
	الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية	
	People's Democratic Republic of Algeria	
	وزارة التعليم العالي والبحث العلمي	
	Ministry of Higher Education and Scientific Research	
	جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم	
	Abdel Hamid Ibn Badis University - Mostaganem	
	كلية العلوم والتكنولوجيا	
	Faculty of Sciences and Technology	
قسم الهندسة الميكانيكية		
	Department of Mechanical Engineering	

N° d'ordre : M2...../GM/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Energétique

Thème

Etude dynamique et thermique du mouvement de l'air dans une salle lors de la présence d'une climatisation avec système à cassette

Présenté par

1-Bendella Azzeddine

2-Hachemi Aicha

Soutenu le 25/ 06/ 2024 devant le jury composé de :

Président(e) :	SAHRAOUI Nassim	Maitre de Conférences "B"	Université de Mostaganem (UMAB)
Examineurs :	KHALDI Abdelaziz	Maitre de Conférences "B"	Université de Mostaganem (UMAB)
Encadrant (e) :	HOUAT samir	Professeur	Université de Mostaganem (UMAB)

Année universitaire 2023 / 2024

Dédicaces

Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, le courage, et la patience d'aller jusqu'au bout de la réussite.

Je dédie ce modeste travail à qui m'a encouragé tout le long, et dont l'encouragement a fait en sorte que je donne tout ce qu'il faut pour terminer ce que j'ai commencé

À mon père «DJILALI»

à celle qui m'a donnée la vie et la tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite

À ma mère «ZOHRA»

À mes sœurs ET A mes frères

À ma cousine « Zahra »

A mes amies « Lahcen Hanaa »

Aussi à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou loin à la réalisation de ce travail

AICHA

Dédicaces

Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, le courage, et la patience d'aller jusqu'au bout de la réussite. Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donnée la vie et la tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite

À ma mère «Khadîdja»

À mon père «Habib (Allah yrahmo)»,

qui m'a encouragé tout le long, et dont l'encouragement a fait en sorte que je donne tout ce qu'il faut pour terminer ce que j'ai commencé,

A ma sœur «Salima»

, A mes frères « Bilal, Islam »,

Et à toute ma famille, Aussi à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou loin à la réalisation de ce travail.

Azzeddine

Remerciements

Tout d'abord nous remercions avant tout Allah le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser notre PFE

Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuses reconnaissances à notre encadrant

Professeur HOUAT Samir

Pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité afin de diriger ce travail mémoire de fin d'études. Qu'il trouve dans ces mots nos meilleurs reconnaissances

Nous remercions également les membres du jury d'avoir accepté de Juger notre travail notamment :

Dr SAHRAOUI NASSIME. M. Et Dr KHALDI ABDELAZIZ

Nous remercions tous les enseignants de département de génie Mécanique ainsi que le personnel administratif et technique, qui ont contribué de près ou de loin à notre formation durant ces cinq années

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenus, d'une façon ou d'une autre.

Résumé

L'étude présentée dans ce mémoire concerne l'analyse dynamique et thermique du déplacement de l'air à l'intérieur d'une chambre pendant un processus de climatisation . L'analyse de l'effet de l'emplacement d'appareil de climatisation à cassette est axée sur la variation de la vitesse de soufflage. Dans ce manuscrit, on présente une analyse bibliographique sur l'utilisation des dispositifs de conditionnement d'air et de climatisation, suivi de la présentation de la configuration physique étudiée dans ce travail. On détaille la formulation mathématique et les conditions aux limites appliquées à notre enceinte fermée (salle), qui est équipée par six spots lumineux, un équipement informatique sur un bureau et un occupant immobile. Le code de calcul Fluent est utilisé pour réaliser la simulation, ce qui permet de résoudre toutes les équations du modèle, notamment l'équation de continuité, l'équation de quantité de mouvement dans le cas du régime turbulent et l'équation d'énergie. Les résultats sont présentés sous la forme de lignes de courant, d'isothermes, de contours d'énergie cinétique de turbulences et de sa dissipation, de champs de vitesse et de profils de vitesse au centre de la chambre.

Abstract:

The study presented in this thesis concerns the dynamic and thermal analysis of the displacement of air inside a chamber during a acclimatisation process. The analysis of the effect of the cassette air conditioner location is focused on the variation of the blowing speed. In this manuscript, we present a bibliographic analysis on the use of air conditioning and air conditioning devices, followed by the presentation of the physical configuration studied in this work. We detail the mathematical formulation and the boundary conditions applied to our closed enclosure (room), which is equipped with six light spots, computer equipment on a desk and a stationary occupant. The Fluent calculation code is used to perform the simulation, which allows to solve all the equations of the model, including the continuity equation, the motion quantity equation in the case of the turbulent regime and the energy equation. The results are presented in the form of current lines, isotherms, turbulence kinetic energy contours and its dissipation, velocity fields and velocity profiles in the center of the room.

المخلص

تتعلق الدراسة المقدمة في هذه الأطروحة بالتحليل الديناميكي والحراري لإزاحة الهواء داخل الغرفة أثناء عملية التبريد. يركز تحليل تأثير موقع مكيف الهواء الكاسيت على تباين سرعة النفخ. في هذه المخطوطة، نقدم تحليلاً ببيوغرافياً حول استخدام أجهزة تكييف الهواء وتكييف الهواء، يليه عرض التكوين المادي الذي تمت دراسته في هذا العمل. نوضح بالتفصيل الصيغة الرياضية والشروط الحدودية المطبقة على العلبة المغلقة (الغرفة)، والمجهزة بست نقاط ضوئية ومعدات كمبيوتر على مكتب وشاغل ثابت. يتم استخدام رمز الحساب الفصيح لإجراء المحاكاة، والتي تسمح بحل جميع معادلات النموذج، بما في ذلك معادلة الاستمرارية، ومعادلة كمية الحركة في حالة النظام المضطرب ومعادلة الطاقة. يتم تقديم النتائج في شكل خطوط حالية، وتساوي الحرارة، وخطوط الطاقة الحركية المضطربة وتبديدها، وحقول السرعة وملامح السرعة في مركز الغرفة.

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1: équilibre thermique	4
Figure I.2: Climatiseur cassette.....	6
Figure I.3: cassette 1 voie	7
Figure I.4: cassette 2 voie	7
Figure I.5: cassette 4 voie	8
Figure I.6: la vitesse de ventilation	9
Figure I.7: les différents symboles sur un climatiseur.....	10

CHAPITRE II

Figure II.1: la construisons d'une géométrie	13
Figure II.2: Génération de maillage	20
Figure II.3: Lancement du logiciel Fluent.....	21
Figure II.4: Choix du solveur	22
Figure II.5: Choix de modèle k-epsilon	23
Figure II.6: Les caractéristiques du matériau	24
Figure II.7: choix des conditions opératoires	24
Figure II.8: la vitesse d'entrée conditions aux limites	25
Figure II.9: Choix d'ordre d'équation.....	26
Figure II.10: initialisation de calcul	27
Figure II.11: Choix des critères de convergence	28

Figure II.12: Choix du nombre des itérations.....	29
Figure II.13: Allures de l'évolution des résidus de calcul.....	29

CHAPITRE III

Figure III.1: Les lignes de courant pour $V = 0.5$ m/s.....	32
Figure III.2: Les lignes de courant pour $V = 0.75$ m/s.....	32
Figure III.3: Les lignes de courant pour $V = 1$ m/s	33
Figure III.4: Isothermes sur les plans pour $v=0.5$ m/s	34
Figure III.5: Isothermes sur les plans pour $v=0.75$ m/s	35
Figure III.6 : Isothermes sur les plans de config. pour $v=1$ m/s.....	36
Figure III.7 : Profil de température la ligne médiane $x= [2\ 2]$, $y = [1.7\ 1.7]$, $z= [0\ 3]$	37
Figure III.8 : Profil de température la ligne médiane $x= [0\ 4]$, $y = [1.7\ 1.7]$, $z= [3\ 3]$	37
Figure III.9 : Profil de vitesse sur la ligne médiane $x= [2\ 2]$, $y= [1.7\ 1.7]$, $z= [0\ 3]$	38
Figure III.10 : Profil de vitesse sur la ligne médiane $x= [0\ 4]$, $y = [1.7\ 1.7]$, $z = [3\ 3]$	38
Figure III.11: L'énergie cinétique de turbulence (K) à $V=0.5$ m/s.....	39
Figure III.12: Dissipation d'énergie cinétique de turbulence (ϵ) à $V=0.5$ m/s.....	39
Figure III.13 L'énergie cinétique de turbulence (K) à $V=0.5$ m/s Avec isotherme sur plan $Z=2$ m.....	40
Figure III.14 : Dissipation d'énergie cinétique de turbulence(ϵ) à $V=0.5$ m/s Avec isotherme sur plan $Z=2$ m.....	40
Figure III.15: Dissipation d'énergie cinétique de turbulence (ϵ) à $V=0.75$ m/s.....	41
Figure III.16: L'énergie cinétique de turbulence (K) à $V=0.75$ m/s.....	41
Figure III.17 L'énergie cinétique de turbulence (K) à $V=0.75$ m/s Avec isotherme sur plan	

Z=2 m.....	42
Figure III.18 : Dissipation d'énergie cinétique de turbulence(ϵ) à V=0.75 m/s Avec isotherme sur plan Z=2 m.....	42
Figure III.19 : Dissipation d'énergie cinétique de turbulence (ϵ) à V=1 m/s.....	43
Figure III.20 : L'énergie cinétique de turbulence (K) à de turbulence (K) à V=1m/s.....	43
Figure III.21 L'énergie cinétique de turbulence (K) à V=1m/s Avec isotherme sur plan Z=2 m.....	44
Figure III.22 : Dissipation d'énergie cinétique deturbulence(ϵ) à V=1 m/s Avec isotherme sur plan Z=2 m.....	44

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Les conditions aux limites de notre chambre.....16

Tableau II.2 : Les conditions aux limites pour les climatiseurs cassette16

Liste des notations et symboles

g : accélération de la pesanteur ($\mathbf{m.s^{-2}}$)

H : hauteur de la chambre (**m**)

L : longueur de la chambre (**m**)

P : champ de pression (**Pa**)

u, v, w : composantes du vecteur vitesse ($\mathbf{m.s^{-1}}$)

U, V, W : composantes adimensionnelles de la vitesse

x, y, z : coordonnées cartésiennes (**m**)

X, Y, Z : coordonnées cartésiennes adimensionnelles

t : Temps (**s**)

Symboles grecs

v: viscosité cinématique ($\mathbf{m^2/s}$)

μ : viscosité dynamique (**kg/m.s**)

ρ: Masse volumique (**kg/m³**)

r: Temps adimensionnel

ψ: Fonction de courant adimensionnelle

ω : Vorticité adimensionnelle

Δτ : Incrément du temps adimensionnel

Indice

3D : configuration tridimensionnelle. Opérateurs

Sommaire

CHAPITRE I : Etat d'Art

I.1.	Introduction.....	3
I.2.	Objet de la recherche	3
I.3.	La Climatisation	4
I.4.	Le confort thermique	4
I.5.	Le but de climatisation.....	5
I.6.	Les différents types de climatiseurs:.....	5
I.6.1.	Le climatiseur monobloc	6
I.6.2.	Le climatiseur split	6
I.6.3.	Le climatiseur réversible:	6
I.6.4.	La climatiseur cassette	6
I.7.	Installation d'un système de climatisation cassette.....	7
I.7.1.	Les différents types de climatiseurs cassette.....	7
I.7.1.1.	climatiseurs cassette 1 voie	7
I.7.1.2.	climatiseurs cassette 2 voie.....	7
I.7.1.3.	Climatiseurs cassette 4 voie.....	8
	Avantages d'une climatisation cassette	8
I.7.2.	Inconvénients d'une climatisation cassette.....	8
I.7.3.	Le débit de soufflage dans un climatiseur cassette.....	8
I.8.	La vitesse de ventilation.....	9
I.9.	Les différents symboles sur un climatisation a connaitre.....	9
I.10.	SWING : faire osciller les volets.....	10
I.11.	Puissance en BTU.....	10
I.13	.comment calculer le BTU d'un climatiseur.....	11
II:13	.le Bilan thermique.....	11
	<i>Conclusion</i>	11

CHAPITRE II : Configurations physiques et méthode de résolution

II.1	Configurations physiques et Modélisation.....	13
II.1.1.	la géométrie.....	13
II.1.2.	Equation générales.....	14
II.1.3.	Hypothèses simplificatrices	14
II.1.4.	Formulation mathématique du problème	14

II.1.5.	Condition aux limites.....	15
II.1.6.	Formulation de la fonction courant et la verticité	17
II.1.7.	Équation de transport pour le modèle k-e standard	17
II.2.	Méthode de résolution	18
II.2.1	Introduction.....	18
II.2.2	Méthodes des volumes finis (MDF)	19
II.3.	Outils de résolution (logiciel Ansys Fluent)	19
II.3.1.	ANSYS Workbench	19
II.3.1.3.	Construction de la géométrie:	20
II.3.1.4.	Génération de maillage	20
II.3.1.5.	Les conditions aux limites:	20
II.3.2.2	Le solveur Fluent	21
II. 3.2.1.	Les étapes de solveur fluent.....	21
II. 3.2.2.	Lancer Fluent setup.....	21
II. 3.2.3.	Choix du solveur.....	21
II. 3.2.4.	Choix du régime d'écoulement.....	22
II. 3.2.5.	Les caractéristiques du matériau :.....	23
II. 3.2.6.	Les conditions opératoires.....	24
II. 3.2.7.	Les conditions aux limites.....	24
II. 3.2.8.	Contrôle de la solution.....	25
II. 3.2.9.	Initialisation.....	26
II. 3.2.10.	Choix des critères de convergence.....	27
II. 3.2.11.	Lancement du calcul de convergence.....	28
II. 3.2.12	Allures de l'évolution des résidus de calcul.....	29
<i>Conclusion</i>	30

CHAPITRE III: Résultats et discussions

III.1	Introduction	31
III.2	Résulta et discussion.....	32
III.3	Résultats de la configuration.....	45
<i>Conclusion générale</i>	:.....	46
<i>Références bibliographiques</i>	48

Introduction Générale

L'analyse du mouvement dynamique et thermique de l'air dans une salle implique de comprendre les modèles de flux d'air, la répartition de la température et leur impact sur l'environnement. Cette analyse est cruciale dans diverses industries comme l'industrie pharmaceutique, l'électronique et l'aérospatiale pour maintenir des conditions spécifiques de qualité de l'air. En utilisant des simulations numériques de dynamique des fluides (CFD), les ingénieurs peuvent modéliser et optimiser le flux d'air, les niveaux de contamination et la qualité de l'air dans les salles blanches. Ces simulations aident à identifier les zones à faible vitesse de flux d'air où les contaminants peuvent s'accumuler et les zones à grande vitesse qui peuvent disperser les contaminants. De plus, les études CFD aident à évaluer les systèmes de ventilation et de climatisation afin de garantir des conditions uniformes dans toute la salle.

Dans le contexte du confort thermique des bâtiments, la modélisation dynamique du confort thermique prend en compte des facteurs tels que le mouvement de l'air, la sensation de température, l'acceptabilité et le comportement des occupants. Cette approche complète les méthodes analytiques traditionnelles en intégrant des modèles de confort adaptatifs basés sur les réactions des occupants à leur environnement. Alors que les méthodes traditionnelles ont tendance à surestimer les niveaux d'inconfort, les approches adaptatives utilisent des études sur site pour définir les conditions de confort sur la base de données météorologiques externes, améliorant ainsi l'efficacité énergétique et la satisfaction des occupants.

Dans l'ensemble, l'analyse dynamique du mouvement de l'air et du confort thermique via des simulations CFD et des modèles de confort adaptatifs joue un rôle essentiel dans la conception et le maintien d'environnements qui répondent à des normes strictes de qualité de l'air et garantissent le confort et le bien-être des occupants.

Dans cette étude, nous explorerons les principes fondamentaux de l'analyse dynamique et thermique du mouvement de l'air à l'intérieur d'une salle lors du conditionnement de l'air, équipée par six spots lumineux, un équipement informatique posé sur un bureau et un occupant immobile. Nous présentons les équations du modèle physique appliqué dans notre cas notamment, l'équation de continuité, l'équation de quantité de mouvement dans le cas du régime turbulent et l'équation d'énergie. Les concepts clés, les méthodes de résolution numérique et les meilleures pratiques de simulation pour obtenir des résultats précis et fiables sont aussi présentés. En fin de compte, nous serons en mesure de comprendre et d'optimiser le mouvement de l'air dans les systèmes de climatisation et de ventilation afin de créer des environnements intérieurs sains, confortables et éco-énergique.

