



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

La République

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur & la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد بن باديس – مستغانم

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté

Département Génie Mécanique



N° d'ordre : M...../GM/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Thème

**Mélange de contaminants gazeux dans une
pièce ventilée.**

Présenté par :

❖ BENAOUA FATIMA ZOHRA

❖ BENAOUA SOUMIA

Soutenu le 17/07/2021 devant le jury composé de :

Président Dr. A. GUERMAT Université de Mostaganem UMAB

Examineur Dr. A. KHALDI. Université de Mostaganem UMAB

Encadreur Dr.B. OULD SAID Université de Mostaganem UMAB

Année Universitaire : 2020 / 2021

REMERCIEMENTS

On remercie tout d'abord Dieu le tout puissant qui nous éclaire le bon chemin.

On tient à remercier vivement et chaleureusement de notre encadreur Monsieur OULD SAID, pour nous avoir suivis et conseillés tout au long de la réalisation de ce mémoire.

On remercie également les membres du jury « M.A.KHALDI et M.A.GUERMAT » qui nous feront l'honneur d'examiner ce travail.

On adresse nos remerciements à tous les enseignants *et mes collègues du Master 2* de Filière GénieMécanique spécialité Energétique de l'université Abdelhamid ibn badis Mostaganem.

On remercie aussi chef département de science et technologie M.ZELMAT et M.MOUSSA SNOUSI et encadreur de stage de GNL2 M. ZIANI.

.

Dédicace

Ce travail est dédié à mes familles

ملخص

الهدف من هذا الموضوع هو دراسة التهوية عددياً عن طريق التخفيف والإزاحة في غرفة تحتوي على غازات ومدخل الهواء ($V_{CO} = 0.001m / s$) مع سرعة ثاني أكسيد الكربون ثابتة. "CO مختلطة جيداً" الهواء وأول أكسيد الكربون في الحالة $V_1 = V_2 = 0.014m / s$ ، $V_3 = 0m / s$ ، $V_1 = V_2 = 0$ ، $V_3 = 0.0285m / s$ في الحالة الأولى ، $V_1 = V_2 = 0$ ، $V_3 = 0.0285m / s$ هي الثانية. هناك استراتيجيتان رئيسيتان للتهوية بشكل عام: التهوية المخففة وتهوية الإزاحة. بالنسبة للحالة الأولى ، يُفترض أن هنا لحساب ومقارنة تركيز CFD "الملوثات الغازية ممزوجة جيداً بهواء الغرفة. يتم استخدام "ديناميكيات السوائل الحسابية الملوث في غرفة مهواة بالتخفيف والإزاحة. بالإضافة إلى ذلك ، فإن الغرض من المحاكاة هو فحص المدى الذي يكون فيه افتراض غاز أول أكسيد الكربون المختلط جيداً مناسباً لحالة التهوية المخففة مع مروحة السقف وبدونها

الكلمات المفتاحية :

التهوية ، الملوثات ، نماذج الاضطراب ، كود CFD ، المحاكاة

Résumé

L'objectif du sujet est d'étudier numériquement la ventilation par dilution et par déplacement dans une pièce contenant des gaz « air et monoxyde de carbone CO » bien mélangés. Avec la vitesse de CO est constant ($V_{CO} = 0.001m/s$) et les vitesses d'entrée de l'air sont $V_1 = V_2 = 0$, $V_3 = 0.0285m/s$ dans le premier cas et $V_1 = V_2 = 0.014m/s$, $V_3 = 0m/s$ dans la deuxième cas . Il existe deux stratégies principales pour la ventilation en général: la ventilation par dilution et la ventilation par déplacement. Pour le premier cas, on suppose que le contaminant gazeux est bien mélangé avec l'air dans la pièce. La CFD « computational fluid dynamics » est utilisé ici pour calculer et comparer la concentration du contaminant dans une pièce ventilée par dilution et par déplacement. En outre, le but de la simulation est d'examiner dans quelle mesure l'hypothèse des gaz « air et monoxyde de carbone CO » bien mélangés est appropriée pour le cas de la ventilation par dilution avec et sans ventilateur de plafond.

Les mots clés :

La ventilation, contaminant, les modèles de turbulences, code CFD, Simulation

Abstract

The objective of the subject is to study numerically the ventilation by dilution and by displacement in a room containing gases "air and carbon monoxide CO" well mixed. With the

speed of CO is constant ($V_{co} = 0.001\text{m} / \text{s}$) and the air inlet velocities are $v_1 = v_2 = 0$, $v_3 = 0.0285\text{m} / \text{s}$ in the first case and $v_1 = v_2 = 0.014\text{m} / \text{s}$, $v_3 = 0\text{m} / \text{s}$ in the second case. There are two main strategies for ventilation in general: dilution ventilation and displacement ventilation. For the first case, it is assumed that the gaseous contaminant is well mixed with the air in the room. The CFD "computational fluid dynamics" is used here to calculate and compare the concentration of the contaminant in a room ventilated by dilution and by displacement. In addition, the purpose of the simulation is to examine the extent to which the well-mixed "air and carbon monoxide CO" gas assumption is appropriate for the case of dilution ventilation with and without a ceiling fan.

Key words :

Ventilation, pollutants, turbulence models, CFD code, simulation

Table des matières

Remerciement	a
Dédicace	b
Résumé	c
Liste de figure	d
Nomenclature.....	f
Introduction générale.....	g

CHAPITRE I: GENERALITE DES CONTAMINATS

I.1. Introduction.....	3
I.2. Pollution de l'air intérieur.....	3
I.3. Les moyens de ventilation.....	3
I.4. Quelques chiffres.....	3
I.5. Définitions.....	3
I.6. Les fenêtres	4
I.7. La ventilation naturelle	4
I.8. Renouveler l'air.....	4
I.9. Les VMC.....	4
I.10. L'extracteur de cuisine	5
I.11. La VMC simple flux	5
I.12. Inconvénient	5
I.12.1. La VMC hygroréglable	6
I.12.2. La VMC double flux	6
I.13. Le facteur de santé.....	6
I.14. Le gaz Monoxyde de carbone (CO)	7
I.15. Dioxyde de carbone (CO ₂)	8
I.16. Dioxyde d'azote (NO ₂)	8
I.17. Conclusion.....	8

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Recherche bibliographique.....	10
--------------------------------------	----

CHAPITRE III : MODELISATION MATHEMATIQUE & METHODE NUMERIQUE

III.1. Introduction.....	14
III.2. Modèle physique	14
III.3. Modélisation d'écoulement turbulent	16

III.4. Modèle k-ε.....	16
III.5. Les hypothèses	16
III.6. Equation de continuité.....	16
III.7. Equation de quantité de mouvement	16
III.8. Equation de la conservation de concentration	17
III.9. Méthode numérique.....	17
III.9.1. Introduction	17
III.9.2. Objectif de simulation	17
III.9.3. Présentation de Gambit, Fluent et Ansys	18
III.9.3.1. Gambit	18
III.9.3.1. A. Notice d'utilisation de Gambit	18
III.3.1.B. Les étapes sur gambit	18
III.3.1.C. Les conditions aux limites dans gambit	19
III.3.1.D. maillage sous gambit.....	19
III.4. Ansys-Fluent (19.2).....	20
III.5. Fluent 19.2.....	20
III.5.1. Simulation par fluent	21
III.9.6. Conclusion	21

CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. introduction	23
IV.2. Validation de la convection naturelle dans une cavité	23
IV.3. Résultats et discussion.....	24
IV.4. Conclusion	29
Conclusion générale	31
Référence Bibliographique.....	32

liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1	La ventilation mécanique contrôlée	5
Figure I.2	La ventilation mécanique double flux.....	6
Figure I.3	Les dangers du monoxyde de carbone	7

CHAPITRE III

Figure III.1	Domaine de calcul utilisé pour simuler la ventilation dans une pièce bidimensionnelle ; les conditions aux limites appliquées sont entre parenthèses.....	15
Figure III.2	L'interface de GAMBIT	18
Figure III.3	géométrie réalisé par GAMBIT	19
Figure III.4	maillage tétra réalisé par GAMBIT.....	19
Figure III.5	Vue globale du Fluent	21
Figure III.6	les itérations de calcule réalisé par fluent.....	21

CHAPITRE IV

Figure IV.1	Vérification du maillage.....	23
Figure IV.2	Présentation des lignes de courant et les iso-concentration des résultats présents avec les résultats obtenus par [7].....	24
Figure IV.3	Les lignes de courant et les iso-concentration Cas sans ventilation avec $v_1=v_2=0$ & $v_3=0.0285\text{m/s}$	26
Figure IV.4	Les lignes de courant et les iso-concentration Cas sans ventilation avec $v_1=v_2=0.014$ & $v_3=0$	27
Figure IV.5	Les lignes de courant et les iso-concentration Cas avec ventilation.....	28

Nomenclature

CFD	code de dynamique des fluides numérique
CO	Le monoxyde de carbon
CO ₂	Dioxyde de carbone
SO ₂	Dioxyde de soufre
NO ₂	Dioxyde d'azote
VMC	Ventilation mécanique contrôlée

Lettre latines

H	Hauteur de la pièce(m)
L	la longueur de la pièce (m)
L1, L2, L3	les longueurs de l'entrée de l'air (m)
L _{co}	la longueur de l'entrée de contaminant (m)
u ; v	les composant de vitesse en coordonnées cartésiennes
x,y	coordonnées cartésiennes

Lettre grecques

ρ	<i>la masse volumique (kg/m³)</i>
ν	la viscosité cinématique (m ² .s ⁻¹)
μ	la viscosité dynamique (kg.m ⁻¹ .s ⁻¹)

Introduction Générale

Introduction

Afin de se débarrasser des polluants, il faut augmenter la ventilation afin d'éviter les dangers qui affectent la santé humaine, tels que l'empoisonnement et l'étouffement... C'est pour cette raison que nous avons mené cette étude.

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, insipide (sans goût) et inodore. Produit à partir de processus d'oxydation partielle (combustion incomplète du carbone) et de composés organique comme le charbon de bois, et cela se produit lorsque d'un manque d'oxygène, ou lors d'une combustion à très haute température, il est considéré comme l'un des gaz hautement toxique. C'est une molécule diatomique hétérogène car elle contient deux éléments différents sont le carbone et l'oxygène .ce gaz peut également brûler de sorte que la processus de combustion qui à été à l'origine il 'émet un feu bleu.

Des recherches de l'université Britannique de Leeds ont découvert que le plus faible pourcentage de monoxyde de carbone a un effet mortel sur les humaines, et qu'un médicament connu utilisé pour traiter l'angine de poitrine peut contribuer à annuler cet effet.

