



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



N° d'ordre : M...../GM/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Thème

**ETUDE ET ANALYSE DE PERFORMANCE DE VENTILATION
NATURELLE D'UN BATIMENT GENERIQUE ISOLE AU VENT
FENETRE ET DIFFERENCES ECHANGEURS DE VENT**

Présenté par :



GUESSOUM AHMED RABIA

Soutenu le 30/ 08/ 2020 devant le jury composé de :

Université de Mostaganem UMAB Pr. RETIEL Nouredine	Président
Université de Mostaganem UMAB Dr. GUERMAT Abdelkader	Examineur
Université de Mostaganem UMAB Dr. MEDJAHED Bendida	Encadreur

Année Universitaire : 2019 / 2020

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu, le tout puissant qui m'a permis la réalisation de mon travail et je dis ALHAMDOULILLAH.

Mon encadreur, monsieur MEDJAHED BENDIDA mérite mes vifs remerciements pour le soutien de l'élaboration de mon mémoire.

Je remercie également tous les enseignants qui m'ont formé durant mon cursus universitaire.

Mes reconnaissances vont aux membres du jury qui ont accepté d'assister aux présentations de mon mémoire en cette période difficile ou la pandémie du covid-19 gangrène le monde.

Le président du jury le Pr. RETIEL Noureddine et mon examinateur le Dr. GUERMAT Abdelkader sont à remercier.

Mes collègues de classe, mes amis particuliers ainsi que ceux qui me connaissent, je vous ai reconnaissants :

A tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin

Sans oublier l'Algérie, ce pays qui a contribué ma formation.

GUESSOUM AHMED RABIA

Dédicace

Je dédie ce travail à toute ma famille

GUESSOUM AHMED RABIA

Résumé :

Ce mémoire présente une étude et analyse de performance de ventilation naturelle d'un bâtiment générique isolé au vent fenêtre et différences échangeurs de vent. Cette étude fournit de nouvelles perspectives qui permettent d'améliorer la conception et le contrôle des éléments de façade utilisables pour améliorer le refroidissement de l'espace à l'aide de la ventilation naturelle. Pour cela nous avons choisies un bâtiment générique isolé au vent fenêtre avec cinq configurations différences échangeurs de vent. Nous avons utilisé le logiciel ICEM CFD et ANSYS CFX pour faire la simulation numérique et le modèle de turbulence que nous avons utilisé dans cette étude est le modèle de turbulence k- ϵ . Les résultats CFD ont été comparés pour cinq configurations de même surface de fenêtre ($A_{\text{entrée}} = A_{\text{sortie}}$) avec différentes positions d'ouverture. Les résultats du champ d'écoulement moyenné dans le temps ont été présentés et utilisés pour l'analyse de la structure d'écoulement de diverses configurations de ventilation croisée. Il a été montré que l'écoulement dans les bâtiments à ventilation croisée est complexe, en particulier à proximité des entrées et des sorties où se produisent une accélération ou une décélération soudaine (grands gradients de vitesse).

Mots clés: Ventilation croisée, Positions d'ouverture, modèle de turbulence k- ϵ , dynamique, ANSYS CFX.

Abstract :

This thesis presents a study and analysis of the natural ventilation performance of a generic window wind-insulated building and differences in wind exchangers. This study provides new perspectives for improving the design and control of facade elements that can be used to improve space cooling using natural ventilation. For this we have chosen a generic window wind insulated building with five different wind exchanger configurations. We used the software ICEM CFD and ANSYS CFX to do the numerical simulation and the turbulence model which we used in this study is the k- turbulence model. The CFD results were compared for five configurations of the same window area ($A_{input} = A_{out}$) with deference to the open positions. The time averaged flow field results were presented and used for the analysis of the flow structure of various cross ventilation configurations. Flow in cross-ventilated buildings has been shown to be complex, especially near entrances and exits where sudden acceleration or deceleration (large speed gradients) occurs.

Keywords: Cross ventilation, Opening positions, k- turbulent model, dynamics, ANSYS CFX.

ملخص

تقدم هذه الأطروحة دراسة وتحليل أداء التهوية الطبيعية لمبنى عام معزول بالرياح في النافذة والختالفات في مبادلات الرياح. تقدم هذه الدراسة منظورات جديدة لتحسين التصميم والتحكم في عناصر الواجهة التي يمكن استخدامها لتحسين تبريد المساحات باستخدام التهوية الطبيعية. لهذا اخترنا نافذة عامة معزولة بالرياح مع خمسة تكوينات مختلفة لمبادل الرياح. استخدمنا برنامج ICEM CFD و ANSYS CFX لإجراء المحاكاة العددية ونموذج الاضطراب الذي استخدمناه في هذه الدراسة هو نموذج $k-\epsilon$ المضطرب. تمت مقارنة نتائج CFD لخمس تكوينات لنفس منطقة النافذة (مساحة نافذة المدخل تساوي المخرج) مع مراعاة المواضع المفتوحة. تم تقديم نتائج مجال التدفق المتوسط الزمني واستخدامها لتحليل بنية التدفق لمختلف تكوينات التهوية المتقاطعة. لقد ثبت أن التدفق في المباني ذات التهوية المتقاطعة معقد، لا سيما بالقرب من المداخل والمخارج حيث يحدث تسارع أو تباطؤ مفاجئ (تدرجات سرعة كبيرة).

الكلمات الرئيسية

(ANSYS CFX)، ديناميكي، برنامج SST (k-w)، نموذج مضطرب (k-e) تهوية متقاطعة، بناء، نموذج مضطرب

Sommaire

Remerciements	A
Dédicace	B
Résumé	C
Sommaire	F
Liste des Figures	H
Nomenclature	j
Introduction générale	1
Chapitre 01	3
Etude bibliographique	3
1.1 Etude bibliographique	4
1.2 Définition	4
1.2.1 La ventilation	4
1.2.2 Le confort thermique	4
1.3 Le but de la ventilation	4
1.4 Fonctionnement de la ventilation naturelle	5
1.5 Types de ventilation	5
1.6 Avantages et inconvénients	7
Chapitre 02	9
Modèle mathématique et les conditions aux limites	9
2.1 Modèle mathématique	10
2.1.1 Introductions	10
2.1.2 La turbulence	10
2.1.3 Impact de la turbulence sur les équations de Navier-stokes	11
2.1.4 Modèle de turbulence	12
2.1.4.1 Modèle standard k- ϵ	13
2.1.4.2 Équations de transport du modèle standard k- ϵ	13
2.2 Conditions aux limites	14

2.2.1	Domaine de calcul :	14
2.2.2	Les hypothèses de travail :	15
2.2.3	Conditions aux limites:	15
2.2.4	Grilles de simulation :	16
Chapitre 03		17
Présentation du logiciel de calcul ICEM CFD et ANSYS CFX		17
3.1	Présentation du code CFX	18
3.2	Le logiciel ANSYSICEM CFD	18
3.2.1	Etape 01 : Création de la géométrie :	19
3.2.2	Etape 02 : Génération du maillage :	20
3.3	Le logiciel ANSYS CFX	21
3.3.1	Etape 01 : Pré-Processing	21
3.3.2	Etape 02 : SOLVER CFX	27
3.3.3	Etape 03 : Post-Processing	28
Chapitre 04		30
Résultats et discussion		30
4.1	Introduction :	31
4.2	Résultats et discussion	31
4.3	Les Contours des vitesses et vecteurs des vitesses des configurations	33
Conclusion générale		40
Références bibliographiques		42

Liste des Figures

Figure 1. 1: Principe de fonctionnement de VMC double flux [12, 13].....	5
Figure 1. 2: Principe de la ventilation naturelle [12, 13].....	6
Figure 1. 3: Ventilation mécanique contrôlée simple flux [12, 13].....	7
Figure 1. 4: VMC double flux [12, 13].	7
Figure 2. 1: Domaine de calcul et géométrie du bâtiment. Dimension en m [1].....	14
Figure 2. 2: Configurations d'ouverture pour étudier l'emplacement d'ouverture sur les débits de ventilation [1].	15
Figure 2. 3: Maillage du domaine de calcul.	16
Figure 3. 1: L'interface de logiciel ICEM CFD.....	18
Figure 3. 2: Domaine de calcul.	19
Figure 3. 3: Les géométries de notre bâtiment.....	19
Figure 3. 4: Maillage du bâtiment.	20
Figure 3. 5: Maillage de notre bâtiment.	21
Figure 3. 6: Définition de domaine de calcul.....	22
Figure 3. 7: Définition les conditions aux limites à l'entrée.....	23
Figure 3. 8: Définition les conditions aux limites à la sortie.	24
Figure 3. 9: Définition les conditions aux limites les surfaces ouvertes comme les deux symétries et le toit de domaine.....	25
Figure 3. 10: Définition les conditions aux limites les surface de bâtiment et la base de domaine.....	26
Figure 3. 11: Définition le nombre d'itération.....	27
Figure 3. 12:Lancement de calcul et progression des convergences.....	27
Figure 3. 13:Contour de vitesse par logiciel ANSYS CFX (Post-pro).....	28
Figure 3. 14:vecteur de vitesse par logiciel ANSYS CFX (Post-pro).....	28
Figure 3. 15:Profil de vitesse et l'énergie cinétique turbulente par logiciel ANSYS CFX (Post-pro).....	29
Figure 4. 1: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (1) dans le plan centre à $z=0$ m.	33

Figure 4. 2: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (2) dans le plan centre à $z=0$ m.	34
Figure 4. 3: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (3) dans le plan centre à $z=0$ m.	35
Figure 4. 4: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (4) dans le plan centre à $z=0$ m.	36
Figure 4. 5: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (5) dans le plan centre à $z=0$ m.	37
Figure 4. 6: Comparaison entre quatre configurations les profils verticaux de vitesse (U_x) dans trois lignes; (01) $x/l= 0.0125$ m, (02) $x/l=-0.05$ m, et (3) $x/l= 0.0875$	38
Figure 4. 7: Comparaison entre quatre configurations les profils verticaux de l'énergie cinétique turbulent (TKE) dans trois lignes; (01) $x/l= 0.0125$ m, (02) $x/l=-0.05$ m, et (3) $x/l= 0.0875$	39

Nomenclature

C : Une constante empirique $C = 0.09$.

C_1 et C_2 : les constantes de modélisation du terme de production-destruction du taux de dissipation de l'énergie cinétique de turbulence.

C_{1k} et $C_{1\varepsilon}$: Constantes

$C_{\varepsilon 1}$ $C_{\varepsilon 2}$: les constantes de modélisation du terme de production-destruction du taux de dissipation de l'énergie cinétique de turbulence.

C_p : La capacité calorifique massique à pression constante de l'air sec.

C_s : Le coefficient de Smagorinsky.

K : la constante de Von Karman, $K = 0,40$.

k : L'énergie cinétique de turbulence ($m^2 s^{-2}$)

x_i : La i ème composante cartésienne.

Z_{0mp} : La longueur de rugosité dynamique.

Lettres grecques

β : Coefficient de compressibilité

ν : La viscosité cinématique de l'air sec

ε : Le taux de dissipation de l'énergie cinétique de turbulence.

σ_ε : La constante de la modélisation du terme de diffusion du taux de dissipation de l'énergie cinétique de turbulence.

σ_k : La constante de la modélisation du terme de diffusion du taux de dissipation de l'énergie cinétique de turbulence.

ρ_r : La masse volumique de l'air sec à l'état de référence.

ACRONYMES

Abréviations:

RANS: Reynolds Average Navier Stokes.

TKE: Energie cinétique turbulente.

Introduction générale :

Ce mémoire s'intéresse au mouvement de l'air à l'intérieur de bâtiment par la ventilation croisée avec des ouvertures de ventilation présentée sur quatre configurations en fonction de leurs positions : les ouvertures sur les parois verticales. Plusieurs chercheurs ont travaillé sur l'analyse de performance de ventilation croisée à travers les grandes et les petites ouvertures, Karava et al en 2008, ont étudié quatre génériques isolées bâtiments de zone avec deux ouvertures en pot façade sous le vent. Cette configuration était similaire au modèle utilisé dans les expériences extensives de Karava (2008) et Karava et al.

(2011) afin que les résultats puissent être comparés [1,2].

Un autre chercheur Robert N. Meroney a comparé les calculs CFD de domaine complet et de domaine décomposé à ceux de soufflerie de ventilation naturelle. Il a reproduit les caractéristiques du champ d'écoulement externe et le flux interne. Les trajectoires des canaux ainsi que les débits de ventilation croisée et les pressions internes dans l'incertitude expérimentale. il a constaté que les méthodes produisent des résultats suffisamment précis pour conceptions de ventilation. Les champs d'écoulements internes et les débits de ventilation croisée associés semblent être assez insensibles au choix du modèle de turbulence. La décomposition de domaine a bien fonctionné et fournit un outil d'analyse précieux qui peut réduire considérablement les frais de calcul [3]. Chu Chia-Ren et al

ont fait deux études ; la première étude en 2010 sur les facteurs de perte des ouvertures des bâtiments pour la ventilation éolienne, cette étude a utilisé des expériences en soufflerie pour déterminer les facteurs de perte des ouvertures de bâtiments pour le vent ventilation cette étude a également proposé un modèle de résistance pour calculer la ventilation taux de ventilation croisée entraînée par le vent dans les bâtiments cloisonnés et la deuxième en 2014, sur la ventilation transversale entraînée par le vent dans les bâtiments longs, par contre les autres études utilisent La simulation des grandes structures de la turbulence (SGS ou en anglais LES pour Large Eddy Simulation) et expériences en soufflerie dans un bâtiment de faible hauteur à zone unique pour étudier le mécanisme derrière la règle de base pour une ventilation transversale efficace entraînée par le vent suggère que la longueur du bâtiment doit être inférieure à cinq fois la hauteur du plafond [4. 5].

Mai 2015, YOSHIHIDE Tominaga et al. Sort un article sur leurs expériences en soufflerie sur le débit d'une ventilation transversale d'un bâtiment générique avec la dispersion des contaminants avec des conditions isolés et abrités. Ils concluent que le débit d'air se réduit en présences des bâtiments environnants [6].

Introduction générale

La même année, en décembre 2015, KATARINA Kosutova et al. ont fait une comparaison du refroidissement pour un bâtiment isolé générique équipé de volets d'aérations (Louvres en anglais) avec trois angles de lamelles différents (0° , 30° , 45°) plus une autre fenêtre sans volets d'aération. Par la suite, ils ont conclu que la configuration avec un angle de lamelle de 30° et la configuration sans volets avaient les meilleures performances en ce qui concerne le refroidissement ventilatoire. Ces configurations avaient les efficacités d'échange d'air (plus de 51%) et de l'évacuation de la chaleur (plus de 78 %) les plus élevées ainsi que le débit volumique (plus de 3.5 m³/s) [7].

