

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
CENTRE UNIVERSITAIRE EL WANCHARISSI DE TISSEMSILT  
INSTITUT DES SCIENCES & TECHNOLOGIES

Visa du chef de département des  
Sciences et Technologies

Signature:.....

Date:.....

## Etude de la ventilation dans la cour d'un bâtiment clôturé

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme

de Master académique

en «**Installations Energétiques**»

Encadreur: Dr. BENLEFKI Abdelkrim

Signature: .....

Date: .....

Réalisé par :

Étudiant : FATHI Halima

Signature : .....

Date : .....

Membres du jury.

Dr.MOSETEFA Kouider	MCB	Président.
Dr.OUDRANE Abdelatif	MCB	Examineur.
Dr. BENLEFKI Abdelkarim	MCB	Encadreur.

## Remerciement

Nous remercions tout d'abord notre seigneur « ALLAH » Soub-haanahou-Wataala de nous avoir accordé la chance, la santé et le courage tout au long de ce travail, le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.

En premier lieu, je tiens à remercier Monsieur « Dr. BENLEFKI Abdelkrim », maître de conférences au centre universitaire de Tissemsilt, qui m'a orienté et dirigé au cours de ce modeste travail et m'a fait découvrir le monde passionnant de la recherche et avec qui j'ai eu le plaisir de mener tous nos travaux de mémoire. Sa disponibilité et son assistance tout au long de la préparation de ce mémoire.

Je souhaite également faire part de mes reconnaissances à tous les enseignants.

Un grand merci également à l'ensemble du personnel pédagogique, technique et administratif du département, principalement mes condisciples lors de la formation.

Je tiens à exprimer mes profonde gratitude à toutes celles et ceux qui m'ont apporté leur soutien, leur amitié ou leur expérience tout au long de ce travail de mémoire.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce document

En fin je ne pourrais terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de mes enseignants qui sont à l'origine de tout mon savoir.

## Dédicace

Je dédie ce mémoire de fin d'étude, fruit de mes années d'instructions A:

Ma chère mère et mon honorable père pour leur soutien, leur aide

Leur patience et leur amour.

A mon très cher frère.

A mes très chères sœurs.

A tous mes enseignants chacun par son nom

Toute ma famille FATHI

Mes tantes, oncles, cousins, cousines,

Tous mes amis

A tous mes collègues : K. Aouane, F. Mansouri, F. Hassene. N.Chriat, A.Bared.

A chaque personne qui m'a aidée.

A toute personne ayant participé de près ou de loin à mon épanouissement.

Toi cher lecteur.

## SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Liste des figures et des tableaux

Nomenclature

**Chapitre 1 : Introduction générale et étude bibliographique**

1.1- Introduction générale.....	10
1.2-étude bibliographie.....	10
1.3- Conclusion.....	11

**Chapitre 2 : La Formulation Mathématique et le(CFD)**

2.1-Introduction.....	14
2.2Définition de la turbulence.....	14
2.3-Modèles de turbulence.....	14
2.3.1-Les modèles classiques.....	14
2.3.2-Les modèles de simulation.....	15
2.3.2.1-Simulation numérique directe ou Direct Numerical Simulation (D N S).....	15
2.3.2.2- Simulation des grandes échelles ou Large Eddy Simulation Model (LE S)...	15
2.3.2.3- Reynolds Average Navier Stocks Equations (RANS).....	15
2.4-Méthode numérique.....	16
2.5-Le modèle k- $\epsilon$ .....	16
2.6- Le CFD (computationnel fluide Dynamics) .....	17
2.7-Le besoin de (CFD).....	17
2.8-L'utilisation de la CFD.....	18
2.8.1-Avantages de (CFD).....	19
2.8.2-Les inconvénients.....	19
2.9- Conclusion.....	19

**Chapitre 03 : étude de cas**

3.1-Introduction.....	21
3.2-Description du cas étudié.....	21
3.3- Présentation du meilleur 'Grid Mesh' ou GMS.....	22
3.3.1-Le module géométrie.....	23
3.3.2-Le module mesh.....	23
3.3.3- Le module post-traitement.....	24

3.4-La géométrie.....	24
3.4.1-La génération du maillage (2-D).....	25
3.4.2-La génération du maillage (3-D).....	25
3.5-Définition générale d'un maillage.....	26
3.6-Présentation du Code saturne.....	26
3.6.1-Définition.....	26
3.7-Logiciel SALOME.....	28
3.8-Résolution Numérique .....	28
3.9-Caractéristique du poste de travail.....	29
3.10- Conclusion.....	29
<b>Chapitre 04 : Résultats et discussions</b>	
4.1-Introduction.....	31
4.2-Validation.....	31
4.2.1-Interprétation graphique.....	31
4.3 Analyse et discussion des résultats.....	32
4.4-Les différents champs de l'écoulement.....	35
4.5-Conclusion.....	36
Conclusion générale.....	38
Bibliographie .....	39
Résumé.....	41

## LISTE DES FIGURES

Fig.1 : dimensions de bâtiments.....	22
Fig.2 : Fenêtre principale de Gmsh.....	23
Fig. 3 : Aspect du menu à chaque étape conduisant à la création d'un point par ouverture de la fenêtre contextuelle dédiée.....	23
Fig. 4 : Menu du module mesh.....	24
Fig. 5 : La géométrie.....	24
Fig. 6 : La génération du maillage (2-D) et Domaine de calcul.....	25
Fig.7 : La génération du maillage (3-D) et Domaine de calcul.....	25
Fig.8 : Interface graphique de Code Saturne.....	27
Fig.9 : Logiciel SALOME.....	28
Fig.10 : Différents profils CFD au milieu de la rue.....	31
Fig.11 : position de points 1,2 et 3.....	32
Fig.12 : Profile de vitesse avant le bâtiment (L=18H).....	32
Fig.13 : Profile de vitesse après des bâtiments (L=13H).....	33
Fig.14 : Profil de vitesse au centre de la cour du bâtiment point 3.....	34
Fig.15 : Profil de vitesse de la cour du bâtiment point1.....	34
Fig.16 : coupe verticale de champ de vitesse sur le plan qui passe par le point 1.....	35
Fig.17 : coupe verticale de champ de pression sur le plan qui passe par le point 1.....	36

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Les coordonné des points 1,2et 3.....	32
---	----

## NOMENCLATURE

Symbole	Dénomination	Unités
P	Pression de l'air	Pa
$\rho$	La masse volumique du fluide	kg/m <sup>3</sup>
g	L'accélération de la pesanteur	m/s <sup>2</sup>
u	La vitesse moyenne	m/s
$\mu_t$	La viscosité dynamique turbulente	kg/ms
$\sigma_k$	est le nombre de Prandtl-Schmidt turbulent associé à K	
V	Volume d'une cellule	m <sup>3</sup>
$u_i$	Composante de vitesse fluctuante suivant la direction i	m/s
$x_i$	Coordonnées	
$C_\mu$	Constante de turbulence (modèle k- $\epsilon$ )	
$\nu_t$	Viscosité cinématique turbulente (m	m <sup>2</sup> /s
2D	Bidimensionnelles	
3D	Tridimensionnel L	
$\epsilon$	Taux de dissipation de l'énergie cinétique turbulente	m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>
$\tau$	Contrainte	
i; j; k	Indices de discrétisation du temps et de l'espace	
x, y, z	Coordonnées cartésiennes dimensionnelles	m.s <sup>-1</sup>
L	Largeur	m
K	Energie cinétique de la turbulence	m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>
H	Hauteur de bâtiment	m

## Abréviations

$R_b$  : le nombre de bulk Richardson

$Re$  : le nombre de Reynolds

K- $\varepsilon$  : modèle de Turbulence

R S M: Reynolds stress model.

A S M: Modèle algébrique

CFD: Computational fluid dynamics

RANS: Reynolds averaged Navier Stokes

DNS: Direct Numerical Simulation

EDF : Electricité De France

LES : Large Eddy Simulation

EDP : Équation aux dérivées partielles

CAO : Conception assistée par ordinateur

# **Chapitre 1**

## **Introduction générale et étude bibliographique**

## 1.1- Introduction générale

L'écoulement est un phénomène naturel, il représente le déplacement d'un fluide d'une zone haute pression à une autre basse pression, dans les écoulements à grande échelle (atmosphérique) la direction de cet écoulement est modifiée par la force de Coriolis, il est généralement caractérisé par un régime turbulent et même fortement turbulent (La dynamique des fluides). Le domaine d'application des écoulements turbulents est très vaste, et il peut être étalé d'une échelle microscopique tel que les écoulements dans les installations industrielles (canalisation, équipement statiques et turbomachines .....ect.) à une échelle macroscopique présenter par des écoulements atmosphériques.

L'étude présentée dans ce travail consiste à étudier le comportement dynamique d'un écoulement autour d'un bâtiment de forme particulière à une échelle moyenne (ni macroscopique ni microscopique) dite une échelle submeso. Dans le présent chapitre une étude bibliographique a été réalisée en s'appuyant sur plusieurs études et travaux numériques et expérimentales réalisés dans ce domaine d'application.

## 1.2- étude bibliographie

**Uehara et al [1]** : Dans ce travail les auteurs ont étudié expérimentalement l'effet de la température des parois sur le comportement dynamique d'un écoulement autour des bâtiments. Le paramètre qui a été changé est le nombre de bulk Richardson ( $R_b$ ), ce dernier a été varié de 0.79 à - 0.21 pour un régime fortement turbulent caractérisé par un nombre de Reynolds  $Re=4000$ , passant par le 0 qui représente l'état neutre de la situation thermodynamique quand la température des parois est constante. Dans la discussion des résultats les auteurs ont montré que le  $R_b$  influe proportionnellement sur la dynamique de l'écoulement autour du bâtiment. Les résultats de ce travail expérimental ont été pris comme référence pour le présent travail, particulièrement l'état neutre de la situation thermique (les températures des parois sont constantes), où on a fait une comparaison graphique quantitative du profil de la vitesse en fonction de la hauteur.

**Cheng et al [2]** : les auteurs dans ce travail ont utilisé la simulation numérique est plus précisément la simulation des grandes échelles (Lang Eddy Simulation LES) pour étudier la dispersion de polluant dans une Street canyons en deux dimensions (2D), passant par une étude dynamique et thermique, Les résultats de ce travail ont été validés aussi par les résultats de Cheng et al 2000 dans leur partie dynamique. Puis une analyse taillée a été entamée par la démonstration des champs des flux turbulents de qualité de mouvement et les profils de des flux en fonction de  $H$ , en suite il a présenté les champs de la concentration du polluant sur le plan vertical du la Street canyons. Les résultats dynamiques ont notre travail.

**Yong et al [3]**: Dans leur travail, les auteurs ont étudié l'impact de différentes configurations de bâtiment avec des taux dimensionnels différents sur la ventilation et la dispersion d'un gaz entre

les bâtiments. Le résultat a été basé sur la présentation de la distribution de la concentration pour les différentes configurations avec la variation de la hauteur des bâtiments d'un part et d'autre part la variation de distance entre le bâtiment.