Chapitre I :

Etat d'Art

I.1 Introduction

Les systèmes de climatisation assurent le confort été comme hiver en chauffant ou en refroidissant les habitations, les bureaux, les commerces, les ateliers, etc., et en modifiant la température de l'air ambiant selon les saisons.

Le confort thermique est la satisfaction d'un individu face aux conditions climatiques de son environnement. On parle de confort thermique lorsqu'une personne ne souhaite ni avoir chaud, ni avoir plus froid.

Il est important que les locaux traités soient complètement étanches à l'air et correctement isolés, ce qui nécessitera une ventilation mécanique contrôlée à intervalles fréquents [1].

I.2 Objet de recherche :

L'Objectif de ce travail est de réaliser une analyse dynamique et thermique du mouvement de l'air dans les salles climatisées nous utilisons des méthodes numériques, La géométrie 3D simule un climatiseur avec système de cassette installé dans cette salle avec une vitesse de soufflage d'air froid variable.

I:3 Climatisation :

La climatisation est une technologie qui modifie, contrôle et régule les conditions de l'air. L'environnement intérieur de salle (température, humidité, niveau de poussière, etc.) : pour les raisons suivantes Le confort à la maison, au bureau ou raisons techniques pour les laboratoires médicaux, les sites de fabrication de composants électroniques, salle d'opération, salle informatique, etc.).[2]

I:4 Le confort thermique :

Qu'il s'agisse du chauffage l'hiver ou de la climatisation l'été, le confort thermique est vital pour notre santé. Comprendre les paramètres qui influencent notre confort est crucial pour créer un environnement agréable. Voici quelques éléments à considérer qui sont précis et dépendent de :

- activité
- résistance au climat
- vêtements ou d'environnement
- température de l'air
- rayonnement
- mouvement de l'air

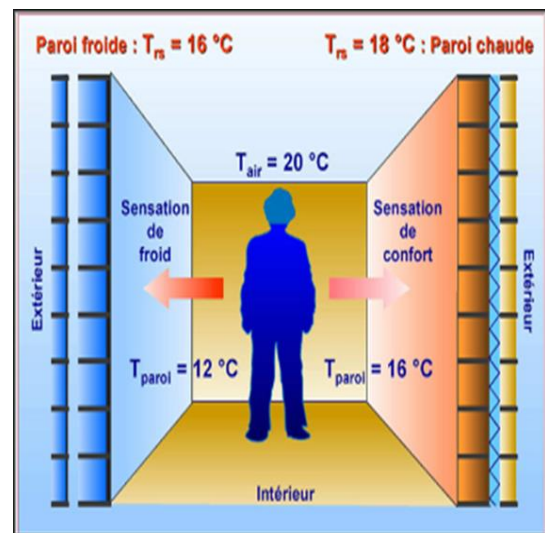


Figure I.1: équilibre thermique

Le corps produit de la chaleur par la « combustion » interne des aliments qu'il mange.

Une petite partie de l'énergie produite est utilisée pour le mouvement, le reste est éjecté sous forme de chaleur, Convection et rayonnement, Egalement par la transpiration et la respiration.

Pour une personne d'un poids de 65à 75Kg, valeurs moyennes :

- volume : 65 m³
- surface de la peau : 1,6 à 1,9 m²
- température interne : 37°C
- température de la peau : 32°C
- pulsations : 65/minute
- respiration : 16 insp-expi/minute
- ventilation pulmonaire : 0,5 m³/h
- rejet de gaz carbonique : 1 à 2,5 m³/h

Le métabolisme de base de l'homme (ou chaleur dégagée) est:

- Sommeil : 60 W
- Couché : 80 W
- Bureau assis : 100 W
- Travail normal debout : 150 W
- Ouvrier mécanicien : 160 W
- Serveur de restaurant : 220 W
- Marche rapide : 250 W
- Danseur, travaux de force : 300 W

La chaleur générée par le corps doit être évacuée au fur et à mesure de sa génération afin de La température interne du corps ne dépasse pas 37 C°. [3]

I:5 Le but de climatiseur :

Le but principal de la climatisation est de créer un environnement intérieur confortable en régulant la température, l'humidité et la qualité de l'air que ce soit pour des raisons de confort humain ou pour de raisons technique. [4]

I:6 Les différents types de climatiseurs :

Un climatiseur est un appareil de climatisation servant à maintenir l'air d'une salle, d'une pièce ou d'uneenceinte fermée dans des conditions de température et d'humidité requises.

Il existe plusieurs types de climatiseur :

I:6:1 Le climatiseur monobloc :

Est le moins cher de tous et le plus facile à installer. Il est constitué d'une seule unité à placer à l'intérieur de votre habitation, il reste moins performant qu'un climatiseur split. Il est idéal pour chauffer une surface inférieure à 30 m².

I:6:2 Le climatiseur split :

Se décline en plusieurs versions. Mono split ou multi split, mobile ou fixe, réversible ou non. Le modèle mono split est constitué d'une unité extérieure et d'une unité intérieure. Le modèle multi split a, quant à lui, en plus de l'unité extérieure, plusieurs unités intérieures pour pouvoir chauffer plusieurs pièces de la maison. Le climatiseur split est le plus performant du marché mais aussi le plus cher. Il est aussi très silencieux car les composants les plus bruyants se situent dans l'unité placée à l'extérieur de la maison.

I:6:3 Le climatiseur réversible :

Est un climatiseur qui est doté d'un mode froid et d'un mode chaud. Il est très pratique car cet appareil 2 en 1 permet de gagner de la place et d'économiser sur le prix du matériel. Il se décline en version monobloc ou split. Il peut aussi être mobile dans certains cas. Le climatiseur réversible ne peut cependant remplacer votre système de chauffage et vient en complément d'une autre source de chaleur.

I:6:4 Le climatiseur cassette :

Est un climatiseur split dont l'unité intérieure s'insère directement dans un faux-plafond. Il est très discret et permet de climatiser des surfaces allant de 40 à 150 m². Il est idéal pour les magasins et

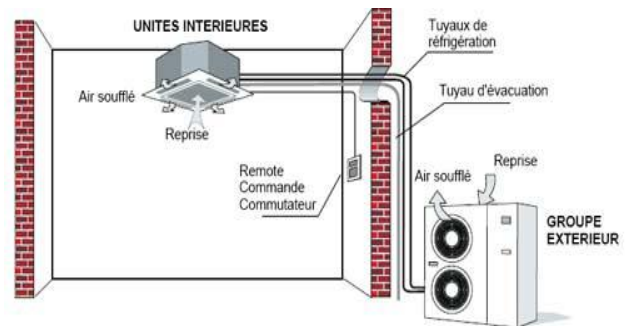


Figure I : 2 : climatiser cassette

les bureaux. Le Climatiseur cassette est presque toujours réversible pour assurer un confort thermique optimal. [4]

I:2 Installation d'un collimateur cassette :

Avant de choisir un climatiseur pour rafraîchir votre maison, diagnostiquez au préalable sa performance énergétique. En vous assurant que votre bâtiment est bien isolé, vous éviterez tout gaspillage d'énergie et limiterez ainsi l'augmentation de votre facture d'électricité. Si au bout d'un certain temps vous voyez encore votre facture monter en flèche, vérifiez le niveau de gaz de votre climatiseur. [5]

I:7:1 Les différents types de climatiseurs cassettes :

I:7:1:1 Cassette 1 voie : souffle l'air dans une seule direction.



Figure I : 3: cassette 1 voie

I:7:1:2 Cassette 2 voie : souffle l'air dans deux directions opposées.



Figure I : 4 : cassette 2

Cassette 4 voie : souffle l'air dans quatre directions idéale pour une diffusion homogène. [5]



Figure I : 5: cassette 4 voie

I:7:2 Les avantages climatisation :

Les avantages d'un climatiseur cassette sont les suivants :

Discrétion et intégration esthétique : est encombré dans le plafond, offrant un aspect discret et moderne à l'environnement sans encombrer l'espace visuel.

Circulation de l'air optimal : les climatiseurs cassettes offrent une excellente circulation de l'air dans la salle, assurant une répartition homogène de la température et du confort thermique.

Economie d'énergie : grâce à leur technologie invertie et leur capacité à diffuser l'air de manière efficace, le climatiseur cassettes permettent de réaliser des économies d'énergie significatives. [6]

I:7:3 Les inconvénients de climatisation cassette :

Il faut noter que l'installation de ce genre d'appareil est assez complexe. Elle requiert inévitablement l'intervention d'un professionnel. En outre, elle nécessite la pose d'un faux plafond. Il faut également vérifier en amont l'isolation de votre logement, car les déperditions thermiques peuvent faire augmenter sensiblement votre facture énergétique. [6]

I:7:4 Le débit de soufflage dans un climatiseur cassette :

Le débit de soufflage est la quantité d'air que le climatiseur peut faire circuler dans la pièce. Il s'exprime généralement en m³/h (mètres cubes par heure).

- Le débit de soufflage dépend de la taille et de la puissance du climatiseur. Plus le climatiseur est puissant, plus le débit de soufflage sera élevé.
- Pour un climatiseur cassette de taille moyenne (de 18 000 à 24 000 BTU/h), le débit de soufflage typique se situe entre 800 et 1200 m³/h.
- Un débit de soufflage plus élevé permet de refroidir ou de chauffer la pièce plus rapidement, mais consomme également plus d'énergie.
- Le débit de soufflage peut être ajusté sur certains modèles pour trouver le meilleur compromis entre performance et consommation. [7]

I:8 La vitesse de ventilation :

HIGH, MED et LOW : régler la vitesse de ventilation sur 3 niveaux.

Ces 3 paramétrages, associés au réglage FAN SPEED, permettent de déterminer la vitesse de ventilation du climatiseur. Ainsi, leurs correspondances sont la Suivantes :

- HIGH : vitesse rapide.
- MED : vitesse moyenne.
- LOW : vitesse lente.

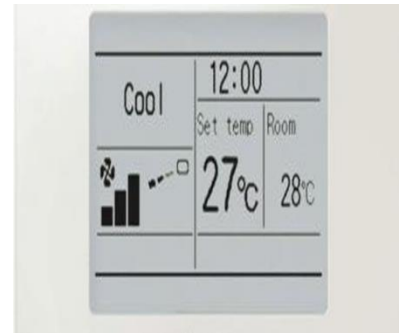


Figure I :6 : la vitesse de ventilation

- Il est important de choisir un climatiseur avec un débit de soufflage adapté à la taille de la pièce à climatiser pour obtenir une performance optimale. [8]

I:9 Les différents symboles sur une climatisation à connaître :

La plupart des fabricants utilisent les mêmes pictogrammes et la même terminologie ou presque la même terminologie pour désigner le même mode ou la

même fonctionnalité. Très bon point ! Tour d'horizon des principales options à comprendre. [9]

Fonction	Symbole	Utilité
ON/OFF	Cercle incomplet avec un trait vertical	Allumer et éteindre
FAN	Vent	Ventilation
HEAT	Soleil	Chauffage
COOL	Flocon de neige	Climatisation
DRY	Goutte d'eau	Déshumidificateur
AUTO	A ou AUTO	Automatiser le basculement des modes
HIGH / MED / LOW	HIGH / MED / LOW	Vitesse de ventilation haute / moyenne / basse
SILENT/SLEEP	Lune	Réduction du bruit en fonctionnement
ECO	ECO	Économies d'énergie
TIMER	Horloge	Programmation
SWING	SWING	Oscillation
DIRECTION	DIRECTION	Modifier la direction du flux d'air

Figure I : 7 : Les différents symboles sur une climatisation

I:10 SWING : faire osciller les volets :

Sur certains climatiseurs, l'option SWING déclenche l'oscillation verticale des volets. Ils effectuent ainsi un mouvement de haut en bas.

I:1:1 Puissance en BTU :

Les climatisations cassettes sont disponibles en différentes puissances exprimées en BTU (British Thermal Unit) :

- 9000 BTU
- 12000 BTU
- 24000 BTU
- 48000 BTU
- 60000 BTU

La puissance BTU il est important de choisir la puissance adaptée à la superficie de la pièce pour un fonctionnement optimal et une consommation énergétique maîtrisée. [10]

I:12 Comment calculer le BTU d'un climatiseur ?

Le calcul du BTU se fait en multipliant le volume de salle (en mètres cubes) par 100. pour cela il faut d'abord calculer le volume de la salle en multipliant sa superficie (en mètres carrés) par la hauteur sous plafond en (mètres) .ensuite, il faut ajouter 1000 BTU pour chaque fenêtres dans la salle.

Par exemple, pour une salle de 40 m^2 avec une hauteur sous plafond de 2,5 m et 3 fenêtres, le calcul serait le suivant :

- Volume de la salle : $40 \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m} = 100 \text{ m}^3$
- BTU : $100 \text{ m}^3 * 100 = 10000 \text{ BTU}$
- Ajout pour les fenêtres : $10000 \text{ BTU} + 3 * 1000 \text{ BTU} = 13000 \text{ BTU}$

I:13 Le Bilan thermique :

Le bilan thermique est essentiel pour s'assurer que le climatiseur cassette choisi aura la bonne Puissance pour climatiser efficacement la salle sans sur consommation d'énergie, en compte des éléments clés Comme la surface de la salle la hauteur sous plafond, le type d'isolation, l'exposition, le nombre d'occupants et d'appareils électrique. [10]

I:14 Conclusion :

En conclusion de ce chapitre, nous pouvons affirmer qu'un climatiseur à cassette peut assurer le refroidissement et le chauffage de votre maison en fonction de vos besoins. De plus, une fois installé, Nous présentons des équipements de climatisation et de climatisation de pointe. Nous couvrons également la dynamique du mouvement et les principes de l'analyse thermique.

Chapitre II :

Configuration physique et méthode de résolution

II.1 Configuration physique et Modélisation :

II:1:1 La géométrie :

La géométrie du problème considéré est représentée sur la **Figure II.1**. Le but est de réaliser une analyse dynamique et thermique du mouvement de l'air dans une enceinte fermée de forme rectangulaire (une salle), lors d'une climatisation par système cassette, placé au centre du plafond. L'étude est effectuée en trois dimensions. La salle considérée est de dimensions 6 m de longueur et 4 m de largeur avec une hauteur de plafond de $H=3,4\text{m}$. Le climatiseur à cassette installé au centre du plafond est un système à double flux, de dimension $(0,95 \times 0,95) \text{ m}^2$ avec une épaisseur de 0,2m. Dans cette étude, nous utilisons trois valeurs de vitesse de soufflage.

Nous ajouterons six spots de lumière dans le plafond et un bureau avec équipement informatique et une personne immobile.