En 2016, Shahram Derakhshan et al ont fait une étude numérique sur la ventilation croisée d'un bâtiment isolé avec un aspect d'ouverture différent ratios et emplacements pour diverses directions du vent, ils ont étudié la ventilation naturelle du flux de vent par simulation pour évaluer les paramètres affectant le flux de volume dans un bâtiment isolé en utilisant le calcul

dynamique des fluides (CFD) [8]. En 2018, Sahebbilal et al. Ont soutenu un travail de mémoire de master à l'université de Bouira en Algérie dont le thème étude est la simulation de la ventilation d'un local, ils ont travaillé sur le comportement thermique de l'endroit le plus froid et le plus chaud endroit [9]. MOHAMMADREZA Shirzadi et al. En Avril 2019, ont écrits un article sur une expérience en soufflerie du débit de la ventilation transversale d'un bâtiment générique abrité en milieu urbain. Ils ont démontré l'effet de la densité des habitations sur la pression, sur la vitesse et le débit de la ventilation [10]. En Septembre 2019, les mêmes chercheurs, ont comparés des résultats numériques modélisés par la méthode de RANS (Reynolds moyennes Navier- stokes) avec des résultats expérimentaux obtenus à l'aide de la couche limite atmosphérique [11].

Le contexte et les résultats de notre étude sont présentés ici en détails. Le premier chapitre a été réservé à la présente une étude bibliographique sur la ventilation naturelle dans un bâtiment, dans le deuxième chapitre nous avons présent la Modélisation numérique et les conditions aux limites. Le logiciel de calcul ICFM CFD et ANSYS CFX à trois dimensions (3D) est présenté dans le troisième chapitre, Le quatrième chapitre est réservé à la présentation les discussions des résultats. Une conclusion générale est donnée à la fin de ce document.

Chapitre 01

Etude bibliographique

1.1 Etude bibliographique :

Si un logement n'est pas ventilé, l'oxygène viendrait à manquer, les microbes se développeraient, l'humidité favoriserait l'apparition de moisissures, ... Ainsi, une bonne ventilation est nécessaire pour renouveler l'air mais aussi pour évacuer les polluants toxiques et autres allergènes. Pour garantir une atmosphère saine dans toutes les pièces du bâtiment et préserver la santé de ses habitants, une solution existe : la ventilation naturelle. Zoom sur un procédé économique, écologique et efficace, qui n'exige aucun élément mécanique consommant de l'électricité à outrance ! [12, 13].

La ventilation naturelle en général et la ventilation croisée en particulier est une méthode efficace et gratuite pour assurer le renouvellement de l'air qui optimise la convection de la chaleur et l'élimination des polluants.

La ventilation a été un sujet d'intérêt de plusieurs chercheurs depuis plusieurs années. Parmi ses modes, La ventilation des locaux [12, 13]..

1.2 Définition

1.2.1 La ventilation

La ventilation des locaux permet de l'arrivée de l'air neuf et l'extraction de l'air intérieur vicié à partir d'un dispositif naturel ou mécanique.

1.2.2 Le confort thermique

Le confort thermique est une sensation de confort lorsqu'il est exposé à un environnement intérieur. Le confort thermique dépend non seulement de la température, mais aussi des conditions d'humidité de l'air intérieur, des courants d'air potentiels, du niveau de respiration de l'air ou de la qualité de l'air intérieur (QAI). La température seule dépend de la température sèche résultante, qui est une sorte de température interne moyenne rayonnée par différents objets et murs [12, 13].

1.3 Le but de la ventilation

- Fournir de l'air frais pour les lieux occupés,
- Permettre l'extraction de l'air pollué, malodorant et vicié,
- Maintenir un climat intérieur sans poussière avec une température et une humidité [12, 13].

1.4 Fonctionnement de la ventilation naturelle

La ventilation naturelle se sert des différences de pression provoquées par le vent afin d'assurer la circulation de l'air d'une pièce à l'autre en continu. Sachant que l'air chaud est plus léger que lorsqu'il est froid, il monte et génère un balayage permanent dans le bâtiment. L'air extérieur pénètre tout simplement par des grilles d'arrivée d'air installées dans les pièces de vie, puis passe dans tout le logement grâce à des grilles de transfert. Les pièces humides et plus chaudes - la cuisine, les WC et la salle de bains - sont équipées de bouches d'extraction, de sorte que l'air vicié puisse retourner dehors. Il passe alors par des conduits à tirage naturel coiffés d'extracteurs statiques, qui ressortent par le toit. Aucun ventilateur n'intervient, ce qui représente un atout considérable en termes de consommation électrique [12, 13].

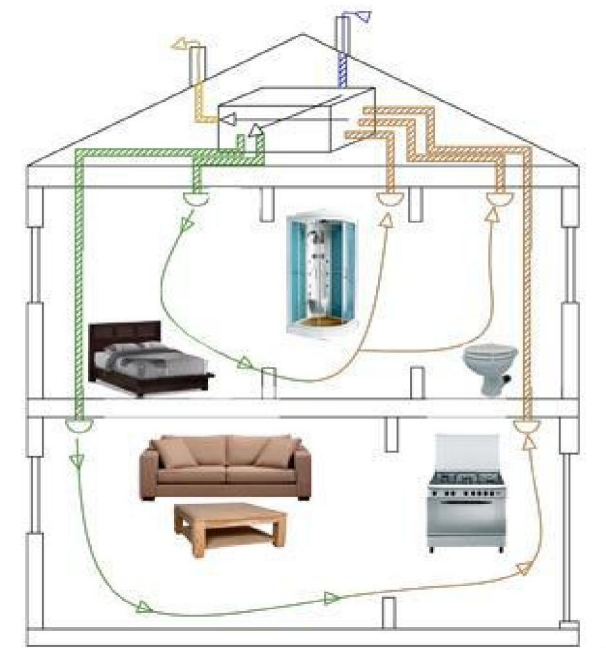


Figure 1. 1: Principe de fonctionnement de VMC double flux [12, 13].

1.5 Types de ventilation

- Le tirage thermique permet d'évacuer l'air chaud selon le principe de la convection. En effet, celui-ci remonte naturellement pour s'échapper en partie haute. Il crée simultanément une dépression en partie basse de manière proportionnelle à la différence de température entre l'intérieur du logement et dehors. Dans les pièces humides, il convient donc d'installer des grilles d'aération en hauteur pour permettre l'évacuation de l'air intérieur et en bas pour favoriser l'arrivée de l'air frais de l'extérieur. Combiné à un extracteur, l'effet de tirage du conduit vertical s'en trouve renforcé car, en tournant avec la force du vent, il produit une dépression supplémentaire [12, 13];

Chapitre 01 : Etude bibliographique sur la ventilation naturelle

- La ventilation traversant engendre un courant d'air qui permet de renouveler l'oxygène dans le logement. Le vent fait effectivement entrer l'air extérieur en occasionnant une pression et, en même temps, engendre une dépression qui chasse l'air chaud et pollué en dehors du logement. Pour en bénéficier, il convient d'aménager des entrées face au vent dominant et des sorties d'air à l'opposé. Seul un professionnel saura vous conseiller sur l'agencement bien spécifique de la ventilation ;
- La ventilation naturelle hybride permet d'assurer une aération optimale du domicile. Pour cela, une assistance mécanique à basse pression est ajoutée. Le système prend le relais dès l'instant que les conditions de tirage naturel ne sont plus réunies. Ce type de ventilation est donc surtout utile durant les périodes de froid ou de canicule, car le débit d'air est stabilisé et, de ce fait, les déperditions énergétiques grandement limitées.

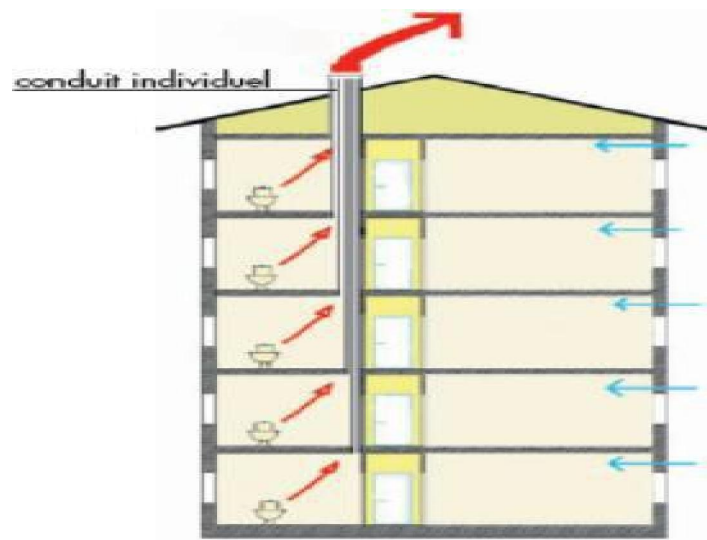


Figure 1. 2: Principe de la ventilation naturelle [12, 13].

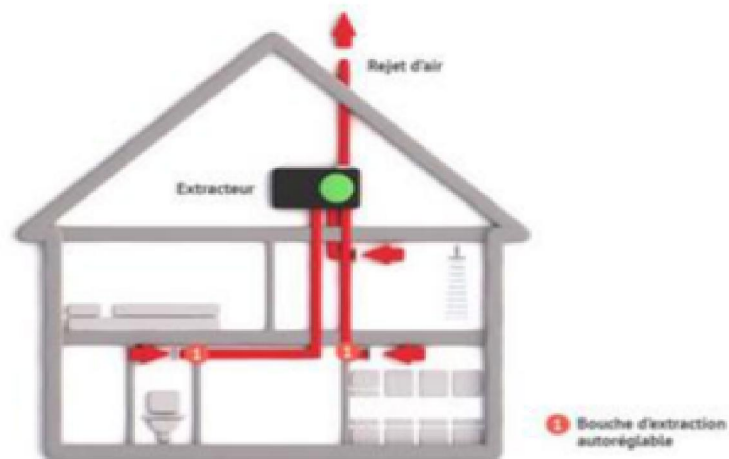


Figure 1. 3: Ventilation mécanique contrôlée simple flux [12, 13].

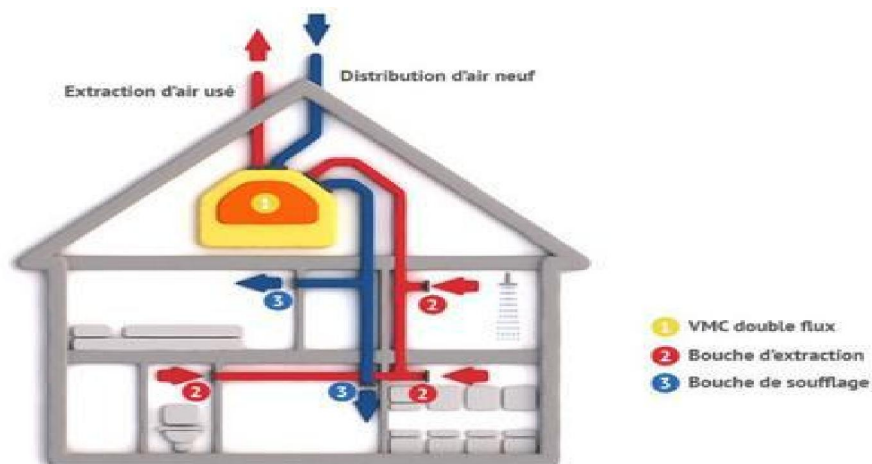


Figure 1. 4: VMC double flux [12, 13].

1.6 Avantages et inconvénients

La ventilation naturelle possède de multiples atouts [12, 13]:

- Nul besoin de moteur pour fonctionner ! Elle n'entraîne donc pas de consommation énergétique ni de nuisance sonore ;
- La pression du vent et les différences de température constitue le seul moteur, ce qui réduit votre impact sur l'environnement ;
- Il n'y a presque pas d'entretien à faire ;
- Il s'agit d'une solution économique. Les grilles d'aération et les bouches d'extraction affichent des prix très abordables dans les magasins de bricolage ou encore sur Internet ;

Chapitre 01 : Etude bibliographique sur la ventilation naturelle

- En rénovation, la ventilation naturelle est souvent privilégiée puisqu'elle évite de s'encombrer avec des gaines de pulsion et une unité double flux indépendante.

Mais ce concept révèle aussi quelques limites :

- La ventilation naturelle demeure tributaire de la météo. En conséquence, son débit varie en permanence. Pour pouvoir ainsi profiter du tirage thermique, la température extérieure doit être inférieure à celle au sein du logement ce qui est rarement le cas durant la saison estivale. Dans ce contexte, l'aération est insuffisante, ce qui risque de causer de l'humidité et de la condensation ;
- La ventilation naturelle ne contrôle pas les quantités d'air qui transitent au sein du bâtiment. Ceci s'explique par les différences de températures entre dedans et dehors, les mouvements du vent et la pression atmosphérique. En hiver, le risque de sur-ventilation est grand et, donc, de déperdition thermique ;
- Certes, le tirage naturel se réalise aisément en hiver puisque l'intérieur est plus chaud. Cependant, en été, il peut littéralement s'inverser, l'air pouvant se déplacer des pièces humides vers les espaces de vie ;
- Pour une construction neuve, elle peut ne pas suffire. En effet, l'isolation est plus performante que dans l'ancien. Résultat : la ventilation naturelle risque de donner lieu à des pertes de chaleur en hiver et de la condensation en été ;
- La qualité de l'air intérieure n'est pas forcément garantie. Le vent peut effectivement compromettre le renouvellement de l'air selon le sens où il souffle, des fenêtres ouvertes peuvent également perturber le bon fonctionnement de la ventilation, et ce n'est sans parler des ouvertures qui laisser passer les bruits ainsi que la pollution. Dans un environnement urbain, il est donc indispensable de prévoir un traitement acoustique des grilles ;
- Les grilles d'ouverture peuvent être source d'inconfort, principalement en hiver, à moins qu'elles soient placées suffisamment en hauteur pour ne pas ressentir l'air froid ;
- Les ouvertures dans les façades ne sont pas forcément très esthétiques.

Chapitre 02

Modèle mathématique et les conditions aux limites

2.2 Modèle mathématique

2.1.1 Introductions

Un modèle mathématique est un ensemble d'équations différentielles régissant quantitativement un système ou un phénomène donné. Dans notre cas, le modèle mathématique considéré est celui basé sur les lois fondamentales de la physique, de la mécanique des fluides et de transfert de chaleur. Pour construire ces modèles, on suppose des hypothèses. Certaines de ces dernières sont déjà prouvées scientifiquement tandis que d'autres sont utilisées pour rendre les problèmes abordables. Tous écoulements rencontrés en pratique deviennent instables à partir d'un certain nombre de Reynolds ($Re=U*D/V$) ou U et D sont respectivement la vitesse et le diamètre de l'élément du bâtiment et V la viscosité cinématique. Aux faibles nombres de Reynolds, l'écoulement est laminaire tandis que qu'à des nombres de Reynolds grands, l'écoulement s'avère turbulent. Un état chaotique se développe où la vitesse et la pression fluctuent continuellement dans une partie de domaine de l'écoulement.

En régime laminaire, les écoulements sont complètement décrits par les équations de continuités, de Navier-stokes, de l'Energie et d'états du fluide. Dans certains cas de configuration géométrique simple, ces équations peuvent être résolues analytiquement. Dans des cas plus complexes, ces écoulements sont traités numériquement à l'aide du logiciel CFD en anglais (computation al fluide Dynamics) comme la méthode du volume finis par exemple et pour prendre en compte l'effet de la turbulence, plusieurs modèles ont été élaborés comme les modèles k-epsilon et k-oméga.

2.1.2 La turbulence

La turbulence consiste l'état de l'écoulement d'un fluide dans lequel la vitesse présente en tout point un caractère tourbillonnaire.

Ces écoulements apparaissent lorsque l'Energie cinétique qui met le fluide en mouvement est élevé par rapport aux forces de viscosité que le fluide oppose pour se déplacer.

