

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

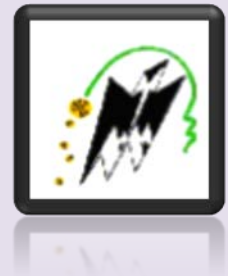
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté du génie de la construction

Département de génie mécanique



*En vue de l'obtention du diplôme de Master II professionnel en Génie
Mécanique, énergétique*

Option : Froid chauffage et climatisation

Thème

**Simulation numérique d'un écoulement à
L'intérieur d'un tube de venturi**

Proposé et Dirigé par :

M^r AMOKRANE Mounir

Réalisé par :

M^r ABAHRI Salah

Promotion 2017/2018

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tien à remercier le bon dieu tout puissent de m'avoir donné le courage, la patience et pouvoir d'achever ce travail.

Je tien à remercier très chaleureusement mon promoteur Mr AMOKRANE Mounir qui m'a guidé et soutenu tout au long de mon travail, et qui n'a jamais manqué de m'orienter et me conseiller. Qu'il trouve ici l'expression de mon respect et de ma profonde reconnaissance.

Mes remerciements les plus sincères vont à messieurs les membres de jury, qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger ce modeste travail. Pour cela, ainsi que pour leurs commentaires sur le mémoire, je leur exprime ma profonde gratitude.

Je suis aussi reconnaissant à tous les enseignants qui m'ont soutenu tout au long de mes études. Qu'ils trouvent ici l'expression de mes sentiments les plus respectueux.

En fin, mes remerciements s'adressent aussi à tous ceux et celles qui m'ont aidés de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

ABAHRI SALAH

Nomenclature

F : somme des forces.

m : masse (kg).

a : l'accélération (m/s^{-2}).

G : Accélération gravitationnelle ($m.s^{-2}$).

P : pression (Pa).

u : la vitesse selon l'axe X (m/s).

v : la vitesse selon l'axe Y (m/s).

X, Y, Z : variable d'espace.

V : la vitesse (m/s).

ds, dl : élément de surface et de longueur respectivement.

T : temps (s).

ΔH : Perte de charge.

Symboles grecques

α : Angle rad.

ϑ : viscosité cinématique ($m^2.s^{-1}$).

τ : Contrainte tangentielle ($N.m^{-2}$).

ρ : La masse volumique ($kg.m^{-3}$).

Liste des figures

Figure I.1. Représentation schématique d'un tube venturi en coordonnées bidimensionnelles.

Figure I.2 : Illustration des différentes forces et contraintes appliquée à un fluide.

Figure II.1: volume de contrôle typique pour une situation 2D.

Figure II.2: Interface de logiciel Gambit.

Figure II.3: Les opérations pour construire une géométrie.

Figure II.4: Définition des conditions aux limites.

Figure II.5: Interface du logiciel Fluent 6.3.26.

Figure III.1: tube de référence.

Figure III.2: création des lignes sur Gambit.

Figure III.3: création de la surface sous gambit.

Figure III.4: maillage des lignes sur Gambit.

Figure III.5: maillage surfacique de notre domaine sous gambit.

Figure III.6: conditions à limites appliquées aux frontières du domaine étudié sur Gambit.

Figure III.7: condition du domaine sur Gambit.

Figure III.8 : exportation du fichier 'msh'.

Figure III.9: choix du 2D, double précision sur Fluent 6.3.26.

Figure III.10: Importation de fichier '.msh' sous fluent.

Figure III.11: vérification du fichier importé sous Fluent 6.3.26.

Figure III.12: vérification des dimensions affichées.

Figure III.13: définition du solveur sur Fluent.

Figure III.14 : définition la nature de fluide du domaine étudié.

Figure III.15: définition des valeurs de la gravité ainsi que la pression statique.

Figure III.16 : définitions des conditions aux limites sous FLUENT.

Figure III.17: Contrôle des solutions sous Fluent.

Figure III.18: fenêtre des résidus.

Figure III.19: Initialisation de calcul.

Figure III.20 : lancement des calculs sous Fluent.

Figure IV.1 : profil de la pression statique.

Figure IV.2 : présentation de banc d'essai.

Figure IV.3 : présentation du tube venturi.