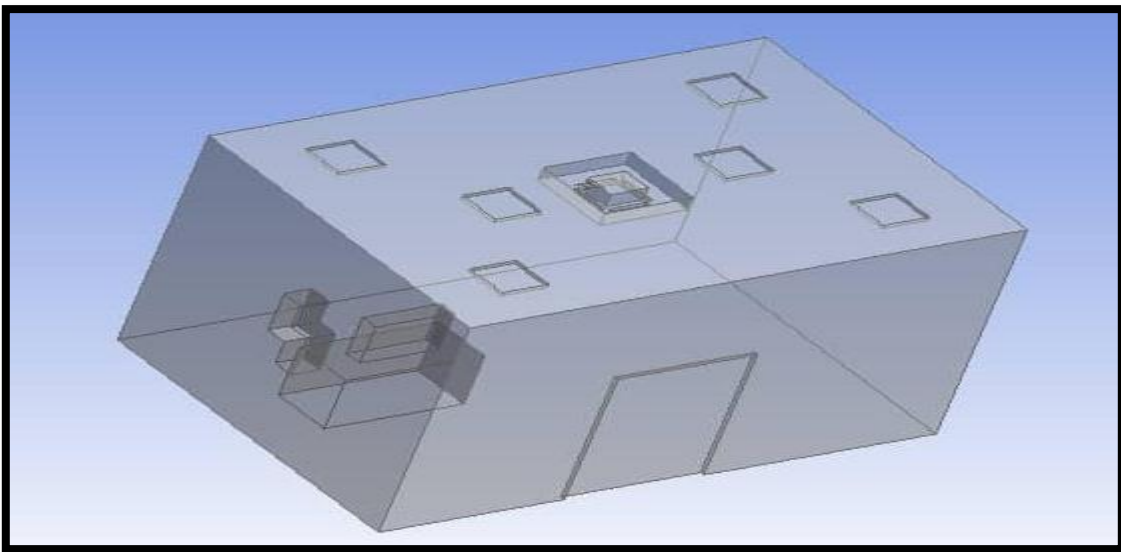


Figure II.1. Géométrie du problème

II.1:2 Equations générales :

Le comportement dynamique des fluides est régi par les équations **de Navier-Stokes**, dérivées des lois de conservation de la masse et de la quantité de mouvement et s'appliquant aux milieux continus. Leur forme générale est la suivant :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} (\rho \vec{v}) = 0 \quad (1)$$

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = \rho \vec{g} - \vec{\nabla} p + \mu \nabla^2 \vec{V} \quad (2)$$

II.1:3 Hypothèses simplificatrices du problème étudié :

Les hypothèses simplificatrices seront utiles dans la modélisation mathématique de notre problème :

- Le fluide est considéré newtonien, la viscosité est constante $\nu = \text{cst}$.
- L'écoulement est incompressible ($\text{div} \vec{V} = 0$) et la masse volumique $\rho = \text{cst}$.
- Ecoulement est permanent $\frac{\partial}{\partial t} = 0$.
- Écoulement à convection forcée tridimensionnel.
- L'écoulement du fluide au sein de la chambre est turbulent.
- Les propriétés physiques de l'écoulement sont constantes.
- L'enceinte est une salle supposé parallélépipédique,

II.1:4 Formulation mathématique :

Le modèle mathématique est basé sur les lois de conservation de la masse et de la quantité de mouvement. Le régime est supposé turbulent, ce qui impose d'utiliser les valeurs moyennées des variables de tel sorte que :

$$\phi = \bar{\phi} + \phi'$$

ϕ : Grandeur instantané

$\bar{\phi}$: Grandeur moyenne

ϕ' : Grandeur de fluctuation

De ce fait, les variables utilisées pour exprimer les équations décrivant le mouvement du fluide à l'intérieur de l'enceinte climatisée en trois dimensions, sont les composantes de vitesse, la pression en valeur moyennées et de fluctuation et la température comme suit :

$$\begin{aligned} \mathbf{u} &= \bar{\mathbf{u}} + \mathbf{u}' \\ \mathbf{v} &= \bar{\mathbf{v}} + \mathbf{v}' \\ \mathbf{w} &= \bar{\mathbf{w}} + \mathbf{w}' \\ p &= \bar{P} + p' \end{aligned}$$

Equation de conservation :

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

Equations de quantité de mouvement :

$$\begin{aligned} \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \\ = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x} + \nu \left[\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial z^2} \right] - \frac{\partial u'^2}{\partial x} - \frac{\partial u'v'}{\partial y} - \frac{\partial u'w'}{\partial z} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} \\ = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} + \nu \left[\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial z^2} \right] - g - \frac{\partial u'v'}{\partial x} - \frac{\partial v'^2}{\partial y} - \frac{\partial v'w'}{\partial z} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \bar{u} \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} \\ = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial z} + \nu \left[\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial z^2} \right] - \frac{\partial u'w'}{\partial x} - \frac{\partial v'w'}{\partial y} - \frac{\partial w'^2}{\partial z} \end{aligned} \quad (6)$$

Equation d'énergie :

$$\bar{u} \frac{\partial T}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial T}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] \quad (7)$$

Avec α la diffusivité thermique exprimée par : $\frac{\lambda}{\rho c_p}$

II.1 :5 Équation de transport pour le modèle k-ε standard :

Le modèle k-ε est un modèle de transport semi-empirique à deux équations utilisées pour évaluer la viscosité de Foucault. Résoudre deux équations aux dérivées partielles pour obtenir l'énergie cinétique turbulente k et son taux de dissipation ε :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{u_t}{\sigma k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma \epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{K + \sqrt{v_\epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{K} C_{3\epsilon} \rho_b + S_\epsilon \quad (9)$$

Dans ces équations, **Gk** représente la génération d'énergie cinétique de turbulence due aux gradients de vitesse moyenne, calculée.... **Gb** est la génération d'énergie cinétique de turbulence due à la flottabilité, calculée **YM** représente la contribution de la dilatation fluctuante dans la turbulence compressible au taux de dissipation global, calculée dans les modèles k. **C1**, **C2** et **C3** sont des constantes. σk et σ sont les nombres de Prandtl turbulents pour k et, respectivement. **S**k et **S** sont des termes sources définis par l'utilisateur.

- u_i : représente la composante de vitesse dans la direction correspondante.
- $E \{ij\}$: représente la composante du taux de déformation.
- μ_t : représente la viscosité turbulente $\mu_t = \rho C_u \frac{k^2}{\epsilon}$

Les équations consistent également en certaines constantes ajustables Les valeurs de ces constantes ont été obtenues par de nombreuses itérations de

données adaptées à une large gamme d'écoulements turbulents. Ceux-ci sont les suivants : $Cu=0.09$ $\sigma k=1.00$ $\sigma \varepsilon=1.30$ $C1\varepsilon=1.44$ $C2\varepsilon=1.92$

II.1:6 Formulation de la fonction courante et la vorticité :

$$d\Psi = u \, dy - v \, dx \quad d\Psi = 0 \quad (10)$$

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial y} \quad , \quad v = -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \quad (11)$$

II.1:7 Les conductions aux limites :

Les conditions aux limites impos es   la salle tridimensionnelle sont exprim es par le **Tableau II.1**:

Tableau II.1 : Les conditions aux limites de notre chambre

surface	Condition de vitesse	Condition de température
Mur haut	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	$T=26c^\circ$
Mur bas	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	$T=26c^\circ$
Mur droite	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	$T=26c^\circ$
Mur gauche	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	$T=26c^\circ$
Mur avant	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	$T=26c^\circ$
Mur arrière	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	$T=26c^\circ$

Tableau II.2 : Les conditions aux limites pour les climatiseurs cassette :

surface	Condition de vitesse	Condition de température
Paroi du haut	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	Adiabatique
Paroi du bas (orifices)	$\bar{u}=u_0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	T (soufflé)=14,5 c°
Paroi de droite	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	Adiabatique
Paroi de gauche	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	Adiabatique
Paroi avant	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	Adiabatique
Paroi arrière	$\bar{u}=0, \bar{v}=0, \bar{w}=0$	Adiabatique

Pour les objets et l'occupant qui sont installés à l'intérieur de la salle sont :

- L'équipement informatique immobile et dégage une chaleur de $\Phi=180 \text{ w/m}^2$.
- Une personne immobile et dégage : $\Phi =60 \text{ w/m}^2$.
- Les lampes placées au plafond qui dégagent $\Phi =120 \text{ w/m}^2$.par lampe.

III:1:6 Formulation de la fonction de courant :

$$d\Psi = u dy - v dx \quad d\Psi = 0 \quad (12)$$

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial y}, v = -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \quad (13)$$

II:1:7 Équation de transport pour le modèle k-ε standard :

Le modèle k-ε est un modèle de transport semi-empirique à deux équations utilisé pour évaluer la viscosité de Foucault. Résoudre deux équations aux dérivées partielles pour obtenir l'énergie cinétique turbulente k et son taux de dissipation ε :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(pk_{ui}) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{ut}{\sigma k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (14)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma \epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{K + \sqrt{\nu \epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{K} C_{3\epsilon} \rho_b + S_\epsilon \quad (15)$$

Dans ces équations, **G_k** représente la génération d'énergie cinétique de turbulence due aux gradients de vitesse moyenne, calculée.... **G_b** est la génération d'énergie cinétique de turbulence due à la flottabilité, calculée **Y_M** représente la contribution de la dilatation fluctuante dans la turbulence compressible au taux de dissipation global, calculée dans les modèles k. **C₁**, **C₂** et **C₃** sont des constantes. **σ_k** et **σ_ε** sont les nombres de Prandtl turbulents pour k et ε, respectivement. **S_k** et **S_ε** sont des termes sources définis par l'utilisateur.

- **u_i** : représente la composante de vitesse dans la direction correspondante.
- **E {ij}** : représente la composante du taux de déformation.
- **μ_t** : représente la viscosité turbulente $\mu_t = \rho C_u \frac{k^2}{\epsilon}$

Les équations consistent également en certaines constantes ajustables Les valeurs de ces constantes ont été obtenues par de nombreuses itérations de données adaptées à une large gamme d'écoulements turbulents. Ceux-ci sont les suivants :

$$C_u=0.09 \quad \sigma_k=1.00 \quad \sigma_\epsilon=1.30 \quad C_{1\epsilon}=1.44 \quad C_{2\epsilon}=1.92$$

II:2 Méthode et Outils de résolution :

II:2:1 Introduction

Différentes méthodes sont utilisées pour la solution numérique des équations aux dérivées partielles (EDP) régissant l'écoulement des fluides, notamment pour le cas à l'intérieur de la chambre étudiée dans cet article, et parmi ces méthodes on peut citer : la méthode des différences finies. , Méthode des éléments finis et Méthode des

volumes finis, Nos recherches portent sur la solution numérique de problèmes de fluides en utilisant la méthode des volumes finis du logiciel Ansys Fluent. Cette méthode est largement utilisée dans l'industrie et la recherche pour analyser et simuler des écoulements de fluides complexes dans des systèmes tridimensionnels réels.

L'utilisation de volumes finis à résolution numérique nous permet de discrétiser l'espace tridimensionnel en petits volumes ou cellules. Cela nous permet de représenter avec précision les géométries complexes des systèmes fluides et de résoudre les équations fondamentales qui décrivent le comportement des fluides au sein de ces cellules.

II:2:2 Méthodes des volumes finis (MDF) :

La méthode des volumes finis (MDF) est une méthode de discrétisation utilisée pour résoudre numériquement des équations aux dérivées partielles .elle est comparable à la méthode des différences finies et des élément finis, mais elle exploite des approximations d'intégrales directement sur la forme forte de méthode des élément finis qui utilise une formulation vibrationnelle.

La méthode des volumes finis consiste à subdiviser le domaine d'étude en un ensemble de volumes finis, qui sont des petits volumes disjoints en 3D (ou des surfaces en 2D, des segments en 1D).chaque volume fini est entouré par des nœuds voisins, et les équations locales sont intégrées sue chaque volume.

La discrétisation du domaine se fait de manière adaptée aux propriétés physiques du corps étudié, avec des maillages non uniformes ais précis pour obtenir des résultats exacts .les conditions aux limites sont introduites en augmentant le maillage d'autant de nœud que de températures de flux imposé.

La méthode des volumes finis a connu un essor considérable dans divers domaines de l'ingénierie scientifique' tels que la mécanique des fluides la thermique, et l'électromagnétisme' en particulier pour la modélisation de phénomènes hyperboliques 'elliptique et parabolique.

II:3 Outils de résolution (logiciel Ansys Fluent) :

II:3:1 Ansys workbench :

Ansys fluent est un logiciel de simulation de mécanique des fluides (CFD) leader sur la marche, connu pour capacités de modélisation physique avancées et sa précision de pointe .il permet de créer des modelés physique avances et d'analyser une grande variété de phénomènes fluides, le tout dans un espace personnalisable et intuitif.

II:3:1:1 Construction de la géométrie :

Pour créer une géométrie sur Workbench 3D, nous choisissons de commencer par une conception Modeler et ce dernier sont des applications ANSYS Workbench qui offrent des capacités de modélisation et de simulation unique, incluant la création de géométries détaillées, simplifiée Outils de modification de géométrie CAO et de création de modèles conceptuels Construisons la géométrie dont nous avons besoin et donnons-lui ensuite des dimensions.

II:3:1:2 Génération de maillage :

Pour cette opération, nous devons utiliser de maillage dans notre cas nous avons choisi la méthode cartésien pour un nombre de devisions=

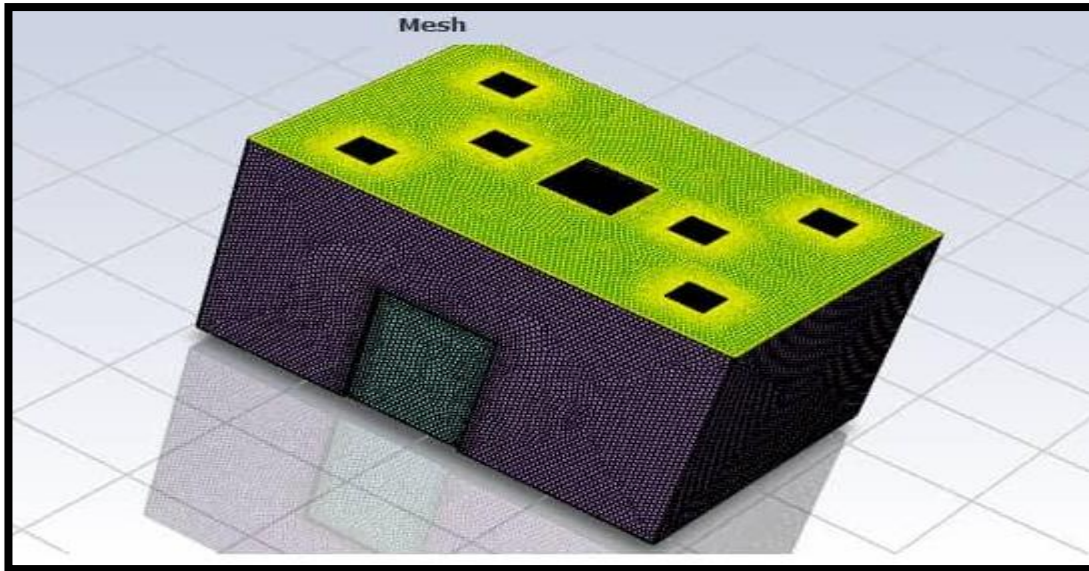


Figure II.2 Génération de maillage

II:3:1:3 Les conditions aux limites:

La figure suivante résume les différentes conditions qu'on peut imposer pour un écoulement d'air dans une chambre : voir la **figure II.1**

II.3.2 Le solveur fluent :

Fluent est un logiciel qui permet de résoudre et simuler des problèmes de mécanique des fluides et de transferts thermiques par la méthode des volumes finis.

II.3.2.1 Les étapes de solveur fluent :

II:3:2:7 Lancer Fluent setup :

Puisque notre géométrie est en 3D, pour le domaine de calcul le choix de 3D double précision (3ddp) est prise pour notre étude, Il est donc distingué.