**XiaominXie et al. [4]** Les auteurs fournissent dans ce travail une simulation des émissions de gaz d'échappement des véhicules dans un street canyon dans un environnement urbain. Standard, (RNG) et (Chen – Kim), (k- $\epsilon$ ). Les modèles de turbulence sont comparés avec les données mesurées en soufflerie pour l'optimisation du modèle de turbulence. Dans la première approche, ils ont étudiés l'effet des différentes formes de toit et des structures de bâtiment ambiantes. Les résultats indiquent que la dynamique du vortex dans le canyon (par exemple, l'orientation du vortex) et les caractéristiques de la dispersion des polluants dépendent fortement des formes du toit et des structures du bâtiment. Une deuxième série de calculs pour une simulation en trois dimensions de la configuration du la canyon a été effectuée pour étudier l'influence de la géométrie du bâtiment sur la dispersion des polluants. La validation du modèle numérique a été évaluée à l'aide d'une vaste base de données expérimentales obtenue à partir de la soufflerie atmosphérique à l'Institut météorologique de l'Université de Hambourg, Allemagne (étude sur différentes géométries de toit dans un environnement urbain simplifié, 1995). Les études démontrent que les formes des toits, les configurations des bâtiments ambiants et les géométries des bâtiments sont des facteurs importants qui déterminent les régimes d'écoulement et la dispersion des polluants dans le canyon.

**Gromke et Ruck [5]** Dans cette publication les auteurs ont effectué des mesures de champ et de concentration dans un modèle idéal d'un canyon urbain avec une rangée d'arbres disposés le long de l'axe central. Le modèle a été installé dans une soufflerie à couche limite atmosphérique et le flux d'approche a été dirigé perpendiculairement à l'axe de la Street. Une source de ligne intégrée au bas de la rue a été utilisée pour libérer le gaz suivant un traceur d'émissions d'échappement du trafic. . La turbulence induite par le trafic a été simulée par des courroies rotatives avec des plaques minces. Les concentrations ont été mesurées sur les façades de la rue. Pour les couronnes de petits arbres, seuls de faibles changements de concentration ont été mesurés, mais l'augmentation du diamètre de la couronne a entraîné une augmentation des concentrations dans le mur sous le vent, associée à une réduction des concentrations locales au mur exposé au vent. Dans certains cas, une variation de la hauteur du tronc a conduit à une modification du schéma de concentration sur les parois. L'augmentation de l'espacement des arbres a entraîné une diminution notable de la concentration.

**Chabni et al. [6]** ont étudié la dynamique des écoulements et la dispersion des concentrations en utilisant la méthode de simulation grands tourbillons pour étudier l'influence du débit instantané sur le champ de concentration. De plus, la méthode LES a été utilisée en particulier pour étudier les caractéristiques bidimensionnelles du champ de concentration établi

pour les débits perpendiculaires à la rue avec les émissions libérées près du plancher de la rue par les véhicules à moteur. Les résultats ont montré que, pour une rue avec  $D/H = 2$ , où  $D$  est la largeur de la rue et  $H$  est la hauteur du bâtiment, les solutions statistiques moyennes présentent deux tourbillons contrarotatifs. La concentration dans la région sous le vent du canyon, comparée à celle du vent, est significative lorsque le vent est perpendiculaire à l'axe du canyon.

**Jiang et al. [7]** ont mené une enquête sur la dispersion des flux et des polluants dans un canyon urbain avec des bâtiments et des tours parallélépipédiques par simulation numérique et expériences de réservoirs d'eau. Deux types de géométrie de canyon ont été testés. Les études ont indiqué que dans un canyon à crêtes progressives (bâtiments plus élevés du côté aval du canyon), la hauteur et la forme des bâtiments inférieurs en amont jouent un rôle important dans la répartition des flux et des polluants, tandis que dans un canyon à encoches (bâtiments inférieurs en aval), les bâtiments inférieurs en aval ont peu d'influence; La substitution de hautes tours à des bâtiments en forme de parallélépipède d'un côté du canyon peut améliorer la ventilation des rues et réduire la concentration de polluants émis par les véhicules à moteur.

### 1.3- Conclusion

Dans ce chapitre ont a présenté une étude bibliographique de quelques chercheurs qui ont été réalisées leurs études sur la dynamique des fluides ou bien le mouvement de l'air et l'effet de la forme et la caractéristique des bâtiments sur la dynamique de l'écoulement, pour prendre une idée sur le confort dynamique et la ventilation et le renouvellement de l'air les zones habitées, vue à l'intérêt de ces derniers sur la santé.

# **Chapitre 2**

## **La Formulation Mathématique et le(CFD)**

## 1.1-Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les modèles numériques utilisés dans l'étude des écoulements turbulents compressibles et présente en détail l'approche CFD que nous avons appliqué pour la simulation de l'écoulement. Après avoir rappelé les équations de base ainsi que les diverses modélisations possibles, nous présenterons quelque modèles de turbulence.

## 2.2-Définition de la turbulence

La turbulence est une propriété d'un écoulement, non du fluide utilisé. Il n'existe pas de véritable définition de la turbulence car il est difficile de définir la turbulence par des critères simples. On la caractérise par ses propriétés.

La turbulence apparaît lorsque la source d'énergie qui met le fluide en mouvement est suffisamment intense devant les effets visqueux que le fluide oppose pour se déplacer. Une possibilité consiste à qualifier un écoulement de turbulent dès que le champ de vitesse présente un caractère chaotique (absence de toute périodicité) dans l'espace ou le temps.

Mais il existe des écoulements "déterministes" qui présentent des caractères chaotiques, comme ceux dans les turbomachines. Le caractère aléatoire de l'écoulement n'est qu'une des facettes de la turbulence. Il impose de traiter les écoulements turbulents par des méthodes statistiques. Quand l'écoulement est turbulent, les grandeurs physiques macroscopiques (vitesse, pression) varient de façon rapide et aléatoire. [8]

le nombre de Reynolds est défini par l'équation :

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu} \quad (1)$$

## 2.3-Modèles de turbulence

Un modèle de turbulence est un procédé de calcul utilisé pour fermer le système d'équations de l'écoulement moyen, de sorte à pouvoir résoudre une plus grande variété de problèmes rencontrés dans la pratique. Il doit pouvoir capter toutes les informations nécessaires pour pouvoir décrire l'écoulement. Pour qu'un modèle de turbulence soit utile dans un code de calcul CFD d'usage général, il doit pouvoir résoudre une large multitude de problèmes (applications) tout en étant précis, simple et économique. Parmi les modèles de turbulence existants on peut citer :

### 2.3.1-Les modèles classiques

- Modèle à zéro équation, ou à longueur de mélange (mixing length model).
- Modèle à une équation.
- Modèle à deux équations (k-ε model).
- Modèle des tenseurs de Reynolds (R S M).
- Modèle algébrique (A S M).

## **2.3.2-Les modèles de simulation**

### **2.3.2.1. Simulation numérique directe ou Direct Numerical Simulation (D N S)**

Résoudre directement le système d'équations de Navier-Stokes instationnaires, tridimensionnelles par la voie numérique. Cette résolution consiste à faire un calcul direct du mouvement turbulent pour capturer toutes les échelles, notamment les plus petites (les échelles dissipatives), et faire ensuite un traitement statistique sur les solutions obtenues. Actuellement, les simulations numériques directes sont limitées aux cas simples avec des nombres de Reynolds relativement modestes. Malgré leur nombre assez limité, les simulations numériques directes permettent cependant d'apporter des indications intéressantes quant à la validité des modèles de turbulence existants.

### **2.3.2.2- Simulation des grandes échelles ou Large Eddy Simulation Model (L E S)**

La LES résout les équations pour les grandes échelles de l'écoulement en ne modélisant que les mouvements à petites échelles. Le temps de calcul est significatif, mais cette technique de calcul est moins onéreuse que la DNS. L'idée maîtresse de ces simulations est d'identifier, par la résolution directe, les caractéristiques de grande taille de l'écoulement en modélisant que des mouvements de petite échelle. Pour tenir compte des phénomènes de taille inférieure à celle de maille, il faut utiliser un modèle de sous maille, le plus couramment utilisé est celle de Smagorinsky en 1963, qui repose sur une hypothèse de longueur de mélange. La méthode LES nécessite l'emploi des techniques numériques très précises, sans viscosité numérique et sans dissipation [9]

### **2.3.2.3- Reynolds Averaged Navier Stocks Equations (RANS)**

Cette méthode est basée sur l'approche moyennée des équations de Navier Stokes. Les équations moyennées de Navier-Stokes (RANS) représentent les équations de transport pour les grandeurs moyennes de l'écoulement seulement, avec une modélisation de toutes les échelles de turbulence. Les termes faisant intervenir les fluctuations sont soit modélisés, soit calculés en utilisant des équations de transport. Les termes inconnus supplémentaires introduits doivent être modélisés pour assurer la fermeture du système [10].

Ce type d'approche (RANS) est couramment utilisé pour des applications industrielles à cause de son faible coût de calcul et de l'adéquation entre le niveau d'approximation et les résultats attendus. RANS est obtenue en moyennant en temps la continuité et les équations de Navier-Stokes régissant l'écoulement incompressible visqueux [11].

Dans le cas d'un fluide incompressible, les équations de continuité et de conservation de la quantité de mouvement s'écrivent [12].

Equation de continuité (conservation de la masse) :

$$\frac{\partial U_j}{\partial X_j} = 0 \quad (2)$$

Equations de quantité de mouvement (Navier Stokes) :

$$\rho \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_j} (u_i u_j)}_1 = - \underbrace{\frac{\partial p}{\partial x_i}}_2 + \underbrace{\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}}_3 + \underbrace{\rho g_i}_4 \quad (3)$$

1 : terme convectif.

2 : effet de la pression.

3 : terme diffusif.

4 : effet de la pesanteur (le terme est négligeable dans notre cas).

## 2.4-Méthode numérique

Lors d'études numériques en mécanique des fluides, ce sont les équations de Navier Stokes qui sont modélisées. De nombreuses méthodes existent pour résoudre ces équations à l'aide de techniques numériques.

Les méthodes numériques les plus utilisées sont :

- La méthode des différences finis.
- La méthode des éléments finis.
- La méthode des volumes finis.

## 2.5-Le modèle k-ε

Le modèle k-ε est un modèle de fermeture à deux équations de transport [13], l'une pour le transport de l'énergie cinétique turbulente  $k$  et l'autre pour le taux de dissipation turbulente de l'énergie notée  $\varepsilon$ . Le modèle k-ε est encore maintenant le plus utilisé des modèles de turbulence, en particulier dans "le monde industriel", de par sa simplicité de mise en œuvre, sa robustesse et son faible coût en matière de calcul numérique.

$$\rho u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} - \rho \varepsilon + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (4)$$

Où  $\mu_t$  La Viscosité turbulente, et  $\sigma_k$  est le nombre de Prandtl-Schmidt turbulent associé à  $K$

$$\mu_t = \rho V_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (5)$$

Avec :  $C_\mu = 0.09$

Où  $k$ , l'énergie cinétique turbulente moyenne par unité de masse, joue le rôle d'une pression turbulente due aux mouvements d'agitation. Elle est définie par :

$$k = \frac{1}{2} \overline{\sum(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2)} \quad (6)$$

Le taux de dissipation  $\varepsilon$  de l'énergie cinétique  $k$  est donné par :

$$\varepsilon = V \overline{\frac{\partial u_i}{\partial x_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j}} \quad (7)$$

## 2.6- Le CFD (computationnel fluide Dynamics)

Avec le développement de la mécanique des fluides et des méthodes numériques, les techniques de Dynamique des Fluides Numérique connues sous l'acronyme CFD (Computational Fluid Dynamics) sont devenues des outils très attractifs pour la prédiction des écoulements fluides dans de nombreux domaines de l'ingénierie, et ceci depuis le début des années 1970. Chen et coll. 2002 ont présenté les instructions qui doivent être suivies lors de l'application du CFD. Ces instructions incluent la vérification, la validation et l'analyse des résultats obtenus selon les aspects suivants :

- Les modes de transfert de chaleur
- Les modèles de turbulence
- Les méthodes numériques
- La conformité aux prédictions

Dès lors, ces techniques ont été employées pour l'analyse des écoulements d'air à l'intérieur des bâtiments. En effet elles ont l'attrait d'être beaucoup plus flexibles et moins onéreuses que les techniques expérimentales traditionnelles pour la description détaillée de la distribution spatiale et temporelle des grandeurs physiques de l'écoulement qui sont la vitesse d'air, la température, les concentrations en humidité ou polluant, etc.[14].