Les propriétés du fluide varient alors d'une manière chaotique et aléatoire et le régime d'écoulement est appelé régime d'écoulement turbulent.

Cependant, une définition précise de la turbulence est difficile à appréhender et on peut donc citer certaines caractéristiques :

- ✓ L'état turbulent est caractérisé par des variations rapides, irrégulières de la vitesse.
- ✓ Le nombre de Reynolds est important.
- ✓ L'écoulement est tridimensionnel
- ✓ L'Energie est dissipé.
- ✓ La turbulence n'est pas une propriété du fluide mais un régime particulier (donc caractéristiques invariable).
- ✓ Les mélanges sont importants et plus rapidement fait que par la diffusivité habituelle.

2.1.3 Impact de la turbulence sur les équations de Navier-stokes

Les ordinateurs actuels ne peuvent assurer la simulation directe des équations de Navier-stokes pour un écoulement turbulent car elle nécessite des moyens phénoménaux et des matériels très développés.

Néanmoins, en ingénierie on a besoin uniquement de procédure de calcul qui puissent fournir des informations adéquates concernant les effets prépondérants de la turbulence. Les informations fournies par la connaissance des propriétés moyennes par rapport au temps sont suffisantes pour l'ingénierie.

➤ Équation du modèle

Les équations exprimant les phénomènes d'écoulements sont principalement celles de dérivées de lois physiques de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie.

➤ Equation de continuité

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

➤ Equation de quantité de mouvement suivant (x)

$$\frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right]$$

➤ Equation de quantité de mouvement suivant y

$$\frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial vv}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right]$$



Equation de quantité de mouvement suivant z

$$\frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial y} + \frac{\partial ww}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right]$$

2.1.4 Modèle de turbulence

Pour la simulation de l'écoulement turbulent, l'une des problèmes majeurs de la résolution des équations de Navier-stokes réside l'emploi d'un schéma de la turbulence indispensable. Il s'agit, alors de trouver, le modèle qui peut prendre en compte avec précision, la réalité physique de l'écoulement. Dans ANSYS, plusieurs schémas sont disponibles. Parmi eux on peut citer :

- **K-EPSILON (k-ε)**
- **K-OMEGA (k-ω)**

Les modèles **k-ε** de Wilcox (1986) et **k-ω** de MENTER (1994), sont présents dans la majorité des logiciels de la dynamique de fluide. Ces modèles sont basés sur l'énergie cinétique turbulente **K** et son taux de dissipation **ε**, ou sur la fréquence caractéristique **ω**. Ils utilisent la viscosité turbulente, pour relier les contraintes de Reynolds, et les termes de flux turbulent aux variables moyennes de l'écoulement et implique l'hypothèse de la diffusion pour relier les contraintes de Reynolds, aux gradients de vitesse moyennes et à la viscosité turbulente. Dans ces modèles, l'échelle de la vitesse turbulente est calculée à partir l'énergie cinétique turbulente **K** et celle de la longueur turbulente est estimée de deux propriétés cinétiques turbulentes du champ de turbulence généralement l'énergie cinétique turbulente et son taux de dissipation.

Les modèles standards à deux équations donnent des bonnes prévisions pour un grand nombre d'applications. Par contre, il existe des faiblesses de ces derniers et ont eu un certain nombre des modifications et des perfectionnements. Une amélioration importante sur le modèle *k-ω*, en termes de prévisions de séparation de l'écoulement a été réalisés par le modèle *SST*

« *SHEAR STRESS TRANSPORT* ». Ce modèle a l'avantage de coupler un schéma *k-ε* et *k-ω*. il utilise près de la paroi du modèle *k-ω* et dans la zone de l'écoulement principal (loin la paroi) le modèle *k-ε*. Le passage est automatique, il est basé sur la distance par rapport à la paroi, ainsi que la limite de transport des contraintes de cisaillement. Le modèle est performant pour la simulation des écoulements dans les couches limites. Outre, l'inconvénient du modèle *SST* est le nombre élevé des équations additionnelles de transport (sept équations en total) qui réduisent la stabilité numérique et augmentent le temps de calcul.

2.1.4.1 Modèle standard $k-\varepsilon$

Il s'agit d'un modèle à deux équations qui donne une description générale de la turbulence au moyen de deux équations de transport, une pour l'énergie cinétique turbulente et l'autre pour la dissipation.

La dissipation turbulente est la vitesse à laquelle les fluctuations de vitesse se dissipent. Les coefficients sont dérivés empiriquement, valable uniquement pour les débits turbulents.

Dans le modèle standard $k-\varepsilon$, la viscosité turbulente est déterminée à partir d'une échelle de longueur de turbulence unique de sorte que la diffusion calculée est celle qui ne se produit qu'à l'échelle spécifiée, alors qu'en réalité toutes échelles de mouvement contribuent à la diffusion turbulente.

Le modèle $k-\varepsilon$ est un modèle simple, performant et économique. Par contre il ne tient pas en compte de l'effet de la rotation, ni de courbure et il a une mauvaise prise en compte des phénomènes de décollement de la couche limite. Dans ce cas le modèle $k-\omega$ a une bonne prédiction de la séparation de la couche limite et son rattachement.

2.1.4.2 Équations de transport du modèle standard $k-\varepsilon$

Les équations de transport $k-\varepsilon$ présentent beaucoup de termes inconnus et non quantifiés.

Pour une approche beaucoup plus pratique, la norme $k-\varepsilon$ turbulence modèle (LAUNDER ET SPALDING, 1974) a été utilisée, elle est basée sur une meilleure compréhension des processus, réduit les inconnues et présentent un grand nombre d'équation qui peut être appliqués à un grand nombre d'application turbulents.

Le modèle de turbulence $k-\varepsilon$ est un modèle de viscosité dans lesquelles les contraintes de Reynolds sont supposés être proportionnelles aux gradients de la vitesse moyennes avec une constante de proportionnalité représentant la viscosité turbulente μ_t . cette dernière hypothèse dénommée BOUSSINESQ. Les équations de l'énergie cinétique turbulente (k) et son taux de dissipation (ε) sont exprimées :

$$\frac{\partial k}{\partial t} = P_k - \varepsilon + D + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P_k - C_{\varepsilon 2} f_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} + E + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) \quad (2.5)$$

Ou D et E sont les termes correctifs de paroi. La viscosité cinématique turbulente est donnée :

$$\mu_t = C_{\mu} f_{\mu} \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (2.6)$$

Avec f_{μ} et $f_{\varepsilon 2}$: désigne chacune une fonction d amortissement destinée à prendre en compte les effets de la paroi.

Dans ce présent chapitre, nous présentons les résultats obtenus à l'aide du deux logiciels ANSYS ICEM CFD et ANSYS CFX. Les simulations ont été réalisées pour la prédiction des champs de l'écoulement turbulent. La partie dynamique, on a étudié le modèle de turbulence (k-ε).

2.2 Conditions aux limites

2.2.1 Domaine de calcul :

Le domaine de simulation est un parallélépipède de longueur $L = 1,54$ m, de largeur $W = 0.9$ m et de hauteur $H = 0,48$ m, dans lequel est placé un cube de dimension extérieure $l = 0,1$, $l = 0,1$ et $h = 0,08$ m, l , w et h sont respectivement la longueur, la largeur et la hauteur du bâtiment, l'épaisseur du mur est $e = 0,002$ m. Le bâtiment a deux ouvertures symétriques de même dimension $h_0 \times l_0$ ($0,018 \times 0,046$ m²) au centre du vent et sous le vent, comme le montre la Figure 2.1. La dimension du modèle de bâtiment est une échelle réduite du modèle utilisé en soufflerie par Karava et al [1, 2].

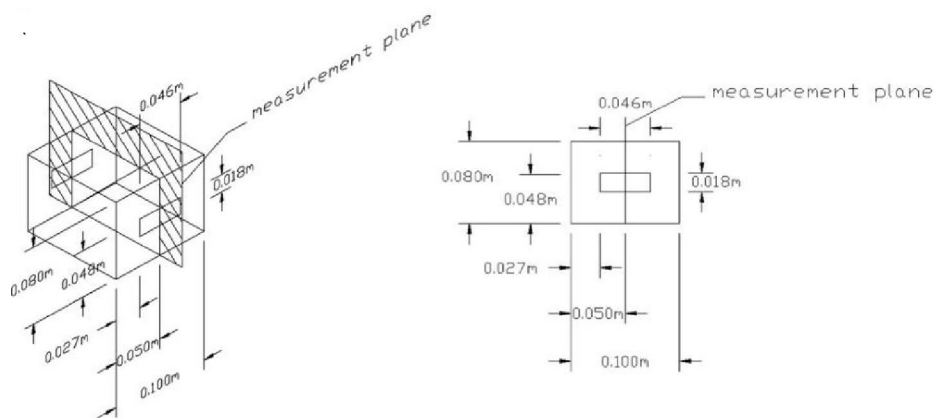


Figure 2. 1: Domaine de calcul et géométrie du bâtiment. Dimension en m [1].

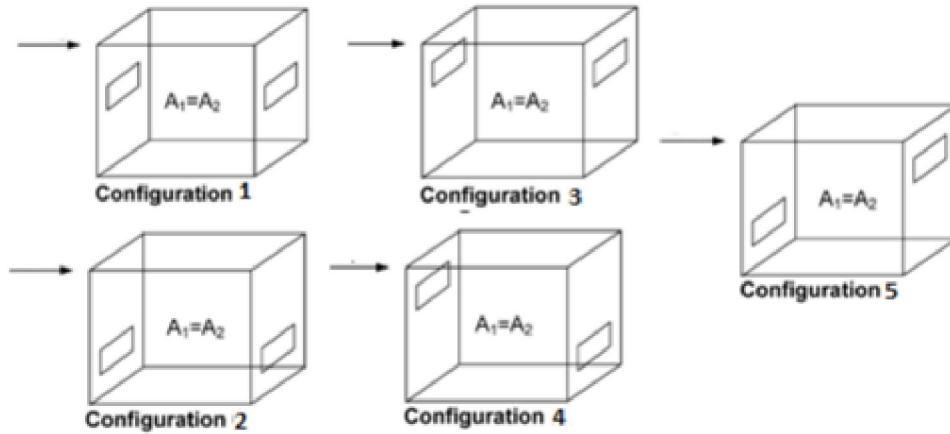


Figure 2. 2: Configurations d'ouverture pour étudier l'emplacement d'ouverture sur les débits de ventilation [1].

2.2.2 Les hypothèses de travail :

Il est nécessaire d'effectuer un certain nombre d'hypothèses afin d'établir un modèle mathématique simple qui décrit la physique de ce problème. Les hypothèses utilisées souvent dans l'étude de la ventilation pour un fluide sont énumérer comme suit :

- L'écoulement est incompressible.
- L'écoulement est considéré turbulent.
- L'écoulement est considéré tridimensionnel.

2.2.3 Conditions aux limites:

Les conditions aux limites utilisées dans cette étude sont similaires aux conditions aux limites de l'expérience en soufflerie atmosphérique réalisée par Karava Panagiota [1].

Le profil de vitesse à l'entrée est produit à partir d'une loi logarithmique (voir Eq.01), le profil

est donné par:

$$U(z) = \frac{u^* ABL}{\kappa} \ln \left(\frac{z+z_0}{z_0} \right) \quad (1)$$

Avec z la coordonnée de hauteur, $z_0 = 0.005m$ est la rugosité aérodynamique, $u^* ABL$ est la vitesse de frottement de la couche limite atmosphérique ($u^* ABL = 1.3193$) et κ la constante de Von Karman ($\kappa = 0,42$), z_0 est déterminée en ajustant le profil de vitesse pour l'échelle réduite. L'énergie cinétique turbulente k et la dissipation de l'énergie cinétique turbulente ϵ sont données par les expressions Eq. 2 et Eq.3 respectivement:

$$U(z) = \frac{k^2}{U^2} = 0.033 \exp^{-0.32(z/k)} \quad (2)$$

$$\varepsilon(z) = \frac{(U^* A B I)^3}{K (z+z_0)} \quad (3)$$

U_{ref} représente la vitesse du vent à la hauteur du bâtiment h ($h = 0,16$ m), pour le cas étudié $U_{ref} = 8.9$ m / s.

2.2.4 Grilles de simulation :

La grille de simulation est créée à l'aide d'ANSYS ICEM CFD et elle est illustrée à la Figure 2.3. La grille se compose d'une majorité de cellules tétraédriques avec des couches de prisme près des murs, afin d'avoir un y^+ inférieur à 2, et une densité élevée près et à l'intérieur du bâtiment, Figure 2.2.

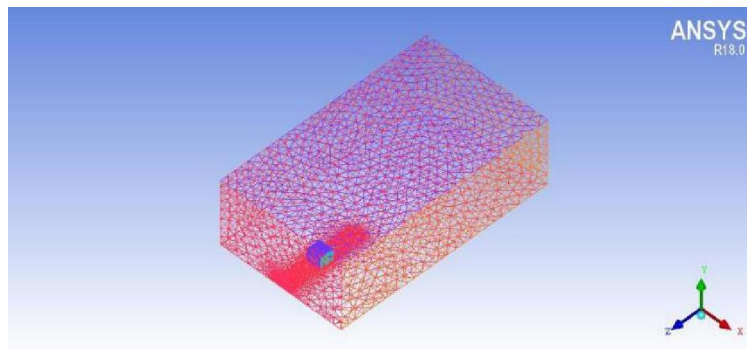


Figure 2. 3: Maillage du domaine de calcul.

Chapitre 03

Présentation du logiciel de calcul

ICEM CFD et ANSYS CFX

3.1 Présentation du code CFX

Dans ce chapitre on présentera deux outils de simulation numérique qui peuvent être utilisés indépendamment l'un de l'autre. Le premier est le logiciel ANSYS ICEM CFD qui est utilisé pour le dessin de la géométrie et la génération du maillage. Le deuxième est le code ANSYS CFX qui permet la simulation numérique de l'écoulement ; l'utilisation du pré-prossecing, la résolution et le poste-prossecing est démontrée par l'exemple de l'écoulement à l'intérieur de bâtiment.

La réalisation d'un projet dans ce logiciel se fait suivant les étapes suivantes :

3.2 Le logiciel ANSYSICEM CFD

Les opérations exécutées dans cette phase sont les suivantes :

- Création de la géométrie et du domaine de calcul qui doit simuler la veine d'essais ;
- Génération du maillage du domaine de calcul : maillage raffiné près des parois (maillage de la couche limite) et grossier dans les zones d'écoulement libre.