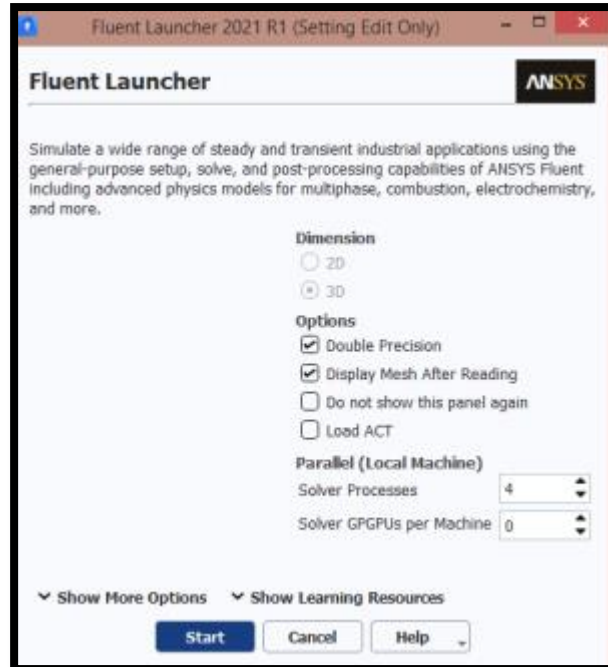


Figure II.3: Lancement

II.3.2.2. Choix du solveur :

Ce menu permet de sélectionner le type de solveur que vous souhaitez utiliser (schéma implicite, mécanisme Fixe, configuration 3D...) est défini comme suit :

The image shows a 'Solver' configuration panel with the following settings:

- Type:** Pressure-Based, Density-Based
- Velocity Formulation:** Absolute, Relative
- Time:** Steady, Transient
- Gravity
- Gravitational Acceleration:**
 - X [m/s²]: 0
 - Y [m/s²]: -9.81
 - Z [m/s²]: 0

Figure II.4 Choix du solveur

II:3:2:4 Choix du régime d'écoulement :

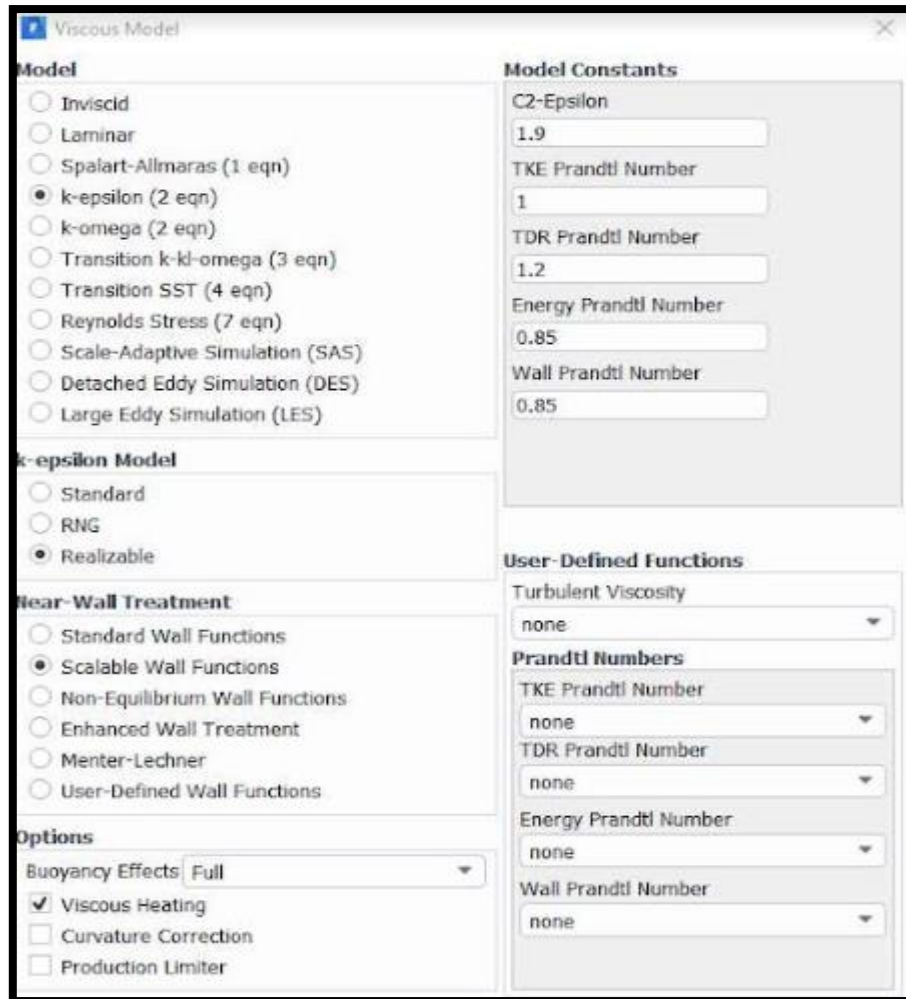


Figure II.5 : Choix de modèle k-

II:3:2:5 Les caractéristiques du matériau :

On définit le choix de fluide comme suit : setup – Matériels

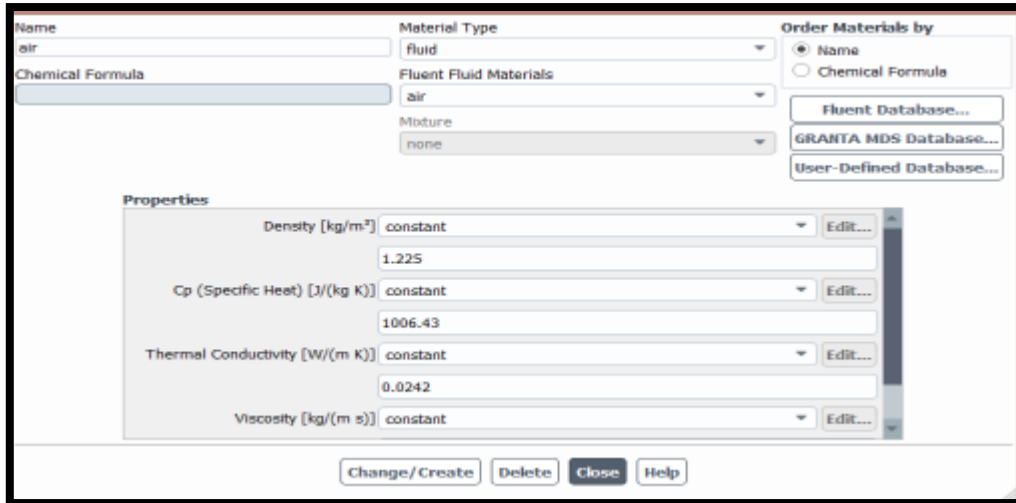


Figure II.6 Les caractéristiques du matériau

III:3:2:7 Les conditions opératoires :

Cette activité permet de placer les conditions de fonctionnement :

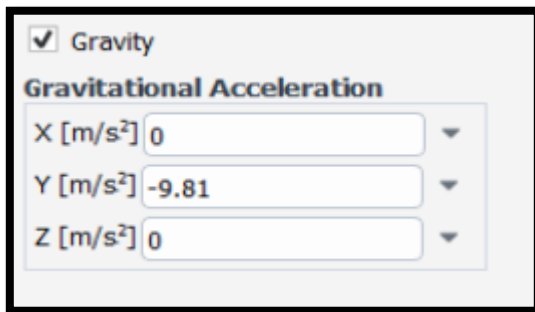


Figure II.7 : choix des conditions opératoires

II:3:2:7 Les conditions aux limites :

Il est nécessaire de fixer les valeurs des conditions aux limites du problème à traiter :
setup- Boundary condition :

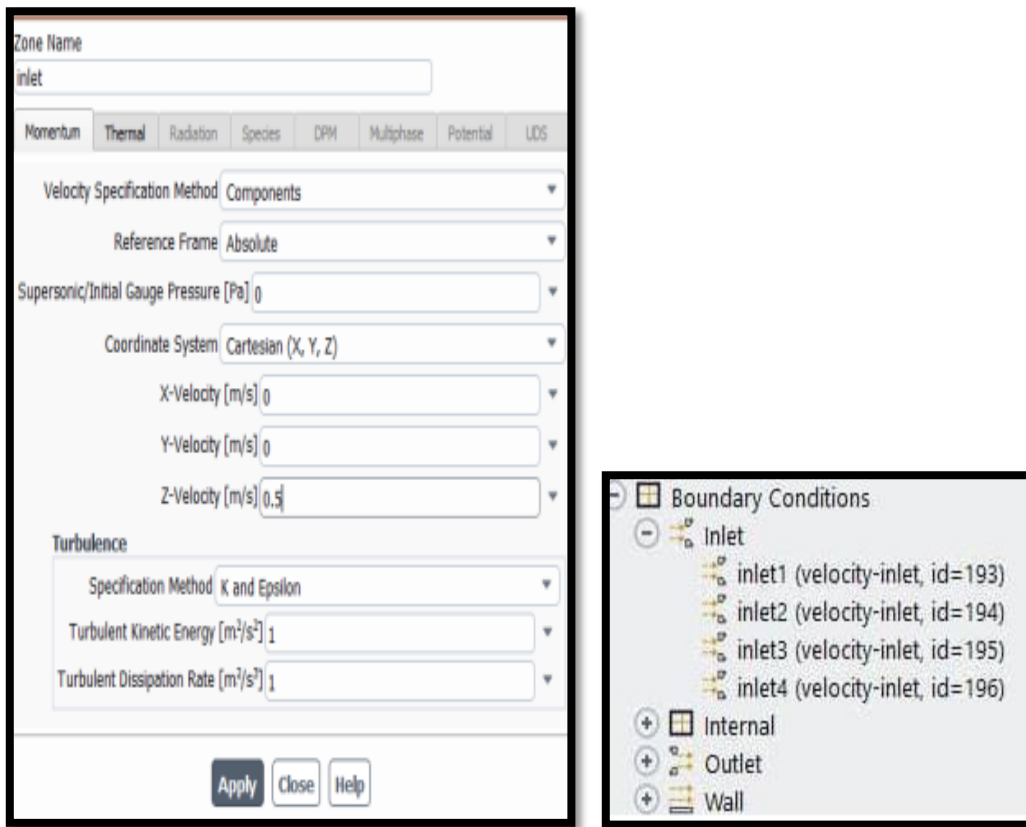


Figure II.8: la vitesse d'entrée (conditions aux

II:3:2:9 Contrôle de la solution :

Cette étape nous permis d'estimer les schémas de discrétisations, ainsi que le choix d'ordre des équations et l'algorithme (ou choix de solution : Solution-Méthodes).

The image shows a software interface for configuring solution methods. It is divided into two main sections: 'Pressure-Velocity Coupling' and 'Spatial Discretization'.
Under 'Pressure-Velocity Coupling', the 'Scheme' is set to 'SIMPLEC' and 'Skewness Correction' is set to '0'.
Under 'Spatial Discretization', several variables are listed with their corresponding discretization schemes:
- Pressure: Standard
- Momentum: First Order Upwind
- Turbulent Kinetic Energy: First Order Upwind
- Turbulent Dissipation Rate: First Order Upwind
- Energy: First Order Upwind

Figure II.9: Choix d'ordre d'équation

II:3:2:9 Initialisation :

Cette option permet d'initialiser le calcul : **Solve -- Initialize – Initializ**

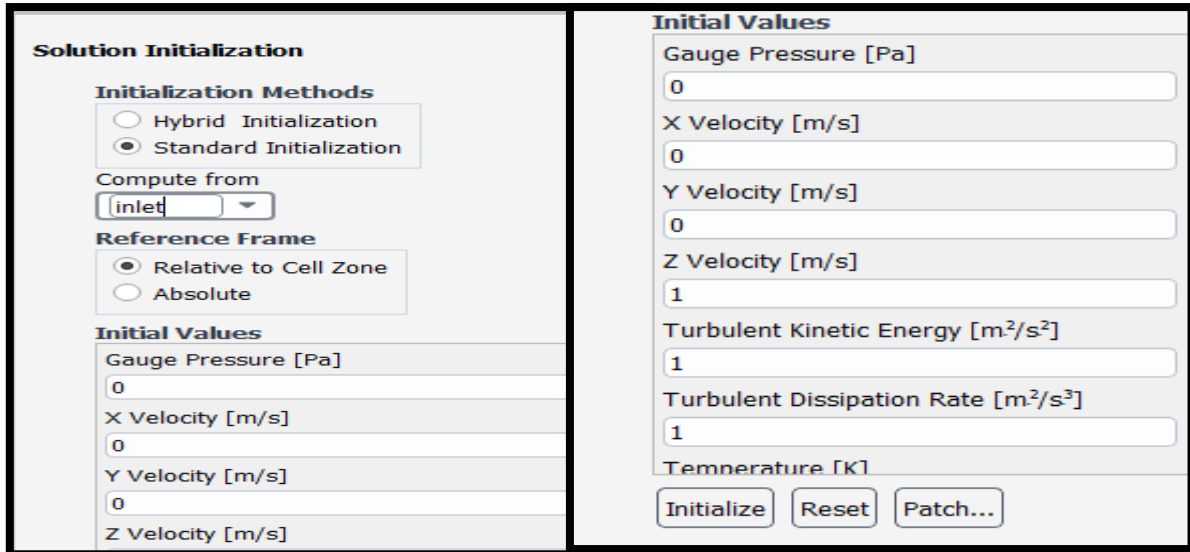


Figure II.10: initialisation de calcul

II:3:2:10 Choix des critères de convergence :

Il se fait de favoriser les critères de convergence qui doivent être considérés pour que Les calculs soient arrêtés : Solve -- Monitors – Résiduel.

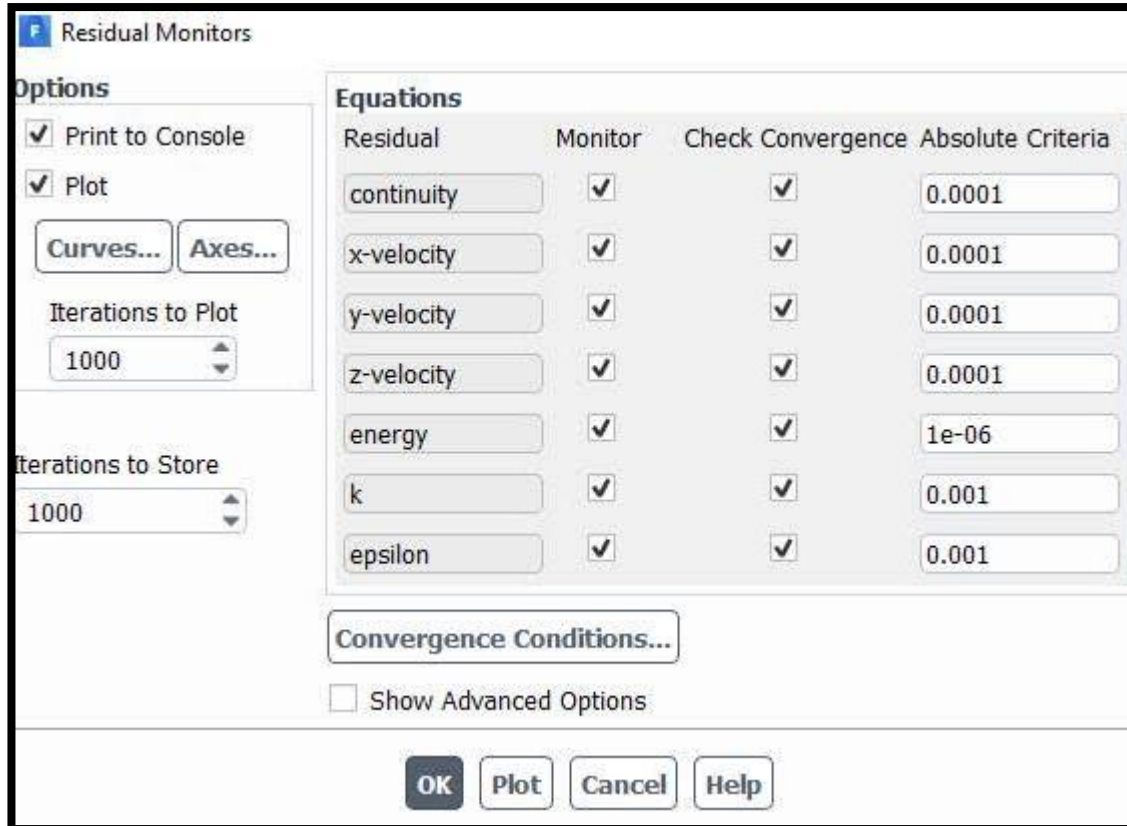


Figure II.11: Choix des critères de convergence

II:3:2:11 Lancement du calcul de convergence :

Avant commencer les calculs il faut d'abord choisir le nombre des itérations : Run calculation-calculate

Cette étape pour choix le nombre des itérations pour fait le calcule

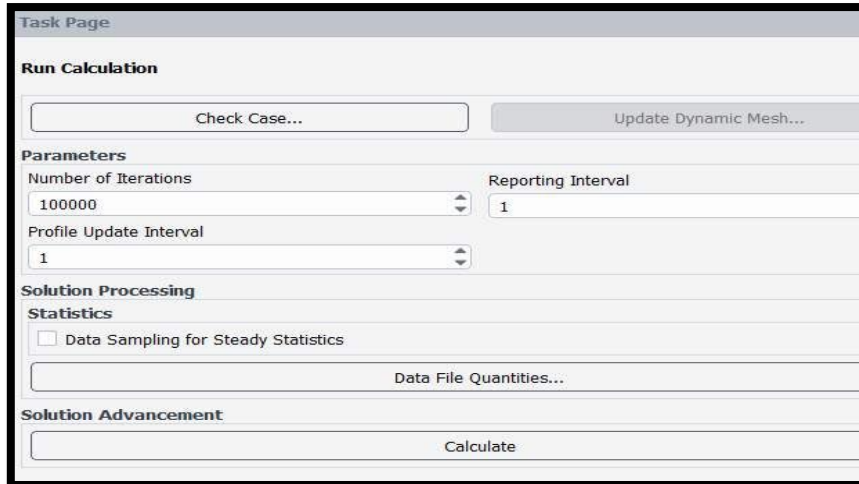


Figure II.12 : Choix du nombre des

II:3:2:12 Allures de l'évolution des résidus de calcul :

Le calcul convergé quand le résidu est stable

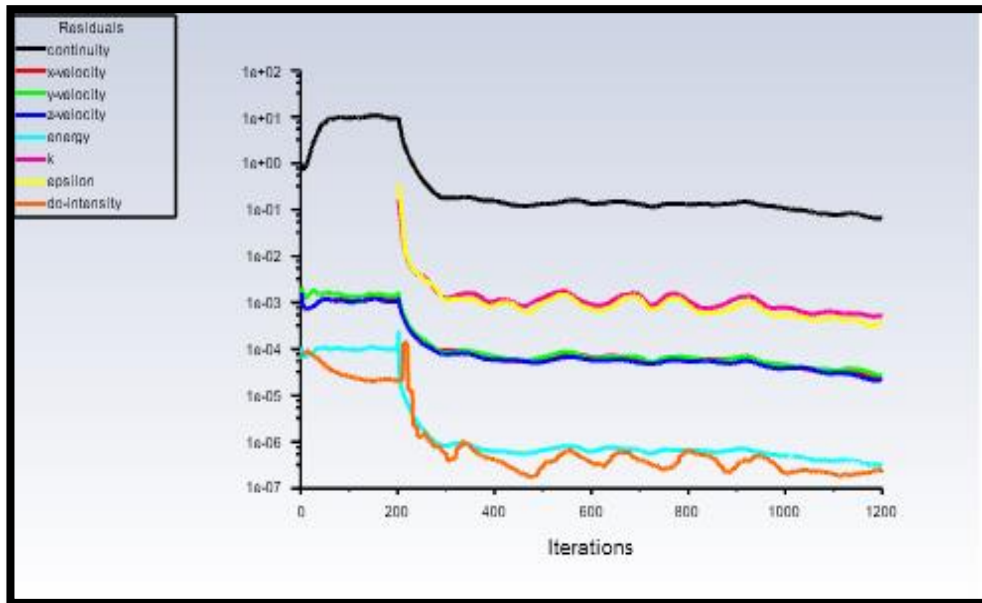


Figure II.14 : Allures de l'évolution des résidus de calcul

Vous pouvez utiliser l'aide au post-traitement fournie par Fluent pour visualiser et analyser les résultats. Ces caractéristiques sont principalement :

➤ ***Display:***

Le dernier menu résultats accède à l'étude des évolutions des variables sous forme de ligne courante, courbes de vitesse :
Affichage - Contours ...