L'approche CFD détermine les caractéristiques d'un écoulement par la résolution des équations de NAVIER-STOKES [Bellache et coll 2004]. Cette technique requiert un maillage du domaine suffisamment fin pour capturer l'énergie produite ou dissipée par les plus petits tourbillons présents dans l'écoulement. De ce fait elle s'avère très coûteuse en termes de temps de calcul.

Plusieurs logiciels de calcul CFD existent sur le marché et sont utilisés soit par les équipes de recherche soit par l'industrie. Parmi ces logiciels on peut citer FLUENT et PHOENICS.

## 2.7-Le besoin de (CFD)

Appliquer les lois fondamentales de la mécanique à un fluide donne les équations qui gouvernent le fluide. La conservation de l'équation de masse est:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{V}) = 0 \quad (8)$$

Et la conservation de l'équation de quantité de mouvement est:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \rho (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = -\nabla \rho + \rho \vec{g} + \nabla \tau_{ij} \quad (9)$$

Ces équations avec l'équation de conservation de l'énergie forment un ensemble d'équations différentielles partielles non linéaires couplées. Il n'est pas possible de résoudre ces équations analytiquement pour la plupart des problèmes d'ingénierie.

Cependant, il est possible d'obtenir des solutions informatiques approximatives aux équations directrices pour une variété de problèmes d'ingénierie. C'est le sujet de Computational Fluid Dynamics (CFD). [15]

## 2.8-L'utilisation de la CFD

### 2.8.1-Avantages de (CFD)

- Coût relativement faible.
  - En utilisant des expériences physiques et des tests pour obtenir l'ingénierie essentielle Les données pour la conception peuvent être coûteuses.
  - Les simulations (CFD) sont relativement peu coûteuses, et les coûts sont susceptibles de Diminuer à mesure que les ordinateurs deviennent plus puissants.
- La vitesse.
  - Les simulations (CFD) peuvent être exécutées dans un court laps de temps.
  - La rapidité d'exécution signifie que les données d'ingénierie peuvent être introduites au début du processus de conception.
- Possibilité de simuler des conditions réelles.
  - De nombreux processus de transfert de chaleur et de flux ne peuvent pas être (facilement) testés, Par exemple. Écoulement hypersonique.
  - (CFD) fournit la possibilité de simuler théoriquement toute physique condition.
- Capacité à simuler des conditions idéales.
  - (CFD) permet un grand contrôle sur le processus physique, et fournit le Pouvoir isoler des phénomènes spécifiques pour étude.
  - Exemple: un processus de transfert de chaleur peut être idéalisé avec adiabatique, Flux de chaleur constant, ou limites de température constante.

- Information compréhensible :

- Les expériences permettent seulement d'extraire des données sur un nombre limité d'Endroits dans le système (par exemple, sondes de pression et de température, Débitmètres, etc.).
- (CFD) permet à l'analyste d'examiner un grand nombre d'emplacements dans le Région d'intérêt, et fournit un ensemble complet de paramètres de débit pour examen. [16]

### **2.8.2-Les inconvénients :**

Comme il y a des avantages pour l'usage de la CFD, il existe aussi des inconvénients dus à l'utilisation de CFD, parmi ces inconvénients on peut trouver :

- Les solutions CFD s'appuient sur des modèles physiques des processus du monde réel (Par exemple des turbulences, de compression, de la chimie, l'écoulement poly-phasique, etc...)
- Les solutions CFD ne peut être aussi précis que les modèles physiques sur lesquels ils sont basés.
- Résoudre des équations par ordinateur peut provoquer des erreurs numériques (l'erreur d'arrondi, l'erreur de troncature...). [17].

### **2.9-Conclusion**

Nous avons présenté les différentes méthodes numériques et les modèles de turbulence utilisés dans notre étude. On peut utiliser modèles de turbulence k- $\epsilon$ . et la dynamique des fluides computationnelle (CFD).

# Chapitre 3

## Etude du cas

### 3.1-Introduction

Dans ce chapitre, on va décrire en première lieu le cas étudié en détail sur le plan géométrique et dynamique et même thermique avec un passage sur les dimensions géométriques du domaine de calcul, et quelques données nécessaires pour la réalisation de la simulation, en suite une description de la conception de la géométrie du cas étudié avec la génération de son maillage (3D) le poste traitement des données numérique sous forme d'une simulation, avec une représentation simplifiée des outils numériques utilisés tel que GMSH pour la géométrie et la maillage, Code Saturne pour la simulation et SALOME comme la visualisation et pour aussi le traitement des résultats.

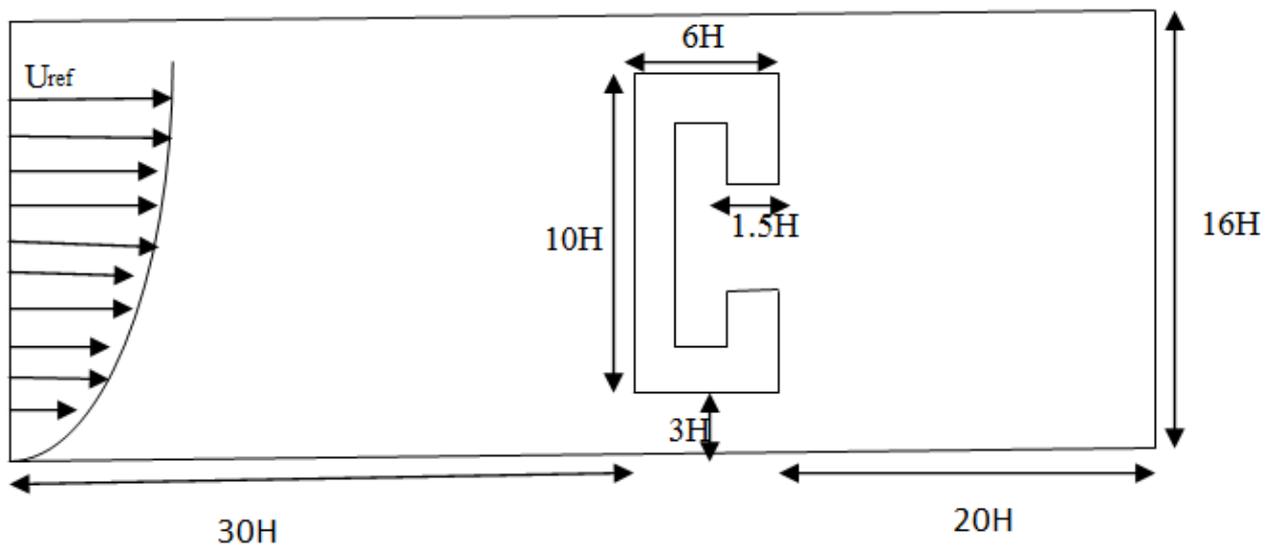
### 3.2-Description du cas étudié

La géométrie qui a été étudiée dans ce travail est un bâtiment de forme clôturée, composé de 5 partie de la même hauteur caractéristique  $H$ , les 5 partie sont distribués comme suit : un grand bâtiment qui s'étale sur la longueur complète, deux petits bâtiments latéraux qui représentent avec leurs dimension la largeur du bâtiment et deux autres petits compartiments, laissant une ouverture entre eux, en face au grand bâtiment avec un espacement qui représente la cour (Figure 1).

Cette géométrie a été étudiée sur le plan aérodynamique par la simulation numérique de l'écoulement qui représente le vent naturel, cela dans le but de prévoir le comportement de cet écoulement autour de l'ensemble du bâtiment clôturé et pour aussi étudier la dynamique de l'air emprisonner dans la cour et l'intensité de la ventilation et renouvellement de cet air et bien sur son effet sur la dispersion des polluants gazeux. Il faut préciser que la partie thermique n'a été pris en considération puisque la simulation numérique a été réalisée pour une situation d'un atmosphère neutre (le gradient de la température potentielle est nul) et avec aussi un équilibre thermique entre toutes les parois et même avec le sol. Cette situation est une situation particulière mais elle peut être trouver en réalité d'une part et d'autre part le choix de cette configuration paramétrique reviens aussi à la validation des résultats numériques avec celles expérimentaux [1] et numériques avec LES [2].

Les dimensions caractéristiques de la géométrie étudié ont été choisi sur la base d'une étude bibliographique, présentée au 1<sup>er</sup> chapitre1. Toutes les dimensions géométriques sont fonction d'une longueur caractéristique  $H$  qui représente la hauteur du bâtiment, la longueur du bâtiment est  $(10H)$ , la longueur des deux bâtiments latéraux et  $(6H)$  et le largeur de la cour et  $(3H)$ . Le domaine de calcul a été étiré dans les 3 directions pour des raisons numériques et dynamiques comme suit :

- Amont (avant le bâtiment) :  $30 H$ , pour que l'écoulement soit établi et pour avoir une couche limite plus au moins structurée avec sa forme standard.
- Aval (après le bâtiment) :  $20 H$ , pour permet à l'écoulement de s'établir le maximum possible pour aussi éviter les erreurs numériques.
- Les deux directions latérales :  $3H$  dans chaque une et cela d'un côté parce qu'il n'a pas d'effet sur la dynamique et ventilation dans la cour du bâtiment et d'autre côté car un bâtiment peut avoir d'autres bâtiment en voisinage.
- Où ( $U_{ref}$ ) est la vitesse du vent à la hauteur du bâtiment ( $16H$ ), définie comme ( $2 \text{ m / s}$ ). ( $H=10\text{m}$ ).



**Fig.1-dimensions de bâtiments**

### 3.3- Présentation du mailleur 'Grid Mesh' ou GMSH

Est un logiciel de maillage par éléments finis développé par (Christophe Geuzaine et Jean François Remacle), publié sous une licence GPL (avec une licence LGPL pour permettre l'utilisation et la liaison avec des meilleurs externes) et c'est un logiciel libre. (Gmsh) contient (4) modules [18] :

- 1• un module de géométrie.
- 2• un module de maillage.
- 3• un module de post-traitement.

Gmsh dispose d'une capacité à prendre en compte des équations paramétriques simples dans son pré-traitement, et d'un système de visualisation efficace dans son mécanisme de post-traitement [19].



Fig.2- Fenêtre principale de Gmsh.