Figure IV.4 : Evolution de la hauteur (a) et de pression (b) long du venturi, pour un débit massique de 0.1327kg/s .

Figure IV.5 : Evolution de la hauteur (a) et de pression statique (b) long du venturi, pour un débit massique de 0.1879kg/s .

Figure IV.6 : Evolution de la hauteur (a) et de pression statique (b) long du tube venturi, pour un débit massique de 0.2425kg/s .

Figure IV.7 : Le contour de pression statique pour un débit de 0.1327kg/s .

Figure IV.8 : Le contour de vitesse pour un débit 0.1327kg/s .

Figure IV.9 : l'évolution de la pression statique dans les trois cas.

Figure IV.10 : le contour de pression statique dans le tube (l'huile).

Figure IV.11 : le contour de pression statique dans le tube (l'eau).

Figure IV.12 : l'évolution de la pression statique au long de tube (l'huile).

Figure IV.13 : l'évolution de la pression statique au long de tube (eau).

Figure IV.14 : l'évolution de la vitesse suivant l'axe y pour l'huile et l'eau au niveau de la section A.

Figure IV.15 : l'évolution de la vitesse suivant l'axe y pour l'huile et l'eau au niveau de la section D.

Figure IV.16 : l'évolution de la vitesse suivant l'axe y pour l'huile et l'eau au niveau de la section L.

Liste des tableaux

Tableau II.1 : commande existante pour la construction de géométrie.....	12
Tableau II.2 : commande existante pour la manipulation des points.....	13
Tableau II.3 : commande existante pour la manipulation des segments.....	14
Tableau II.4 : manipulation des faces.....	15
Tableau II.5 : manipulation des volumes.....	16
Tableau II.6 : manipulation des maillages.....	17
Tableau II.7 : types des mailles surfaciques.....	18
Tableau II.8 : types d'éléments associé à chaque maillage.....	18
Tableau II.9: types des maillages.....	19

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

CHAPITRE : I **Etude bibliographique.**

I.1. Introduction.....	02
I.2. Principe du Venturi.....	02
I.3. L'effet Venturi.....	03
I.4. Utilisation de tube Venturi.....	03
I.5. L'équation de Bernoulli.....	04
I.6. Littérature.....	06
I.7. Conclusion.....	06

CHAPITRE : II **Généralités sur les logiciels Gambit 2.3 et Fluent6.3.26.**

II.1. Introduction.....	07
II.2. Choix de la méthode numérique.....	07
II.2.1. Principe de la méthode des volumes finis.....	07
II.2.2. Principe de la mécanique des fluides numériques 'CFD'.....	09
II.3. Les équations de transports.....	09
II.4. Présentation de Gambit 2.3.16.....	10
II.4.1. Les commande dans le Gambit 2.3.16.....	12
a). Commande pour construction de la géométrie.....	12
b). Commande d'un point.....	13
c). Commande d'un segment.....	14
d). Commande relative à une face.....	15
e). Commande relative à un volume.....	16
f). Commande de maillage.....	17

II.3.2. Spécification du schéma des éléments face.....	17
II.3.3. Spécification du type de maillage des éléments face.....	18
II.3.4. Construction de la géométrie.....	19
II.3.5. Conditions aux limites et définition du domaine.....	20
II.5. Présentation de logiciel Fluen6.3.26.....	20
II.5.1. Etapes à suivre pour la simulation sous Fluent.....	21
• Lecture des fichiers.....	21
• Vérification de la géométrie importée.....	22
• Changement d'unités.....	22
• Définition des différents aspects du problème.....	22
• Définition du régime d'écoulement.....	22
• Propriétés des fluides utilisés.....	23
• Les conditions aux limites.....	23
• Initialisation des calculs.....	23
• Lancement des calculs itératifs.....	23
• Visualisation des différents résultats de la simulation.....	24
II.6. Conclusion.....	24

CHAPITRE III

Matériels et méthodes

III.1.Introduction.....	25
III.2. Présentation de la géométrie de référence.....	25
III.3. Etapes de la modélisation.....	26
III.3.1. Construction et maillage de la géométrie sur Gambit.....	26
III.4. Simulation sous Fluent 6.3.26.....	30
III.5.Conclusion.....	36