➤ ***Plot :***

Le traçage offre la possibilité de produire des diagrammes 3D de toutes les variables de l'itinéraire ou du plan créé.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons formulé le modèle mathématique et la résolution numérique pour le problème traité.

Nous avons aussi présenté les principes de base de l'utilisation d'un logiciel de simulation numérique pour résoudre des problèmes de fluide notamment, Ansys Fluent.

Les principes fondamentaux de la modélisation en trois dimensions sont aussi exposés, tels que la discrétisation de la géométrie en maillage tridimensionnel, la formulation des équations de base du fluide sur Fluent et les conditions aux limites appropriées.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons les résultats et les discussions de l'étude numérique des configurations étudiées.

Chapitre III :

Résultats et discussions

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous examinerons en profondeur notre installation de climatisation à cassette placée au plafond de la salle avec deux flux. Les résultats analytiques obtenus à partir de simulations des configurations étudiées avec ANSYS FLUENT sont présentés sous forme de lignes de courant, d'isothermes, d'énergie cinétique turbulente et ses contours de dissipation, de champ de vitesse et de distribution de vitesse au milieu de la chambre. Les résultats pour différentes vitesses sont également comparés pour évaluer les performances lors de soufflage d'air.

Discussion sur les résultats :

Les figures III (1, 2, 3) montrent les lignes de courant et les trajectoires dans la chambre à différentes valeurs de vitesse $v=0,5\text{m/sec}$, $v=0,75\text{m/sec}$ et $v=1\text{m/sec}$ respectivement. Sur ces photos, nous pouvons voir que le flux d'air froid atteint le plancher puis se propage dans toute la pièce. L'intensité du fluide froid en sortie d'éruption augmente avec la vitesse, ce qui est tout à fait normal. On remarque également que des tourbillons secondaires apparaissent aux quatre coins inférieurs.

Les figures (4, 5, 6) illustrent les isothermes sur les plans médians de la chambre, comme le montrent les figures. On observe que lorsqu'on s'éloigne de la source de soufflage par rapport à l'axe OY (la hauteur de la chambre), les plans du champ thermique deviennent plus froids. En ce qui concerne la répartition de la température

dans la chambre, on constate une homogénéité de la température et une amélioration de l'efficacité de refroidissement de la pièce avec une augmentation de la vitesse de soufflage. Ceci est confirmé par les profils de température tracés sur la Figure III.7 et Figure III.8. Ces dernières, illustrent la variation des températures sur la ligne médiane pour (Y). Elles diminuent plus rapidement à une vitesse de $v=1\text{m/s}$ par rapport aux autres vitesses et à une longueur de la chambre de $l=6\text{m}$ (voir figure 7).

Les graphiques (III.9, III.10) présentent les profils des vitesses verticales représentés à la ligne médiane, le long de l'axe (Y).

Il est observé que l'air est repoussé vers le centre bas de la salle et il retourne vers le haut de la salle près des parois verticales. Le courant déjà installé dans la chambre entraîne peu à peu les particules fluides en fonction des valeurs de la vitesse choisie.

La dissipation d'énergie cinétique pour chaque vitesse est illustrée dans les figures (III.12, III.16, III.20) ; On observe l'apparition des lignes de dissipation d'énergie cinétique qui se forment sur le plafond de la chambre. Cette dissipation augmente en fonction de l'augmentation de la vitesse.

L'énergie cinétique de turbulence pour les différentes vitesses est illustrée dans les figures (III.11, III.15, III.19). On observe la formation de lignes d'énergie cinétique de turbulence sur la paroi supérieure de la chambre, et leur intensité augmente avec l'augmentation de la vitesse.

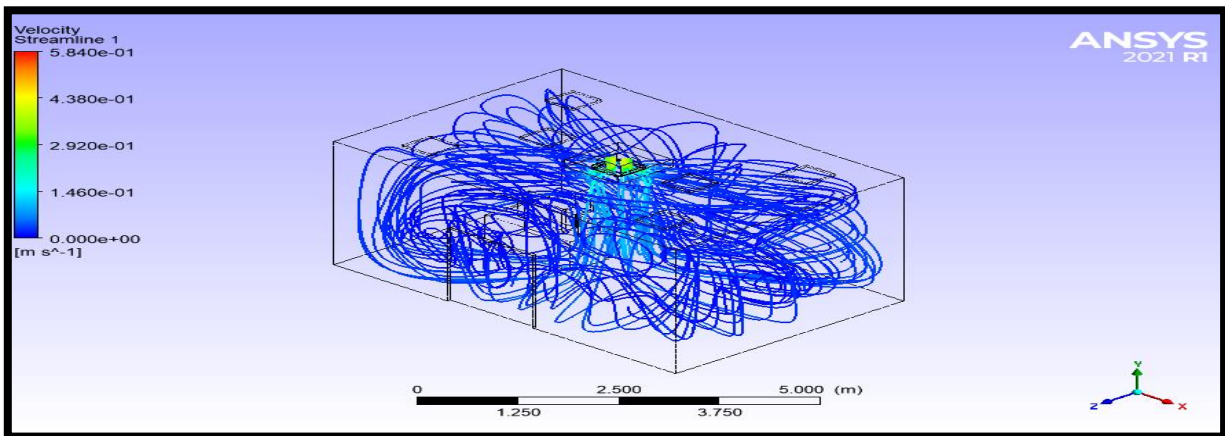


Figure III.1 : les lignes de courant pour $v=0.5$ m/s

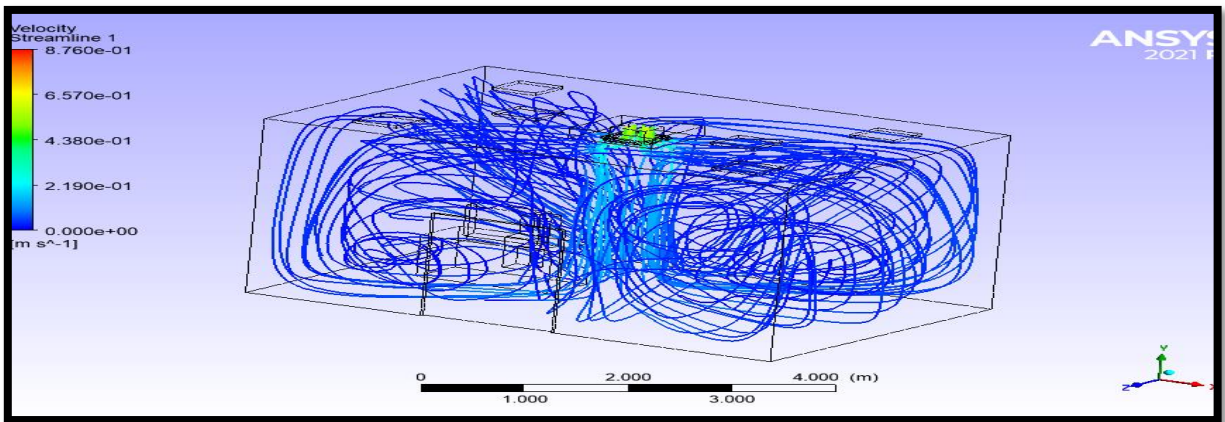


Figure III.2: les lignes de courant pour $v=0.75$ m/s

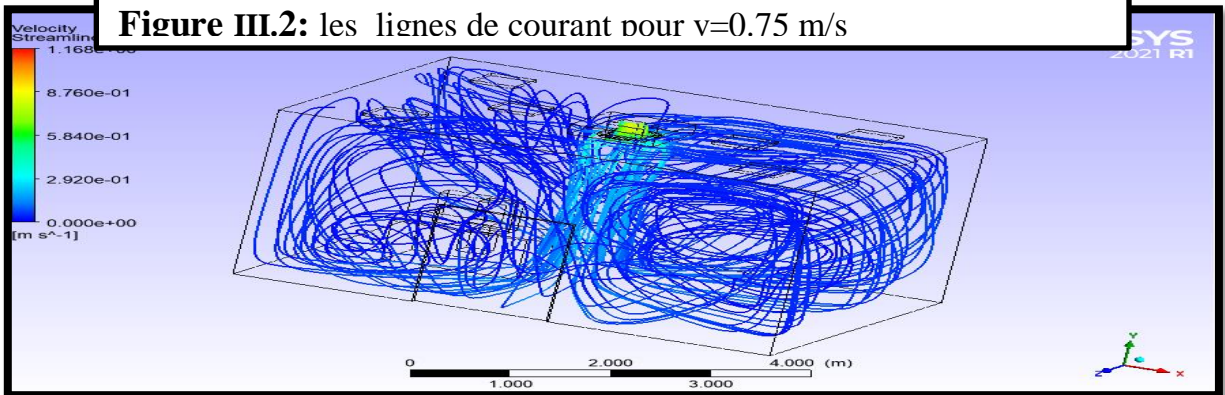


Figure III.3 : les lignes de courant pour $v=1$ m/s

A- Les Figures isothermes sur les plans suivant les axes Z et X pour chaque vitesse :

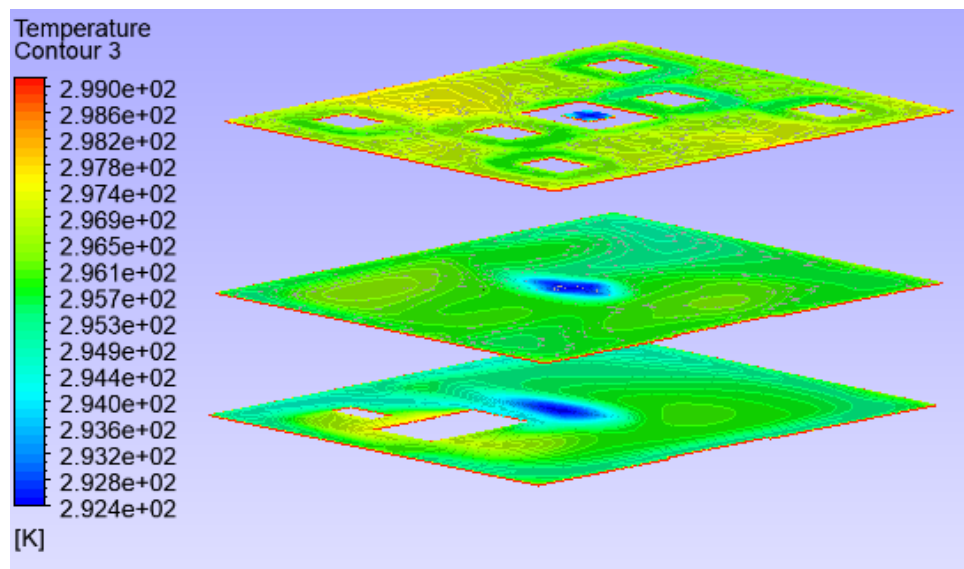
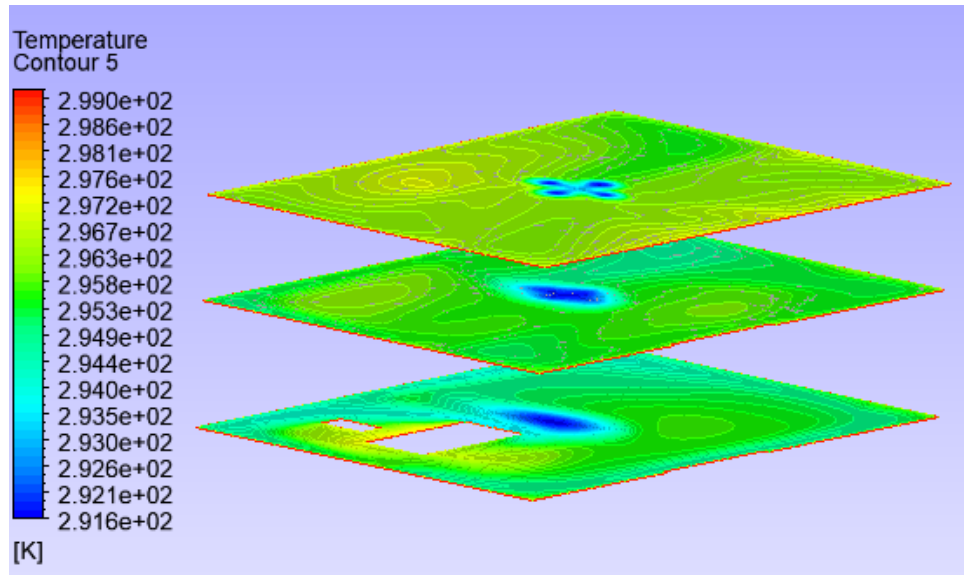