### 3.3.1-Le module géométrie

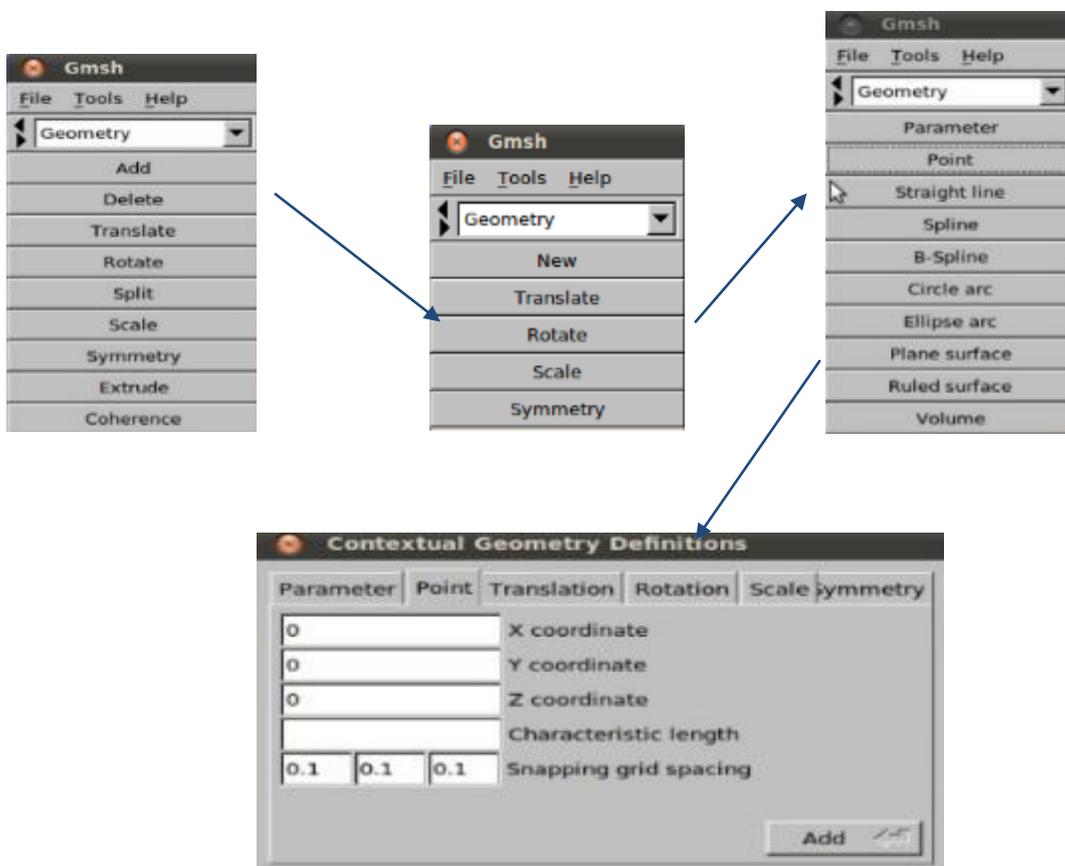


Fig. 3 – Aspect du menu à chaque étape conduisant à la création d'un point par ouverture de la fenêtre contextuelle dédiée

### 3.3.2-Le module mesh

Une fois la surface géométrique définie, on va générer le maillage. Pour cela, on choisit le module mesh grâce à la liste de sélection. À partir de ce menu, on peut mailler les contours, surfaces et volumes par la précision d'ordre d'approximation des éléments finis, effectuer des opérations de partitionnement, de raffinement et d'homogénéisation des mailles. C'est ici.

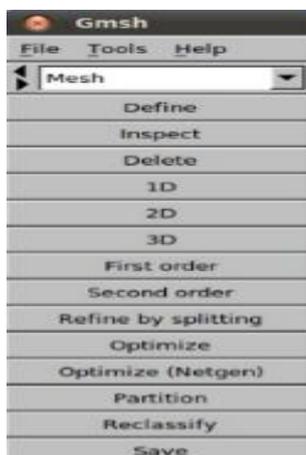


Fig. 4 - Menu du module mesh. [18]

### 3.3.3- Le module post-traitement

Comme nous l'avons vu en présentant le format msh, il existe la possibilité de tracer des données à condition qu'elles soient données dans le bon format. Le module post-traitement permet de tracer ces données et de les visualiser dans l'interface de (Gmsh).

### 3.4-La géométrie

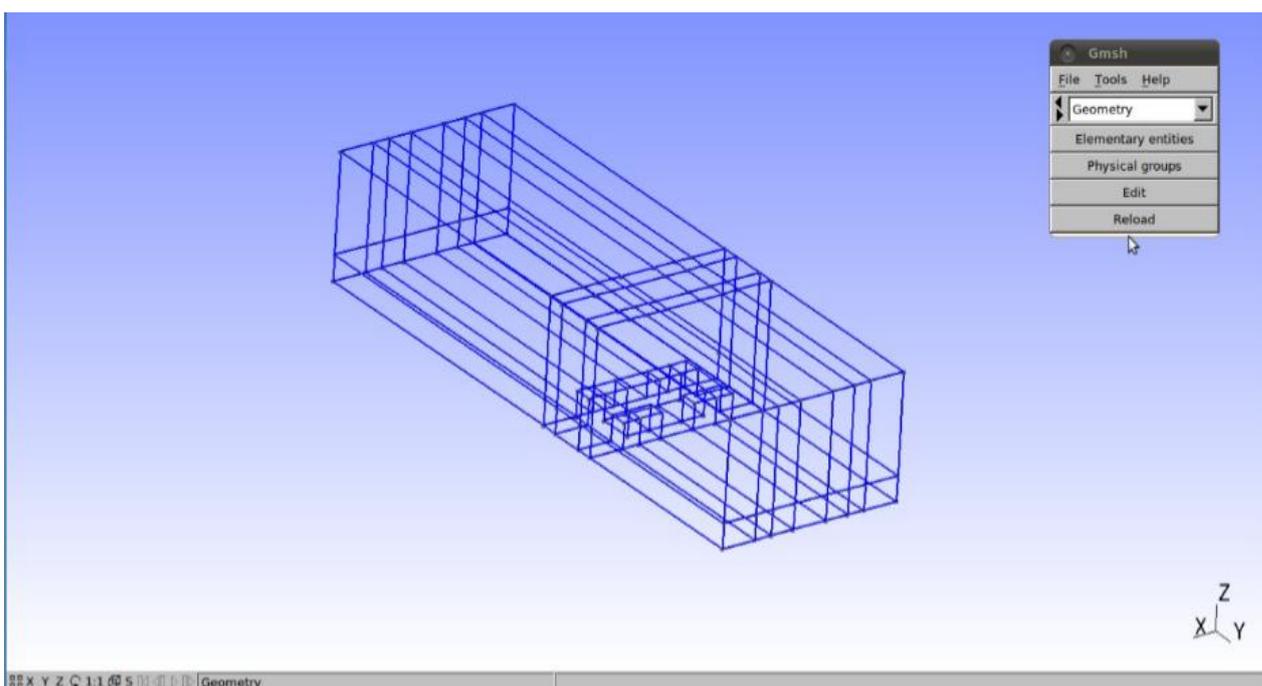


Fig. 5 – La géométrie

### 3.4.1-La génération du maillage (2-D)

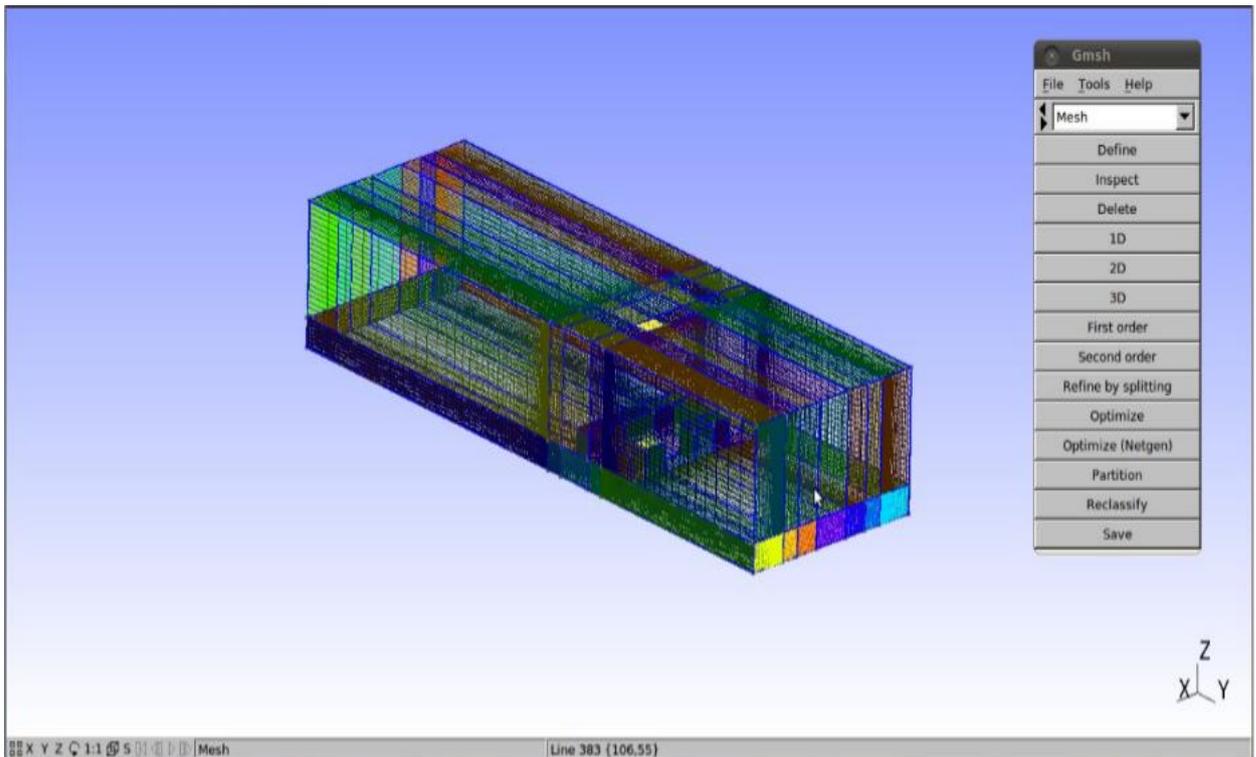


Fig. 6 - La génération du maillage (2-D) et Domaine de calcul.