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

IV.1.Introduction.....	37
IV.2.Etude de la sensibilité du maillage.....	37
IV.3.Validation de la modélisation numérique et variation du débit d'eau entrante.....	38
IV.4.Variation des paramètres géométriques du Venturi.....	44
IV.5.Variation du fluide circulant à l'intérieur de Venturi.....	45
IV. Conclusion.....	50
Conclusion générale.....	51

Introduction générale

Depuis quelques années, l'accroissement de la puissance des ordinateurs et le développement des méthodes numériques ont permis de conduire des calculs tridimensionnels de l'écoulement dans plusieurs configurations, ce progrès a fait de la modélisation numérique de l'écoulement ou CFD (Computational Fluid Dynamic) un outil de plus en plus important pour le développement et l'optimisation du dimensionnement de différents procédés industriels.

La CFD (dynamique des fluides numérique en français) est un ensemble de méthodes numériques permettant d'obtenir une solution approchée d'un problème de dynamique des fluides et/ou de transfert thermique, les équations qui interviennent sont celles de la mécanique des fluides, résolues par des méthodes numériques.

Notre travail consiste en simulation d'un écoulement à l'intérieur du tube Venturi en utilisant le logiciel commercial Fluent 6.3.26. Le fluide circulant dans le tube est essentiellement de l'eau à température ambiante et le régime d'écoulement est laminaire et stationnaire.

Le présent mémoire est structuré en quatre chapitres, en plus de l'introduction générale et de la conclusion générale. Après une introduction générale, nous allons présenter dans le premier chapitre, la définition de tube Venturi, l'effet Venturi, son domaine d'utilisation et également citer brièvement quelques travaux réalisés dans ce domaine. Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des différentes équations utilisées par le code de calcul 'CFD' Fluent, ainsi que des notions de base sur la méthode des volumes finis. Les étapes de la modélisation numérique de notre problème physique seront exposées dans le troisième chapitre du manuscrit. Le dernier chapitre du manuscrit portera sur la présentation des résultats obtenus dans les différentes simulations, ainsi que la discussion de ces résultats. Enfin, on terminera par une conclusion générale.

I.1. Introduction :

Un tube de Venturi est une conduite dont la section varie continûment. Dans la première partie du tube, les sections vont en décroissant (zone convergente); tandis que dans la seconde partie les sections vont en augmentant (zone divergente). Un tube de Venturi est donc un "convergent-divergent" qui est souvent utilisé pour mesurer un débit par mesure d'une différence de pression. Le principe de l'appareil est basé sur la loi de Bernoulli, valable dans l'approximation du fluide parfait, c'est-à-dire sans viscosité. Le dispositif permet également d'étudier la perte de charge le long du dispositif de mesure dans le cas des fluides réels.

I.2. Principe du venturi :

Le tube de venturi est un appareil déprimogène intercalé dans une conduite, il permet le calcul du débit, dont la valeur est liée directement à la chute de pression entre la section d'entrée et le col. Ce qui engendre une chute de pression. En revanche, dans le divergent c'est l'inverse qui se produit. Il suffit, donc, de deux prises de pression statique, l'une à l'entrée, l'autre à la sortie pour déduire le débit [1]. Le principe du tube de venturi repose sur la mesure de la différence de pression entre l'entrée et la zone rétrécie du tube (figure I.1), qui est proportionnelle au carré du débit. Il fonctionne suivant l'effet venturi, décrit par le physicien italien Giovanni Batista Venturi.