L'étude publié par l'American « journal of Respiratory and intensive »care médecine révélé que les proportions habituelles de ce gaz trouvées dans les endroits à forte circulation, résultant des gaz d'échappement des voitures, de la fumée d'usine et des cigarettes, peuvent perturber le rythme cardiaque.

Nous avons une pièce avec deux entrées, la première entrée d'air et l'entrée de dioxyde de carbone, nous voyons dans le premier cas sans extracteur que le dioxyde de carbone s'accumule en un seul endroit, alors que c'est dangereux pour eux. L'homme, et dans le second cas avec la propagation du monoxyde de carbone (CO) dans toute la pièce jusqu'à son élimination, ce qui réduit les risques pour la santé humaine.

Objectif de notre travail a était afin d'éviter les accidents et les dangers pour l'homme, nous mettons l'extracteur pour réduire le monoxyde de carbone, pour ceux dont l'intoxication au monoxyde de carbone provoque une perte de conscience. La perte de conscience fait référence à une complication plus grave de l'exposition. L'intoxication au monoxyde de carbone provoque les effets suivants, selon le degré et la durée d'exposition, des lésions cérébrales permanentes.

Chapitre I

Généralité des Contaminants

I.1. Introduction :

Les systèmes de ventilation générale sont conçus pour atténuer et éliminer les émissions diffuses de la zone de travail. Ils sont surtout utilisés lorsque la source de pollution est associée à la présence de salariés dans la zone de travail. Cette approche permet une ventilation continue mais est souvent coûteuse car elle implique des débits d'air très élevés. La conception de ce type d'installation doit respecter les principes suivants :

Assurez-vous au préalable que l'utilisation d'une ventilation de groupe spécifique est impossible. La ventilation générale ne peut être utilisée que comme système principal de ventilation des locaux à pollution non spécifique
Compenser les sorties d'air par les entrées correspondantes
Placer correctement les orifices d'entrée et de sortie d'air afin de : tendre vers le flux général des zones propres vers les zones polluées
Obtenir le plus d'air possible
Air à travers les zones polluées
Eviter les zones sans circulation d'air
Eviter de placer des personnes entre les sources de pollution et les zones d'extraction en utilisant le mouvement naturel des polluants.

I.2. Pollution de l'air intérieur

La pollution résulte du manque de ventilation suffisante dans les espaces clos, ce qui contribue à concentrer la proportion d'air pollué dans ces lieux. Quant au monoxyde de carbone, qui provoque des intoxications, une sensation de fatigue et douleur thoracique, qui est due à un manque de ventilation. Les effets de l'exposition au monoxyde de carbone varient considérablement d'une personne à l'autre, en fonction de l'âge, de l'état de santé général, de la concentration et de la durée de l'exposition.

La qualité de l'air intérieur est l'étude des composants de l'air intérieur qui affectent la santé et le confort des personnes dans une pièce. La qualité de l'air intérieur est sujette à la pollution, notamment au monoxyde de carbone, qui peut être nocive pour la santé. Les polluants de l'air intérieur sont associés à de nombreux risques pour la santé, y compris l'empoisonnement. L'air intérieur est plus dangereux pour la santé que l'air extérieur. Pour éliminer ces polluants et assurer la qualité de l'air, il est nécessaire d'aérer les pièces dans lesquelles nous vivons, et l'utilisation de la ventilation dilate et distribue les polluants partout pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

I.3. Les moyens de ventilation :

Le réapprovisionnement continu et régulier de l'air permet de maintenir le milieu habitable à un état hygrométrique proche de celui de l'air extérieur et de prévenir ainsi le dépôt d'humidité dans les locaux et en particulier au niveau des ponts thermiques.

En excluant l'humidité en retirant l'air chaud de l'habitat puisqu'il enferme toute la vapeur d'eau produite dans la maison.

I.4. Définitions :

La ventilation a pour but d'évacuer l'air pollué des logements en le renouvelant par de l'air frais
La ventilation mécanique désigne tous les dispositifs d'évacuation ou d'insufflation d'air frais.

I.5. Les fenêtres :

Les fenêtres ont aussi pour rôle de garantir le réapprovisionnement de l'air dans les pièces pour la respiration, pour extraire l'humidité...etc. Maintenant que les portes et fenêtres sont parfaitement étanches, on y installe des ouïes dans le châssis, ou dans les battants, pour assurer ce renouvellement d'air. Mais cet air est froid et pollué puisqu'il émane directement de l'extérieur.

I.6. La ventilation naturelle :

Elle consiste à simplement engendrer des courants d'air dans les habitats par le biais d'orifices d'entrée d'air en partie basse des murs des pièces principales et des bouches de sortie en partie haute des pièces humides. Dans ce mécanisme, le débit est très mal maîtrisé car il est fonction du vent, des conditions climatiques, de la saison... et peut conduire à une sous-ventilation ou au contraire à une sur ventilation suscitant des demandes inutiles en chauffage.

I.7. Renouveler l'air :

La ventilation contribue aussi à l'expulsion des polluants intérieurs, mais il vaut mieux pour cela faire appel à l'aération.

Pour cela, il faut ouvrir les fenêtres pendant une dizaine de minutes, en hiver, cela permet de bien renouveler l'air sans trop refroidir les parois et les meubles de la pièce.

I.8. Les VMC :

La ventilation mécanique contrôlée (VMC) est considérée comme le complément nécessaire d'une isolation efficace et d'un chauffage performant. Elle garantit à la fois le contrôle de l'humidité et du renouvellement d'air du logement, tout en limitant fortement les pertes thermiques pour les modèles à double flux. Il y a lieu de différencier les systèmes centralisés de ceux qui traitent séparément les pièces humides (cuisine, salle d'eau, WC). Ces derniers présentent l'intérêt d'un faible coût d'installation et la simplicité de leur entretien.

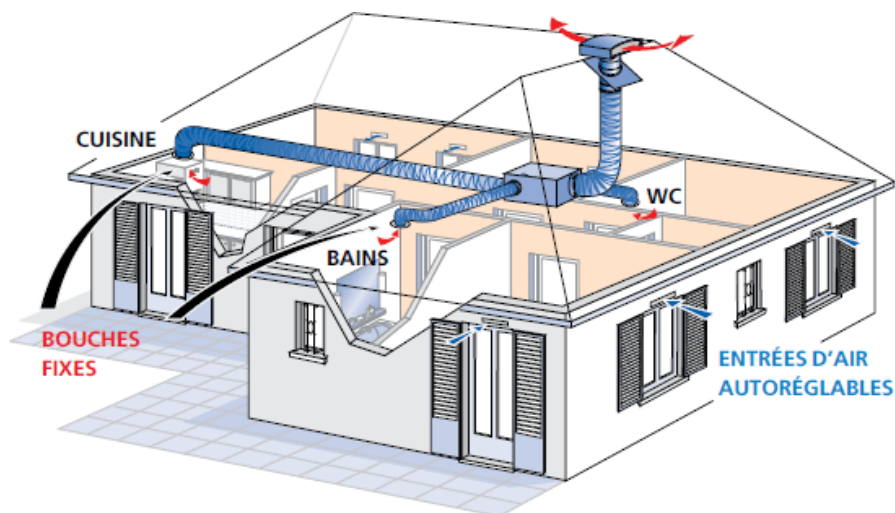


Figure I.1. La ventilation mécanique contrôlée.

I.9. L'extracteur de cuisine :

Le premier extracteur à être installé dans les habitats était souvent couplé à la hotte de la table de cuisson et servait à expulser les odeurs vers le milieu externe.

À clapet manuel, puis électrique et à temporisation, plusieurs modèles sont encore disponibles et intégrés à ces nouvelles pièces à vivre que sont devenues les cuisines.

I.10. La VMC simple flux :

C'est le dispositif le plus simple, utilisé fréquemment dans les logements individuels : des entrées d'air sont placées dans les pièces à vivre (chambres, salon, etc.) communément au niveau des fenêtres. Les bouches d'extraction de l'air sont positionnées au niveau des pièces humides (salle de bains, cuisine, buanderie) et rattachées à un système d'extraction mécanique.

Suite à une dépressurisation légère du volume de l'habitat, l'air extérieur est aspiré en premier lieu vers les pièces sèches puis circule vers les pièces humides (dont il prélève une partie d'humidité) avant d'être expulsé par les bouches d'extraction.

I.11. Inconvénient :

Cette ventilation continue non régulée ne prend pas en considération les fluctuations d'humidité et de chaleur : le même flux d'air extérieur circule dans la maison, qu'elle soit très humide ou au contraire sèche, que l'air extérieur soit à 0° ou à 40° ; la VMC simple flux va donc refroidir la maison en hiver et la réchauffer en été.

I.11.1. La VMC hygroréglable :

Le réglage du débit de l'air est en fonction du degré d'humidité de l'air.

I.11.2. La VMC double flux :

Ce dispositif autorise à l'aide d'un échangeur (bloc sous le toit) de recouvrer la chaleur de l'air extrait (en orange) pour la transmettre à l'air soufflé (en bleu puis vert). L'air extrait et l'air soufflé ne se mélangent pas, il n'y a qu'un échange de chaleur. L'air est extrait dans les pièces dites de service : cuisine, salle de bain, WC, cellier... Bref, toutes les pièces disposant d'un point d'eau. L'air est soufflé dans les pièces dites principales : salon, salle à manger, bureau, chambre...etc.

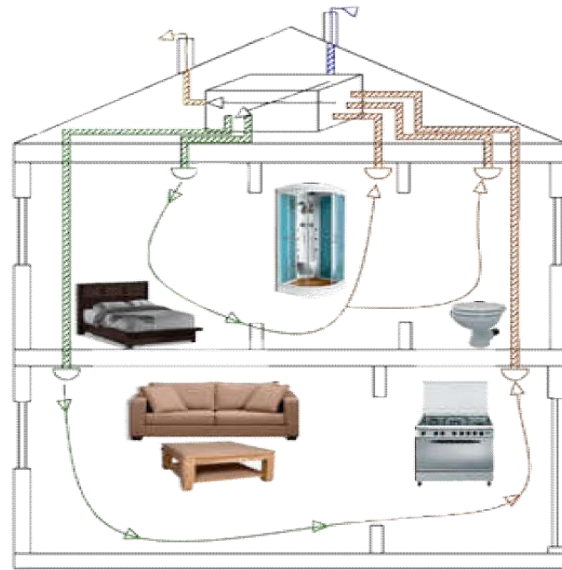


Figure I.2. La ventilation mécanique double flux

I.12. Le facteur de santé :

Lorsque le monoxyde de carbone pénètre dans la pièce, il s'accumule à un endroit et cela affecte la santé, donc le pourcentage d'air est faible, ce qui conduit à la pollution. Pour éviter ce danger, une ventilation est placée pour distribuer le monoxyde de carbone dans tous les endroits et l'évacuer pour réduire la santé les accidents.