### 3.4.2-La génération du maillage (3-D)

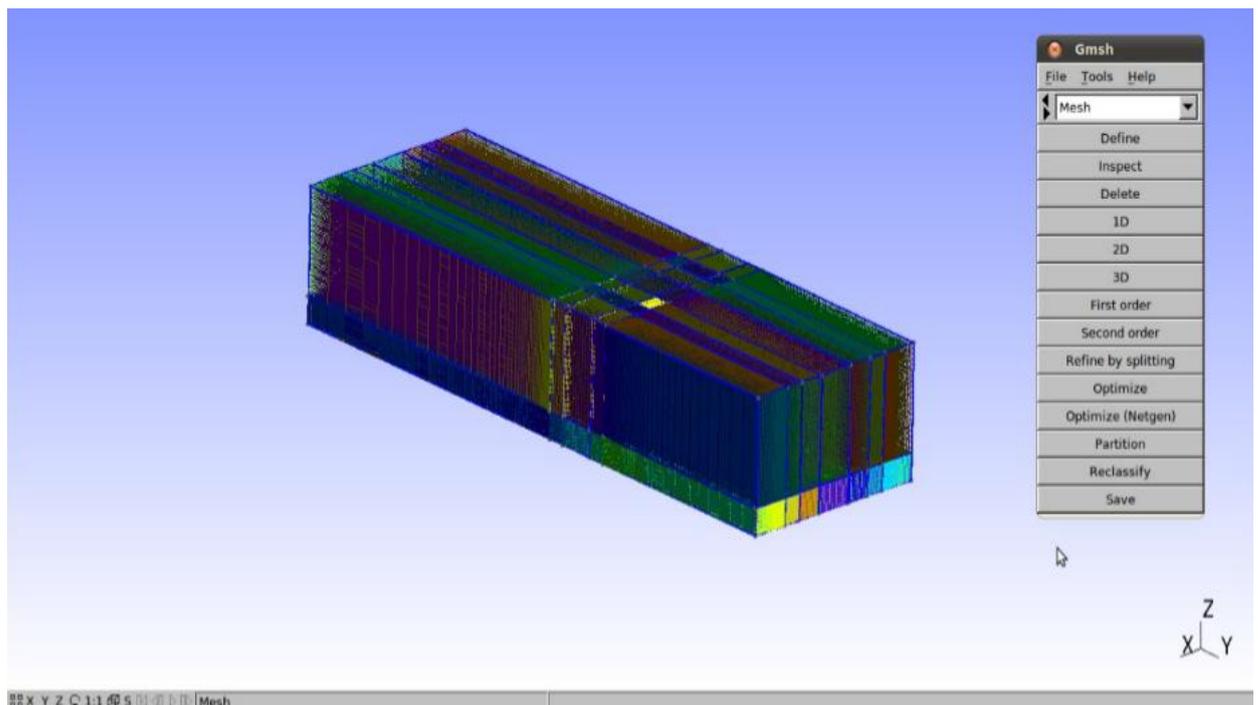


Fig.7- La génération du maillage (3-D) et Domaine de calcul

### **3.5-Définition générale d'un maillage**

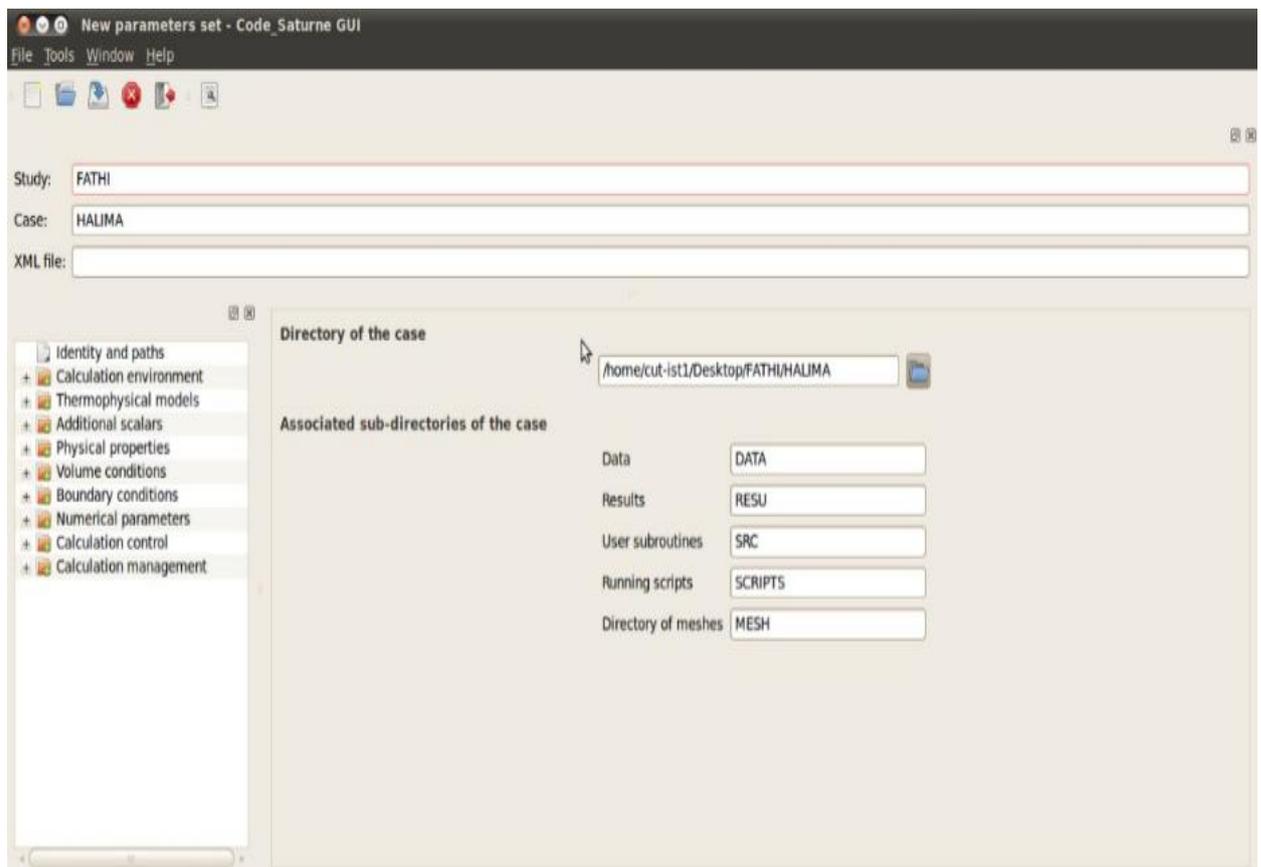
Le maillage est une opération de génération d'une grille 2D de l'image par définition d'une partition, en éléments polygonaux, basée sur des caractéristiques homogènes pour la représentation réduite des données de cette image. Le but de cette opération est que l'image approchée par cette représentation soit la plus fidèle possible à l'image originale. Les sommets des polygones sont appelés nœuds et ces nœuds sont reliés entre eux par des arcs. En général les difficultés rencontrées au cours de la génération d'une grille sont de deux types :

- la création de l'ensemble des nœuds (position et nombre).
- La création de la partition (le type de découpage). Ce dernier point peut être de nature purement géométrique ou alors dépendre de données initiales de manière à minimiser certains critères. [20]

### **3.6-Présentation du Code saturne**

#### **3.6.1-Définition :**

Le Code Saturne est un logiciel open source généraliste de Mécanique des Fluides Numérique CFD, (Computational Fluid Dynamics), développé par EDF (Electricité De France) et distribué sous licence GNU GPL depuis 2007. Il est utilisé par EDF dans de nombreuses applications allant de la sûreté des centrales nucléaires à la recherche sur le futur mix énergétique. Il est également un logiciel de référence dans le projet Européen PRACE [21] Code Saturne permet de résoudre les équations de Navier-Stokes et peut être utilisé dans des configurations d'écoulements stationnaires ou instationnaires, laminaires ou turbulents, isothermes ou non, incompressibles ou faiblement dilatables en 2D, 2D axisymétrique et 3D. Il est également possible d'ajouter la résolution d'une ou plusieurs équations de transport pour un scalaire passif. [22]



**Fig.8- Interface graphique de Code Saturne**

Le code contient plusieurs modèles de turbulence, qui sont basés sur l'approche RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) ou LES (Large-Eddy Simulation). Il inclut également différents modules permettant de modéliser des physiques particulières, comme par exemple. [22].

- la combustion du gaz, du charbon et du fuel lourd,
- le transfert radiatif semi-transparent,
- l'effet joule,
- les arcs électriques,
- les écoulements faiblement compressibles,
- les écoulements atmosphériques,

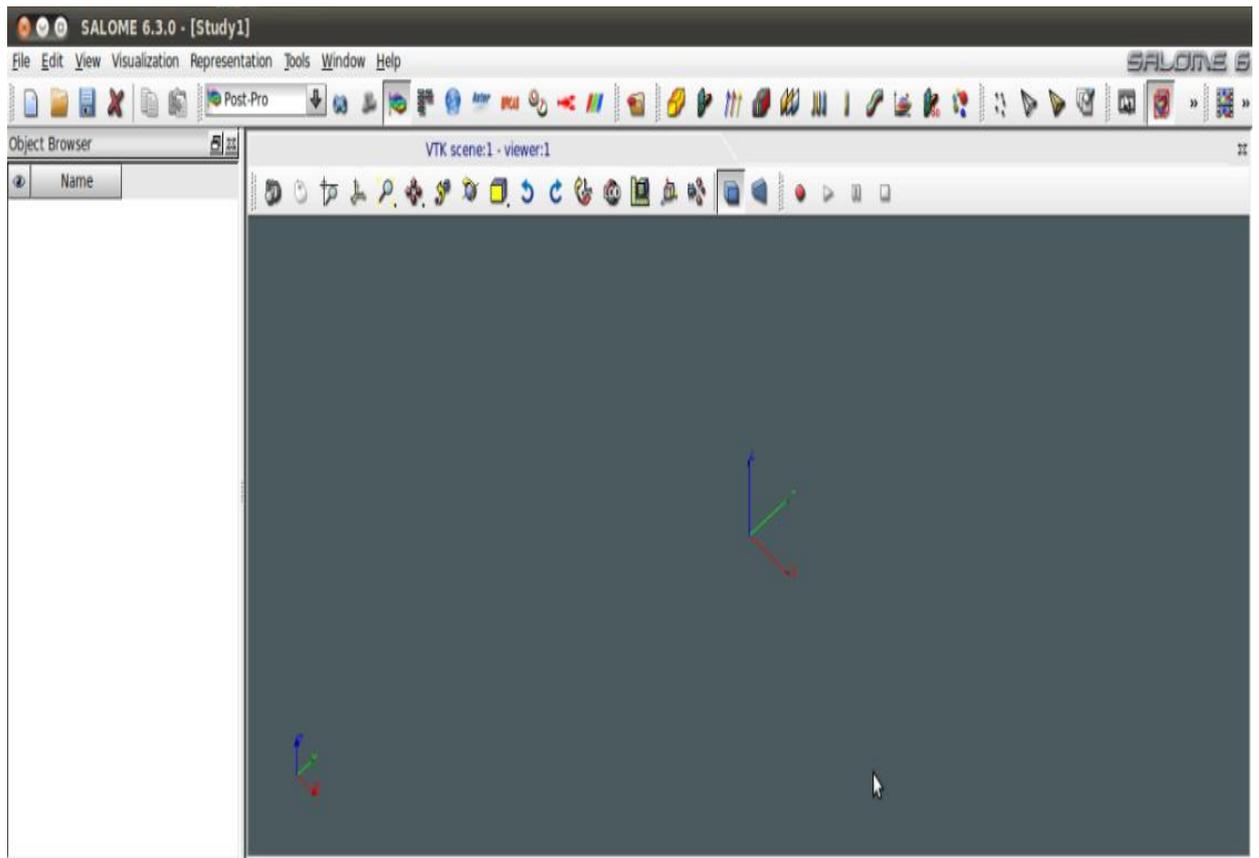
-Plusieurs modèles sont disponibles dans (Code Saturne), à savoir :

- 1- Laminaire.
- 2- Longueur de mélange.
- 3- k-epsilon.
- 4- k-epsilon à production linéaire.

### 3.7-Logiciel SALOME

(SALOME) est un logiciel open-source qui fournit une plate-forme générique pour pré/post-traitement en simulation numérique développé entre autre par EDF et le CEA. Il est basé sur une architecture ouverte et flexible en composants réutilisables.

(SALOME) peut-être installé sur plusieurs plateformes. Il peut être utilisé comme application autonome pour la génération de modèle CAO (conception assistée par ordinateur), de leur maillage et du post-traitement des résultats de calcul. [23]



**Fig.9- Logiciel SALOME**

### 3.8-Résolution Numérique

La modélisation numérique ou simulation de la géométrie et génération de maillage dans ce travail sont réalisés à l'aide de logiciel (GMSH). Pour le lancement du calcul on a utilisé le code de calcul (Code\_Saturne). Et finalement on a utilisé logiciel (SALOME) qui est basé sur une architecture libre et flexible faite de composants réutilisables et les fichiers exécutables. Ce logiciel est gratuit (open source Under Linux).