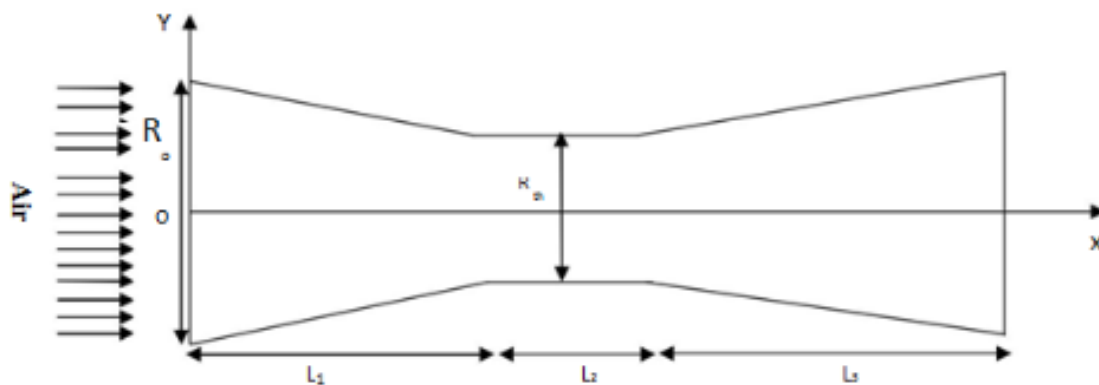


Figure I.1.Représentation schématique d'un tube venturi en coordonnées bidimensionnelles

(x, y)

I.3. L'effet venturi :

Le nom du physicien italien Giovanni Battista Venturi est donné au phénomène de dynamique des fluides lié à la formation d'une dépression dans une zone où les particules des fluides sont accélérées. Il correspond à une manifestation du principe de conservation de la masse, ou la quantité de matière passe par un orifice en une unité de temps. Si l'orifice voit sa taille réduite et que la quantité de matière en circulation est à la fois constante dans le temps et dans l'espace débit, alors la vitesse de passage dans l'orifice augmente pour permettre à la dite quantité de matière de circuler en totalité pendant la même unité de temps.

On rencontre cet effet dans nombreuses situation de la vie courante comme l'accélération de vent au passage d'un col de montagne, la circulation de l'eau dans les canalisations et les turbines des avionsetc. [2].

I.4.Utilisation de tube venturi :

Le tube venturi est largement utilisé dans les procédés industriels, on cite :

- La Production et le raffinage de pétrole.
- Le Traitement et la distribution de l'eau.
- Le Traitement et la distribution de gaz.
- Les industries chimiques et pétrochimiques.

Parmi les particularités liées à l'utilisation industrielle de tube Venturi, nous citons :

- Le tube venturi convient pour la mesure du débit du liquide, du gaz et de la vapeur (fluides compressibles ou non compressibles).
- Le tube venturi a une précision de mesure estimée à $\pm 0.5\%$.
- Le tube venturi engendre la plus faible perte de charge parmi tous les éléments primaires.

I.5.L'équation de Bernoulli :

Dans cette partie, on va aborder la démonstration de l'équation de Bernoulli pour un fluide réel et pour un écoulement non stationnaire. Pour ce faire, prenant un tronçon de conduite et illustrons les différentes forces et contraintes appliquées (voir figure ci-dessous).

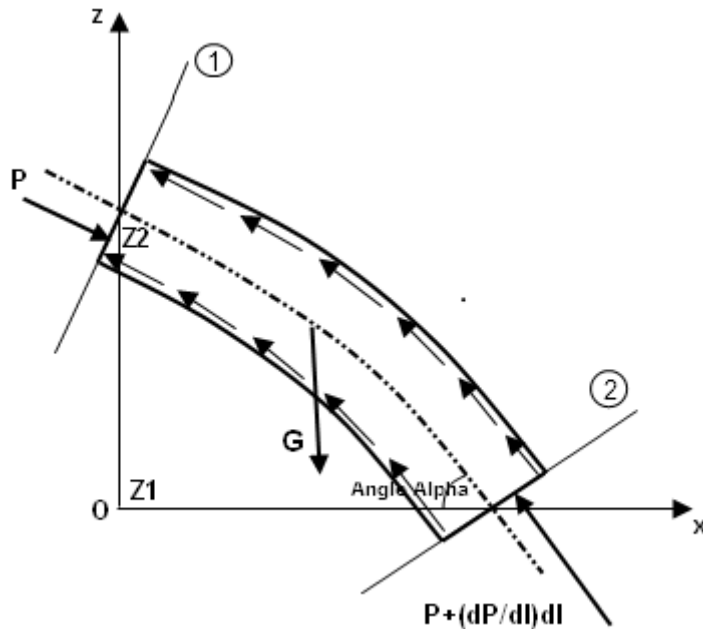


Figure I.2 : Illustration des différentes forces et contraintes appliquée à un fluide.[3]

$$\sum F_{ext} = ma \dots\dots\dots(I.1).$$

$$ma = \rho dS \frac{dv}{dt} dl \dots\dots\dots(I.2).$$

$$\sum F_{ext} = PdS - \left(P + \frac{\delta P}{\delta l} dl \right) dS + dG \sin \alpha - \tau dx dl \dots\dots\dots(I.3).$$