L'intoxication au monoxyde de carbone à l'intérieur se produit lorsque le monoxyde de carbone s'accumule dans la circulation sanguine

Lorsqu'il y a de grandes quantités de monoxyde de carbone dans l'air, le corps remplace l'oxygène par du monoxyde de carbone, ce qui entraîne de graves dommages aux tissus.

Maux de tête et empoisonnement. C'est donc un gaz incolore, inodore et insipide qui s'élève lorsque l'oxygène est insuffisant et brûle. Les appareils et les moteurs mal ventilés, en particulier dans les espaces étroitement clos, peuvent permettre au monoxyde de carbone de s'accumuler à des niveaux dangereux.

I.13. Le gaz Monoxyde de carbone (CO) :

Une intoxication légère au monoxyde de carbone provoque des maux de tête, des nausées, des étourdissements, des difficultés de concentration, des vomissements, de la somnolence et une mauvaise coordination. La plupart des personnes qui développent une intoxication légère au monoxyde de carbone se rétablissent rapidement l'ors qu'elle de rendent a l'air frais.



Figure I.3. Les dengers du monoxyde de carbone

Une intoxication grave au monoxyde de carbone est souvent mortelle.

Rarement, après des semaines de récupération apparente d'une intoxication grave au CO, des symptômes tels qu'une perte de mémoire, une mauvaise coordination, des troubles du mouvement, une dépression et une psychose se développent.

Le CO est un gaz dangereux car une personne peut ne pas être capable de distinguer la somnolence comme un symptôme d'empoisonnement. En conséquence une personne légèrement empoisonnée peut s'endormir et continuer à respirer du monoxyde de carbone jusqu'à une intoxication grave ou la mort. Certaines personnes atteintes d'une intoxication légère au monoxyde de carbone à long terme provenant de fours ou de radiateurs peuvent

confondre les symptômes avec d'autres conditions, telle que la grippe ou une autre infection virale.

I.14. Dioxyde de carbone (CO₂) :

Le dioxyde de carbone est le plus important gaz à effet de serre émis par les activités humaines, notamment la combustion de combustibles fossiles tel que le charbon et le pétrole, l'industrie du ciment..., et avant 1800, le taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère était d'environ 280 parties par million, ce qui montre l'impact des émissions résultant des activités humaines de puis la révolution industrielle.

Le dioxyde de carbone est l'un des gaz nocifs qui affectent la santé humaine, car une exposition continue à celui-ci entraîne une série d'effets secondaires qui sont les suivants :

Effets à court terme : se produisent lorsque des niveaux élevés de dioxyde de carbone sont inhalés, une courte durée entraînant : suffocation, en remplaçant l'air par du dioxyde de carbone, perte de connaissance, mal de crâne, vertige et vision double, incapacité à se concentrer, acouphène, crises convulsives.

Effets à long terme : surviennent lorsque le gaz carbonique est inhalé en petites quantités mais régulièrement, ce qui entraîne des modifications du calcium osseuse.

Respirer du dioxyde de carbone en grande quantité peut mettre la vie en danger, et si le dioxyde de carbone gazeux lorsqu'il est à l'état solide est touché, il peut provoquer des gelures ou la formation de cloques sur le corps.

I.15. Dioxyde d'azote (NO₂) :

Le dioxyde d'azote (NO₂) dans l'atmosphère est constitué de monoxyde d'azote (NO), qui est principalement libéré lors de la combustion de combustibles fossiles.

Le dioxyde d'azote peut irriter les yeux, le nez et la gorge, et s'il est inhalé, il peut irriter les poumons et réduire la fonction pulmonaire.

I.16. Conclusion :

La VMC double flux est efficace du point de vue des économies d'énergie, mais elle est coûteuse (compter au moins 10 ans pour la rentabiliser, ce qui est sa durée de vie moyenne), l'entretien est plus conséquent, l'économie est possible avec l'optimisation vu les améliorations disponibles (Pilotage par hygrostat, L'interrupteur temporisé et Les petites VMC couplées).

Chapitre II

Etude Bibliographique

II.1 Recherche bibliographique :

Suivant les travaux de [Tian, L., Lin, Z. and Wang, Q. (2010)] La diffusion des contaminants gazeux suivant la ventilation par couche est étudiée par une méthode numérique qui est validée par les expériences réalisées. La concentration de contaminants gazeux le long du jet d'air d'alimentation s'avère inférieure à celle des autres parties de la pièce. Par rapport à la ventilation par déplacement, la concentration du formaldéhyde dans la zone de respiration est plus faible lorsqu'une source de contaminant se situe à proximité de l'occupant. La concentration est au même niveau lorsque la source de contaminant se localise en amont de l'occupant. La concentration dans la zone occupée ($< 1,9$ m du sol) est également plus faible lorsque la source de contaminant se situe au sol. Lorsque la température de l'air soufflé est optimisée pour la ventilation par déplacement, la concentration du toluène dans la zone respiratoire pour la ventilation par couche est plus élevée que celle de la ventilation par déplacement lorsque la source se situe sur les quatre murs environnants de la pièce [1].

[Lage, J. L., Bejan, A. and Anderson, R. (1991)] présentent les résultats d'une étude fondamentale sur la suppression transitoire d'un contaminant dans une cavité bidimensionnelle équipée d'une entrée et une sortie. L'évolution des champs d'écoulement et de concentration est simulée numériquement par le modèle de turbulence $k-\varepsilon$ de Jones et Launder pour un faible nombre de Reynolds, celui-ci varie dans le domaine 5–5000 en se basant sur la largeur du jet d'entrée. L'efficacité de ce mécanisme de convection forcée de la masse est quantitativement décrite en fonction du rendement de la ventilation et du temps critique de décroissance de la concentration (lire l'article). Ils rapportent une relation entre ces paramètres quantitatifs de performance, le nombre de Reynolds et l'orientation du jet de ventilation. Le gain en efficacité de ventilation (ou une diminution du temps critique de décroissance de concentration) peut être obtenu en orientant et en positionnant convenablement l'entrée et la sortie l'une par rapport à l'autre et selon la cavité. Les résultats numériques de l'efficacité de ventilation sont résumés par une expression analytique compacte basée sur un modèle théorique à deux zones de l'écoulement dans la cavité.

Deux types de bouches d'aération pour un système de ventilation personnalisé en conjonction avec un système de ventilation à mélange ou à déplacement ont été installés dans une maquette de bureau. Deux occupants ont été simulés à l'aide de mannequins. Une quantité constante d'air propre a été distribuée entre les systèmes à différentes combinaisons de débits d'air. La performance des systèmes a été évaluée en fonction de la concentration du contaminant et la température de l'air inhalé, ainsi que la température, la vitesse et la distribution du contaminant dans la zone occupée. Les résultats ont montré que la ventilation personnalisée sera toujours en mesure d'améliorer la qualité de l'air inhalé dans les pièces à ventilation mixte. Dans les locaux à ventilation par déplacement, une ventilation personnalisée permettra d'améliorer la qualité de l'air inhalé vis-à-vis la pollution émise par le revêtement de sol. La

qualité de l'air inhalé en ce qui concerne les contaminants d'origine humaine, tels que les agents virulents associés à l'air expiré ou aux bioeffluents, peut également être améliorée. L'amélioration dépendra de l'efficacité du système de ventilation personnalisé et de sa capacité à favoriser le mélange. Les données expérimentales indiquent que la conception des dispositifs d'aération pour la ventilation personnelle et leur utilisation ont un impact important sur la qualité de l'air inhalé et le confort thermique des occupants [2].

[Chung, K.-C. and Hsu, S.-P. (2001)] ont étudié l'efficacité de différents modèles de ventilation arrangés par deux diffuseurs d'entrée et deux diffuseurs de sortie à différents endroits. La simulation numérique a d'abord été adoptée pour prédire le modèle de flux d'air et les performances de la ventilation. Ensuite, une expérience en laboratoire sur la distribution de l'air ambiant et des contaminants dans une chambre d'essai à grande échelle a été menée pour valider les résultats de la simulation. En appliquant les techniques de gaz traceur au programme expérimental, une décroissance de la concentration du CO₂ est utilisée pour calculer l'efficacité de la ventilation et le taux de renouvellement d'air dans la chambre. La distribution de l'air soufflé/refoulé dans l'étude caractérisée par l'efficacité de la ventilation a été étudiée dans des conditions de température constante en utilisant différentes vitesses de soufflage. Les résultats indiquent que l'efficacité de la ventilation pourrait être principalement influencée par l'emplacement du diffuseur plutôt que par le taux de renouvellement d'air [3].

[Liu, X. *et al.* (2008)] L'objectif de l'étude menée par est d'étudier le mécanisme de transmission des maladies dans des conditions de ventilation naturelle mono-façade. L'accent est mis sur l'une des conceptions typiques des bâtiments résidentiels avec un plan rectangulaire et un couloir commun séparant les deux côtés, chacun ayant une façade plate avec des fenêtres ouvrantes. Lorsque la vitesse du vent est extrêmement faible, portes fermées et fenêtres ouvertes, les appartements deviennent naturellement ventilés d'un seul côté sous l'effet de la flottabilité. Les polluants de l'air peuvent se déplacer d'un appartement inférieur à un appartement supérieur verticalement adjacent à travers des fenêtres ouvertes, en raison de la flottabilité induite par la différence de température intérieure/extérieure. La simulation numérique est utilisée pour explorer les caractéristiques de ce processus. Sur la base de la comparaison avec des données expérimentales sur la distribution du flux d'air dans et autour d'une pièce à ventilation naturelle mono-façade, le modèle de turbulence $k-\epsilon$ est, ainsi que le dioxyde de carbone utilisé comme traceur sont choisis pour étudier la contamination de l'air. Les résultats de la simulation sont en accord avec les mesures antérieures du gaz traceur sur site, révélant que les fenêtres affleurant une façade plate peuvent être une voie majeure de contamination croisée de l'air dans les immeubles résidentiels de grande hauteur. Enfin, un indice d'évaluation est proposé pour évaluer les risques potentiels d'infection associés à ce flux d'air inter-appartements se produisant dans les immeubles résidentiels de grande hauteur [4].

[Moureh, J. and Flick, D. (2005)] L'objectif de cette étude est d'étudier numériquement et

Etude Bibliographique

expérimentalement les caractéristiques de la vitesse tout au long d'une enceinte ventilée en fonction du positionnement du flux injecté située sur la même paroi que l'orifice de sortie. Cette étude a porté sur l'effet du confinement de l'enceinte sur le champ d'écoulement de l'air et plus particulièrement sur les caractéristiques du jet concernant sa décroissance et sa stabilisation. Une approche originale est également proposée pour évaluer l'effet du champ d'écoulement de l'air sur l'efficacité de la ventilation. Afin d'améliorer les performances et l'homogénéité de la ventilation dans l'enceinte, une nouvelle configuration avec une section d'entrée d'air latérale a été étudiée. Les résultats concernant les caractéristiques du débit d'air et l'efficacité de la ventilation ont été comparés et contrastés avec les cas plus fréquents avec un la section du jet se situant au centre. Une approche numérique basée sur la dynamique des fluides computationnelle (CFD) sur laquelle se base le code de calcul Fluent a été utilisé pour tester divers modèles [5].