### 3.9-Caractéristique du poste de travail

Local case configuration:

- ❖ Date : Mon 10 Jun 2019 09:46:53 AM CEST
- ❖ System: Linux 2.6.32-34-generic
- ❖ Machine : cut-ist1-desktop
- ❖ Processor: Intel(R) Core(TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz
- ❖ Memory : 12006 MB
- ❖ User : cut-ist1 (cut-ist1)
- ❖ Directory: /home/cut-ist1/tmp\_Saturne/FATHI.HALIMA.TEST. 06100946

### 3.10- Conclusion

Dans ce chapitre on a montré une description du cas étudié et ses différentes caractéristiques. Par la suite on a présenté les logiciels utilisés pour ce travail afin de réaliser notre étude numérique.

# **CHAPITRE 04**

## **Résultats et discussions**

## 4.1-Introduction

Ce chapitre est consacré à l'analyse et discussion des résultats obtenus par la modélisation numérique d'un écoulement turbulent compressible autour un bâtiment de forme particulière caractérisé par une clôture sur les trois faces avec le bâtiment lui-même et une ouverture sur la quatrième face, avec haut nombre de Reynolds  $R_e = 6000$ . En utilisant le Modèle de Turbulence  $k-\varepsilon$ .

Nous pouvons observer les résultats de la modélisation ci-dessous, pour une vitesse de (2 m/s). Ces résultats ont été comparés avec des données expérimentales et numériques (LES).

## 4.2- Validation

### 4.2.1-Interprétation graphique

Dans la (figure 10) une validation est présentée avec les résultats dynamiques expérimentaux de Uehara et al 2000 est numérique (LES) de Cheng 2007. La comparaison qualitative montre une concordance entre les résultats de notre travail est des deux autres résultats. Cite précédemment Particulièrement 2.ou de la hauteur unitaire qui représente la haut réelle du bâtiment par remarque une divergence de nos résultat est les deux autres. Cette divergence est due principalement à la configuration géométrique de domaine du calcul.

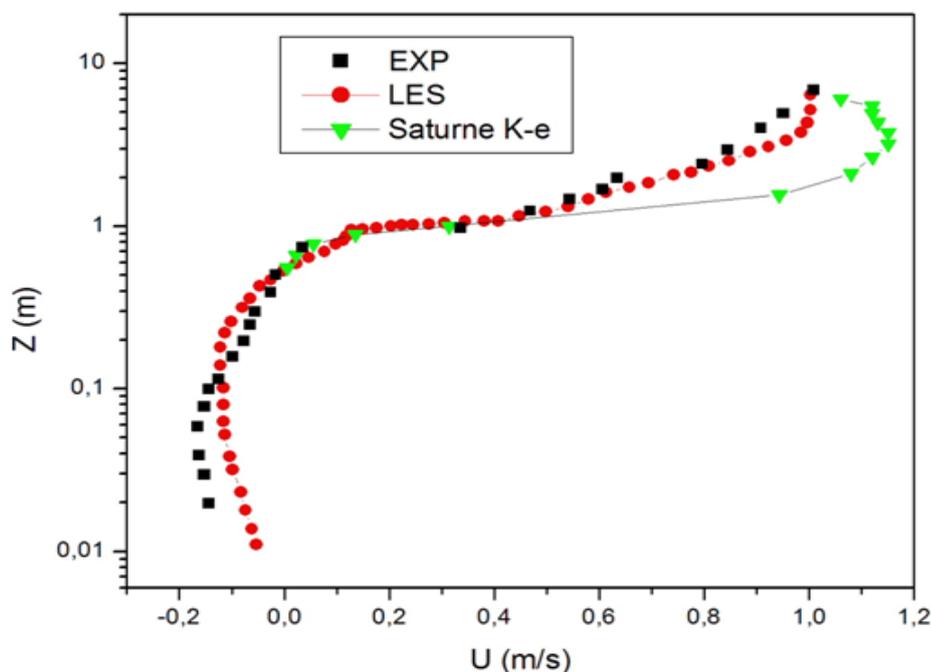


Fig. 10- Différents profils au milieu de la rue

Tableau 1-Les coordonné des points 1,2et 3

Les points	Les coordonné		
	X	Y	Z
Point 1	25	0	-10
Point 2	-25	0	-10
Point 3	0	-15	-10

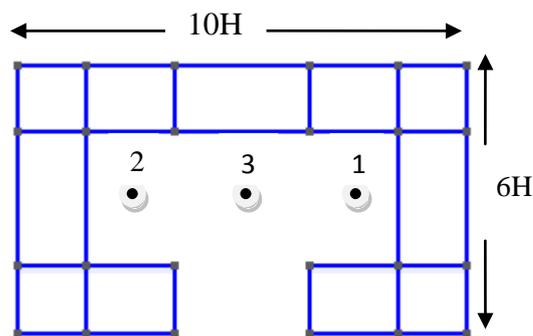
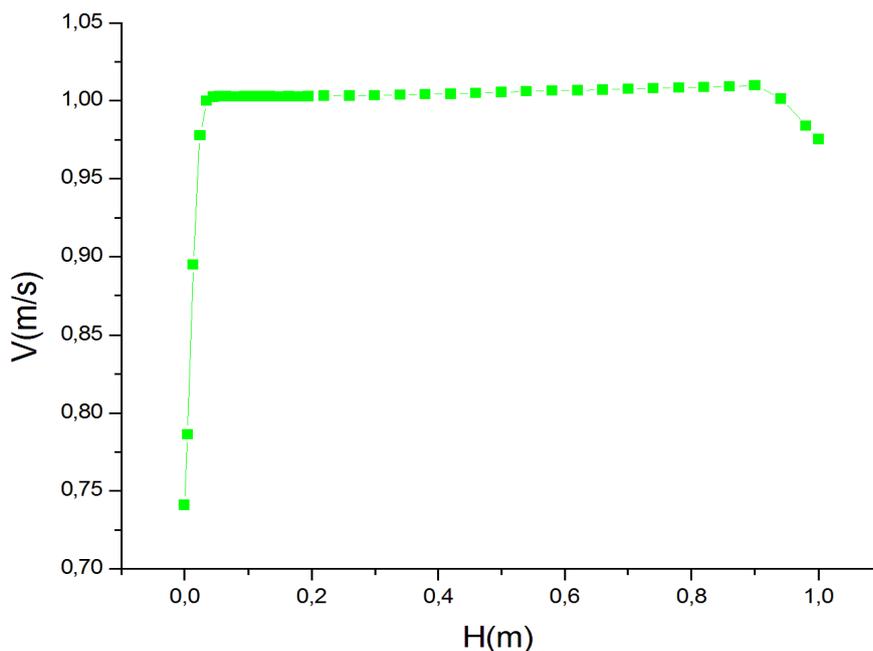


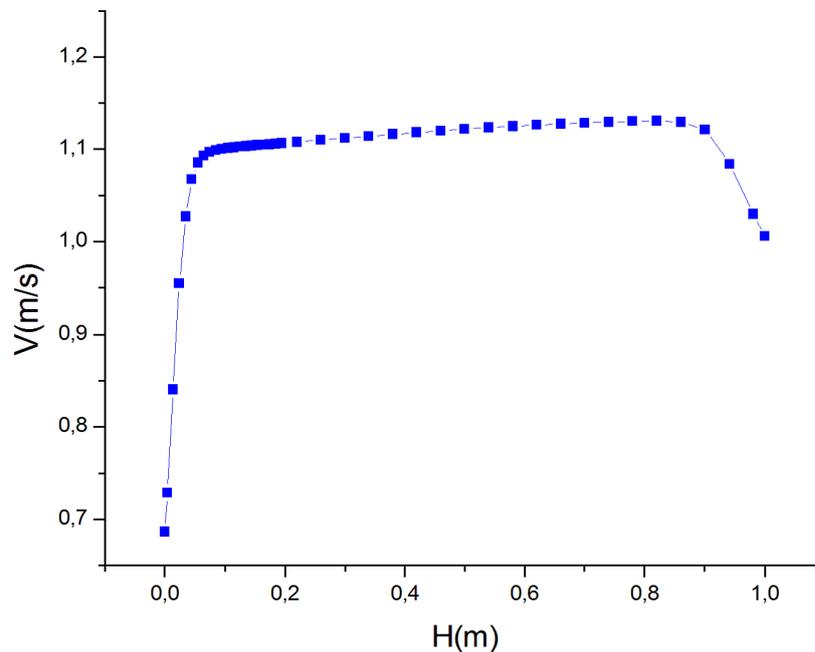
Fig.11- position de points 1,2 et 3

### 4.3 Analyse et discussion des résultats

Fig.12 -Profile de vitesse avant le bâtiment ( $L=18H$ )

La (figure 12) représente le profil de vitesse avant une distance de  $18H$  de l'entrée du domaine de calcul. Après la déclaration de la vitesse constante à l'entrée du domaine on remarque bien que la vitesse prend une distribution très broche à sa distribution dans le cas fondamental d'un écoulement sur une plaque plane, cela reviens essentiellement à la distance avant du domaine (avant le bâtiment) qui a permis) cet écoulement de d'établir et pour prendre cette forme de variation. Après une analyse de la variation de cette distribution verticale en fonction de déplacement on a remarqué que à partir de cette distance ( $18H$ ) le profil ne change pas d'une façon

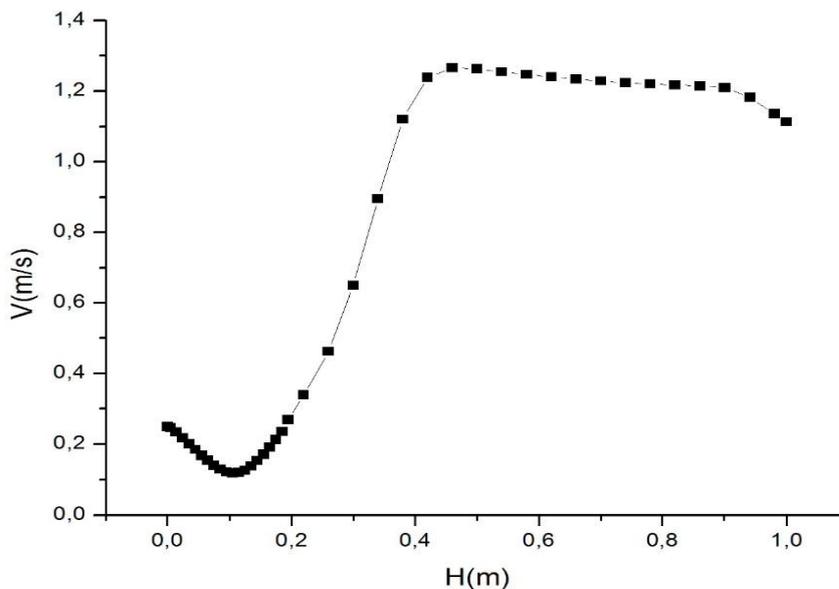
remarquable et il reste quasiment constant, ce dernier est caractérisé par une valeur tend vers 0 et une valeur maximal égale à la vitesse initiale de l'entrée.