Figure III.4 : Isothermes sur les plans suivant les axes Z et X pour $v=0.5$ m/s

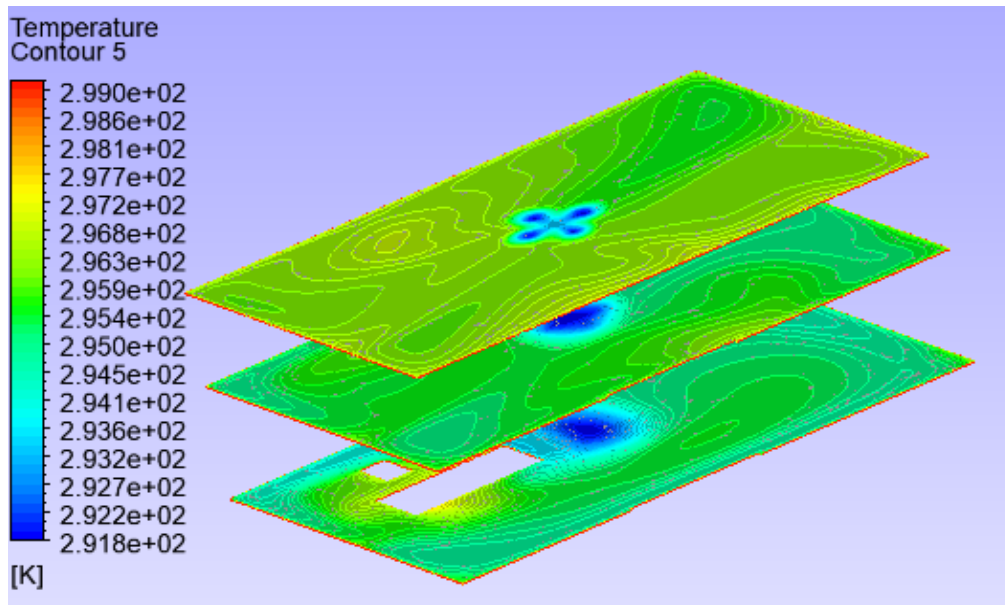
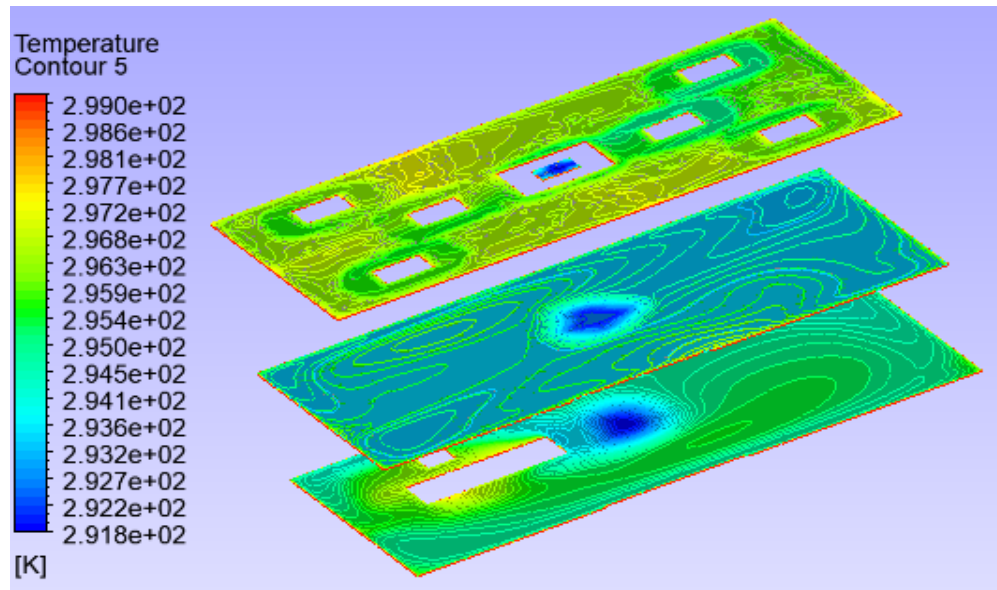


Figure III.5: Isothermes sur les plans suivant les axes Z et X pour $v=0.75$ m/s

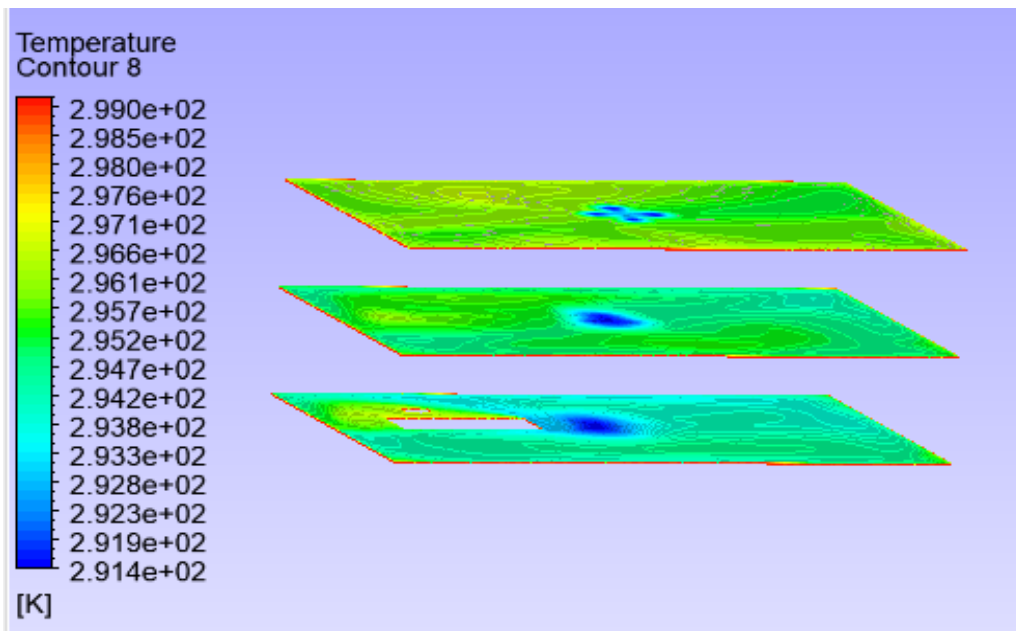
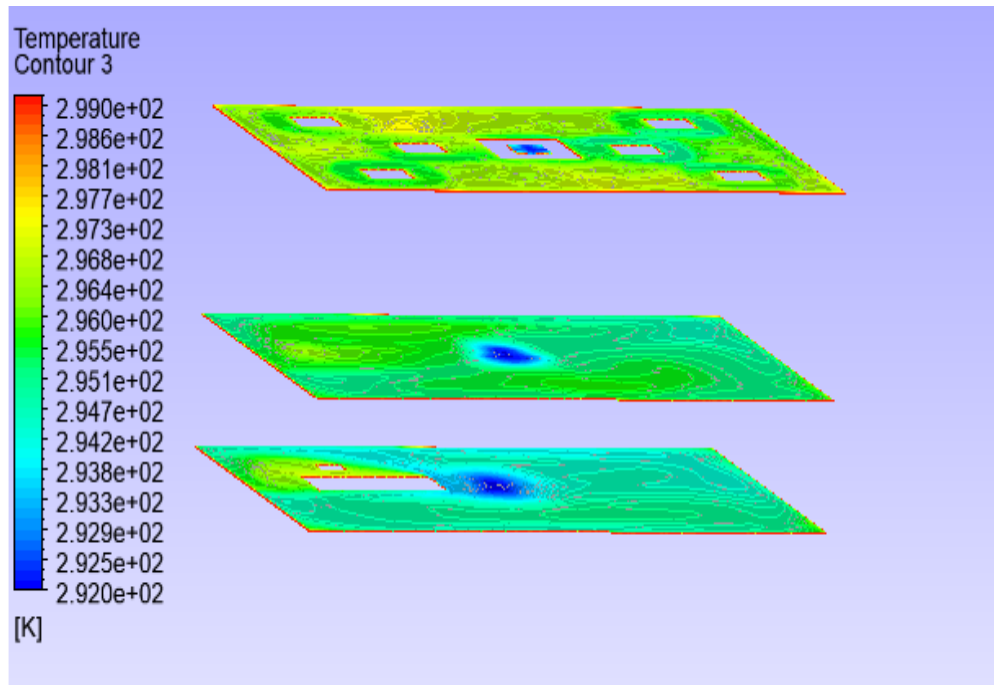


Figure III.6: Isothermes sur les plans suivant les axes Z et X pour $v=1\text{m/s}$

B- Les profils de température et de vitesse verticale :

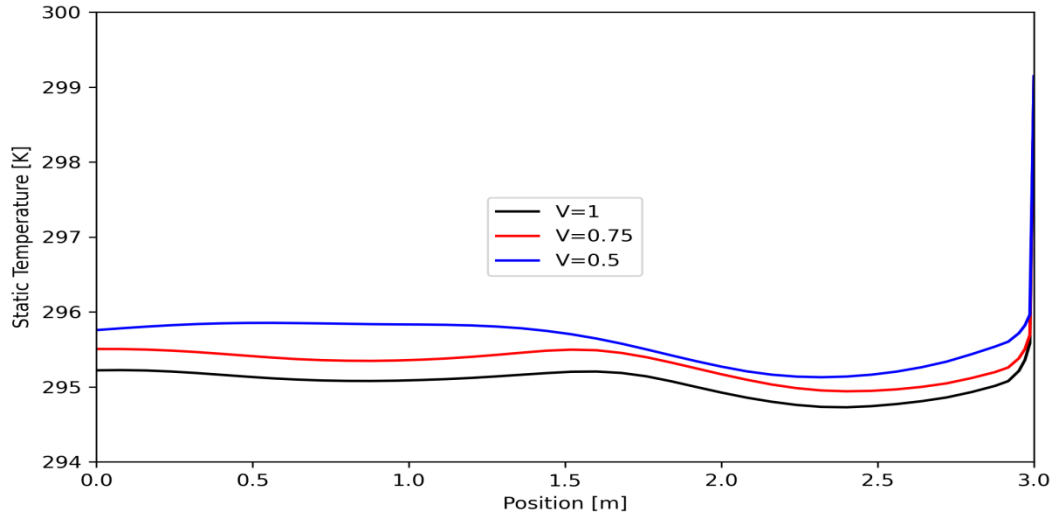


Figure III.7 : Profil de température sur la ligne médiane le config. $x=2\text{m}$, $y=1.7\text{m}$, $z= [0 \text{ à } 3]$

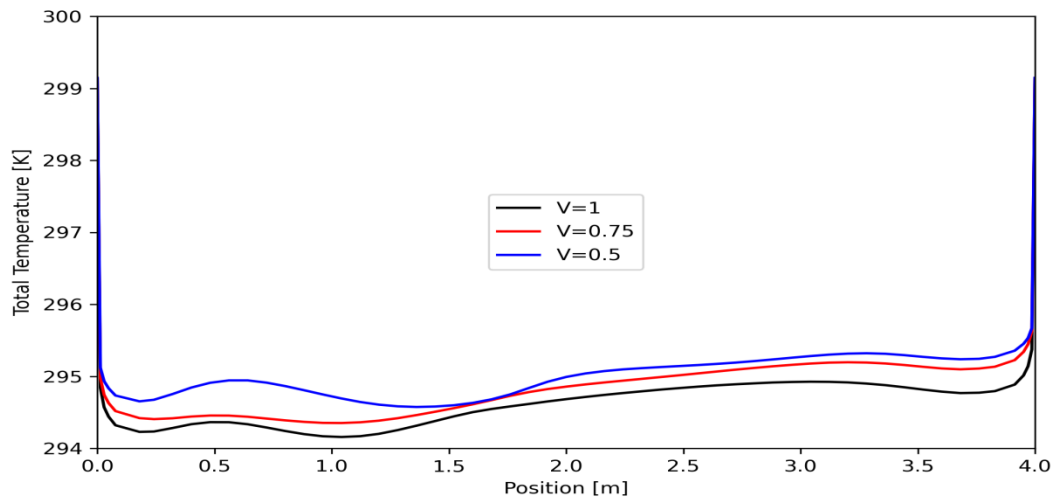


Figure III.8 : Profil de température sur la ligne médiane le config. : $x= [0,4]$, $y=1.7\text{m}$, $z= 3$.

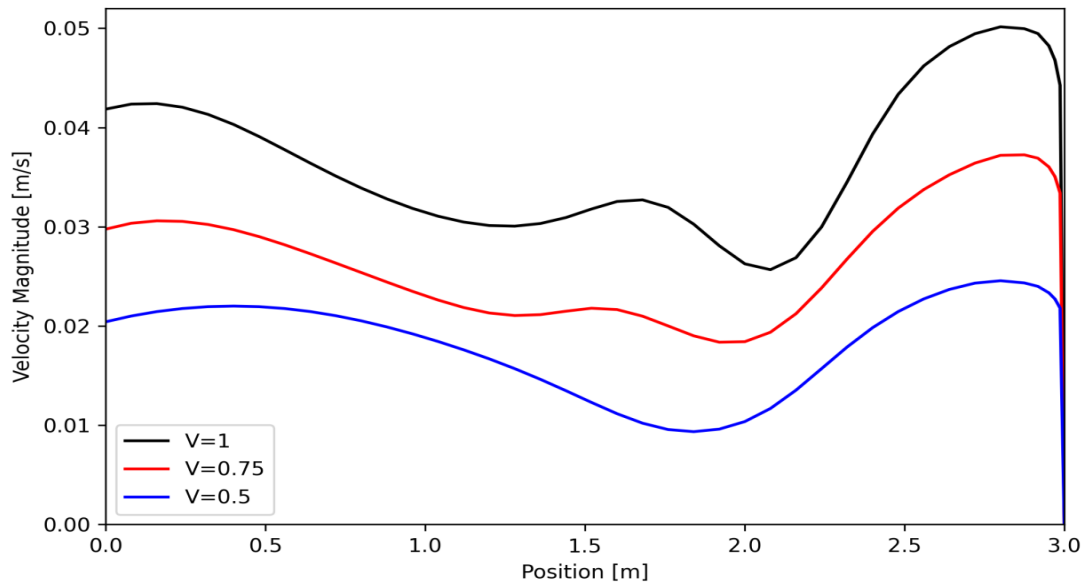


Figure III.9 : Profil de Vitesse V sur la ligne médiane le config. $x=2m$, $y=1.7m$, $z= [0 \text{ à } 3]$

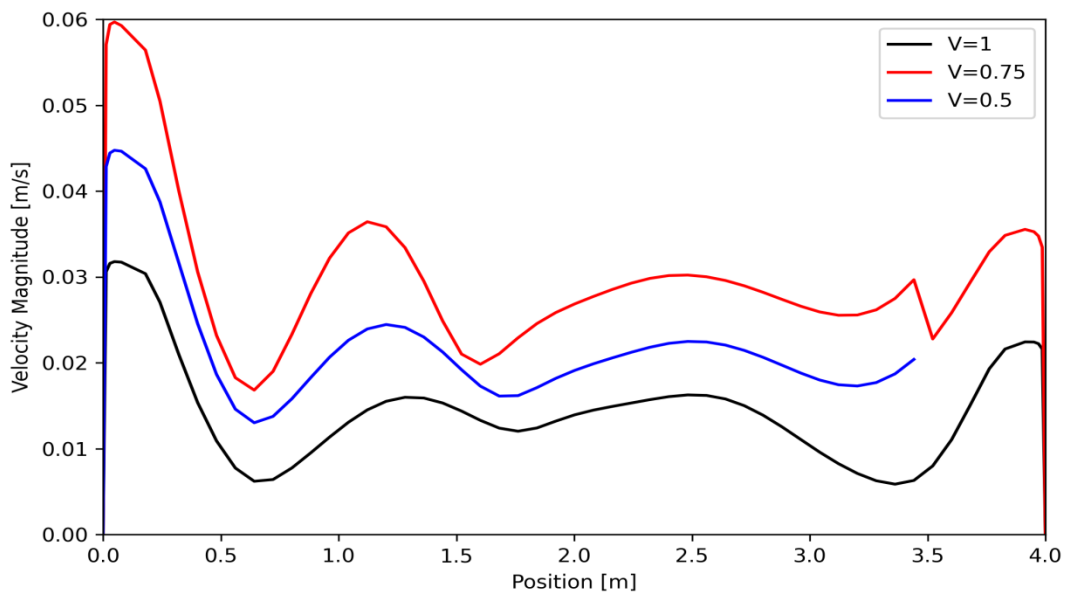


Figure III.10 : Profil de velocity sur la ligne médiane le config. : $x= [0,4]$, $y=1.7m$, $z= 3$.