Chapitre III

Modèle Mathématique & Méthode numérique

III.1 .Introduction :

Le transfert de matière entre un surface limite et un fluide en mouvement ou entre deux fluide en mouvement non miscibles séparé par une interface mobile.

La convection est divisée en deux types :

La convection forcée dans ce type le fluide se déplace sous l'influence d'une force externe (différence de pression) comme dans le cas du transfert de liquides par des pompes et de gaz par des compresseurs.

La convection naturelle ou convection libre c'est un mécanisme de transport de masse et de chaleur dans lequel le mouvement de fluide est généré uniquement par des différences de densité dans le fluide dues aux gradients de température, et non par un source externe, comme une pompe, ventilateur...etc.

La convection massique basée sur la diffusion d'un fluide dans un autre , trouve le nombreuses application dans les problèmes de séchage ,d'évaporation ou de condensation ,de mélange ainsi qu'en électrochimie et dans certaines opérations de séparation par diffusion.

Le modèle mathématique du problème est simulé en résolvant les équations différentielles de la continuité (loi de conservation de la masse), de la quantité de mouvement (2^{ème} loi de newton), et l'équation d'énergie (loi de conservation d'énergie) c'est 1^{ere} principede la thermodynamique.

III.2. Modèle physique :

Il existe deux stratégies principales pour la ventilation en général: la ventilation par dilution et la ventilation par déplacement. Pour le premier type, on suppose que les contaminants gazeux sont bien mélangés dans la pièce. La CFD est utilisé ici pour calculer et comparer les concentrations du contaminant dans un local ventilé par ventilation de dilution et dans le même local ventilé par déplacement. De plus, la CFD est utilisée afin d'examiner si la supposition du mélange gazeux est appropriée.

Pour simplifier, une pièce bidimensionnelle est modélisée; une vue d'ensemble du domaine de calcul est présentée dans la (figure II.1). Un maillage triangulaire est adopté, avec des cellules de dimension 0,020m partout pour plus de simplicité. La salle mesure 4,0 m de longueur et 2,0 m de haut dont la paroi supérieure épouse une forme semi-circulaire avec une source de monoxyde de carbone(CO) localisée au centre de la paroi inférieure. La source est modélisée numériquement comme une entrée de vitesse de 0,20 m de large, à travers laquelle un mélange air-CO est injecté dans le pièce à très faible vitesse. La fraction massique du CO dans ce mélange gazeux est précisée de manière à contrôler le débit massique de ce dernier

dans la pièce. Dans des approximations bidimensionnelles semblables, il est préférable d'imaginer que la pièce est de profondeur unitaire (1,0 m) dans la direction perpendiculaire au plan de calcul. La source est ainsi imaginée comme un orifice de 0,20 m de large et 1,0 m de profondeur (voir la figure II.1) Le mélange s'échappe de la pièce à travers une ouverture de 0,20 m de large située dans la partie droite du plafond. L'alimentation en air peut provenir de n'importe quelle combinaison de trois ouvertures de 0,20 m de large : en haut à gauche, en bas à gauche et en bas à droite.

Lorsque seule l'alimentation en haut à gauche est activée, la ventilation par dilution est simulée. Lorsque cette alimentation est coupée, mais que les deux alimentations inférieures sont activées, la ventilation par déplacement est simulée. Dans tous les cas, un écoulement turbulent en régime permanent est adopté, en utilisant le modèle de turbulence $k - \epsilon$ réalisable avec l'option du traitement du voisinage de paroi amélioré. L'intensité de la turbulence au niveau de l'alimentation en air est fixée à 50 % pour le cas de ventilation par dilution, et à 1 % pour le cas de ventilation par déplacement.

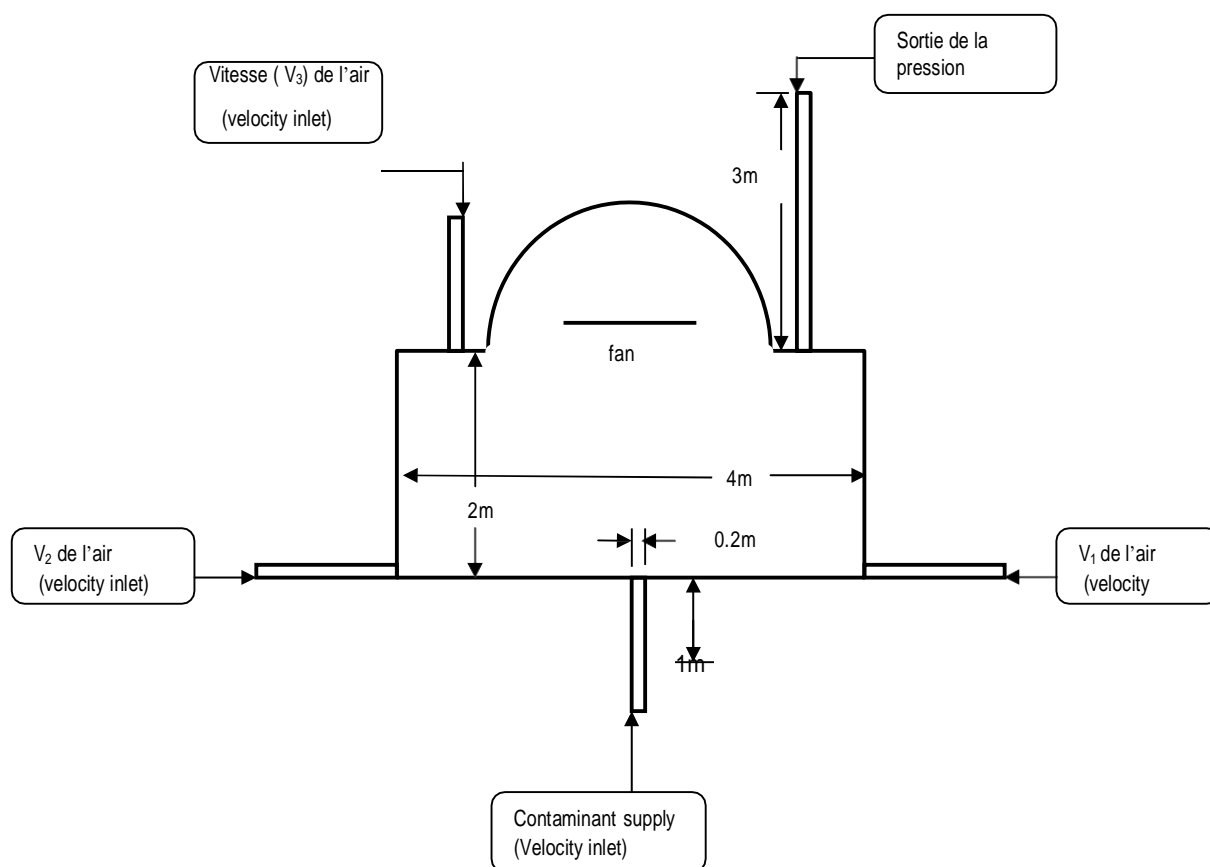


Figure III.1. Modèle physique

III.3. Modélisation d'écoulement turbulent :

Il existe différents niveaux de modèles, se distinguant par leur degré de complexité, c'est-à-dire par le nombre d'équations de transport supplémentaires introduites pour les quantités turbulentes pour fermer le problème. Les modèles de turbulence les plus utilisés à l'heure actuelle dans les codes CFD sont les modèles à deux équations et plus particulièrement le modèle de turbulence k-ε standard qui est le plus répandu.

III.4. Modèle k-ε :

On a plusieurs modes de turbulence (modèle à une équation, modèle à deux équation exemple **k-ε** et **K-ω** modèle à cinq équations).

Dans cette étude on a utilisé le modèle k-ε standard. Il est un modèle semi empirique basé les équations de transport de l'énergie cinétique turbulente k et de sa dissipation ε.

III.5. Les hypothèses :

Les hypothèses pour le cas d'une ventilation à dilution avec et sans ventilateur de plafond :

- 1: Ecoulement en 2D
- 2: Une grille structurée uniforme
- 3: L'écoulement est stationnaire
- 4: L'écoulement turbulent, le modèle de turbulence K-ε (K-epsilon)
- 5: Fluid Newtonian P=cst
- 6: les propriétés physiques de l'écoulement sont constantes

III.6. Equation de continuité :

En mécanique des fluides, le principe de conservation de la masse peut être décrit par l'équation de continuité :

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

Après la démonstration

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

III.7. Equation de quantité de mouvement :

En mécanique des fluides, l'équation de bilan de la quantité de mouvement d'écoule du principe fondamental de la dynamique appliqué a un fluide avec l'équation de la action de conservation de la masse et l'équation de la chaleur, elle fait partie des équations de Navier-stokes.

Elle formule mathématiquement sous la forme suivant :

Suivant X :

$$U \frac{\partial}{\partial x}(\rho U) + V \frac{\partial}{\partial y}(\rho U) = -\frac{\partial p}{\partial x} + u \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) + \vec{f} \rightarrow \text{turbulenCe}$$

Suivant Y :

$$U \frac{\partial}{\partial x}(\rho V) + V \frac{\partial}{\partial y}(\rho V) = -\frac{\partial p}{\partial y} + u \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) + \vec{f} \rightarrow \text{turbulenCe}$$

III.8. Equation de la conservation de concentration :

$$u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right)$$

III.9. Méthode numérique

III.9.1. Introduction

La Mécanique des Fluides Numériques, plus souvent désignée par le terme anglais Computational Fluid Dynamics (CFD), consiste à étudier les mouvements d'un fluide, ou leurs effets, par la résolution numérique des équations régissant le fluide. Cela consiste à résoudre dans une géométrie donnée les équations fondamentales de la mécanique des fluides, que l'on peut éventuellement coupler aux équations de transfert thermique ou de réaction chimique.

La résolution du système formé par les équations qui régissent l'écoulement du fluide et souvent compliquée donc, on est obligé de se tourner vers un code de calcul CFD.

Pour construire les modèles CFD, il y a plusieurs étapes :

La construction de la géométrie.

La génération du maillage.

L'introduction des conditions aux limites.

La sélection de méthodes numériques pour obtenir une solution approchée.

Le traitement des résultats.