**Fig. 13-Profil de vitesse après des bâtiments (L=13H)**

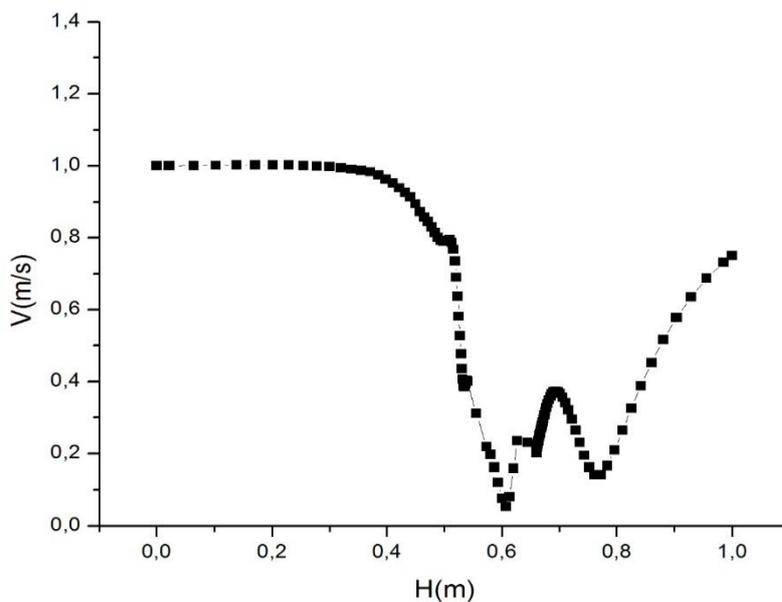
Le profil de vitesse après le bâtiment et après une distance de 13H est présenté sur la (figure 13), ce profil est très similaire à celui de l'entrée et cela revient à la distance 13h et permet à cet écoulement à retourner aux conditions très proches aux conditions d'avant le bâtiment mais avec une tous petit changement de sa valeur maximale.

Le profil présenté sur la (figure 14) représente la variation verticale de la vitesse au centre de la cour et plus précisément au point 1 constaté identique au point 2 (voir figure 11), cette variation est complètement différente par rapport aux autre points et cela revient à la différence du comportement dynamique de l'écoulement dans cette zone du domaine. La majeure différence est remarquée dans les limites supérieure et la partie centrale des valeurs absolues de la vitesse, de tel façon que au niveau bas de la cour (près du sol) la vitesse est plus moins importante qui peut être interpréter comme un mouvement plus intense de l'air par rapport à la même hauteur à l'extérieur du bâtiment. Un peu plus haut une intense perturbation dynamique présenter par une forte fluctuation de la vitesse, cela peut être interpréter comme l'effet des parois sur la dynamique de l'air dans la cours du bâtiment et un régime fortement turbulent qui doit être caractériser par des tourbillons de taille plus au moins importante.



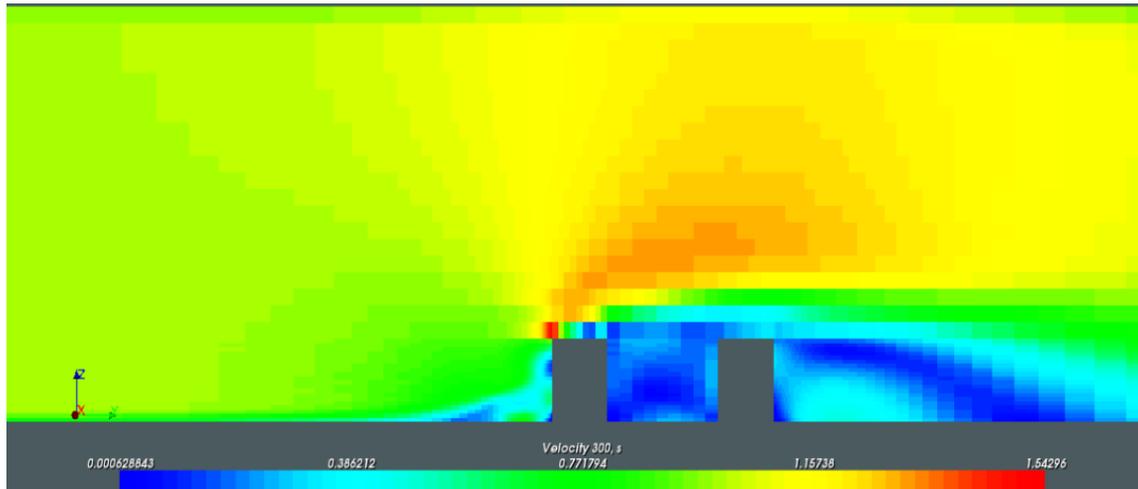
**Fig.14-Profil de vitesse au centre de la cour du bâtiment point 1**

Par contre au point 3 (voir figure 11), le profil de vitesse à ce point montré sur la (figure 15) est complètement différent par rapport aux autres profils particulièrement le profil au point 1. L'évolution verticale de la vitesse au point 3 commence avec une faible vitesse près du sol avec une forme de recirculation suivi par un gradient important, une augmentation très rapide de la vitesse dans la direction principale de l'écoulement, cela il ne peut que due à l'ouverture du bâtiment clôturé.



**Fig.15- Profil de vitesse de la cour du bâtiment Point 3**

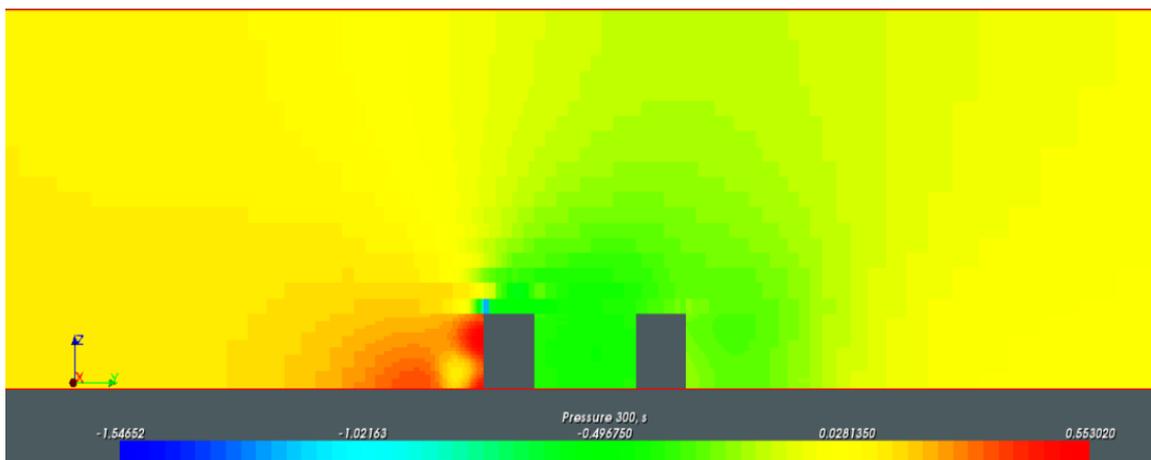
#### 4.4-Les différents champs de l'écoulement



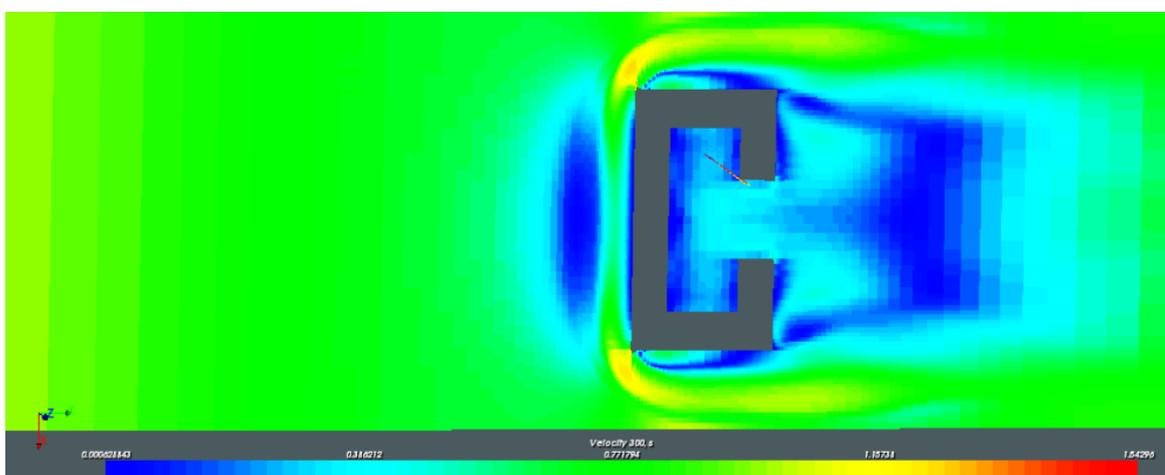
**Fig.16- coupe verticale de champ de vitesse sur le plan qui passe par le point 1**

Les champs de vitesse permettent d'avoir une vue générale sur l'écoulement autour du bâtiment. Les résultats obtenus dans le bâtiment de ce travail la (figure 16) montrent qu'autour de bâtiment l'écoulement est pleinement développé, on observe à la paroi inférieure un déplacement d'écoulement jusqu'à la paroi supérieure du bâtiment avec des séparations et rattachements dans différents points du bâti. On peut remarquer aussi des différentes tailles de recirculations sous forme de tourbillon avant dans la cour et après le bâtiment, cette taille dépend de la position de cette recirculation, dans la zone juste au-dessus du toit on remarque une faible fuite de l'air qui passe derrière le bâtiment avec une faible vitesse, cette dernière permet d'avoir un léger renouvellement de l'air emprisonner dans la cour et cela peut aussi porter avec lui tous type de polluants gazeux existante dans l'atmosphère de cette cour .

Le champ de pression montré sur la (figure 17) donne une idée générale sur la distribution de la pression sur le plan (Y-Z) qui passe le point 1 et qui se dirige vers la direction principale de l'écoulement. L'augmentation de pression au premier contact du vent sur la paroi du grand bâtiment est physiquement logique car elle représente la surface d'arrêt caractérisée par une vitesse quasiment nul et une pression maximale, la dépression dans la cour et derrière le bâtiment peut être interpréter comme la source principale des recirculations déjà remarquées dans les profils et les champs de vitesse au même plan, et après certaine distance on remarque qu'un équilibre de pression s'établie et cela fait fin à l'effet de la présence de ce bâtiment sur la dynamique.

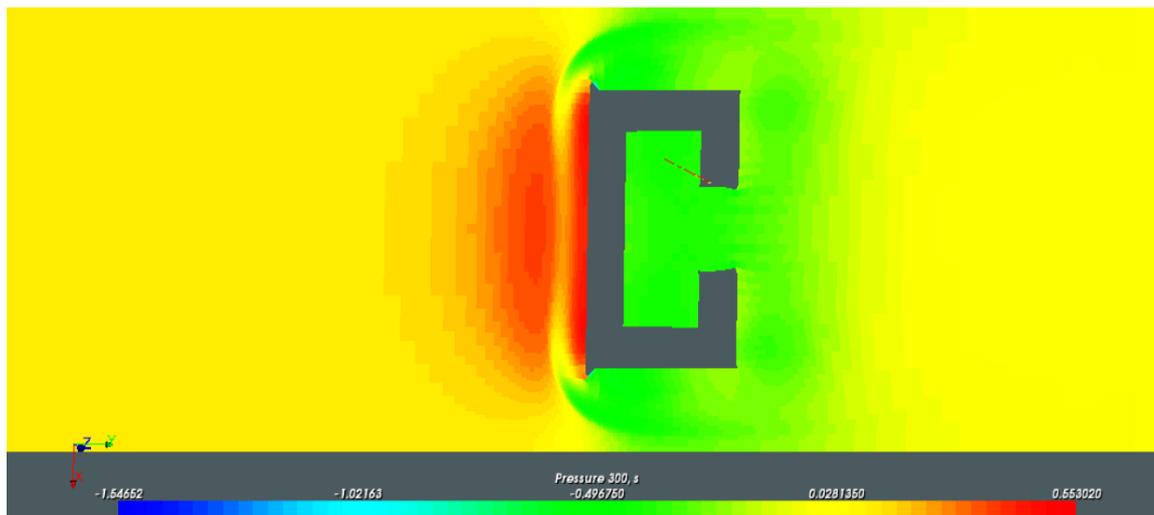


**Fig.17- coupe verticale de champ de pression sur le plan qui passe par le point 1**



**Fig.18-coupe horizontal de champ de vitesse sur le plan (X-Z) qui passe par le point 1**

Un grand tourbillon sous forme d'un vortex symétrique dans le sens des aiguilles d'une montre est généré au centre entre le point 1. L'écoulement au centre de la circulation du vortex est faible et lent, de sorte qu'il devient plus rapide quand il s'approche de la paroi du bâtiment. La circulation du tourbillon augmente avec la vitesse du vent, où la vitesse la plus basse est observée près de la région inférieure du centre. Cependant, la vitesse la plus élevée est observée dans la partie supérieure du centre.