C- L'énergie cinétique de turbulence (K) et sa dissipation

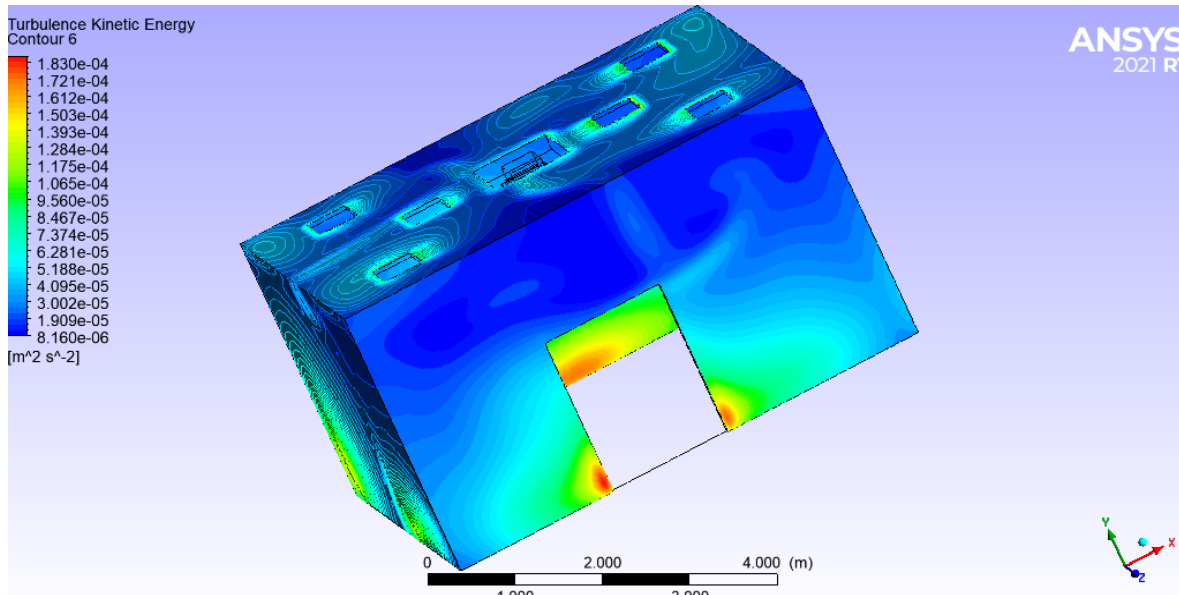


Figure III.11: L'énergie cinétique de turbulence (K) à V=0.5 m/s

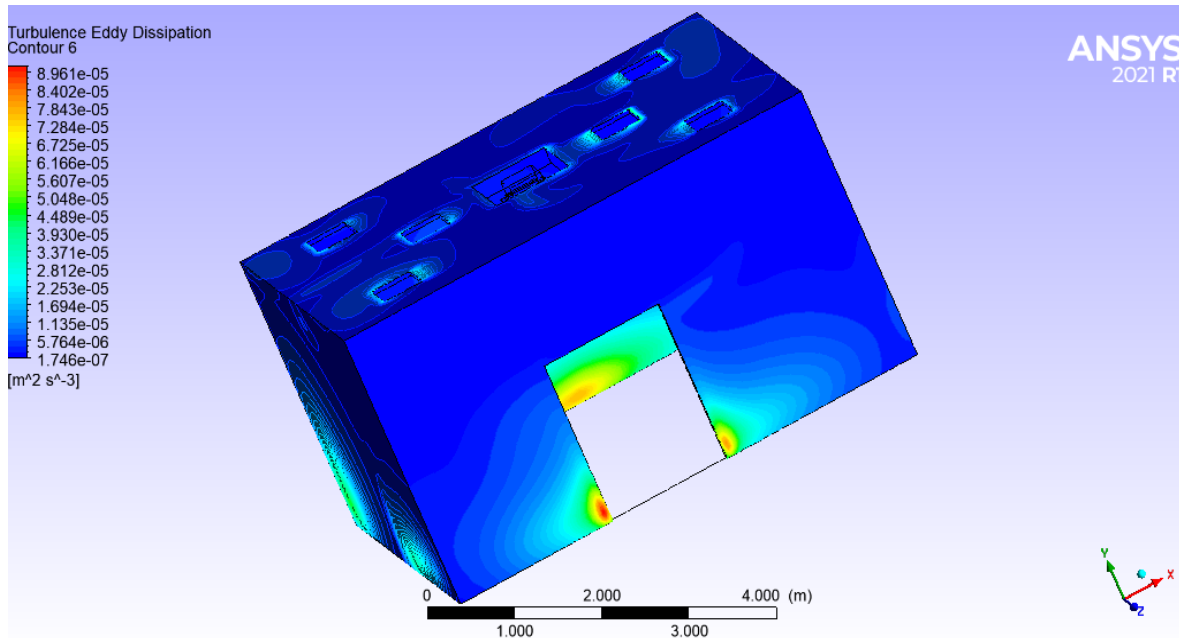


Figure III.12 : Dissipation d'énergie cinétique de turbulence(ϵ) à V=0.5 m/s

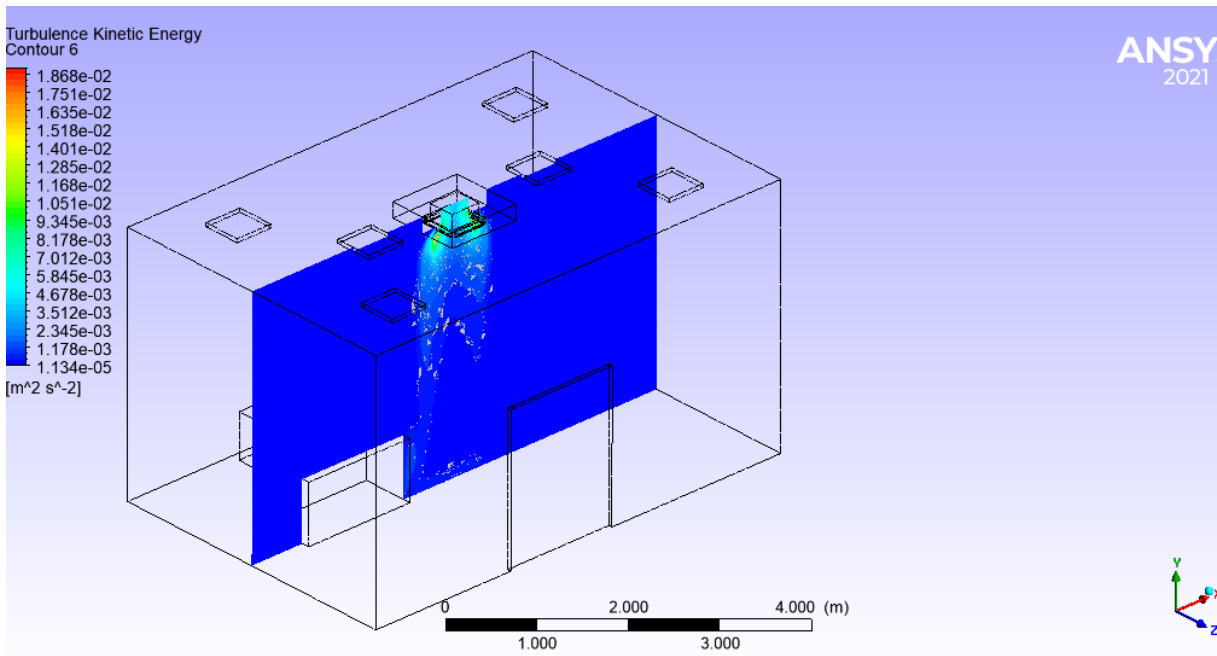


Figure III.13 L'énergie cinétique de turbulence (K) à V=0.5 m/s Avec isotherme sur plan

Z=2 m.

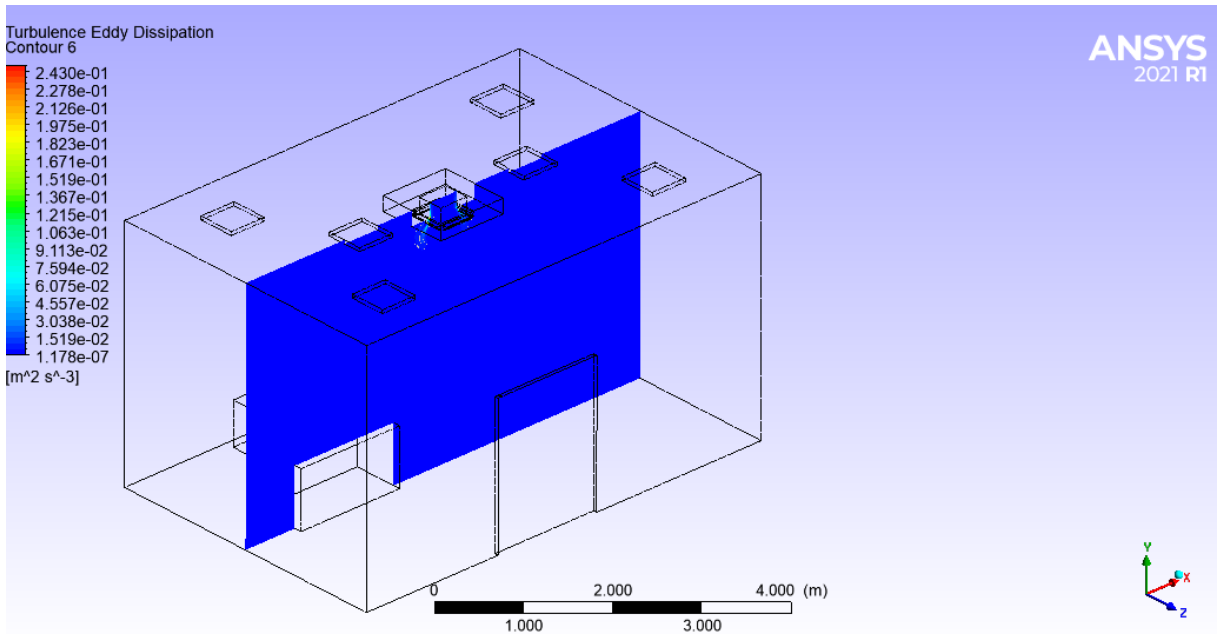


Figure III.14 : Dissipation d'énergie cinétique deturbulence(ϵ) à V=0.5 m/s Avec isotherme sur plan Z=2 m.

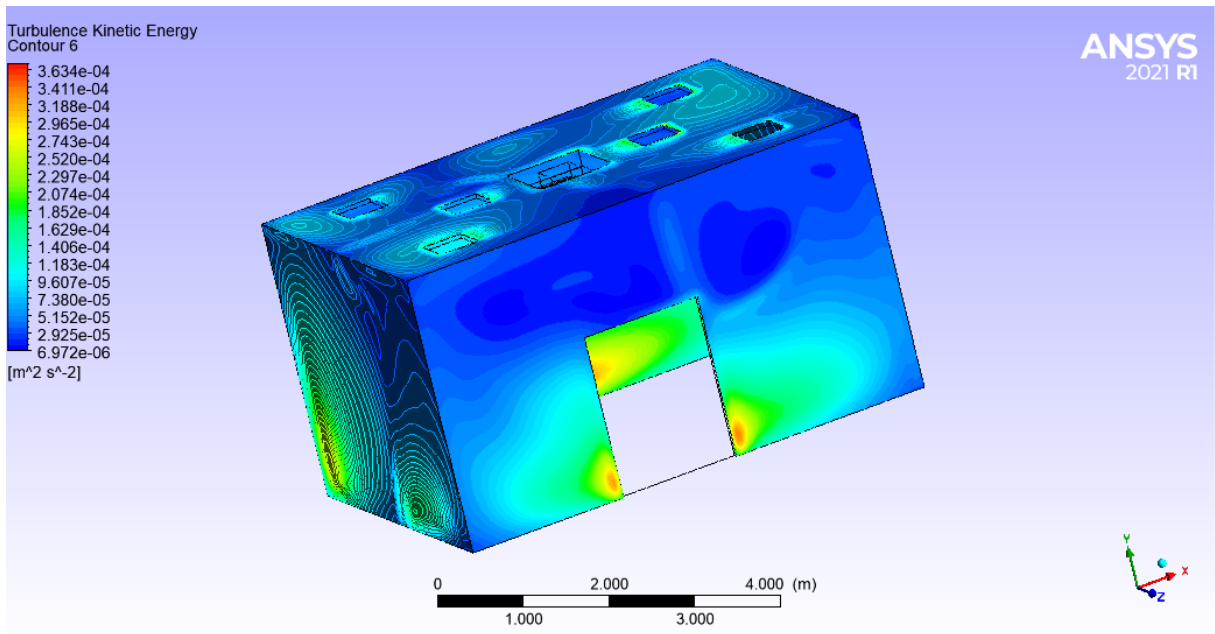


Figure III.15 : L'énergie cinétique de turbulence (K) à V=0.75 m/s

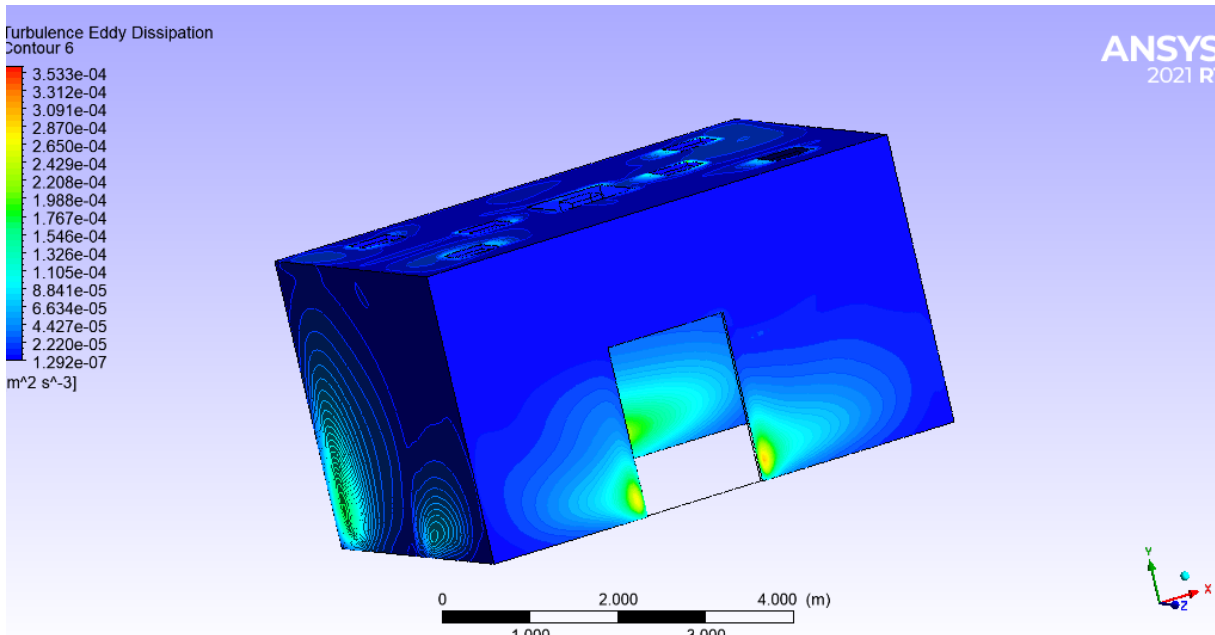


Figure III.16 : Dissipation d'énergie cinétique de turbulence(ε) à V=0.75 m/s

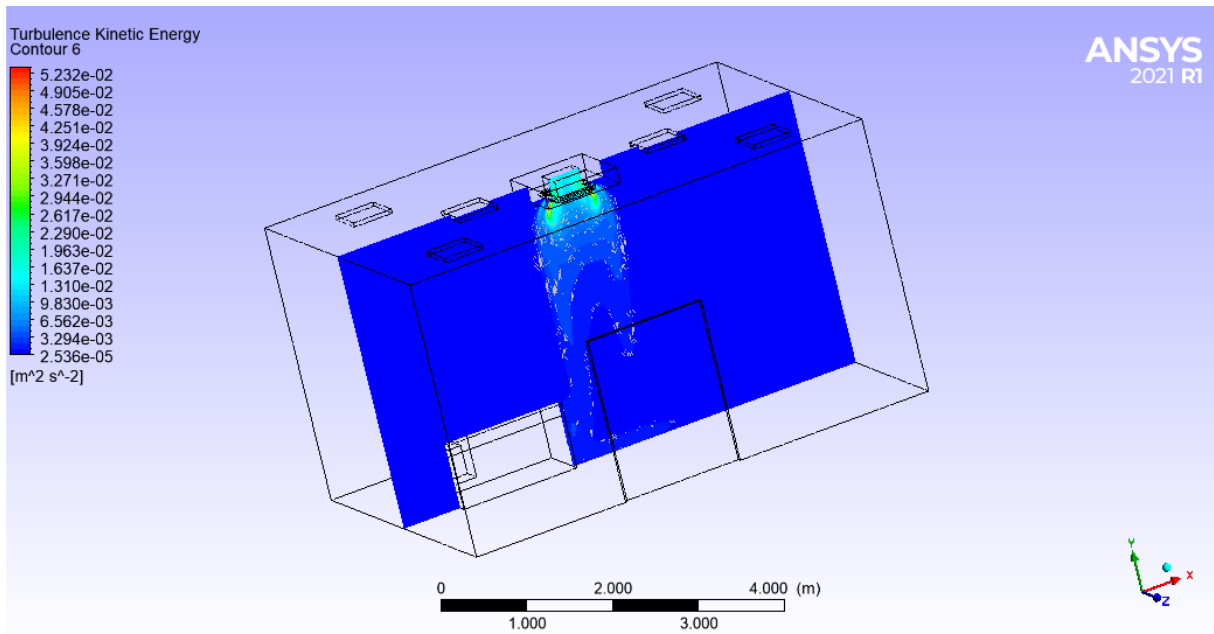


Figure III.17: L'énergie cinétique de turbulence (K) à $V=07.5$ m/s Avec isotherme sur plan $Z=2$ m.