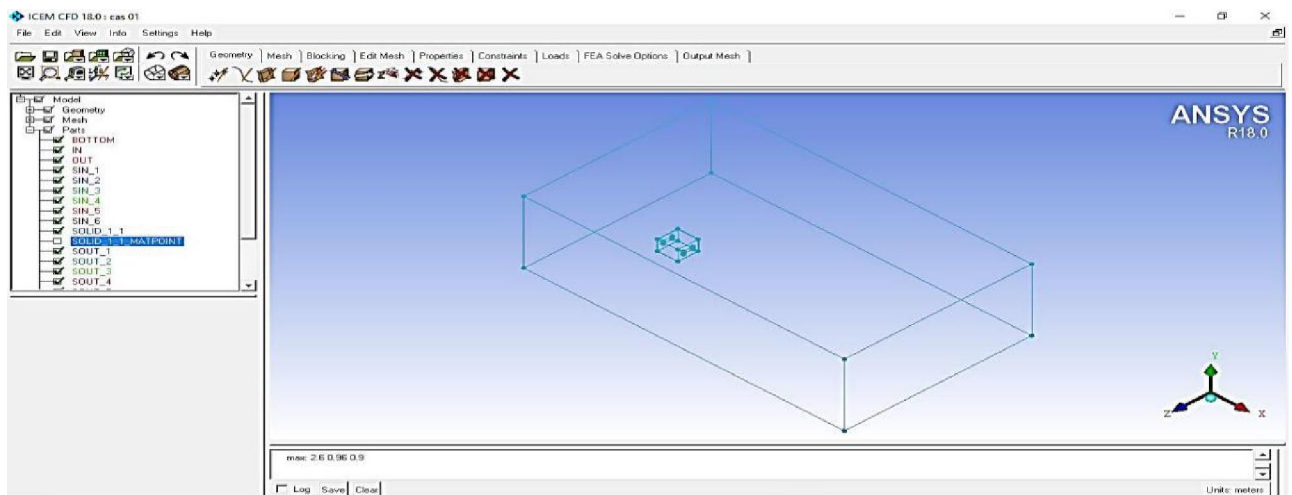


Figure 3. 1: L'interface de logiciel ICEM CFD

3.2.1 Etape 01 : Création de la géométrie :

ANSYS ICEM.CFD permet d'établir la géométrie du système étudié. La géométrie est construite à partir de points, de courbes, de surfaces et de volumes.

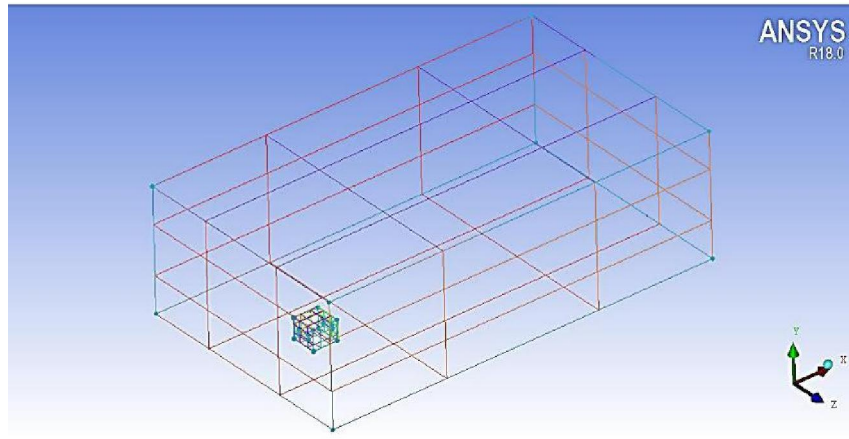


Figure 3. 2: Domaine de calcul.

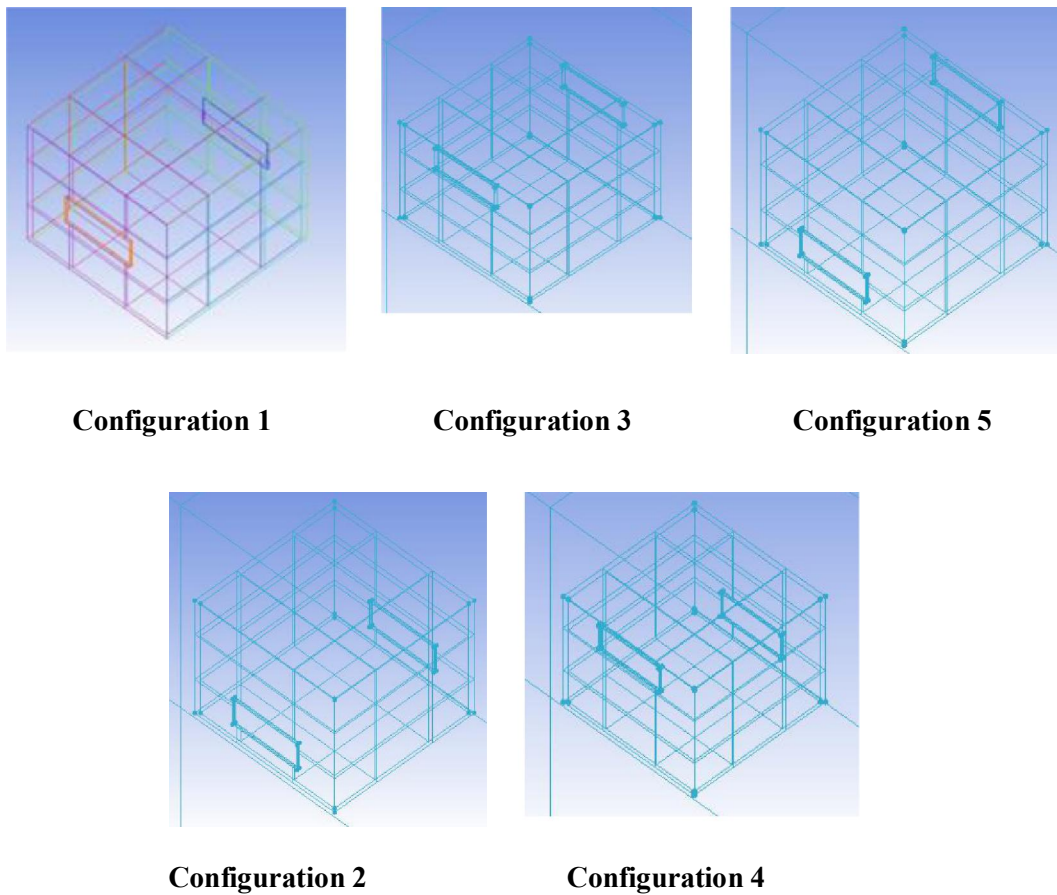


Figure 3. 3: Les géométries de notre bâtiment.

3.2.2 Etape 02 : Génération du maillage :

La première étape de la simulation est la définition du domaine du calcul. Il s'agit de choisir le nombre de dimensions, pour la forme géométrique de la zone à étudier. Une fois cette étape franchie, il faut définir un maillage du domaine, c'est-à-dire découper le domaine en mailles élémentaires. Le choix de la finesse du maillage est un problème délicat et plus particulièrement dans notre cas. Il convient de faire un maillage suffisamment fin pour que les résultats aient une bonne précision et reproduisent l'ensemble des phénomènes sans toutefois conduire à des temps de calcul trop longs.

Le Choix de la taille des mailles peut être basé sur les échelles caractéristiques des phénomènes et des détails géométriques à représenter.

Un maillage peut être structuré ou non structuré, uniforme ou non uniforme

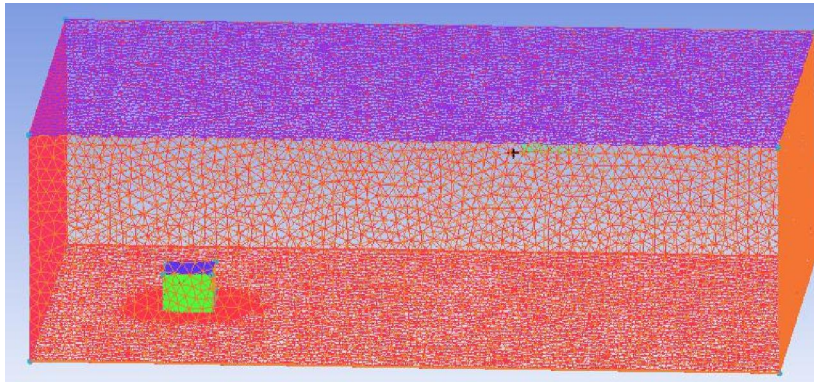
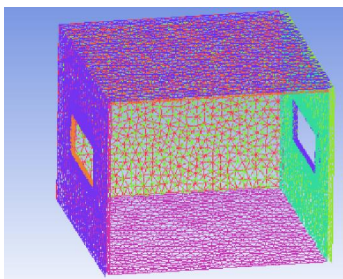
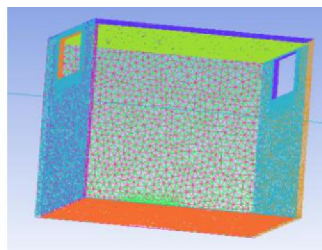


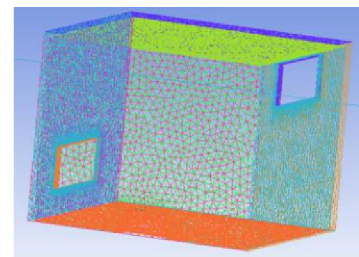
Figure 3. 4: Maillage du domaine.



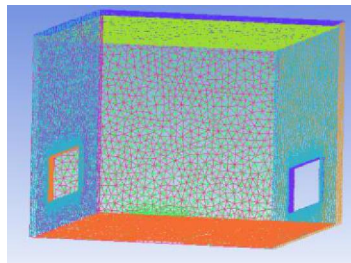
Configuration 1



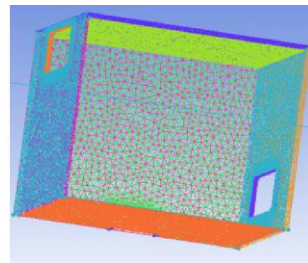
Configuration 3



Configuration 5



Configuration 2



Configuration 4

Figure 3. 5: Maillage de notre bâtiment.

3.3 Le logiciel ANSYS CFX

3.3.1 Etape 01 : Pré-Processing

Dans l'interface *CFX-Pre* sont introduits les différents paramètres concernant l'écoulement :

- Conditions initiales et conditions aux limites ;
- Choix du modèle de turbulence ;
- Choix du nombre d'itération ;

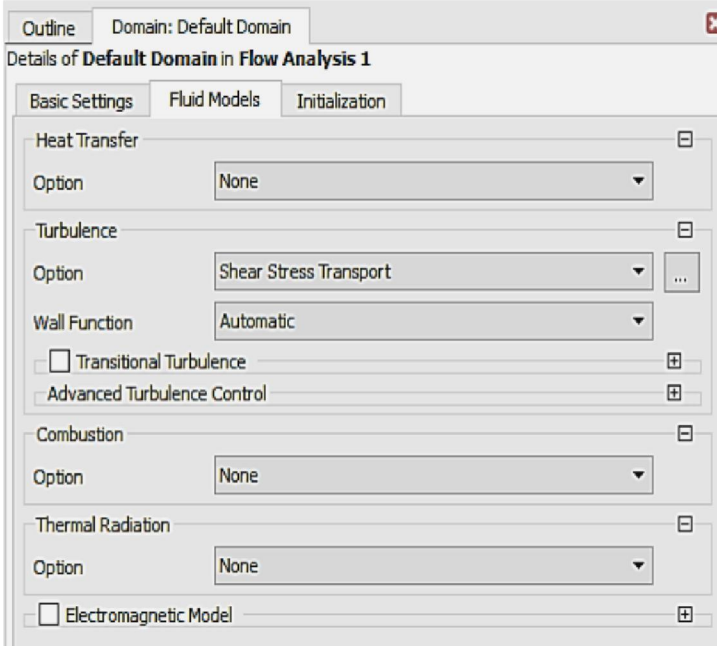
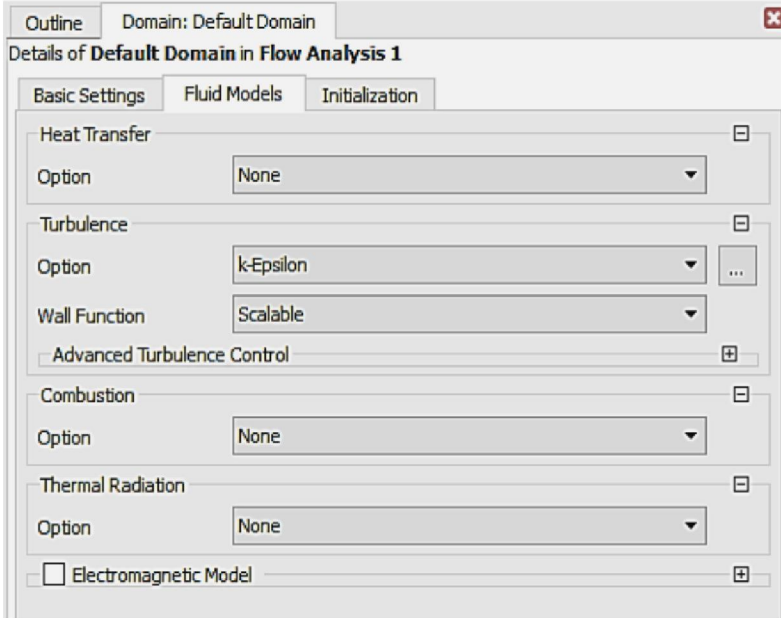


Figure 3. 6: Définition de domaine de calcul

Les conditions initiales et conditions aux limites au code CFX-Pre

Nous avons pris les profils de vitesse, l'énergie cinétique turbulente et taux de dissipation de l'énergie cinétique turbulente.

1. INLET (Entrée)

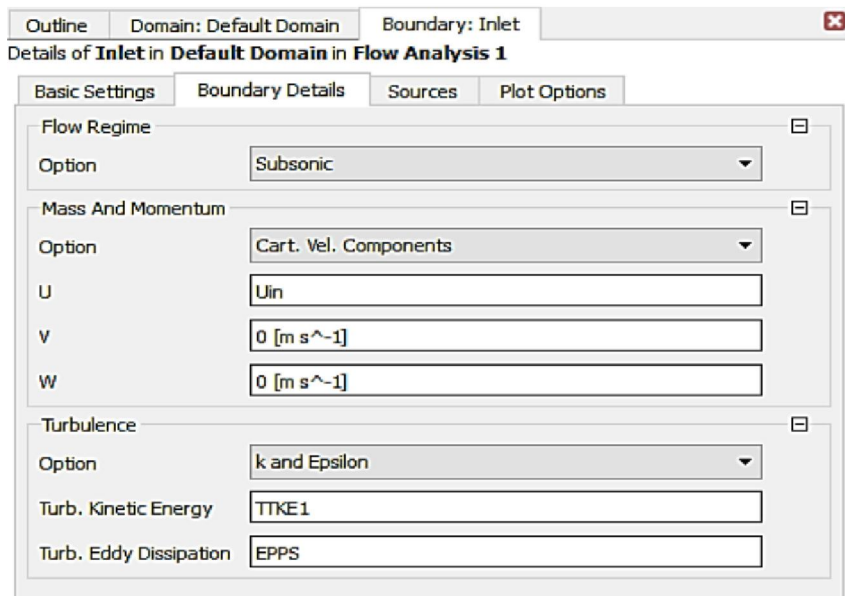
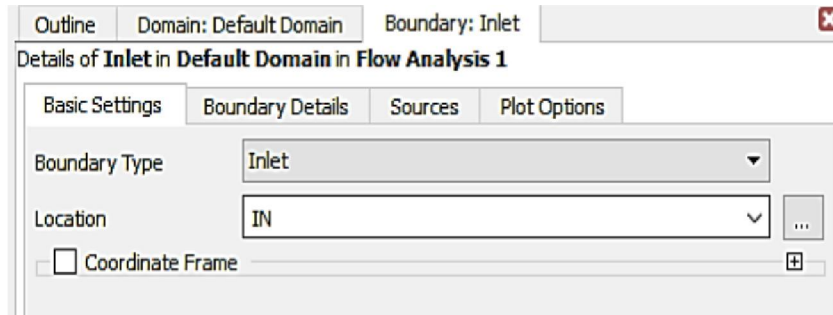


Figure 3. 7: Définition les conditions aux limites à l'entrée.