**Fig.19-coupe horizontal de champ de pression sur le plan (X-Z) qui passe par le point 1**

#### **4.5-Conclusion**

les résultats obtenus sont comparés aux données numériques d'Uehara et al 2000. Les figures obtenues (RANS) montre un bon accord avec les résultats (LES).

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Dans cette étude la simulation de la dynamique d'écoulement turbulent de l'air autour un bâtiment de forme particulière (clôturée) est numériquement étudié en utilisant un modèle de turbulence basé sur les équations de Reynolds moyennées (Reynolds Averaged Navier Stokes) pour calculer la phase continue d'écoulement. La réalisation de ce travail est faite à l'aide du code de calcul Code Saturne.

Le but principal de ce travail est d'analyser l'écoulement et la ventilation dans la cour d'un bâtiment clôturé qui peut être utilisée comme un parking de véhicules, avec l'émission des polluants des gaz d'échappement, ou un espace public qui nécessite un taux minimum de renouvellement d'air pour avoir un confort dynamique convenable, d'autre part on peut dire aussi qu'il y a d'autres objectifs comme la maîtrise de la technique de simulation numérique et la capacité de manipuler plusieurs modèles et interfaces numérique (génération de maillage, code de simulation et traitement des résultats), il faut signaler aussi que toutes les interfaces numérique utilisées dans le cadre de ce travail sont en Open Sources, donc elles sont libres et disponibles pour des utilisations académique et professionnelles sans aucune licence ou droit d'utilisation.

Les résultats obtenus dans ce travail numérique montrent un comportement standard de l'écoulement autour de ce bâtiment, et comme n'importe quel obstacle il y'a un surface d'arrêt, des dépressions avant et après le bâtiment, ces dépressions sont associées à des recirculations en amont et en aval du bâtiment. On a remarqué aussi que pour la géométrie choisie (les dimensions du bâtiment) la ventilation et le taux de renouvellement de l'air de la cour et relativement faible, cela donne une perspective pour faire une étude paramétrique de la ventilation en fonction de la dimension géométrique de la cour.

Finalement, on peut dire aussi qu'à partir de la comparaison des résultats pour la géométrie du cas étudié, que l'approche RANS permet d'obtenir de bon résultats, qui sont plus au moins proche de l'approche LES, avec bien sûr des coûts de calcul très faible.

## Bibliographie

- [1] K. Uehara , Murakami S., Oikawa S., 2000. Wind tunnel experiments on how thermal stratification affects flow in and above urban street canyons-*Atmospheric Environment* 34 (2000) 1553-1562
- [2] W.C. Cheng, Chun-Ho Liu, 2011. Large-eddy simulation of turbulent transports in urban street canyons in different thermal stabilities .*J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 99 pp 434–442
- [3] YANG. R, ZHANG. J , SHEN .S, 2007.Numerical Investigation of the Impact of Different Configurations and Aspect Ratios on Dense Gas Dispersion in Urban Street Canyons. *Tsinghua Science and Technology* Issn 1007-0214 17/18 pp345-351 Volume 12,
- [4] Xie, X., Huang, Z., Wang, J., 2005. Impact of building configuration on air quality in street canyon. *Atmos. Environ.* 39, 4519–4530.
- [5] C.Gromke, B. Ruck, 2007. influence of trees on the dispersion of pollutants in an urban street canyon - Experimental investigation of the flow and concentration filed, *Atmos. Environ.*, 41(16) 3287 – 3302
- [6] A. Chabni, P. Le Quere, C. Tenaud, H. Laatar,1998. Modelling of pollutant dispersion in urban street canyons by means of a large-eddy simulation approach, *Int. J. Veh. Des.* 20(1 – 4) 88 – 95.
- [7] Y.J. Jiang, H.Z. Liu, J.G. Sang, B.Y. Zhang, 2007.Numerical and experimental studies on flow and pollutant dispersion in urban street canyons, *Advances in Atmospheric Sciences*, 24(1) 111 – 125.
- [8] Launder, B.E., G.J. Reece, and W. Rodi, 1975. Progress in the development s of a Reynolds Stress turbulence closure.*J. Fluid Mechanics*, 68, 537-566.
- [9] Mohamed, S., 2009.Modélisation numérique d'un multi-jet turbulent libre.Université Hassiba ben bouali, Chlef .
- [10] Thomas, J., 2010. Modélisation et simulation des gaz de blow-by dans un décanteur automobile. *Mechanics of the fluids.* Arts et Métiers ParisTech, French
- [11] Kahil, Y, 2007. Depot d'aerosol dans une conduite coudee a 90° pour un écoulement turbulent avec une approche lagrangien-RANS. Université des Sciences et de la Technologie Mohammed Boudiaf, Oran, ALG.
- [12] Zeghib, A., Comparaison des différents modèles de turbulence d'un écoulement aérodynamique dans un cyclone. Thèse de magister, thermo-fluides, Université mentouri, Constantine ;

- [13] Launder, B. E. et Spalding, D. B. :1974, The numerical computation of turbulent flow, *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.*, 3, 269-28
- [14] BENMEHDI, R. 2012. Conception et régulation des systèmes fermés de distribution et de circulation de chauffage/climatisation.
- [15] <http://dragonfly.tam.cornell.edu/teaching/mae5230-cfd-intro-notes.pdf>.24-03-2018.
- [16] <http://www.bakker.org/dartmouth06/engs150/01-ntro.pdf>.22-03-2018
- [17] BOUAKAZ .M ,2015.Optimisation morphologique du comportement aérodynamique d'une maison à patio.
- [18] Nicolas,K.,2013.Introduction à GMSH. [www.ensta-aristech.fr/~kielbasi/docs/gmsh.pdf](http://www.ensta-aristech.fr/~kielbasi/docs/gmsh.pdf).Date de la dernière consultation du site: 23-Oct-2013
- [19] Unionpédia Communication. <https://fr.unionpedia.org/i/Gmsh>: 21-04-2018
- [20] Amina. B.Développement d'une technique de maillage : application à la segmentation et au suivi d'objet ; Amina BOUNAS
- [21] Y. Tominaga, T. Stathopoulos,2013.CFD simulation of near- field pollutant dispersion in the urban environment: A review of current modeling techniques. *Atmosphérique environnement*. 79 .716 – 30.
- [22] Chabli.R , Simulation 2D et 3D des écoulements cavitants. Rezki Chebli.  
<https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel01204605/document>:13-04-2018
- [23] <https://www.projet-plume.org/fiche/salome>:09-04-2018

## Résumé

Le but principal de cette étude est la prévision du comportement dynamique et l'intensité de la ventilation et le renouvellement de l'air dans la cour d'un bâtiment clôturé en plus de la dynamique du vent autour de l'ensemble du bâtiment, l'étude a été réalisée par le lancement d'une simulation numérique par une approche RANS avec le modèle k- $\epsilon$ , utilisant le Code Saturne comme un preprocessing, le Gmsh comme un générateur de géométrie et de maillage et Salome pour le poste traitement et la visualisation des résultats, il faut signaler que tous logiciels utilisés dans le cadre de ce travail sont des logiciels Open-sources. Le bâtiment choisi dans cette étude est caractérisé par une forme particulière car il est de type clôturé.

Les conditions dynamique et thermique ont été choisis en appuyant sur une étude bibliographique et cela a donné qu'une situation neutre thermiquement et un régime fortement turbulent caractérisé par un  $Re=6000$ , ce dernier donne une vitesse d'écoulement de 2m/s selon la longueur caractéristique H qui représente la hauteur du bâtiment. Une partie des résultats dynamiques ont été comparés et validés par autres résultats expérimentaux et numériques pour des cas similaires, cette validation a montré une approche acceptable de ces résultats par rapport à la méthode utilisée.

L'analyse des résultats a montré un comportement dynamique standard et une légère ventilation et un léger renouvellement de l'air de la cour.

**Mots clés:** turbulence, ventilation, rue canyon, simulation.

## ملخص

الغرض الرئيسي من هذه الدراسة هو التنبؤ بالسلوك الديناميكي وشدة التهوية وتجديد الهواء في فناء مبنى مسيخ بالإضافة إلى ديناميكية الرياح حول المبنى بأكمله ، أجريت الدراسة من خلال إطلاق محاكاة رقمية مع نهج (RANS) . باستخدام النموذج (k- $\epsilon$ ) ، وتم استخدام برنامج ( Code Saturn ) كعمل مسبق في حساب النتائج ، وبرنامج (Gmsh) كمولد للهندسة والشبكات و (Salome) للمعالجة اللاحقة للنتائج وتصورها ، تجدر الإشارة إلى أن جميع البرامج المستخدمة في هذا العمل هي البرمجيات مفتوحة المصدر.

يتميز المبنى الذي تم اختياره في هذه الدراسة بنموذج معين لأنه من النوع المغلق تم اختيار الظروف الديناميكية والحرارية عن طريق الضغط على دراسة بيليوغرافية وهذا أعطى وضعا محايداً حرارياً ونظام مضطرب بشدة يتميز ب  $Re = 6000$  ، هذا الأخير يعطي معدل تدفق  $2m/s$  وفقاً للطول المميز H والذي يمثل ارتفاع المبنى. وتمت مقارنة بعض النتائج الديناميكية والتحقق من صحتها من خلال نتائج تجريبية وعددية أخرى لحالات مماثلة ، وأظهر هذا التحقق من الصحة نهجا مقبولاً من هذه النتائج مقارنة مع الطريقة المستخدمة.

أظهر تحليل النتائج السلوك الديناميكي القياسي أن هناك تهوية خفيفة وتجديد طفيف لهواء الفناء.

**الكلمات المفتاحية:** الاضطراب ، التهوية ، شارع الوادي ، المحاكاة .

## **Abstract**

The main purpose of this study is the prediction of dynamic behavior and the intensity of ventilation and air renewal in the courtyard of a fenced building in addition to the dynamics of the wind around the entire building, the study was carried out by launching a numerical simulation using a RANS approach with the k- $\epsilon$  model, using the Saturn Code as a preprocessing, the Gmsh as a geometry and mesh generator, and Salome for the processing and processing station. visualization of the results, it should be noted that all software used in the context of this work are open-source software. The building chosen in this study is characterized by a particular form because it is of the closed type.

The dynamic and thermal conditions were chosen by pressing a bibliographic study and this gave a thermally neutral situation and a strongly turbulent regime characterized by a  $Re = 6000$ , the latter gives a flow speed of  $2\text{m} / \text{s}$  according to the characteristic length  $H$  which represents the height of the building. Some of the dynamic results were compared and validated by other experimental and numerical results for similar cases, this validation showed an acceptable approach of these results compared to the method used.

The analysis of the results showed a standard dynamic behavior and a slight ventilation and a slight renewal of the air of the yard.

**Keywords:** turbulence, ventilation, street canyon, simulation