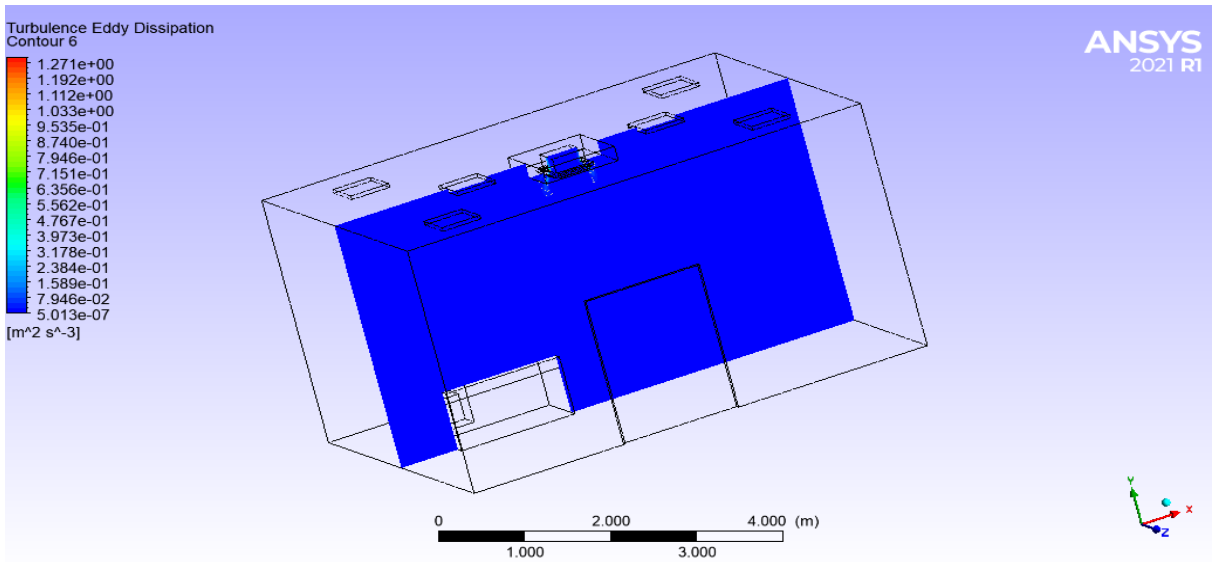


Figure III.18 : Dissipation d'énergie cinétique deturbulence(ϵ) à $V=0.75$ m/s Avec isotherme sur plan $Z=2$ m.

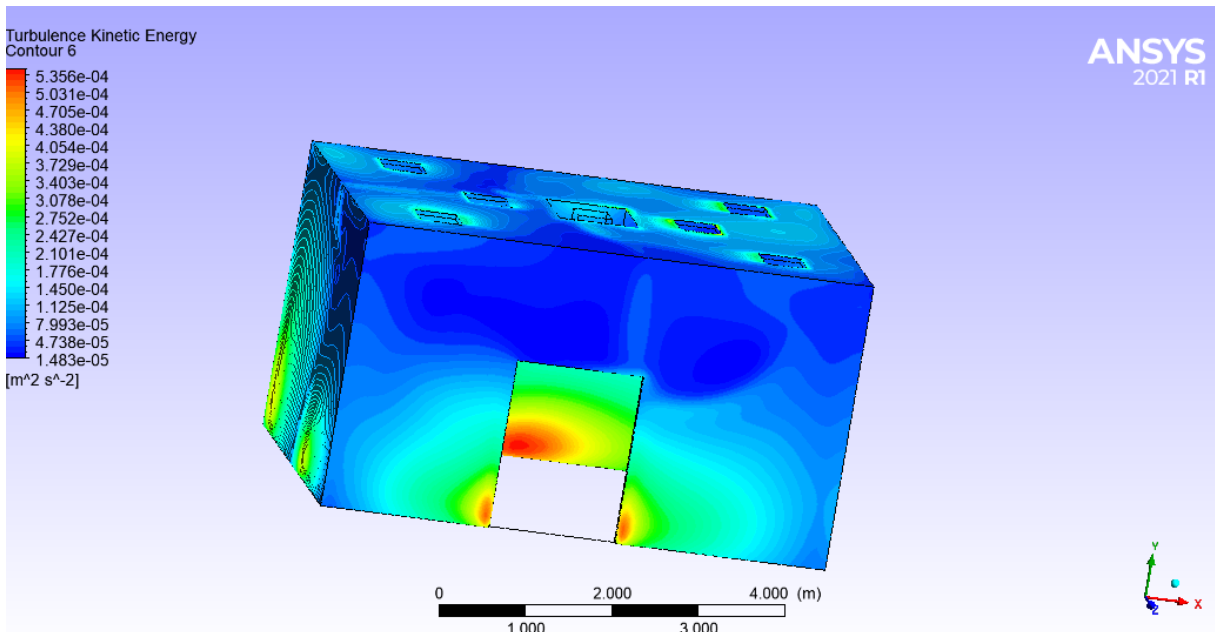


Figure III.19 : : L'énergie cinétique de turbulence (K) à V=1m/s

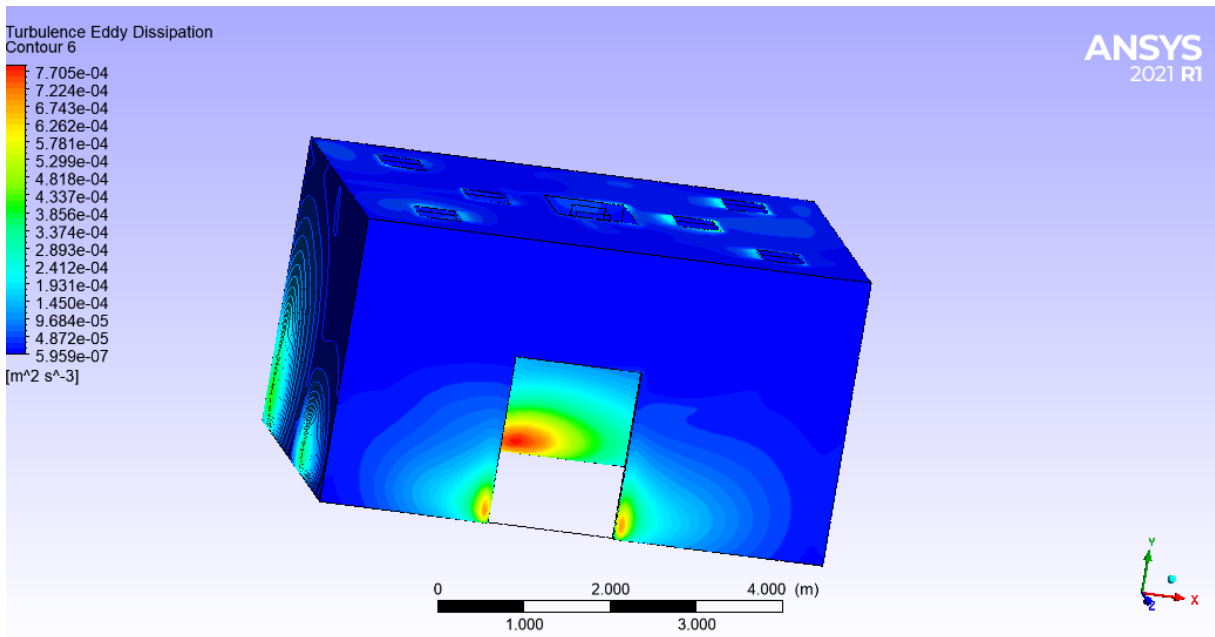


Figure III.20 : Dissipation d'énergie cinétique de turbulence(ε) à V=1m/s

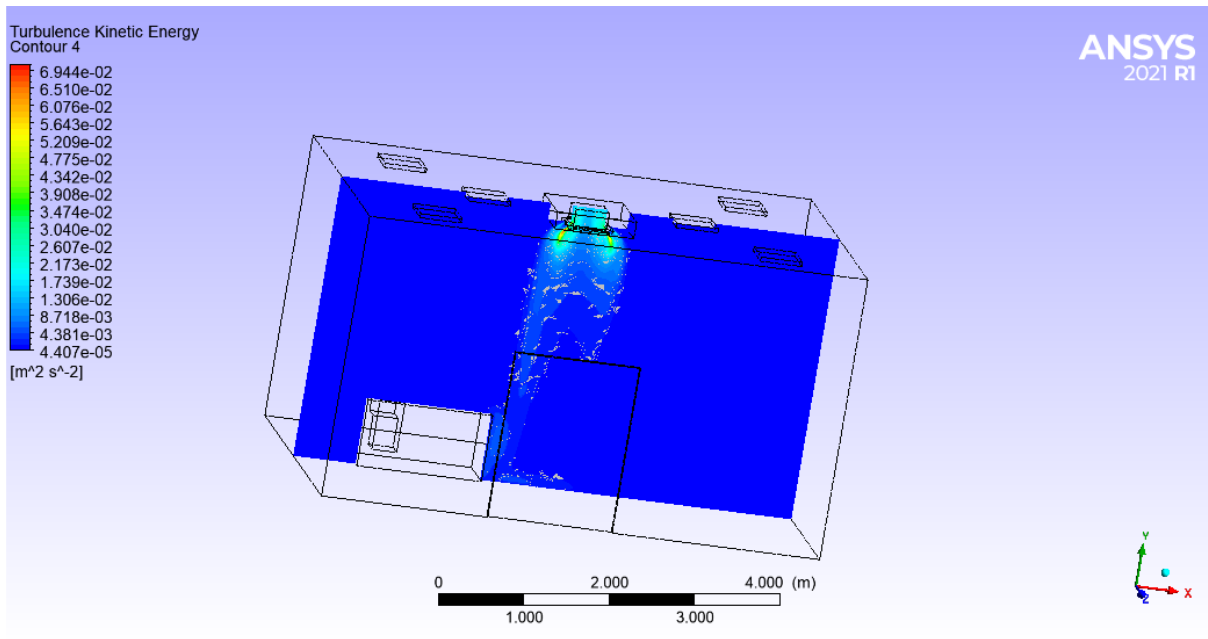


Figure III.21: L'énergie cinétique de turbulence (K) à $V=1\text{m/s}$ Avec isotherme sur plan $Z=2\text{ m}$.

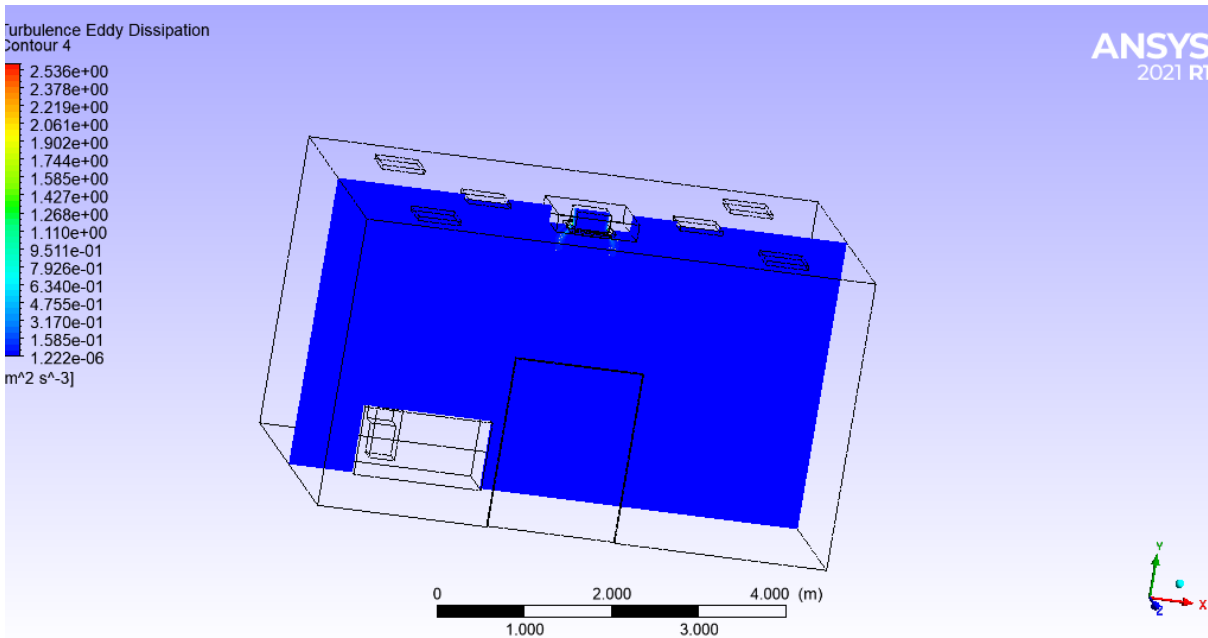


Figure III.22 : Dissipation d'énergie cinétique deturbulence(ϵ) à $V=1\text{m/s}$ Avec isotherme sur plan $Z=2\text{ m}$.

Conclusion générale et recommandations

Conclusion générale :

Les climatiseurs de type cassette sont des solutions très répandues dans le domaine du conditionnement d'air, notamment pour les applications commerciales et tertiaires. Ils offrent plusieurs avantages comme une installation discrète au plafond, une capacité de rafraîchissement et de chauffage efficace, ainsi qu'un fonctionnement relativement silencieux. Cependant, leur entretien régulier est essentiel pour maintenir des performances optimales et une durée de vie prolongée.

Ce travail présenté dans ce mémoire, nous a permis de comprendre et d'optimiser le mouvement de l'air dans la salle avec la présence d'une installation de ce type de climatiseur. Ça a permis aussi d'apprendre la modélisation et la simulation de ce type de problème en se basant sur les équations de continuité, de quantité de mouvement en régime turbulent et d'énergie. Le problème traité en trois dimensions, a engendré des difficultés de la réalisation de la géométrie avec les équipements informatiques, les spots lumineux et l'occupant immobile. La position des conditions aux limites sur les composants intérieurs de la salle ainsi que les différentes faces du climatiseur était aussi un travail ardu. Sans parler aussi de la durée du temps de calcul sur notre ordinateur.

De ce fait, on recommande de continuer ce travail, en utilisant le même système et avec les autres configurations notamment, à quatre flux et à flux central, ainsi que l'utilisation d'un moyen de calcul plus performant.

Bibliographie

- [1] Techniques du bâtiment : la climatisation
www.Techniques-du-batiment-la-climatisation-43815210/systemes-de-climatisation-tba2770.pdf
- [2] Khoury, D. (2014). Climatisation et conditionnement d'air. Beyrouth: CNAM.
- [3] www.m-habitat.fr/climatisation/types-de-climatiseur/les-differents-types-de-climatiseur-1938_A
- [4] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Climatisation> Informations lexicographiques [archive] et étymologiques [archive] de « glacière » (sens A) dans le Trésor de la langue française informatisé, sur le site du Centre national de ressources textuelles et lexicales.
- [5] Faïez MAALLOUL | Jan 28, 2023 | Climatisation.
- [6] poste sur <http://climatisations.info/climatisation-centralisee/> 15 février 2014
- [7] Froid et climatisation -https://AFPA\NT_Vrac\BasesTéoriques Climatisation.doc
Juin 2001/ 3/16
- [8] Tout savoir sur le débit de soufflage d'une climatisation
Publié le 30 novembre
<https://www.cacheclimatisation.com/en/2020/11/30/debit-de-soufflage-climatisation/>
- [9] Symboles de la climatisation : signification et fonctionnement Publié par Marine, le lun. 16/05/2022.
- [10] Snoussi Lotfi .. Bouslama Marwen, Bilan thermique et étude fluides dans un ensemble immobilier, University of Carthage June.

Annexe

Recommandations de l'utilisation de climatiseur en générale et à cassette en particulier :

1. Entretien régulier : Il est recommandé de faire effectuer un entretien annuel par un professionnel qualifié pour nettoyer les filtres, vérifier le bon fonctionnement des composants et identifier tout éventuel problème.
2. Nettoyage des filtres : Nettoyer ou remplacer régulièrement les filtres à air, généralement tous les 1 à 3 mois selon l'utilisation, pour assurer une meilleure qualité de l'air et une consommation énergétique réduite.
3. Choix de la puissance adaptée : Lors de l'installation, s'assurer que la puissance du climatiseur est bien dimensionnée par rapport à la surface à climatiser pour un fonctionnement optimal.
4. Respect des préconisations du fabricant : Suivre attentivement les instructions du fabricant concernant l'utilisation, l'entretien et les éventuelles mises à jour du climatiseur.
5. Surveillance des performances : Rester attentif à tout changement de performances (baisse de capacité, bruit inhabituel, etc.) et faire intervenir un professionnel en cas de besoin.

En suivant ces recommandations, vous pourrez profiter pleinement des avantages d'un climatiseur de type cassette tout en assurant sa fiabilité et sa durabilité dans le temps.