Avec :

ds, dl : élément de surface et de longueur respectivement,

P : la pression,

G : pesanteur,

τ : Contrainte tangentielle

x : ≤ périmètre de la section considérer

Donc :

$$\frac{-\delta P}{\delta l} dl \cdot dS + dG \cdot \sin \alpha - \tau dX \cdot dP = \rho dS \frac{dv}{dt} dl \dots \dots \dots (I.4).$$

$$\frac{-\delta P}{\delta l} dl \cdot dS + \rho \cdot g \cdot dS \cdot dl \cdot \sin \alpha - \tau dX \cdot dl = \rho dS \cdot dL \left(\frac{\delta v}{\delta t} + v \frac{\delta v}{\delta l} \right) \dots \dots \dots (I.5)$$

$$\frac{-\delta P}{\delta l} dl \cdot dS \cdot \rho \cdot g \cdot dS \cdot dZ - \tau \cdot dX \cdot dl - \rho dS \cdot dl \left(\frac{\delta v}{\delta t} + v \frac{\delta v}{\delta l} \right) = 0 \dots \dots \dots (I.6)$$

$$\frac{-\delta P}{\delta l} - \rho \cdot g \cdot \frac{dZ}{dl} - \tau \frac{dX}{dS} - \rho \cdot \frac{\delta v}{\delta t} - \rho v \frac{\delta v}{\delta l} = 0 \dots \dots \dots (I.7)$$

$$\frac{+1}{\rho g} \frac{\delta P}{\delta l} + \frac{dZ}{dl} + \tau \frac{1}{\rho g} \frac{dX}{dS} + \frac{1}{g} \frac{\delta v}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta L} \left(\frac{V^2}{2g} \right) = 0 \dots \dots \dots (I.8)$$

$$\frac{\delta}{\delta l} \left(\frac{P}{\rho g} + Z + \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{\tau}{\rho g} \frac{dX}{dS} + \frac{1}{g} \frac{\delta v}{\delta t} = 0 \dots \dots \dots (I.9)$$

$$\int_{l_1}^{l_2} \frac{\delta}{\delta l} \left(\frac{P}{\rho g} + Z + \frac{V^2}{2g} \right) dl + \int_{l_1}^{l_2} \frac{\tau}{\rho g} \frac{dX}{dS} dl + \int_{l_1}^{l_2} \frac{1}{g} \frac{\delta v}{\delta t} dl = 0 \dots \dots \dots (I.10)$$

L'équation devient :

$$\left(\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) = \left(\frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) + \left(\frac{1}{g} \frac{dv}{dt} \right) + \left(\frac{\tau}{\rho g} \frac{dX}{dS} \right) \dots \dots \dots (I.11)$$

Après simplification de certains termes, on obtient l'équation générale suivante :

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \Delta H \dots \dots \dots (I.12)$$

I.6. littérature :

Dans cette section, on s'intéresse à exposer quelques travaux de recherches qui se sont intéressés à l'étude des écoulements à l'intérieur du tube venturi. Bien que la littérature liée à cette thématique est assez extensive, on se limite à certains travaux numériques, comme celui de **S. Wender sida et al. [4]** qui ont simulé un flux d'air turbulent en bidirectionnel dans un canal Venturi. Les équations des transferts ont été discrétisées utilisant la méthode (RANS) Reynolds Aérage Navier-Stokes et en utilisant le modèle turbulent standard k- ϵ . Plusieurs résultats ont été exposés sous forme de champs de vitesses, de champs de pressions statique et dynamique, lignes de courant, tourbillons et champs d'énergie cinétique turbulente.

