la zone de turbulences.

Pour 17°C :

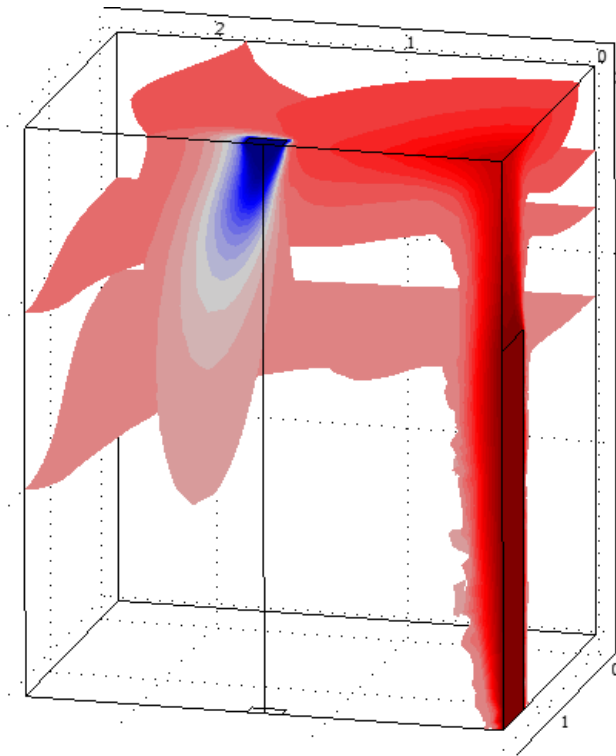


Figure 3.13 : Isosurface de la température pour 0.6 m/s

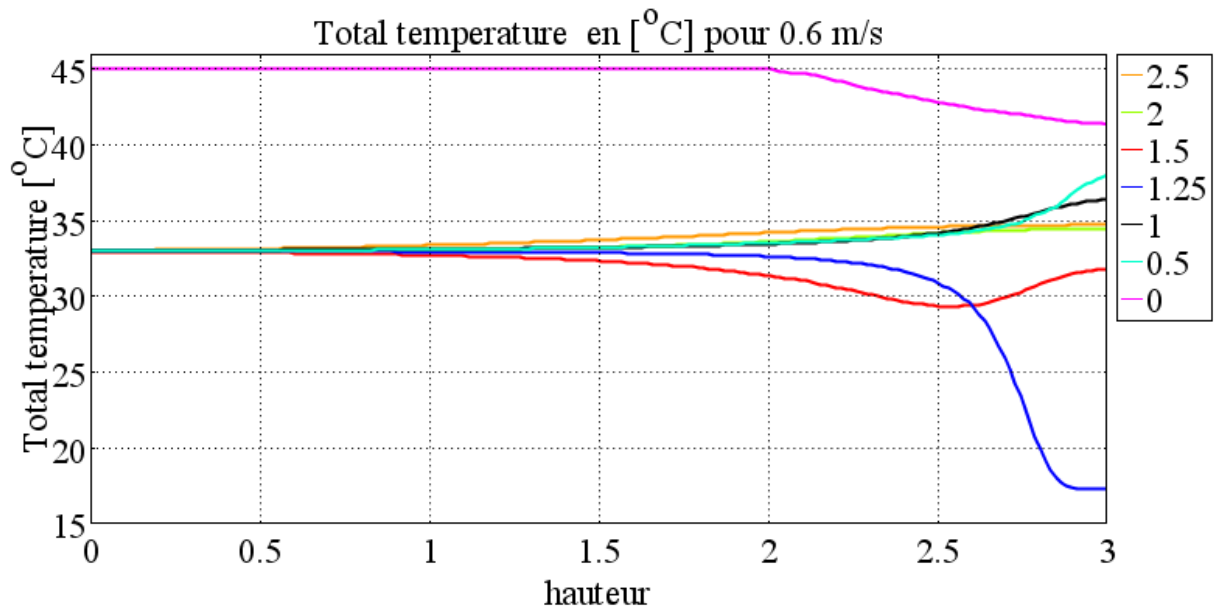


Figure 3.14 : Total température en °C pour 0.6 m/s

Nous avons remarqué que la température de la chambre diminue à 33°C lorsqu'on diminue la température de l'air frais à 17°C et on obtient des résultats meilleurs que le premier cas et même pour la température de 19°C.

## Conclusion générale

Notre travail est basé sur une simulation en trois dimensions, nous avons simulé la climatisation d'un local en été.

L'air chaud entre par la porte et l'air frais par un diffuseur qui se trouve au centre du plafond.

Pour réduire le temps de calcul nous avons utilisé la symétrie, en simulons la moitié du local.

Pour rafraîchir la température intérieure nous avons en premier lieu varié la vitesse de l'air frais de 0.2 m/s et 0.6 m/s jusqu'à 1.4 m/s.

La température intérieure chute d'une façon claire en fonction de l'augmentation de la vitesse de l'air frais.

Les résultats obtenus sont comme suite :

Pour 0.2 m/s la température chute à 39°C, et pour la vitesse de 0.6 m/s la température chute encore une fois à 34°C et pour 1.4 m/s la température chute à 29°C.