III.9.2. Objectif de simulation

L'objectif de simulation numérique effectuée est d'évaluer les performances du modèle en comparant les résultats numériques obtenus par les logiciels (Gambit2.3.6, Ansys- fluent19.2) d'après l'étude dynamique autour de pièce avec ventilation et sans ventilation.

III.9.3. Présentation de Gambit, Fluent et Ansys :

III.9.3.1. Gambit :

Le Gambit est un logiciel de maillage 2D/3D; préprocesseur qui permet de mailler des domaines de géométrie de différentes forme d'un problème de CFD (Computational Fluid Dynamics). Il génère des fichiers (.msh) pour Fluent. Ce dernier 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. Le Gambit regroupe trois fonctions :

- Définition de la géométrie du problème.
- Le maillage et sa vérification.
- Les conditions aux limites et définitions des domaines de calculs.

III.9.3.1.A. Notice d'utilisation de Gambit

Ce logiciel est utilisé pour définir et créer le modèle d'étude (surface ou volume) et de le mailler suivant le bon vouloir de l'utilisateur. Les différentes étapes d'utilisation de GAMBIT sont définies dans la notice suivante :

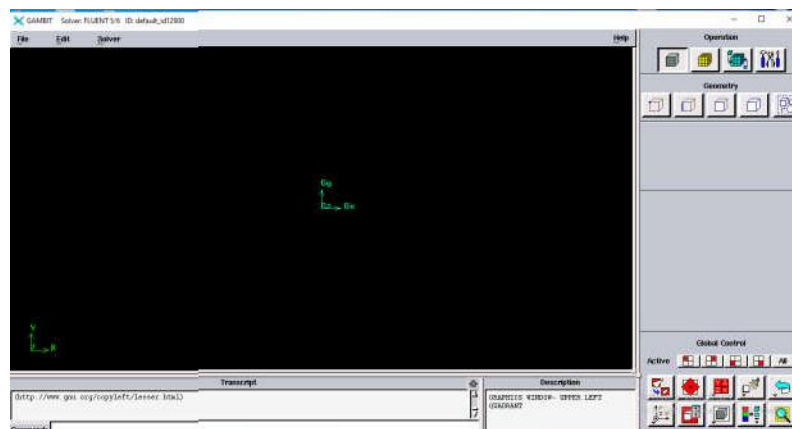


Figure III.2. L'interface de GAMBIT

III.9.3.1.B. Les étapes sur gambit :

- Création de la géométrie.
- Création des frontières du maillage.
- Génération du maillage de la structure.
- Définition des conditions aux limites.
- Exportation du maillage

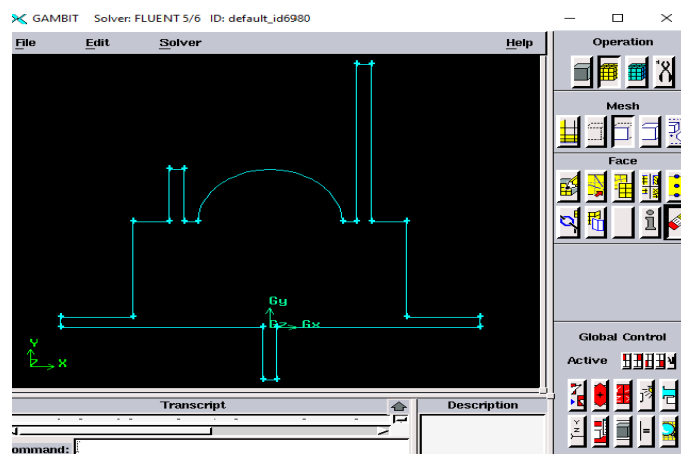


Figure III.3. Géométrie réalisé par GAMBIT

III.9.3.1.C. Les conditions aux limites dans gambit :

1. Trois entrées de l'air (velocity inlet) : Chaque fois que nous modifions la vitesse de l'entrée d'air et obtenons le résultat
2. Entrée polluée à vitesse constante (velocity inlet)
3. Une sortie de pression (pressure outlet)

III.9.3.1.D. maillage sous gambit :

Le maillage peut être de type structuré ou in structuré, dans le premier cas on peut indexer les mailles par un tableau en 2D. Par ailleurs, tous les maillages basés sur des cellule triangulaires sont in structurés.

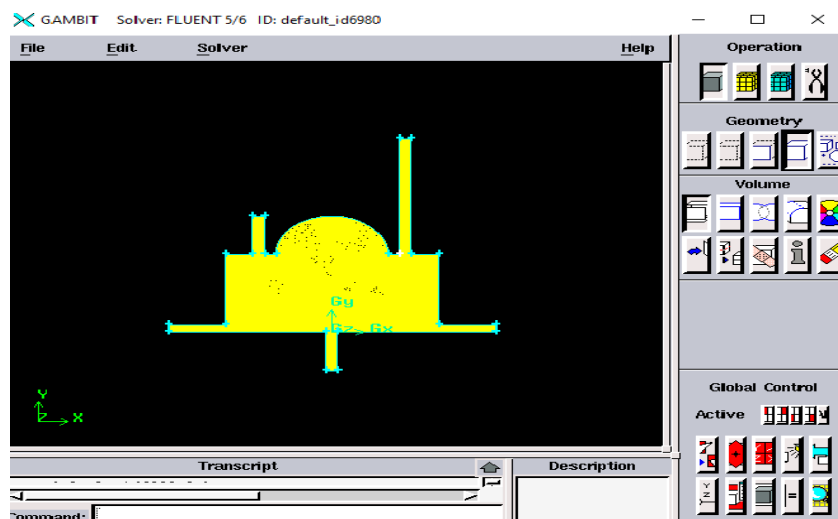


Figure III.4. maillage tétra réalisé par GAMBIT

Un des concepts les plus importants en mécanique des fluides numérique (CFD) consiste à diviser le domaine d'écoulement en de petites cellules, cette étape représente la phase préliminaire à toute résolution (pré-procédure). Les équations gouvernantes seront ainsi résolues pour chacune des cellules générées

Pour conclure, le code de maillage, Gambit est un code efficace en 2D et 3D, structurés et non structurés, et suivre la séquence des étapes pour faciliter la construction du maillage, où le maillage structurés favorables pour les écoulements étudiés

III.9.4. Ansys-Fluent (19.2) :

Cette unité permet de préparer la configuration d'ingénierie pour le problème étudié et Créez un réseau facile à utiliser, En plus de sa force vers la réalisation des formes géométriques les plus complexes.

Le code de calcul "Fluent" est commercialisé par le groupe ANSYS. Ce groupe est actuellement l'un des pôles de compétence en mécanique des fluides numérique les plus importants. Il développe et commercialise une solution complète sous forme de logiciels de CFD (Computational Fluid Dynamics) généralistes, qui simule tous les écoulements de fluides, compressibles ou incompressibles,, impliquant des phénomènes physiques complexes, tels que la turbulence, le transfert thermique, les réactions chimiques...

III.9.5. Fluent 19.2 :

Le logiciel Fluent est un code CFD (Computational Fluid Dynamics) qui résout l'équation ou des problèmes de mécanique des fluides et de transfert thermique par la méthode des volumes finis.

Il résout des problèmes dans tous écoulements soit écoulement de convection naturelle, convection forcée ou convection mixte.

Il comprend des modèles physique différents tels que,

- ❖ Ecoulement 2D ou 3D.
- ❖ Fluide Newtonien ou non.
- ❖ Ecoulement compressible ou incompressible.
- ❖ Ecoulement stationnaire ou instationnaire.
- ❖ Ecoulement laminaire ou turbulent.

File - Read - Case, choisir le fichier (.msh)

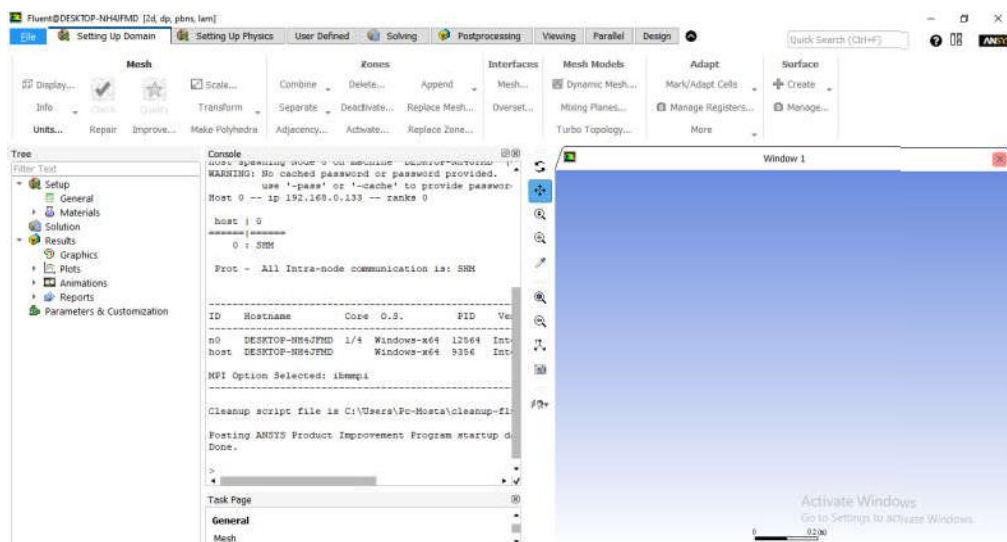


Figure III.5 : Vue globale du Fluent

III.9.5.1. Simulation par fluent :

Le code Fluent utilisé a méthode des volumes finis pour discrétiser les équations de transport.

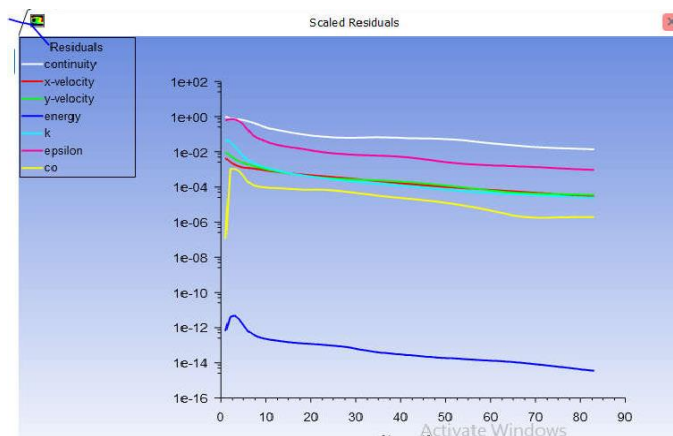


Figure III.6. Les itérations de calculé réalisé par fluent

III.9.6. Conclusion :

L'étude de notre problème, implique la résolution d'un système d'équations mathématiques, aux dérivées partielles. Cella nécessite une approche un numérique du codede calcul ASYS-Fluent basé sur la méthode des volumes finis, afin de résolue ces équations.