2. OUTLET (Sortie)

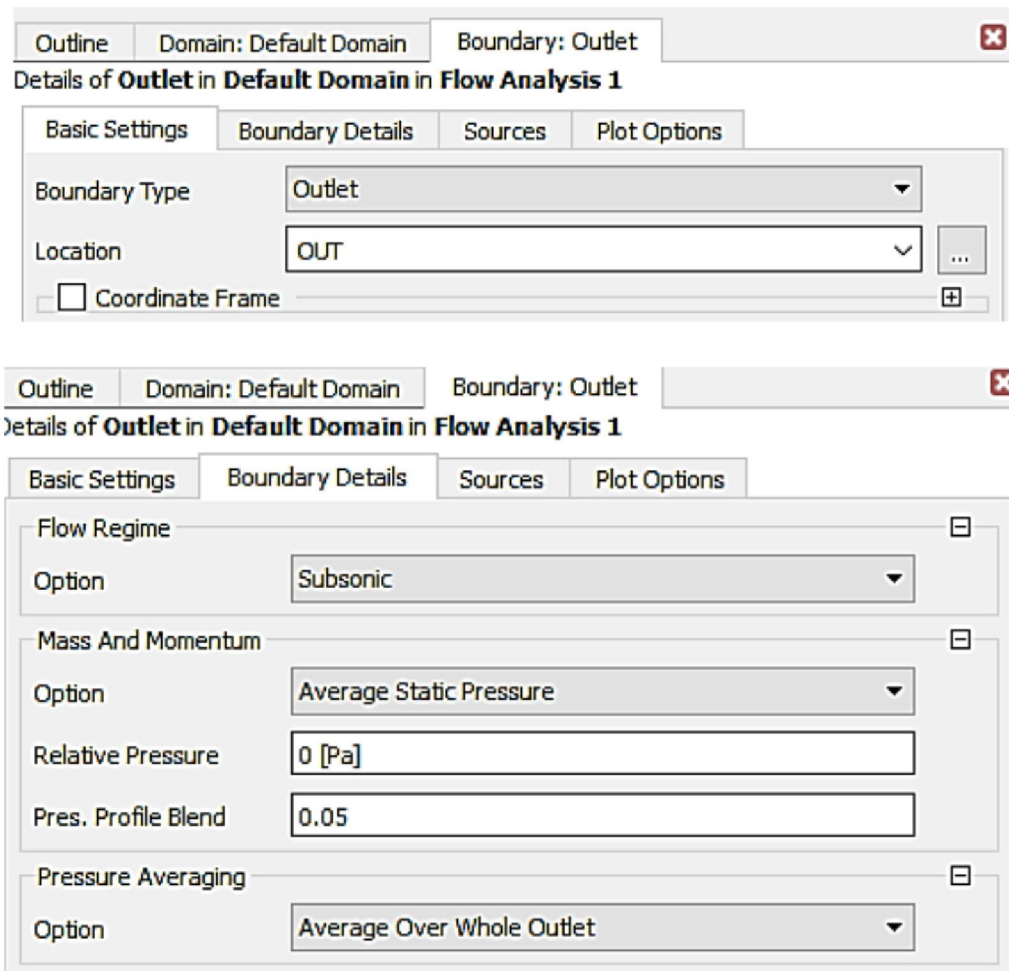


Figure 3. 8: Définition les conditions aux limites à la sortie.

3. OPENINGS (Ouvertures)

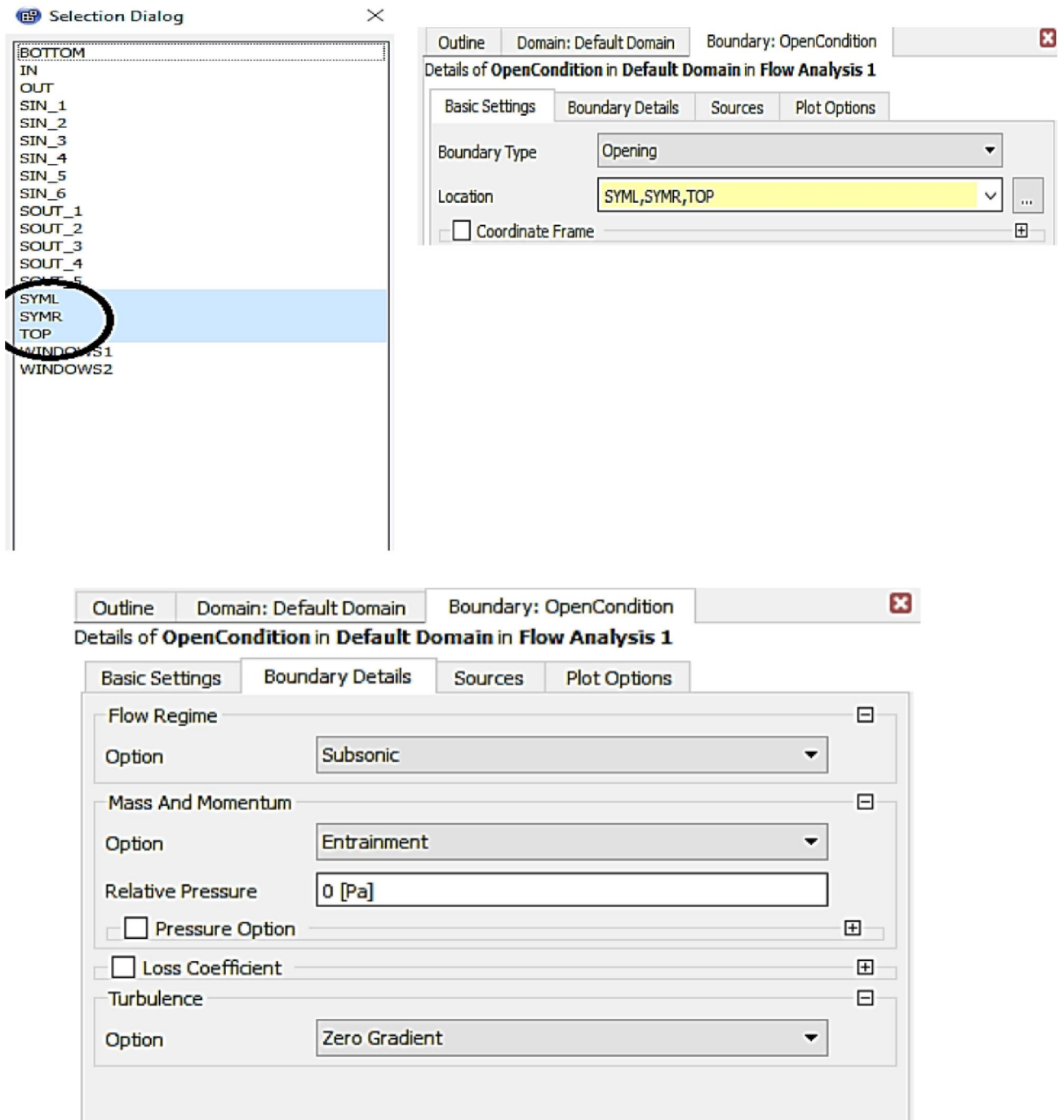


Figure 3. 9: Définition les conditions aux limites les surfaces ouvertes comme les deux symétries et le toit de domaine.

4. WALLS (Murs)

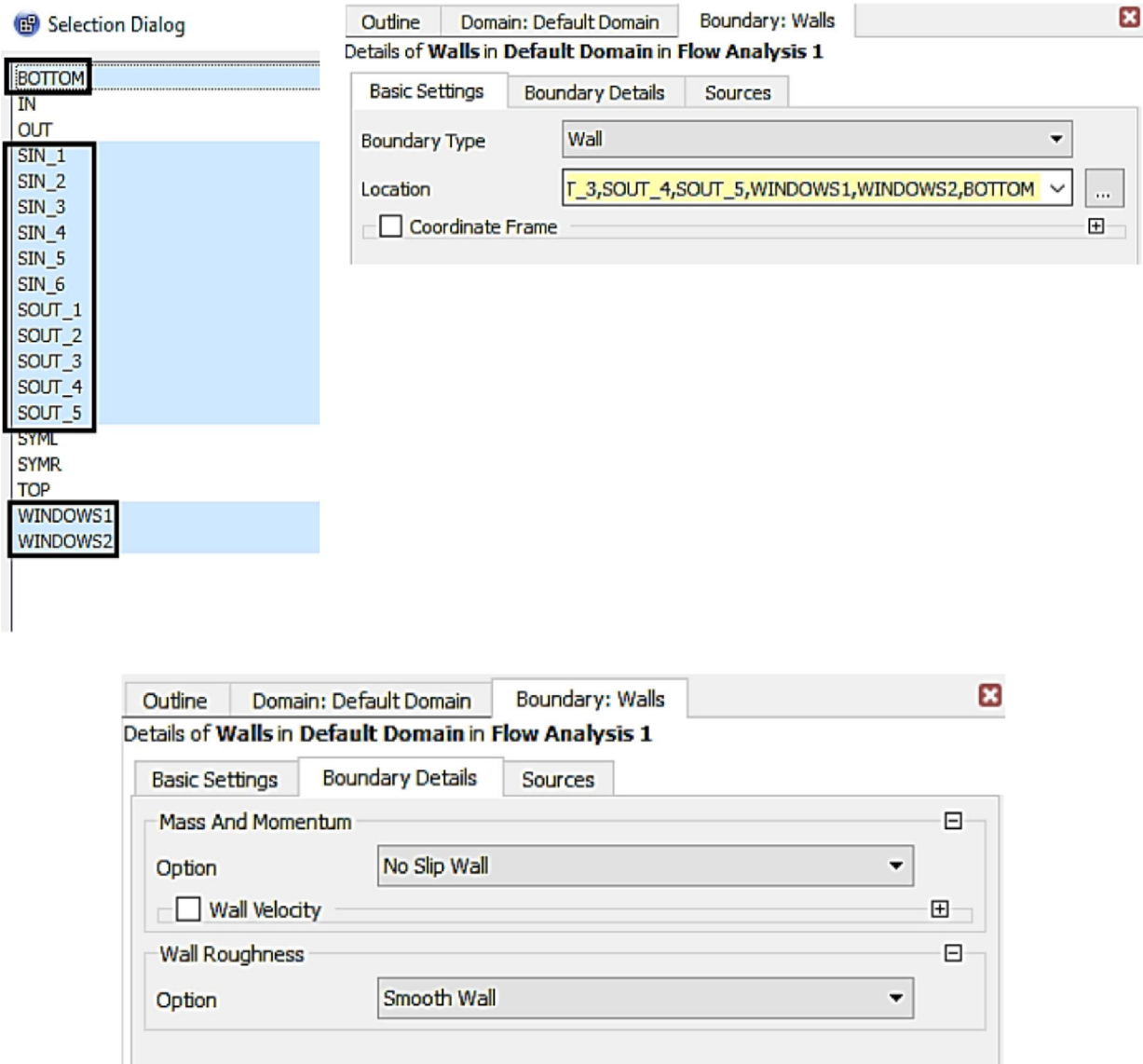


Figure 3. 10: Définition les conditions aux limites les surface de bâtiment et la base de domaine.

3.3.2 Etape 02 : SOLVER CFX

Enfin le *SOLVER CFX* entame les calculs

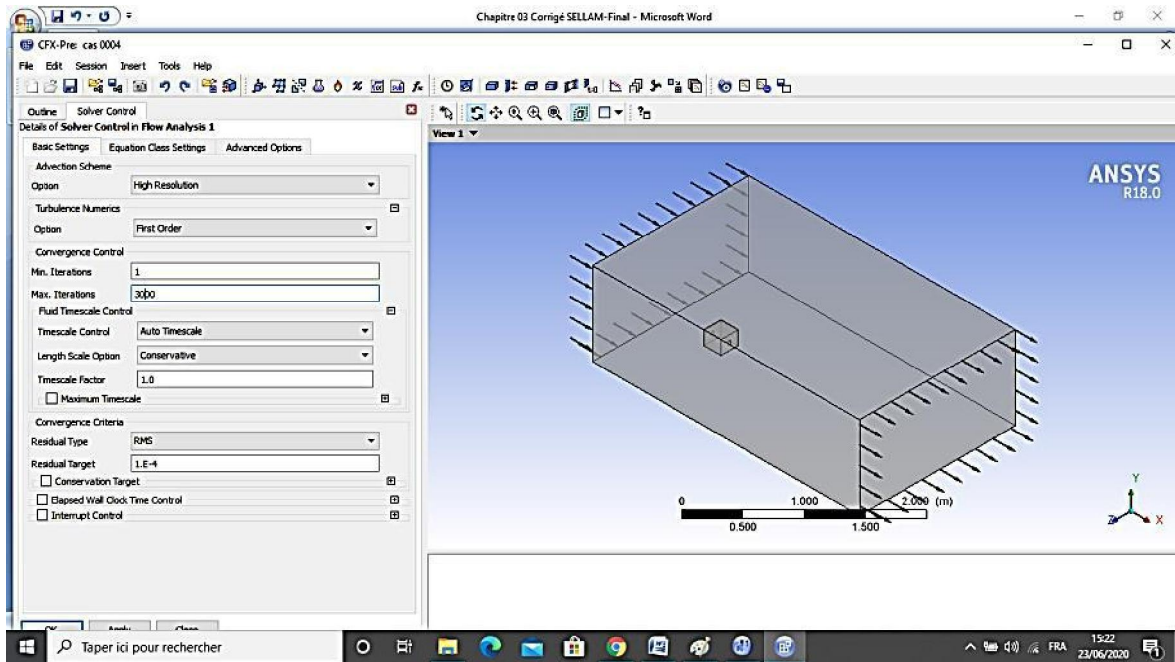


Figure 3. 11: Définition le nombre d'itération.