Mais on sait bien que l'augmentation de la vitesse va nous s'éloigner de la zone de confort, c'est pour cela qu'on a pris une vitesse moyenne de 0.6 m/s pour rester dans les limites du confort et nous avons varié en deuxième cas la température de 19°C à 17°C.

Les résultats trouvés pour la variation de la température sont :

Pour une température de l'air frais de 19°C la température intérieure chute à 33.5°C et pour une température de 17°C la température intérieure chute à 33°C.

Nous avons pu réduire la température de 45 °C à 33°C ont respectons les consignes de confort thermique.

Donc pour conclure, on peut dire que pour rafraîchir un local il faut augmenter la vitesse d'éjection de l'air froid sans sortir de la zone de confort thermique ou bien démunie la température de l'air froid donc on peut constater que la température diminuait à mesure que nous augmentions la vitesse de l'air frais ou diminuait à la température de sortie de l'air frais.

Enfin on peut dire que la vitesse et la température de l'air frais jouent un rôle très important dans le rafraîchissement des espaces en été.

Mais l'augmentation de la vitesse et la diminution de la température sont limitées par des conditions de confort thermique.

L'augmentation de la vitesse va créer un courant d'air, qui produit des zones d'inconfort.

Et la diminution de la température de l'air frais est limitée par les installations de climatisation et la consommation énergétique.

## Reference bibliographic

- [1] TALEGHANI, M., TENPIERIK, M., KURVERS, S. and VAN DEN DOBBELSTEEN, A. 'A review into thermal comfort in buildings', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, pp. 201–215. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.050> (2013)
- [2] P. O. 'Assessment of man's thermal comfort in practice', *British journal of industrial medicine*. BMJ Publishing Group Ltd, 30(4), pp. 313–324 (1973)
- [3] J. L. M. 'Literature review on thermal comfort in transient conditions', *Building and Environment*, 25(4), pp. 309–316. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/03601323\(90\)90004-B](http://dx.doi.org/10.1016/03601323(90)90004-B). (1990)
- [4] Del M. M., ÁLVAREZ, J. D., RODRIGUEZ, F. and BERENGUEL, M. 'Comfort control in Buildings. Springer' (2014).
- [5] D. and RAVIKUMAR, P. 'Analysis of thermal comfort and indoor air flow Characteristics for a residential building room under generalized window opening position at the adjacent walls', *International Journal of Sustainable Built Environment. The Gulf Organisation for Research and Development*, 4(1), pp. 42–57. doi:10.1016/j.ijbsbe.2015.02.003 (2015).
- [6] L., LOOMANS, M. G. L. C., de Wit, M. H., Olesen, B. W. and LICHTENBELT, W. D. V. M. 'the influence of local effects on thermal sensation under non-uniform Environmental conditions - Gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling', *Physiology and Behavior*, Elsevier Inc., 107(2), pp. 252–261. doi: 10.1016/j.physbeh.2012.07.008 (2012).
- [7] NEUF: « Climat intérieur/ confort, Santé, confort visuel » *Revue européenne d'architecture* N°77, P 12 novembre - décembre 1978
- [8] RGPT. (La réglementation générale française pour la protection du travail) cite in. Bodart M., Op,cite .p.110,2002.
- [9] LIEBARD, A.et De HERDE, A. « *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques* ». Ed. Le Moniteur. Paris p. 30a (2005).
- [10] SALOMON, T et BEDEL, S., « *La maison des [méga] watts, Le guide malin de l'énergie chez soi* ». Ed. Terre vivante. Mens, p. 25 (2004).

- [11] THELLIER, Françoise. « L’homme et son environnement thermique – Modélisation ». Université de Paul Sabatier de Toulouse, p 65 (1999).
- [12] AUTEUR : MICHEL LE GUAY, confort thermique dans les lieux de vie.
- [13] IZARD-L. « Architectures d’été construire : pour le confort d’été », Edition Edisud, p141 (1994).
- [14] MERZEG Abdelkader. « La réhabilitation thermique de l’habitat contemporain en Algérie ». Mémoire de magistère, département d’architecture de Tizi-Ouzou, p49 (2010).
- [15] FERNANDEZ. P, et LAVIGNE. P. « Concevoir des bâtiments bioclimatiques, fondements et méthodes », le Moniteur, p 93(2009).
- [16] A. and SZOKOLAY, S. V ‘Thermal comfort’, in. PLEA (1997).
- [17] Service Relation clientèle Techniques de l’Ingénieur Pleyad 1 - 39, bd Ornano 93200 Saint-Denis
- [18] Actualisation permanente sur [www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr) Réf. Internet : 42582 | 3e édition
- [19] VANECK BOT BILL ‘étude et réhabilitation du système de climatisation en vue du refroidissement du LATE de l’ENSET de Douala’ Université de DOUALA - DIPET (2014).
- [20] D. Mazoni and P. Guitton, “Validation of Displacement Ventilation Simplified Models,” Proceedings of ‘Building Simulation '97’, the Fifth International IBSPA Conference, vol. I, pp. 233–239, International Building Performance Simulation Association (IBSPA), (1997).