Ainsi, une présentation de code CFD à été détaillé sur certaine méthode.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons à la simulation numérique de la convection massique en régime laminaire stationnaire dans un laboratoire. Ensuite, nous vérifions les résultats de simulation obtenus à l'aide de logiciel fluent en les comparants avec les résultats obtenus par la référence donnée.

IV.2. Validation de la convection naturelle dans une cavité

Donc, dans un premier temps, nous allons confronter notre code de calcul en modélisant le transfert massique par diffusion moléculaire à un travail de référence. Nous avons choisi pour cela l'écoulement de convection massique au sein d'une pièce remplie par un mélange air-monoxyde de carbone avec une source de concentration imposées sur la partie inférieur, ainsi des conduites verticales se soufflement et d'échappement sont installé au niveau de la partie supérieur. La comparaison de ces résultats obtenus nous confirmera l'exactitude des résultats obtenus par le logiciel "Fluent" sont présentés dans la figure IV.2.

Dans notre cas nous avons choisi les travaux de [7]. Le problème consiste à résoudre un écoulement de convection massique d'un fluide incompressible composé du mélange air-monoxyde de carbone au sein d'une géométrie de coordonnées cartésiennes bidimensionnelle. Le meilleur "Gambit" nous donne un maillage non structuré représenté par la Figure IV.1.

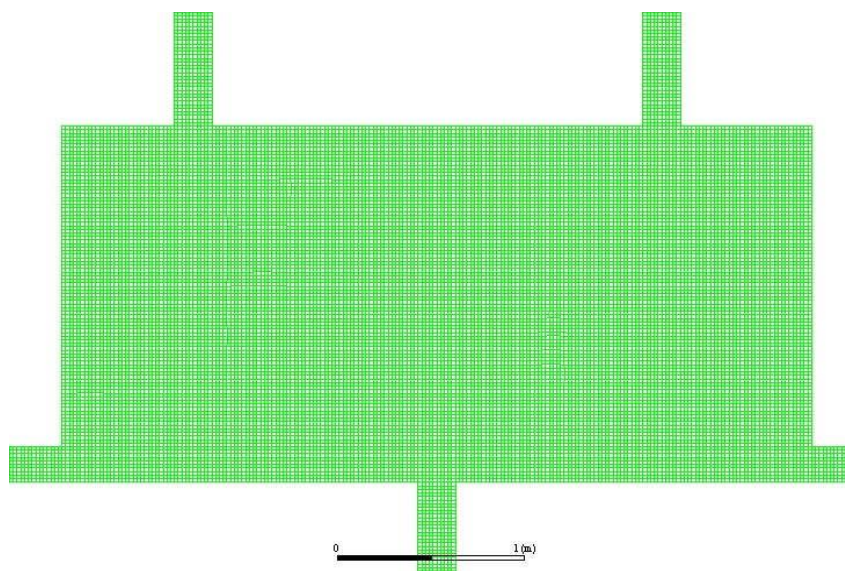


Figure IV.1. Vérification du maillage

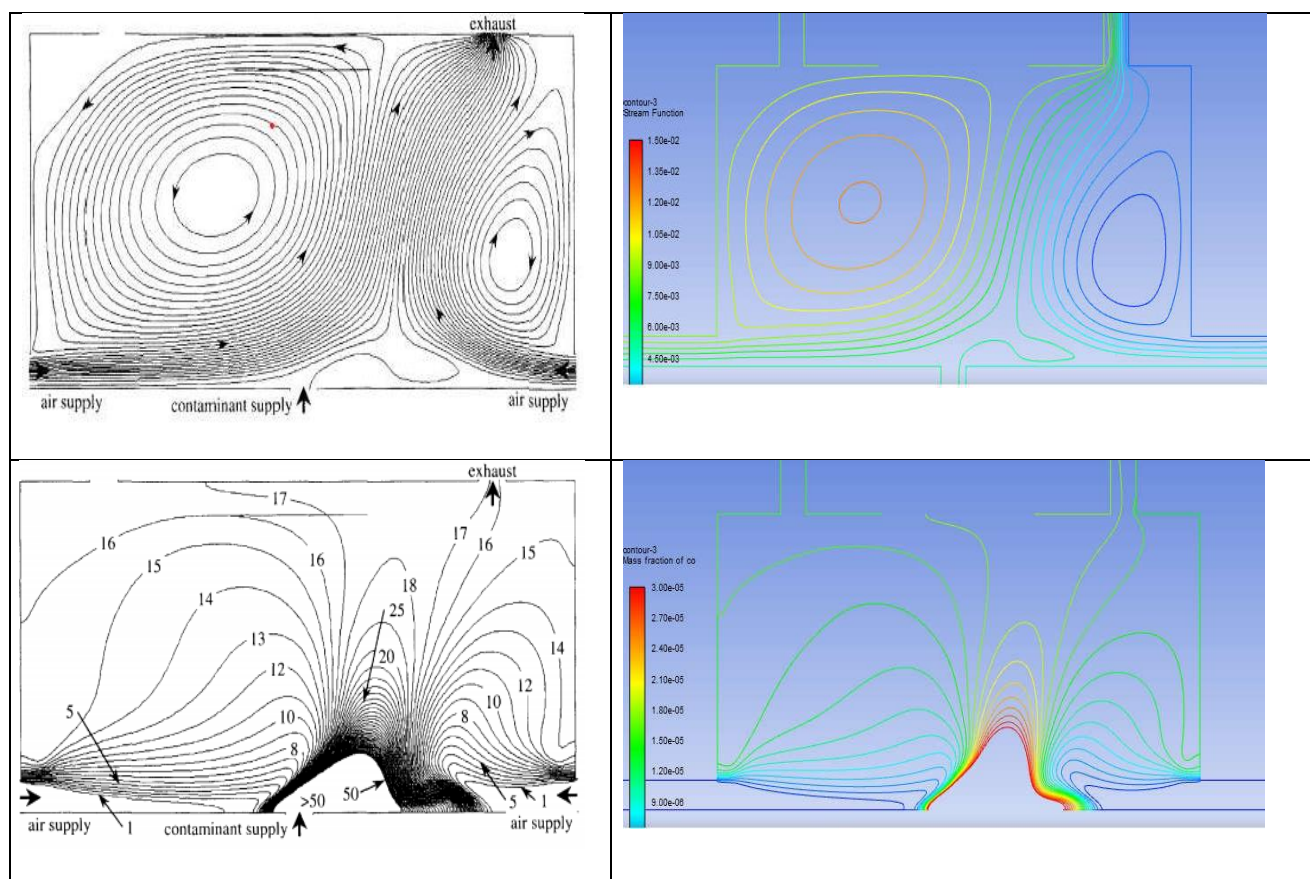


Figure IV.2. Présentation des lignes de courant et les iso-concentration des résultats présents avec les résultats obtenus par [7].

IV.3. Résultats et discussion

Dans ce qui suit nous présentons les résultats correspondants notre cas étudiés. Il s'agit d'une étude paramétrique sur l'influence des positions des conduites de ventilation et d'échappement, sur la distribution des vitesses et des concentrations à l'intérieur d'un local avec une source de concentration imposé sur la partie inférieure.

Dans cette partie, nous présentons nos résultats, concernant l'évolution de l'écoulement d'un mélange contaminant dans un laboratoire, sous forme des lignes de courants et des iso-concentrations sont présentées dans un plan vertical comme le montre les figures.

La géométrie considérée dans le premier cas est que la pièce non ventilée possède trois entrées d'air ($V_1 = v_2$) et une entrée de polluant avec des différentes vitesses d'air.

Dans le second cas, il existe un système de ventilation avec les mêmes conditions aux limites comme présentés dans le premier cas.

Le rôle principal de système de ventilation est de mélanger le contaminant air-monoxyde de carbone pour les répartir dans toute la pièce, afin d'éviter la contamination.

Comme le montre la **figure IV.2**, les conduits d'alimentation s'étendent sur 1,0 m au-delà des limites de la pièce et le conduit d'évacuation s'étend sur 3,0 m au-dessus du plafond. Les conditions limites d'entrée de vitesse et de sortie de pression sont spécifiées sur les bords extérieurs des conduits, comme indiqué sur la figure. Une condition aux limites internes est spécifiée à chaque soufflement de l'air frais avec l'entrée d'une concentration de monoxyde de carbone rencontra à l'intérieur de la pièce. Les conduits prolongés permettent à l'air entrant et aux contaminants de se mélanger quelque peu avant d'entrer dans la pièce et sont nécessaires pour éviter un écoulement inverse au niveau des sorties de pression. De plus, des couches limites se forment sur les parois latérales des conduits, ce qui est plus réaliste physiquement que si les entrées de vitesse devaient être placées directement sur les murs et le plafond de la pièce. Un ventilateur installé au niveau du plafond au centre de la pièce est modélisé en appliquant la condition aux limites du ventilateur.

Les résultats numériques obtenus pour le cas de la ventilation par dilution sont présentés à la **figure IV.3**. Présentation des lignes de courant et les iso-concentration des résultats montrent que les lignes de courant et les iso-concentration à l'intérieur de la pièce. Les lignes de courant montrent un grand tourbillon circulant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans la pièce, avec de plus petits tourbillons circulant dans le sens des aiguilles d'une montre dans trois coins de la pièce. Le gaz contaminant ascendant à partir du sol est balayé vers le haut et vers la droite, et une pénétration d'un jet d'air frais vertical par la conduite d'injection de la partie supérieure dans la partie gauche de la pièce, qui créant des concentrations beaucoup plus élevées de monoxyde de carbone CO au niveau de la moitié droite de la pièce par rapport à la moitié gauche. Cependant, la diffusion turbulente répand le contaminant dans la pièce, de sorte que nulle part dans la pièce l'air n'est totalement dépourvu de CO. Ainsi le niveau du contaminant monoxyde de carbone CO sortant de la pièce par la conduite d'évacuation est particulièrement intéressant. Qui est clairement justifié par la fraction molaire moyenne de CO au niveau du plan d'échappement.

Ainsi, Les lignes de courant montrent que, le soufflage d'un jet d'air il est clairement visible sur la **figure IV.3**. Près de l'alimentation en air (jet de soufflage) sont presque rectilignes et normales à la face d'alimentation, tandis que celles situées près de l'échappement (entrée d'aspiration) convergent vers la face d'échappement presque uniformément dans toutes les directions.