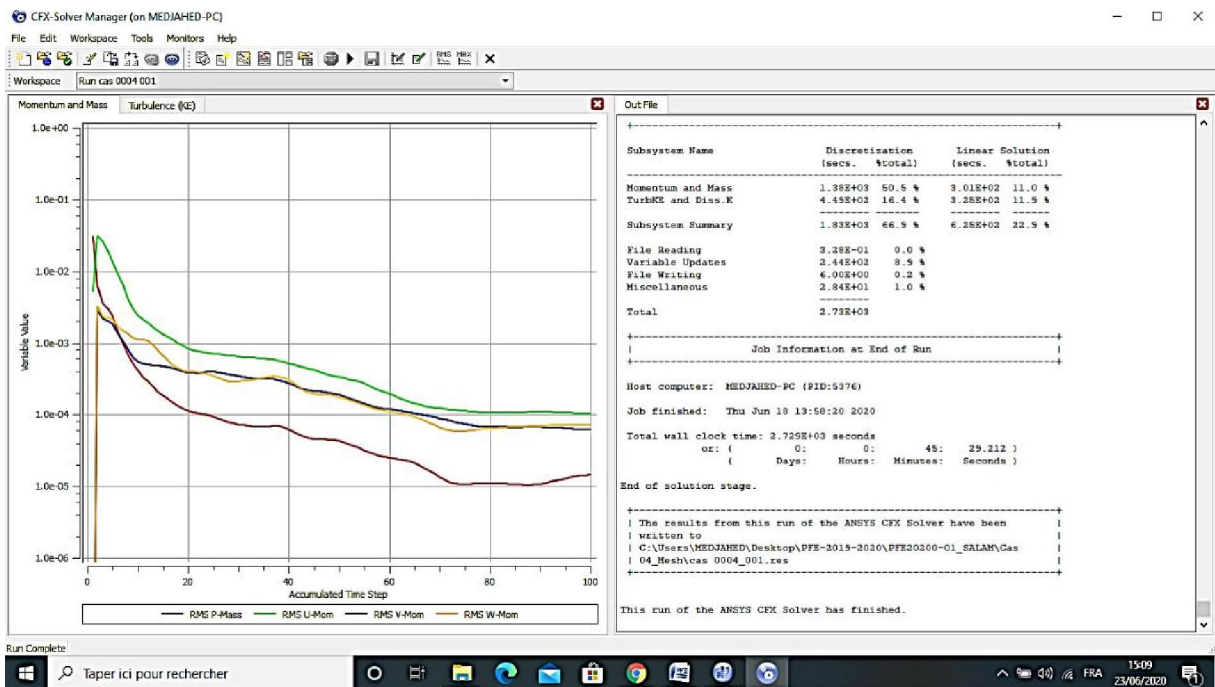


Figure 3. 12: Lancement de calcul et progression des convergences

3.3.3 Etape 03 : Post-Processing

Dans l'étape du **Post**, tous les résultats de la simulation peuvent être exploités, tels que la vitesse, la pression et autres paramètres obtenus lors des calculs. Il est possible de visualiser les contours de pression, le champ de vecteur de vitesses, les lignes de courant, etc.

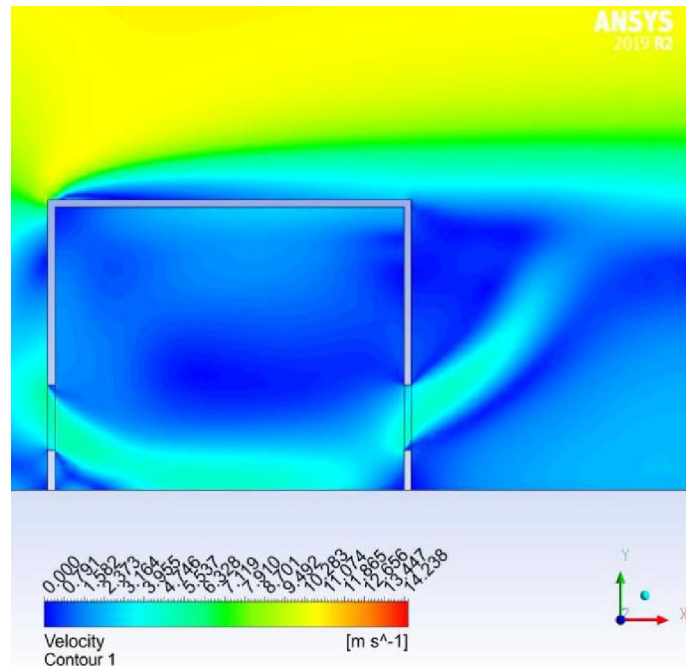


Figure 3. 13:Contour de vitesse par logiciel ANSYS CFX (Post-pro).

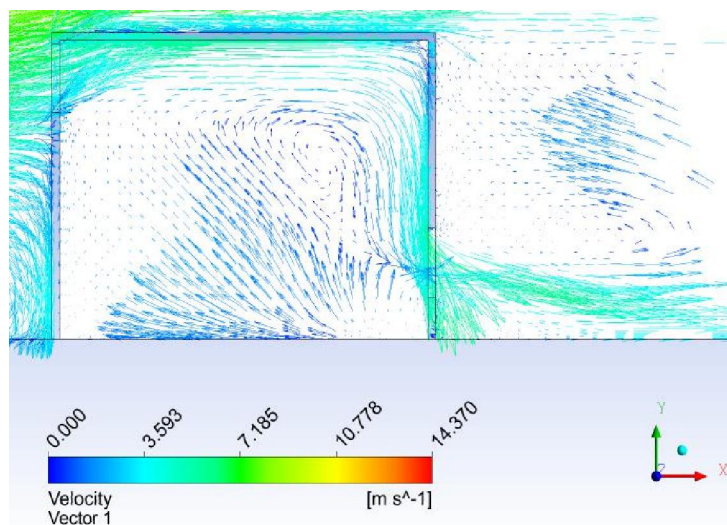


Figure 3. 14:vecteur de vitesse par logiciel ANSYS CFX (Post-pro).

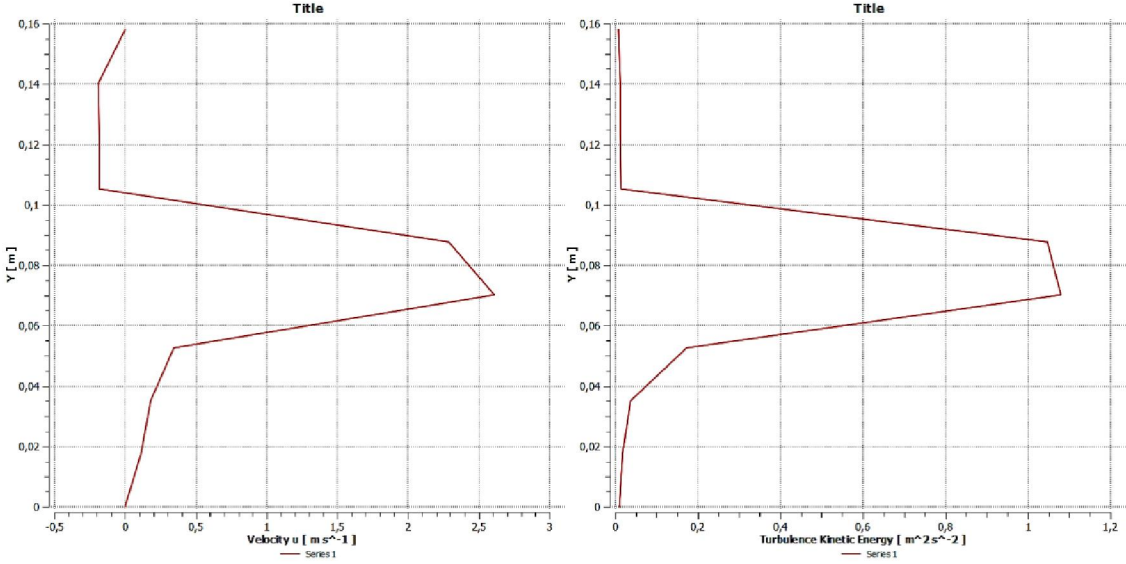


Figure 3. 15: Profil de vitesse et l'énergie cinétique turbulente par logiciel ANSYS CFX (Post-pro).

Chapitre 04

Résultats et discussion

4.1 Introduction :

Dans chapitre suivant, nous présenterons les résultats numériques de notre étude avec une discussion notamment, l'écoulement à l'intérieur de bâtiment avec des ouvertures de ventilation présentée sur cinq configurations en fonction de leurs positions : les ouvertures sur les parois verticales.

Nous présentons les résultats obtenus à l'aide du deux logiciels ANSYS ICEM CFD et ANSYS CFX. Les simulations ont été réalisées pour la prédiction des champs de l'écoulement turbulent. La partie dynamique, on a étudié le modèle de turbulence (k-).

4.2 Résultats et discussion

Dans ce chapitre, les résultats de l'étude de la ventilation de un bâtiment avec les cinq configurations sont présentés. La solution des équations de conservation sont obtenus par l'utilisation du logiciel ANSYS CFX en trois dimensions.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de la vitesse de soufflage à l'intérieur de la chambre et ainsi que l'effet de la position des ouvertures sur la qualité de la ventilation à l'intérieur de bâtiment.

La figure 4.1 montre une vue en coupe du contour de vitesse et de vecteur de vitesse moyenne sur un plan médian vertical pour la configuration (1), avec la surface $A_1 = A_2$. Dans ce plan, l'écoulement à travers le cube est dominé par un jet passant directement entre les ouvertures de ventilation alors qu'il existe des zones de déplacement plus lentes au-dessus et en dessous de la région de jet dominante. Lorsque le flux d'air entre dans le bâtiment, la vitesse est accélérée et dirigée vers le bas immédiatement après avoir traversé l'ouverture. Cet afflux descendant est attribué à l'emplacement de l'ouverture (à mi-hauteur du bâtiment) et au flux de recirculation en amont qui est clairement représenté sur la figure 4.1. L'air emprisonné dans le vortex ne pénètre pas dans l'entrée, cependant, l'air au-dessus et devant le vortex forme un courant descendant qui s'écoule dans l'ouverture. Près de la face au vent (entrée) se trouve une petite zone de recirculation formée sous le jet. Le flux ralentit dans la région centrale, la récupération de la vitesse se produisant plus près de l'ouverture sous le vent (sortie). En sortie, la vitesse est accélérée immédiatement après l'ouverture et le jet déchargé est induit vers le haut par la présence du flux de recirculation situé dans le sillage de l'immeuble. Certains des contrats de jet pour sortir par l'ouverture de sortie; cependant, une

partie du flux le plus rapide est dirigée vers l'intérieur de la face sous le vent au-dessus du jet. Ce flux atteint le sommet de la face sous le vent et est dirigé le long du toit où il se déplace à contre-courant du jet jusqu'à atteindre la face au vent où le flux est entraîné vers le jet.

Des schémas d'écoulement similaires représentés sur la figure 4.2 - sont observés pour la configuration (2). Cependant, pour cette configuration, l'écoulement descendant à l'entrée est plus prononcé et se produit à une distance plus courte de l'ouverture; alors le flux reste droit et il est dirigé vers le haut avant la sortie. La zone d'ouverture d'entrée effective est plus petite que la zone géométrique et également plus petite par rapport à la configuration (1).

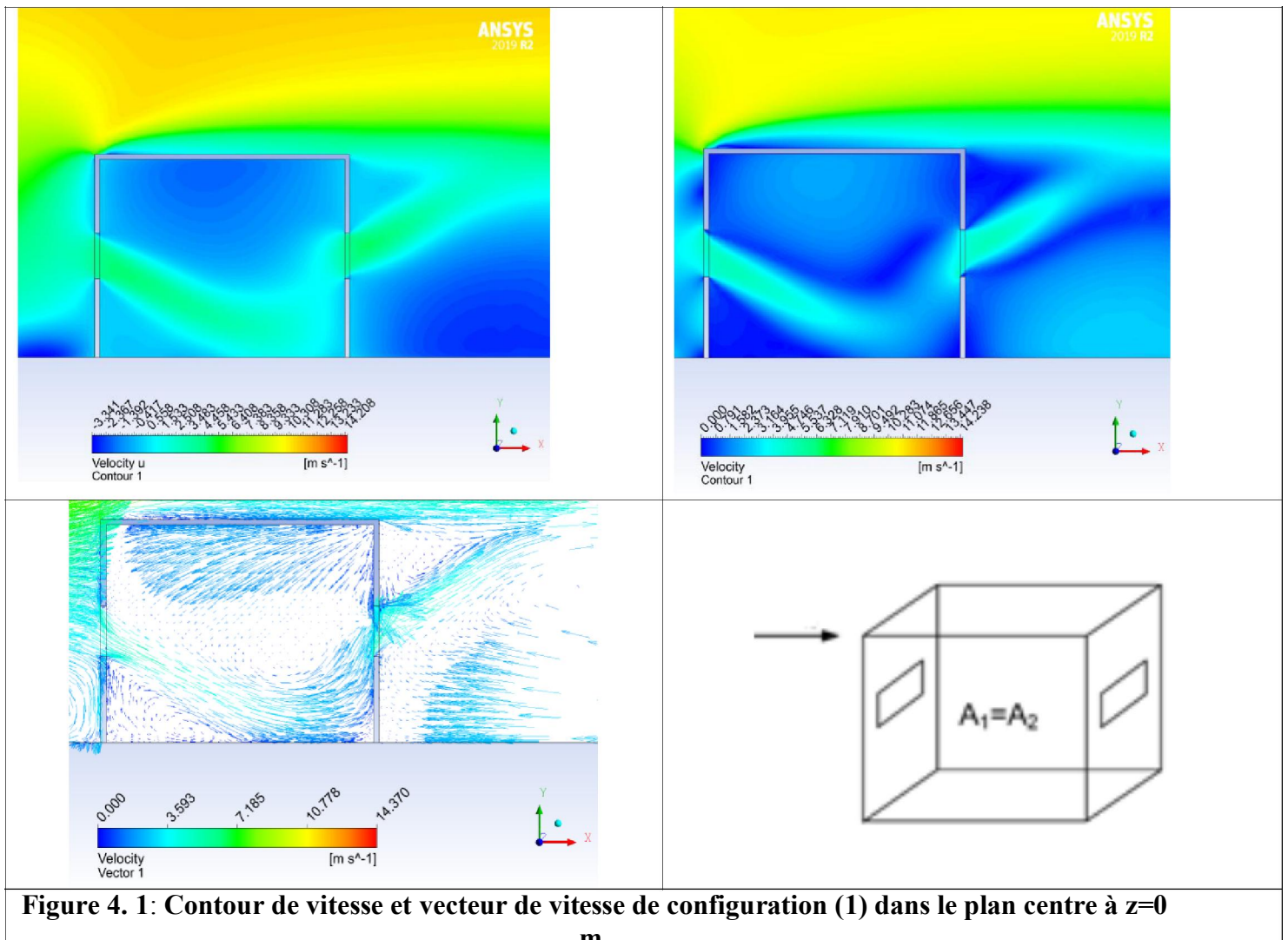
La figure 4.3 montre le contour de vitesse et les vecteurs de vitesse moyenne pour la configuration (3) (ouvertures au-dessus de la mi-hauteur du bâtiment). Lorsque le flux d'air pénètre dans le bâtiment, la vitesse est accélérée et légèrement dirigée vers le haut en raison du flux ascendant en amont qui est clairement représenté sur la figure 4.3. En sortie, la vitesse est accélérée et le jet déchargé suit une direction horizontale. Généralement, on observe presque un tube d'écoulement rectiligne reliant l'entrée et la sortie. La surface efficace de l'ouverture d'entrée est presque égale à la surface géométrique et elle est plus grande que celle des configurations (2) et (1). Dans la région à déplacement lent sous le jet dominant, il y a une région proche de la face sous le vent où une partie du flux se déplaçant plus rapidement est dirigé vers le bas. Ce flux atteint le fond de la face sous le vent et est dirigé le long du sol où il se déplace à contre-courant du jet jusqu'à atteindre la face au vent où le flux est entraîné vers le jet.

Les figures 4.4 et 4.5 montrent une vue en coupe du champ et vecteurs de vitesse moyenne sur un plan médian vertical et la figure 4.6 représenté une comparaison entre les cinq configurations dans trois positions, pour $A_1 = A_2$ et configurations (4) et (5) respectivement (ouvertures non symétriques). Le changement de direction d'écoulement est évident pour les deux configurations; il y a presque un écoulement vertical (vers le bas et vers le haut pour les configurations (4) et (5) respectivement) avant la sortie. Pour la configuration (4), la vitesse est accélérée immédiatement après la sortie et elle suit une direction descendante. Il est à noter que pour toutes les autres configurations (à l'exception de la configuration (3)), le débit moyen à la sortie est dirigé vers le haut du fait du champ d'écoulement de recirculation dans la région de sillage. Ainsi, on peut conclure que la direction de sortie dépend de l'emplacement de l'ouverture de sortie par rapport au champ d'écoulement externe, ainsi que de l'emplacement relatif des ouvertures d'entrée et de sortie (champ d'écoulement interne).