T. Nithin et al. [5] ont utilisé la CFD pour étudier l'écoulement dans un venturi mètre. L'objet de l'étude était d'optimiser le tube venturi et prenant en compte la plupart des variables expérimentales. Ils ont montré dans leur papier que la perte de pression dans le tube du venturi mètre dépend de l'obstruction et du rapport du diamètre et des propriétés du fluide.

A. Baylar et al. [6] ont analysé les taux d'injection du fluide (l'air) dans des tubes venturi à l'aide du la CFD en utilisant le code commercial Fluent 6.3.26. Ils ont conclu que lorsqu'il existe une quantité minimale de pression différentielle entre l'entrée et la sortie du tube de venturi, une dépression se produit au niveau des trous d'aspiration.

Y. Bora et al. [7] ont présenté une étude expérimentale et numérique d'un tube venturi. Une géométrie bidimensionnelle a été étudiée sous le logiciel commercial Fluent 6.3.26. Différents inclinaisons ont été étudiées et les résultats ont démontré un bon accord entre l'expérience et le numérique.

I.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé quelques notions indispensables sur le tube de venturi comme les définitions, le principe du phénomène physique, quelques applications industrielles et enfin certains travaux de recherches effectués sur des tubes de Venturi.

II.1.Introduction :

Les écoulements des fluides en régime laminaire ou turbulent, sont décrits par le système d'équations aux volumes finis. Ainsi, tous les phénomènes physiques sont régis par ce système formé par les équations de continuité, de quantité de mouvement et d'énergie, qu'il convient de résoudre pour connaître les caractéristiques du champ thermique et du champ d'écoulement. Malheureusement, il est pratiquement impossible de trouver une solution analytique exacte à de tels systèmes du fait que les équations citées précédemment soient très complexes, le recours à la résolution numérique s'impose et nous incite à choisir la méthode numérique adéquate pour obtenir les meilleures approximations.

II.2. Choix de la méthode numérique :

Pour obtenir une solution numérique du problème étudié, on doit transformer les équations différentielles du modèle mathématique au moyen d'un processus de discrétisation en un format facile pour le processus numérique. Ce format n'est autre que le système d'équation algébrique obtenu après la discrétisation.

Parmi les techniques et/ou les méthodes de discrétisation les plus fréquemment utilisées en mécanique des fluides, on peut citer la méthode des différences finies, la méthode des volumes finis et la méthode des éléments finis. Pour notre présente étude, nous avons choisi la méthode des volumes finis, car elle présente des avantages considérables du fait qu'elle soit simple, qu'elle garantisse la conservation de masse et de la quantité de mouvement dans chaque volume de contrôle et dans tout le domaine de calcul et qu'elle soit applicable pour les géométries complexes. [8]

II.2.1. Principe de la méthode des volumes finis :

La méthode des volumes finis consiste à transformer les dérivées en expressions algébriques faciles à résoudre. La résolution par cette méthode passe par quatre étapes principales :

- a. Effectuer un maillage du domaine d'étude : ceci se fait en plaçant un certain nombre de nœuds dans ce domaine et en construisant un volume fini ou un volume de contrôle autour de chaque nœud. Ce volume de contrôle est délimité par des interfaces.
- b. Intégrer l'équation aux dérivées partielles sur chaque volume de contrôle.

- c. Choisir un profil de variation de la quantité à trouver (par exemple : température, pression, etc.....) entre deux nœuds consécutifs pour pouvoir évaluer les dérivées à l'interface.

Ceci nous conduit à l'obtention d'une équation algébrique simple appelé « équation discrétisée » qui est propre à chaque nœud du domaine. Donc, si celui-ci est constitué de n nœuds, on aurait n -équations algébriques à résoudre, il y a donc, autant de nœuds que volumes de contrôle d'où la performance de la méthode des volumes finis comparativement aux autres méthodes. [8]

- d. Résoudre le système d'équations obtenu par l'une des méthodes de résolution des équations algébriques linéaires. Le domaine de calcul est divisé en un nombre fini de sous domaines élémentaires, appelés volumes de contrôle. La méthode des volumes finis consiste à intégrer les équations aux dérivées partielles, la méthode de volume fini comporte essentiellement :

- La discrétisation du domaine considéré en volume de contrôle.
- La formulation intégrale des équations différentielles aux dérivées partielles.
- Le choix d'un schéma représentant la variation de la quantité physique et l'assemblage des diverses équations.
- Le modèle doit être stable et convergent.