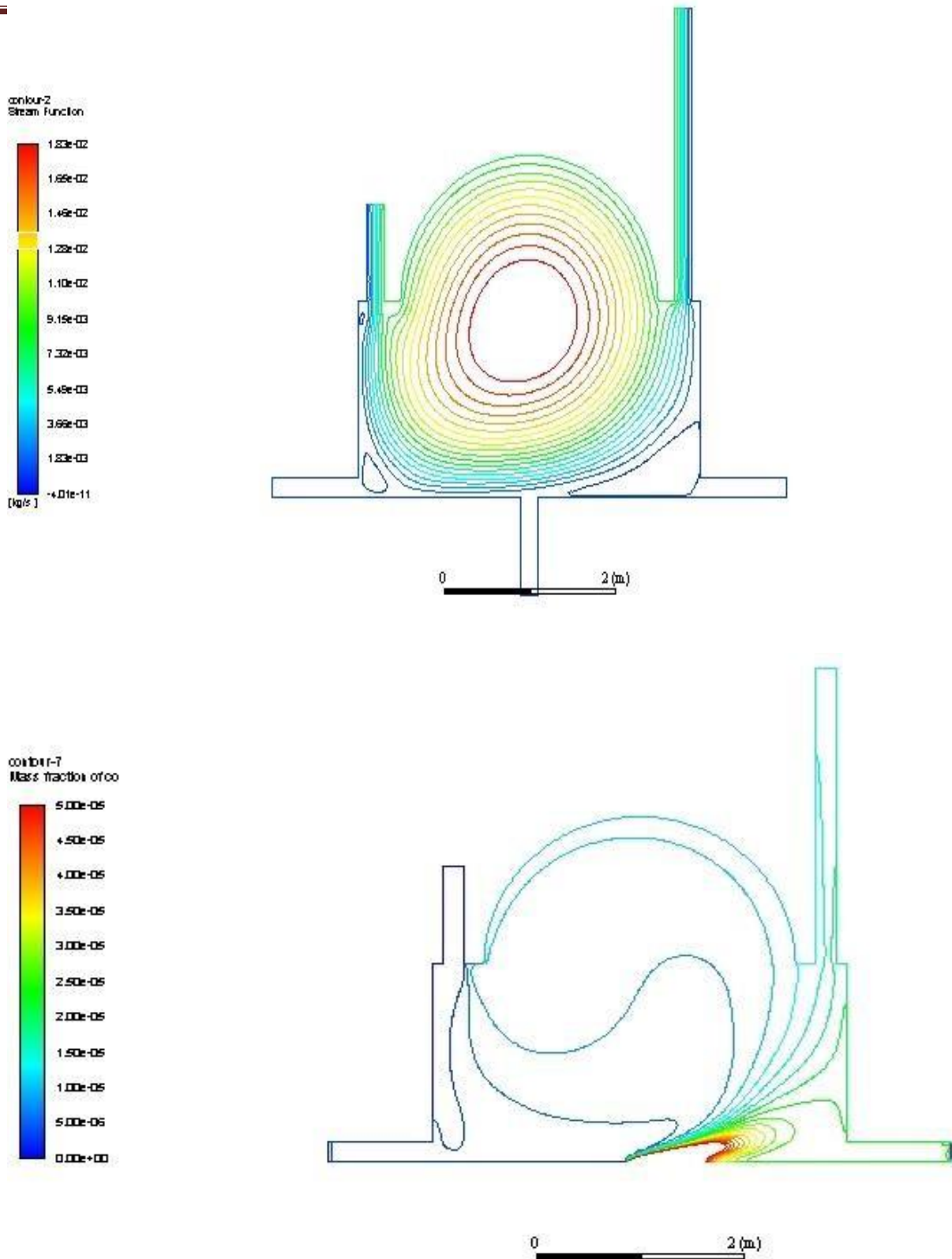


Figure IV.3. Les lignes de courant et les iso-concentration
Cas sans ventilation avec $v_1=v_2=0$ & $v_3=0.0285\text{m/s}$.

Les résultats d'une troisième simulation CFD sont présentés sur la Figure **IV.3.** dans ce cas on a négligé le système de ventilation par déplacement avec le ventilateur de plafond. Dans ce cas, l'alimentation d'air dans la partie supérieure gauche est désactivée, cela s'explique que numériquement, l'entrée de vitesse est changée en fonction des conditions limites de paroi) c.à.d. des alimentations d'air inférieure gauche et inférieure droite sont activées. Étant donné que la surface faciale combinée de ces deux alimentations en air au niveau du sol est le double de celle de l'alimentation en air supérieure, la vitesse de l'air d'admission est réduite d'un facteur deux, à une valeur de 0,014 m/s pour chaque conduite d'alimentation en air. Le débit volumétrique d'air frais est donc le même que celui des deux autres cas précédents. L'intensité de turbulence de l'air soufflé est également réduite pour cette simulation de ventilation par déplacement comme discuté précédemment. Les lignes de courant montrent que l'air se déplace parallèlement au sol sur une certaine distance des deux côtés de la pièce, puis remonte lentement vers l'ouverture d'échappement, entraînant avec lui des contaminants. Deux grands tourbillons contrarotatifs se forment ; dans ce cas, le tourbillon de gauche est dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, tandis que celui de droite est dans le sens des aiguilles d'une montre (à l'opposé du cas avec le ventilateur soufflant de l'air vers le bas).

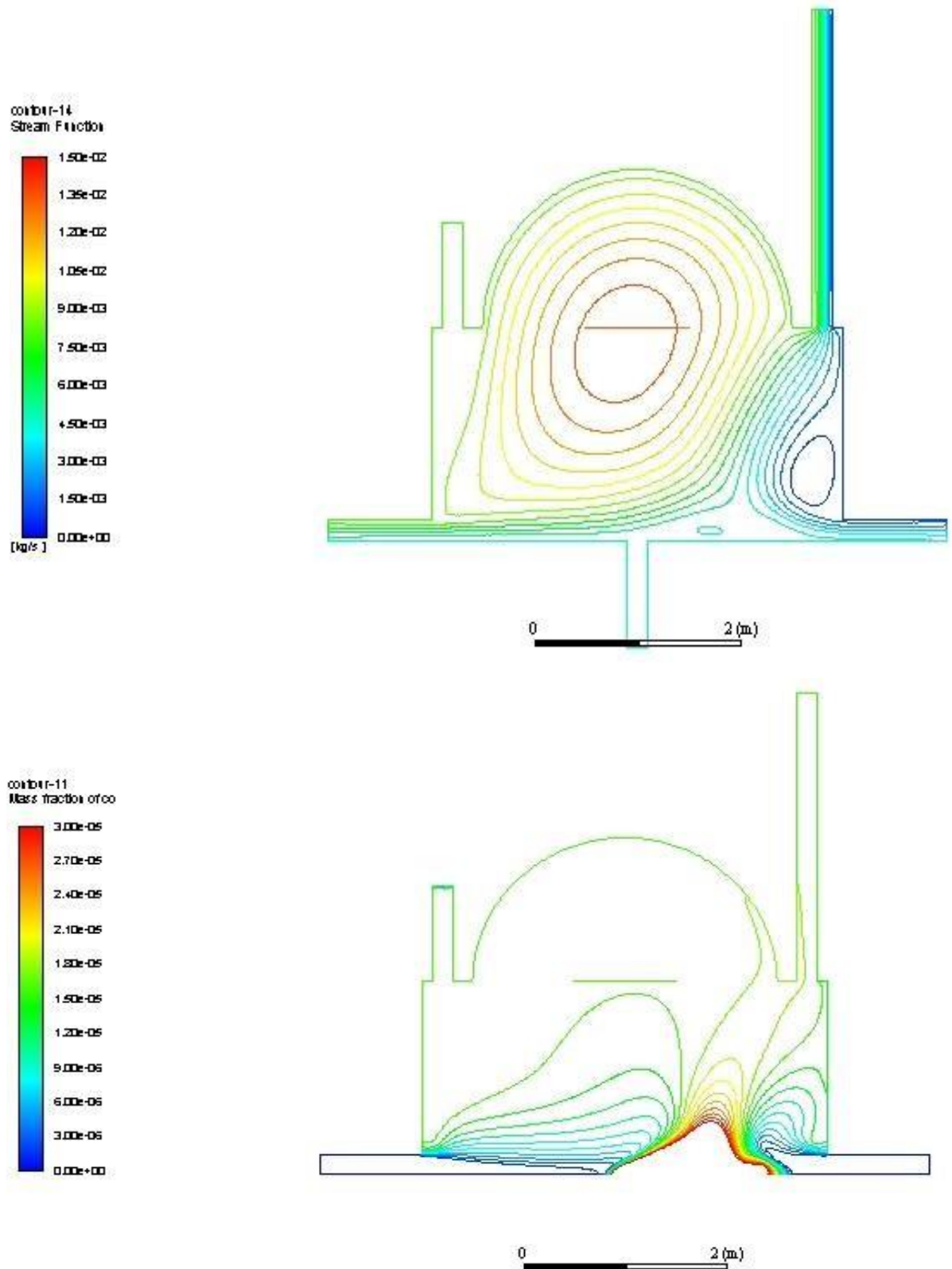


Figure IV.4. Les lignes de courant et les iso-concentration
 Cas sans ventilation avec $v_1=v_2=0.014$ & $v_3=0$.

Ensuite, en considérons un cas identique sauf que le ventilateur de plafond est allumé avec une augmentation de pression vers le bas. Les lignes de courant et les iso-concentration sont illustrés à la figure **IV.4**. La vitesse maximale de l'air se produit au centre de la pièce et est d'environ 3,8 m/s, ce qui est plus supérieur 100 fois à la vitesse de l'air soufflé, qui est de 0,028 m/s. Pour cette raison, les lignes iso-concentrations sont dominées par les courants d'air produits par le ventilateur.

D'après les lignes de courant on observe que, deux grands tourbillons circulants s'établissent dans la pièce ; celui de gauche tourne dans le sens des aiguilles d'une montre tandis que celui de droite tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le ventilateur mélange parfaitement l'air et le monoxyde de carbone CO dans la pièce, comme le montrent clairement les iso-concentration de la figure **IV.4**. La concentration de mélange dans toute la pièce, est intense très près de l'alimentation en air ou de la source de contaminant.

Les résultats d'une troisième simulation CFD sont présentés sur la Figure **IV.4**. dans ce cas on a négligé le système de ventilation par déplacement avec le ventilateur de plafond. Dans ce cas, l'alimentation d'air dans la partie supérieure gauche est désactivée, cela s'explique que numériquement, l'entrée de vitesse est changée en fonction des conditions limites de paroi) c.à.d. des alimentations d'air inférieure gauche et inférieure droite sont activées. Étant donné que la surface faciale combinée de ces deux alimentations en air au niveau du sol est le double de celle de l'alimentation en air supérieure, la vitesse de l'air d'admission est réduite d'un facteur deux, à une valeur de 0,014 m/s pour chaque conduit d'alimentation en air. Le débit volumétrique d'air frais est donc le même que celui des deux autres cas précédents. L'intensité de turbulence de l'air soufflé est également réduite pour cette simulation de ventilation par déplacement comme discuté précédemment. Les lignes de courant montrent que l'air se déplace parallèlement au sol sur une certaine distance des deux côtés de la pièce, puis remonte lentement vers l'ouverture d'échappement, entraînant avec lui des contaminants. Deux grands tourbillons contrarotatifs se forment ; dans ce cas, le tourbillon de gauche est dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, tandis que celui de droite est dans le sens des aiguilles d'une montre (à l'opposé du cas avec le ventilateur soufflant de l'air vers le bas).