L'examen des figures 4.1-4.6 montre que le diamètre du tube d'écoulement est plus grand pour les configurations (3), (4) et (1) par rapport aux configurations (2) et (5). Pour la configuration A, la vitesse de l'air à l'intérieur de la pièce est élevée car le tube d'écoulement reste droit tandis que pour la configuration (4) la vitesse est plus faible car le débit doit changer de direction avant d'atteindre la sortie. Pour les configurations (2) et (5), la zone d'entrée effective est plus petite et le débit reste contracté jusqu'à ce qu'il atteigne l'ouverture de sortie, ce qui entraîne des vitesses d'air élevées. Pour la configuration (1), le jet est dirigé vers le bas immédiatement après l'entrée et se disperse également (grand diamètre du tube d'écoulement) résultant - pour la même zone d'entrée - à des vitesses d'air inférieures par rapport aux autres configurations.

4.3 Les Contours des vitesses et vecteurs des vitesses des configurations

Configuration 01:



Configuration 02:

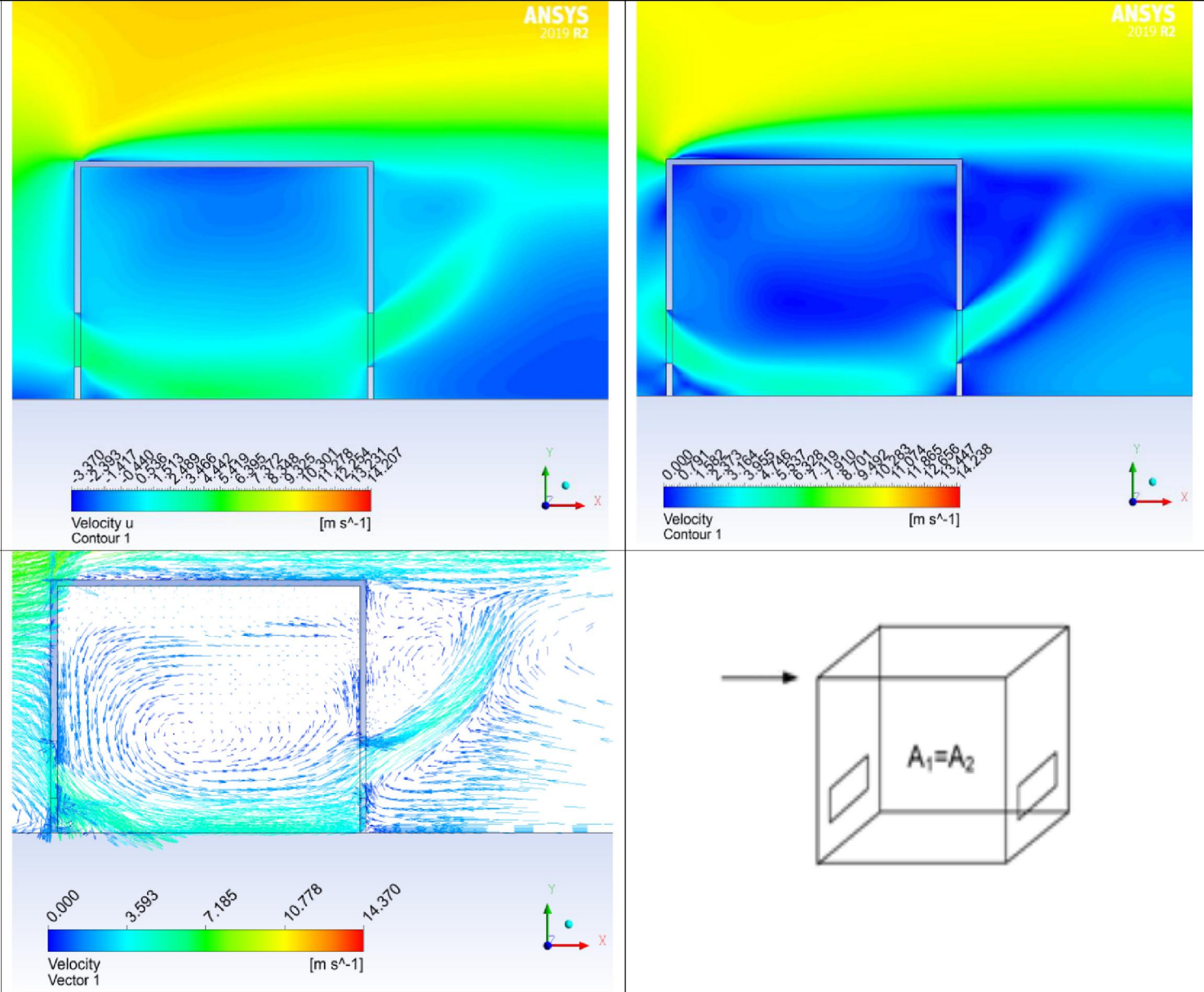


Figure 4. 2: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (2) dans le plan centre à z=0 m.

Configuration 03:

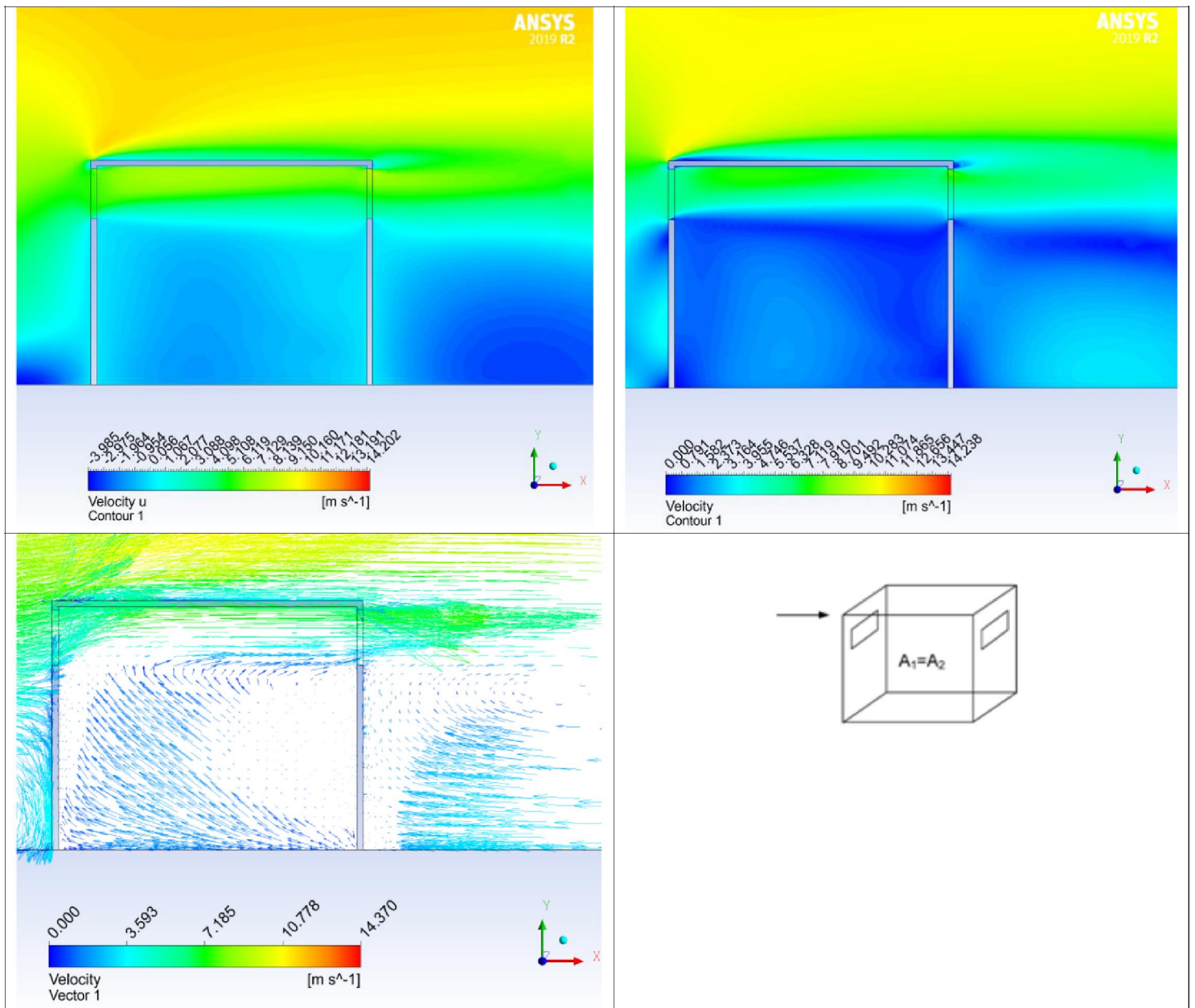


Figure 4. 3: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (3) dans le plan centre à $z=0$ m.

Configuration 04:

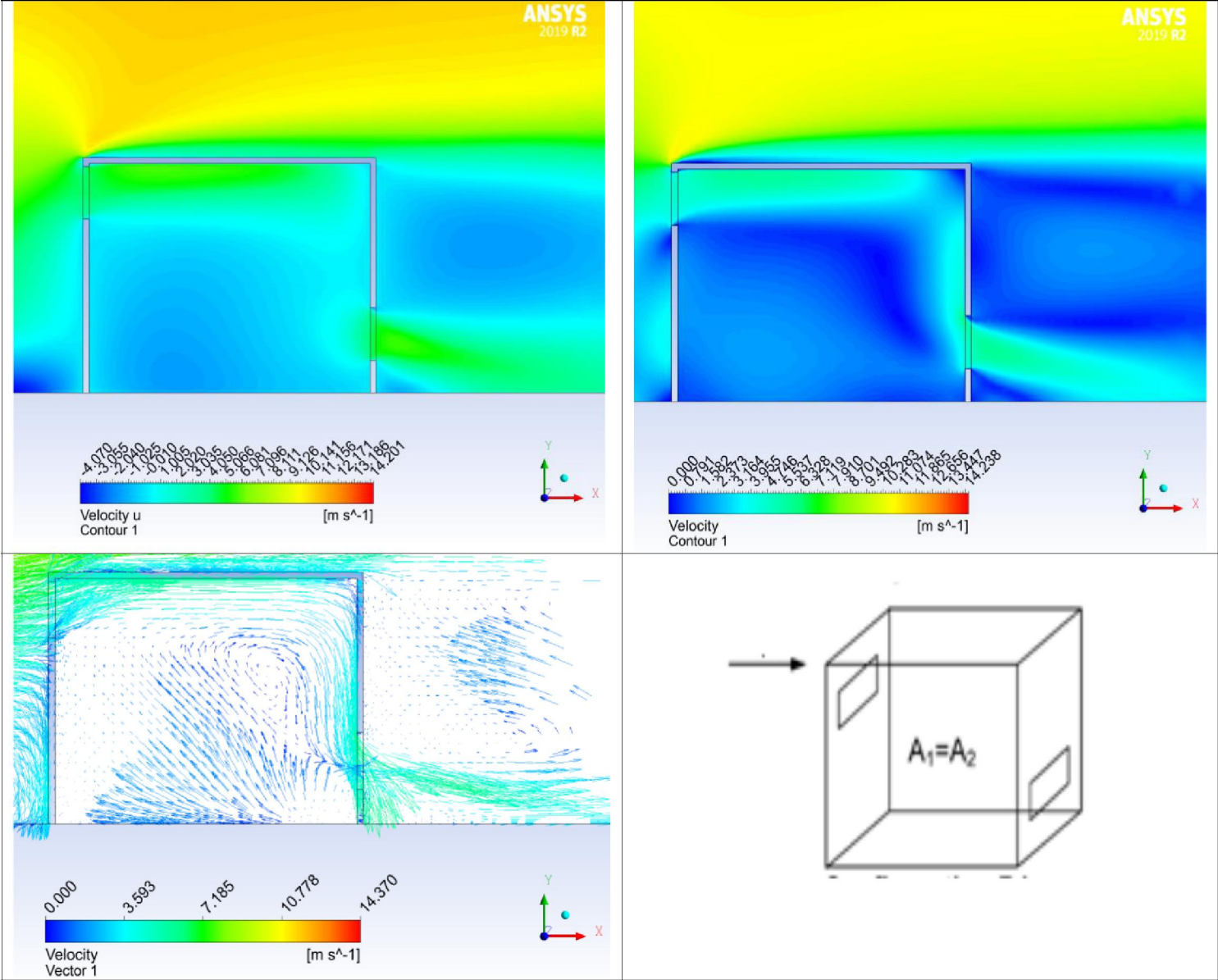


Figure 4. 4: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (4) dans le plan centre à z=0 m.

Configuration 05:

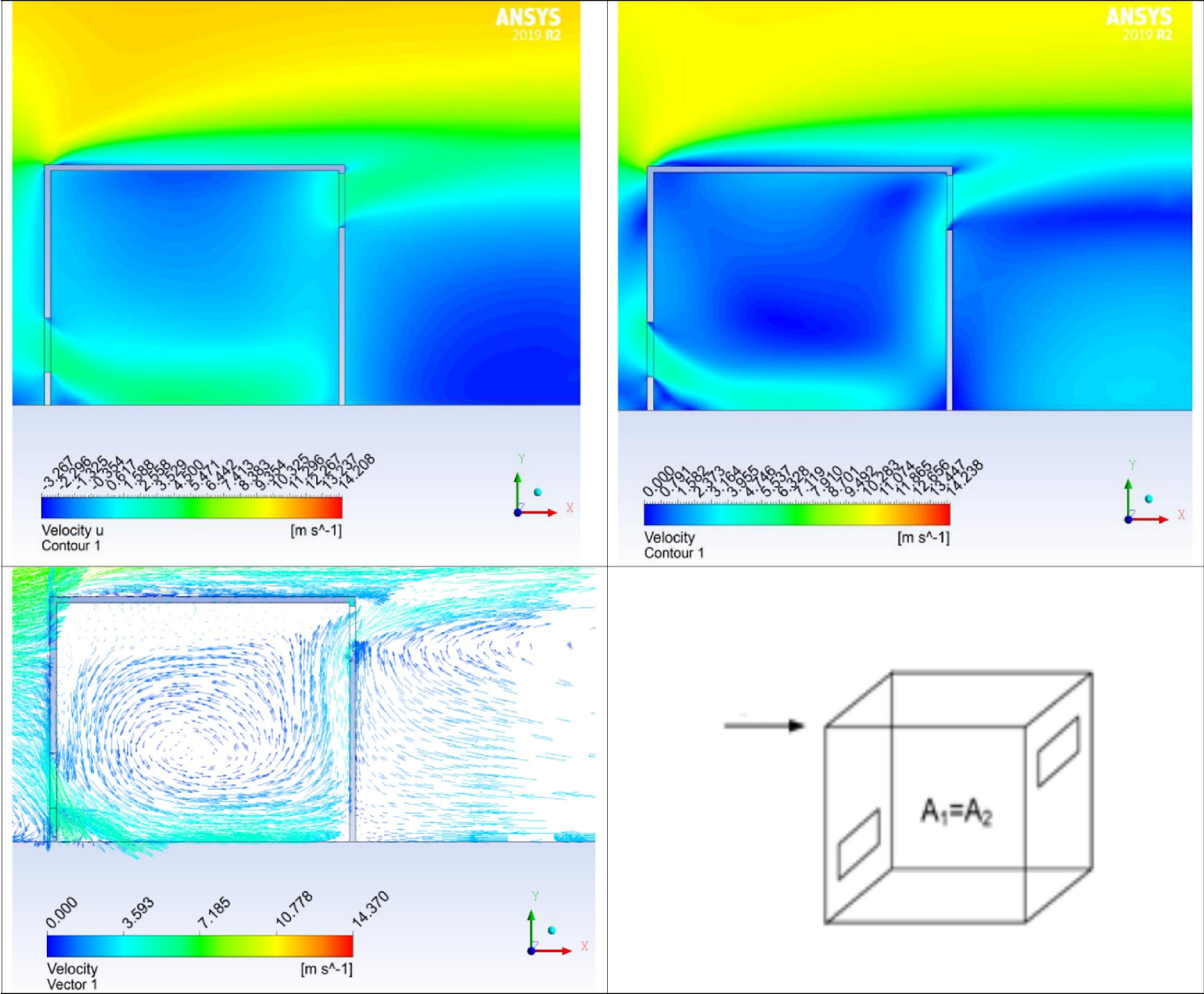


Figure 4. 5: Contour de vitesse et vecteur de vitesse de configuration (5) dans le plan centre à $z=0$ m.