Depuis l'ouverture d'échappement est située sur le côté droit de la pièce, les lignes de courant ici ne sont pas symétriques; une meilleure conception de ventilation par déplacement pourrait avoir l'ouverture d'échappement au centre du plafond de la pièce. La fraction molaire de CO quittant la pièce par le conduit d'évacuation, comme le montre la figure **IV.4**. Une stratification globale du monoxyde de carbone CO est apparente dans la pièce ; Les niveaux de contaminant CO sont beaucoup plus élevés près du plafond que près du sol, sauf bien sûr près de la source, où les niveaux de contaminant CO sont très élevés. En remarque, dans les systèmes de ventilation par déplacement, ce même effet de stratification se produit avec la température, et l'effet est même renforcé par la gravité (flottabilité). L'air réfrigéré entrant dans la

pièce au niveau du sol pousse ou « déplace » l'air plus chaud vers le haut de la pièce, tout comme l'air frais dans la simulation actuelle pousse l'air contaminé vers le haut de la pièce. Donc on peut facilement comprendre pourquoi la ventilation par déplacement peut être un choix judicieux pour les pièces très hautes.

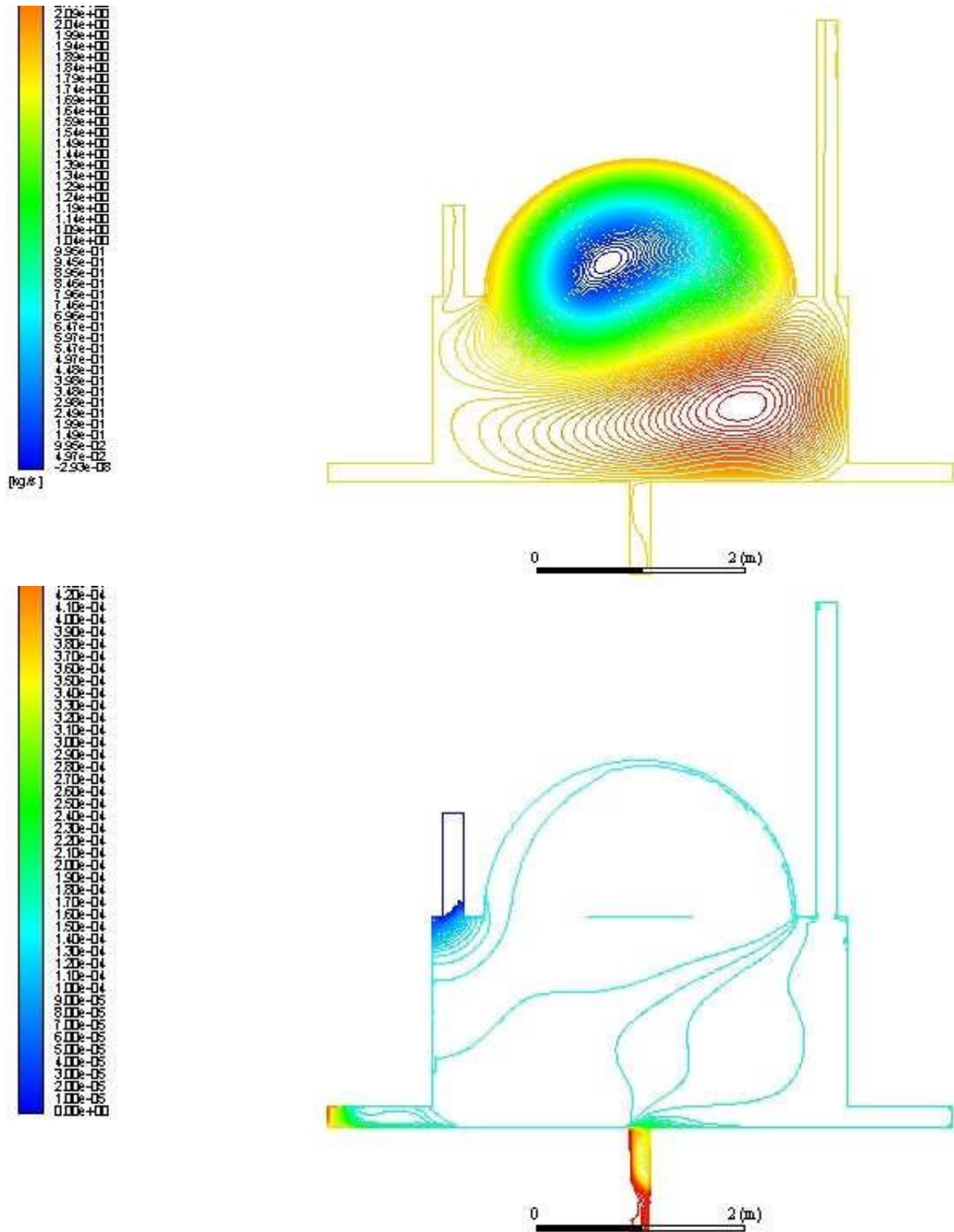


Figure IV.5. Les lignes de courant et les iso-concentration Cas avec ventilation.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié numériquement une étude de transfert de masse par diffusion moléculaire dans un local pour les cas suivants :

Validation de mode de calcul pour un laboratoire remplie par un mélange du air et monoxyde de carbone avec le travail [7].

Une étude d'un écoulement par convection massique au sein d'une géométrie de coordonnées cartésiennes bidimensionnelle e verticale.

Donc, d'après une analyse des défèrent cas traités, les résultats obtenus montrent que la meilleure ventilation par dilution ou ventilation par déplacement dépend aux nombreux facteurs, tels que l'emplacement des personnes dans la pièce et si le ventilateur est allumé ou non. Dans les présentes simulations, le niveau de monoxyde de carbone CO le plus bas des trois cas est rencontré par une personne debout sur le côté gauche de la pièce avec ventilation par dilution et ventilateur de plafond éteint. Cet air pur se fait cependant au détriment de son collègue, qui peut travailler du côté droit de la pièce, respirant un air avec une concentration en monoxyde de carbone CO beaucoup plus élevée. La stratification imposée par la ventilation par déplacement fournit un air plus pur des deux côtés de la pièce, mais seulement près du sol; Les niveaux de monoxyde de carbone CO sont beaucoup plus élevés mais relativement uniformes près du plafond. Cette situation n'est pas souhaitable pour les pièces avec des plafonds bas comme dans le présent exemple, mais peut être préférable pour les pièces avec des plafonds hauts. Lorsque le ventilateur de plafond est allumé, l'air de la pièce est très bien mélangé et le monoxyde de carbone CO est plus équitablement réparti.

Bien entendu, aucun de ces systèmes de ventilation générale ne doit être utilisé pour éliminer le monoxyde de carbone (ou d'autres contaminants) de cette pièce. Au contraire, un système de ventilation locale (hotte) est un choix beaucoup plus judicieux.

Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons présenté une étude numérique bidimensionnelle en régime laminaire par le transfert de masse conjuguée dans un espace confiné, en apportant des résultats originaux dans le cas d'un laboratoire muni d'une ventilation mécanique.

Notre objectif était d'utiliser le système de ventilation pour le renouvellement et d'apporter de l'air neuf et pur dans une locale polluée.

La modélisation mathématique de ce problème physique est basée sur les équations de conservation de masse et de la quantité de mouvement. Les propriétés thermodynamiques sont considérées constantes.

Nous avons pris un travail de la simulation numérique à été basée sur la méthode des volumes finis en utilisant le code CFD « Gambit et Ansys Fluent ».

Quelle est la meilleure ventilation, par dilution ou par déplacement ? La réponse dépend de nombreux facteurs, tels que l'emplacement des personnes dans la pièce et si le ventilateur est allumé ou non. Dans les simulations actuelles, le niveau de CO le plus bas des cas étudiés est rencontré par une personne debout sur le côté gauche de la pièce avec ventilation par dilution et le ventilateur du plafond éteint. Cet air propre est toutefois aux frais de son collègue (la deuxième personne), qui peut travailler du côté droit de la pièce, air respirable avec une concentration en CO beaucoup plus élevée. La stratification imposée par la ventilation par déplacement fournit un air plus pur des deux côtés de la pièce, mais uniquement près du sol; Les niveaux de CO sont beaucoup plus élevés mais relativement uniforme près du plafond. Cette situation n'est pas souhaitable pour les pièces avec plafonds bas comme dans la présente étude, mais peut être préférable pour les pièces avec de hauts plafonds. Lorsque le ventilateur de plafond est allumé, l'air de la pièce est très bien mélangé et le CO est distribué équitablement même dans le cas de ventilation par déplacement. Le cas où le ventilateur tourne en sens inverse n'est pas présenté dans ce travail.

Références bibliographiques :

- Tian, L., Lin, Z. and Wang, Q. (2010) ‘Comparison of gaseous contaminant diffusion under stratum ventilation and under displacement ventilation’, *Building and Environment*, 45(9), pp. 2035–2046. doi: 10.1016/j.buildenv.2010.01.002 [1].
- Lage, J. L., Bejan, A. and Anderson, R. (1991) ‘Efficiency of transient contaminant removal from a slot ventilated enclosure’, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 34(10), pp. 2603–2615. doi: [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(91\)90100-S](https://doi.org/10.1016/0017-9310(91)90100-S) [2].
- Chung, K.-C. and Hsu, S.-P. (2001) ‘Effect of ventilation pattern on room air and contaminant distribution’, *Building and Environment*, 36(9), pp. 989–998 [3].
- Liu, X. *et al.* (2008) ‘Numerical simulation of inter-flat air cross-contamination under the condition of single-sided natural ventilation’, *Journal of Building Performance Simulation*, 1(2), pp. 133–147. doi: 10.1080/19401490802250462 [4].
- Moureh, J. and Flick, D. (2005) ‘Airflow characteristics within a slot-ventilated enclosure’, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 26(1), pp. 12–24. doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2004.05.018 [5].
- Cermak, R. *et al.* (2006) ‘Performance of Personalized Ventilation in Conjunction with Mixing and Displacement Ventilation’, *HVAC & R Research*, 12(2), pp. 295–311. doi: 10.1080/10789669.2006.10391180 [6].