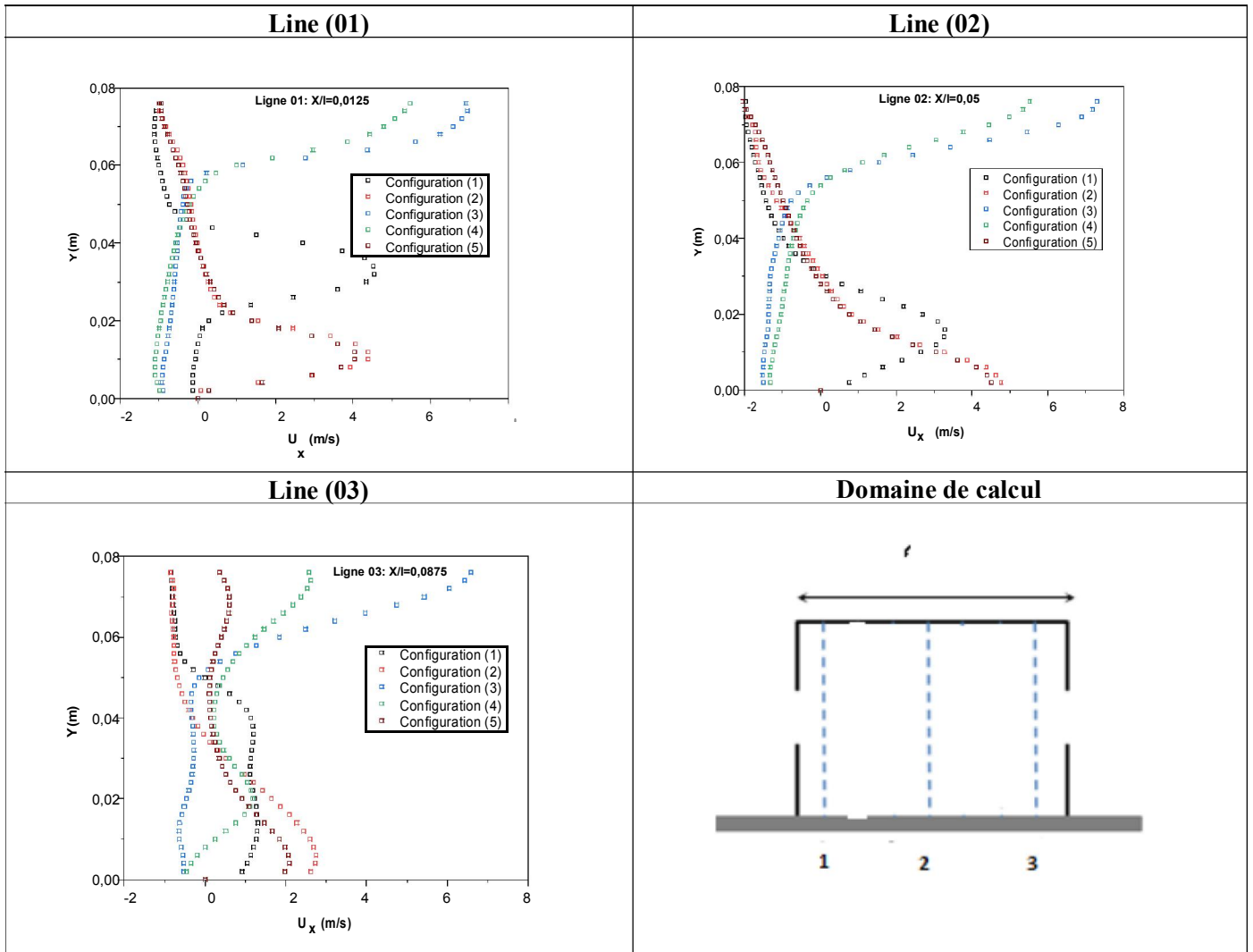


Figure 4. 6: Comparaison entre quatre configurations les profils verticaux de vitesse (U_x) dans trois lignes; (01) $x/l= 0.0125$ m, (02) $x/l=-0.05$ m, et (3) $x/l= 0.0875$.

La figure 4.7 fournit une comparaison de l'énergie cinétique turbulente (TKE) le long de trois positions sur le plan central du bâtiment, cette comparaison montre une sous-estimation de TKE en particulier au-dessous et au-dessus de la région du jet (la région centrale), cela peut être dû à l'incapacité des modèles de deux équations tels que k- ϵ dans leur modélisation des caractéristiques d'écoulement transitoire sur le modèle d'écoulement résolu. Notez que dans la région du jet où les phénomènes de transition ne sont pas majoritaires et où le flux est caractérisé par une direction principale, les valeurs de l'énergie cinétique turbulente atteignent les mesures correspondantes et cela montre un bon accord, en particulier aux positions de la première ligne (x / l égal à 0,0125, 0,05 et 0,0875).

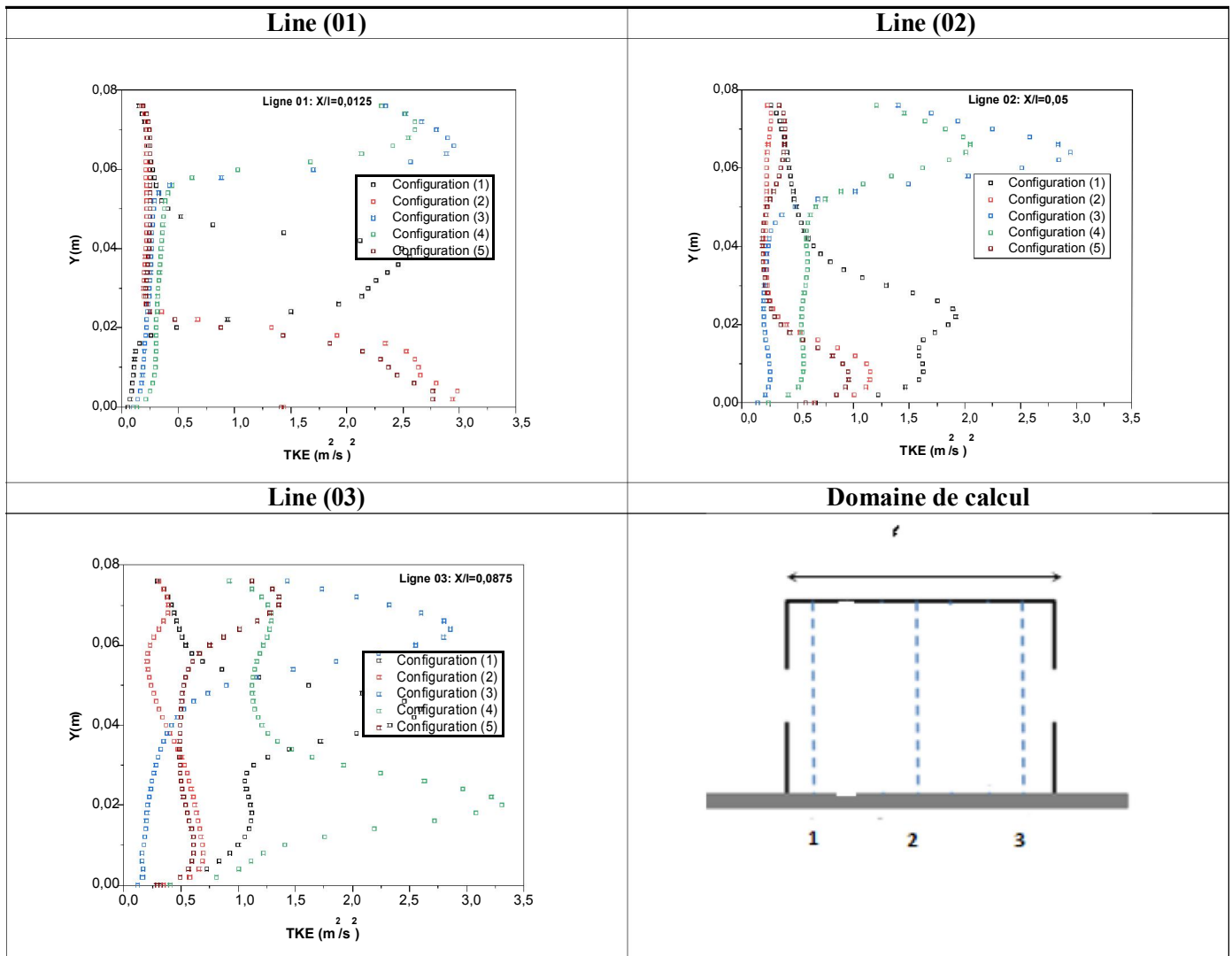


Figure 4. 7: Comparaison entre quatre configurations les profils verticaux de l'énergie cinétique turbulente (TKE) dans trois lignes; (01) $x/l=0.0125$ m, (02) $x/l=-0.05$ m, et (3) $x/l=0.0875$.

conclusion

Le modèle d'orifice prédit le débit de ventilation avec une précision raisonnable pour les configurations 3 (ouvertures situées au-dessus des murs au vent et sous le vent; à 57 mm du sol) et 1 (ouvertures situées au milieu des murs au vent et sous le vent; à 40 mm de le sol).

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire porte sur l'étude des performances de ventilation naturelle d'un bâtiment générique isolé au vent fenêtré et différences échangeurs de vent. Nous avons utilisé le modèle de turbulence k- dans cette étude. La modélisation mathématique de ce problème physique est basée sur les équations de conservation de masse et de la quantité de mouvement. Des hypothèses simplificatrices ont été introduites et justifiées afin de simplifier le système des équations utilisées pour la configuration étudiée : Ventilation croisée du bâtiment a travers deux ouvertures. La résolution numérique de ce dernier est effectuée par la méthode des volumes finis et la simulation numérique a été effectuée avec deux logiciel ANSYS ICEM CFD et ANSYS CFX. L'examen des résultats en 3-D peuvent être résumés comme suit :

Les résultats du champ d'écoulement moyenné dans le temps ont été présentés et utilisés pour l'analyse de la structure d'écoulement de diverses configurations de ventilation croisée. Il a été montré que l'écoulement dans les bâtiments à ventilation croisée est complexe, en particulier à proximité des entrées et des sorties où se produisent une accélération ou une décélération soudaine (grands gradients de vitesse).

Le modèle d'orifice prédit le débit de ventilation avec une précision raisonnable pour les configurations 3 (ouvertures situées au-dessus des murs au vent et sous le vent; à 57 mm du sol) et 1 (ouvertures situées au milieu des murs au vent et sous le vent; à 40 mm de le sol). Pour les mêmes configurations (3 et 1), l'équation de l'orifice sous-estime le débit si l'une des ouvertures d'entrée ou de sortie couvre plus de 10% de la surface de la paroi. Le débit de ventilation pour la configuration 2 (ouvertures situées en bas de murs au vent et sous le vent; à 20 mm du sol) est considérablement plus faible par rapport aux configurations 3 et 1 pour tous les cas considérés. L'emplacement relatif d'entrée et de sortie (l'un par rapport à l'autre et par rapport à la direction du vent) et le rapport entrée / sortie sont des paramètres très importants à prendre en compte, en plus de la porosité des parois pour évaluer le débit d'air dans les bâtiments -ventilation.

Références bibliographiques:

- [1] **Karava Panagiota**, Air flow Prediction in Buildings for Natural Ventilation Design: Wind Tunnel Measurements and Simulation. Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, Montreal Quebec.
- [2] **Karava Panagiota et les autres**, Air flow assessment in cross-ventilated buildings with operable façade elements, *Building and Environment*. Volume 46 (2011) 266-279.
- [3] **Robert N. Meroney**. CFD Prediction of Airflow in Buildings for Natural Ventilation. *Energy and Buildings*, université Colorado, (2009).
- [4] **Chia-Ren Chu et Yu-Wen Wang**, The loss factors of building openings for wind-driven ventilation, université Taiwan, (2010).
- [5] **Chia-Ren Chu et Bo-Fan Chiang, Chu C-R, Chiang B-F**, Wind-Driven Cross Ventilation in Long Buildings, *Building and Environment* (2014).
- [6] **YOSHIHIDE Tominaga et autres**, Wind tunnel experiments on cross ventilation flow of a generic building with contaminant dispersion in unsheltered and sheltered conditions, *Building and Environment*, Volume : 92 (2015) 452-461.
- [7] **KATARINA Kosutova et autres**, CFD analysis ventilative cooling in a generic isolated building equipped with ventilation louvers, *Healthy Buildings Europe, 2015* (18-20 May 2015 Eindhoven, the Netherlands), (2015).
- [8] **Shahram Derakhshan & Ahmad Shaker**, Numerical study of the cross-ventilation of an isolated building with different opening aspect ratios and locations for various wind directions, *International Journal of Ventilation*. (2016).
- [9] **Sahebbilal et Larab Nasreddine**, Etude et simulation de ventilation d'un local, mémoire de Master, Université de Bouira (2018).
- [10] **MOHAMMADREZA Shirzadi and autres**, Wind tunnel experiments on cross-ventilation flow of a generic sheltered buildings in urban area, *Building and Environment*, Volume : 158 (2019) 60-72.
- [11] **MOHAMMADREZA Shirzadi and autres**, Experimental and steady-RANS CFD modelling of cross-ventilation in moderately-dense urban area, *Sustainable Cities and Society*, DOI : <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101849> (2019).
- [12] **Pierre Lajoie, M.D.**, Jean-Marc Leclerc, biol., Marion Schnebelen, E.N.T.E.S. (2006). ventilation bâtiments d'habitation : Impacts sur la santé respiratoire des occupants :

Références bibliographiques

(<https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/490-VentilationBatimentsHabitation.pdf>,page 3

[13] **Guillaume, B.**,(mai 2012), Fiche n° 3 :La ventilation dans les bâtiments,
([http://www.nouvellequitaine.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/D_BROCHURE_VE
NTILATION.pdf](http://www.nouvellequitaine.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/D_BROCHURE_VE
NTILATION.pdf) ,page 2)