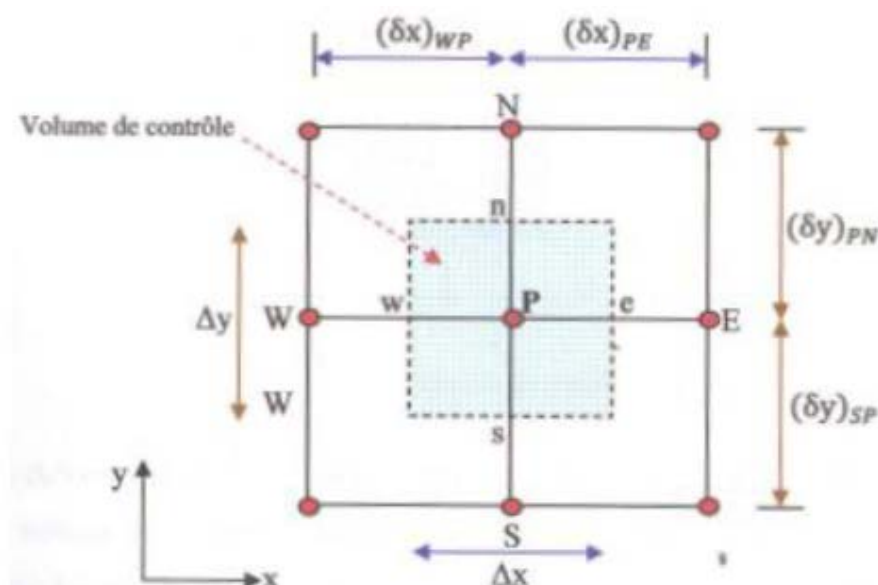


Figure II.1 : Volume de contrôle typique pour une situation 2D.[8]

Le domaine de calcul est divisé en un nombre fini de sous-domaines élémentaires, appelés volume de contrôle, comme indiqué dans la figure (II.1). Chacun de ces derniers englobe un nœud dit nœud principal P, les point E et W (Est et Ouest) sont des voisins dans la direction x, tandis que N et S (Nord et Sud) sont ceux dans la direction y. le volume de contrôle entourant P est montré par les lignes discontinues. Les faces du volume de contrôle sont localisées aux points *e* et *w* dans la direction x, *n* et *s* dans la direction y.

II.2.2. principe de la mécanique des fluides numériques ‘CFD’:

Pour l’étude d’un problème en mécanique des fluides numériques, on doit passer par trois étapes essentielles, qui sont :

1. la définition du problème à résoudre dans préprocesseur (exemple : gambit). Cela permet d’esquisser la géométrie du système. Le maillage de la géométrie grâce un algorithme de maillage. Et enfin, définir le type de conditions aux limites aux frontières du domaine et la nature du fluide.
2. L’utilisation d’un solveur (exemple : fluent) pour la discrétisation spatiale et temporelle des équations de mécanique des fluides ‘Navier-stokes’ couplées aux conditions aux limites appropriées. Cela grâce à un processus itératif utilisant plusieurs schémas numériques.
3. Enfin, le post traitement qui consiste à visualiser la géométrie et le maillage du domaine, mais surtout d’afficher les résultats obtenus en termes de contours et de graphs.

II.3. les équations de transports :

Dans les hypothèses d’un écoulement laminaire, stationnaire, incompressible et isotherme. On écrit les équations de continuité et de quantité de mouvement selon les axes x et y comme suit :

Equation de continuité :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots (II.1)$$

Equation de quantité de mouvement :

Selon l'axe x

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \vartheta \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] \dots \dots \dots (\text{II.2})$$

Selon l'axe y

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \vartheta \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] \dots \dots \dots (\text{II.3})$$

Avec :

u : la vitesse selon l'axe x (m/s).

v : la vitesse selon l'axe y (m/s).

p : la pression (Pa)

ϑ : viscosité cinématique ($m^2 \cdot s^{-1}$).

ρ : La masse volumique (kg/m^3).

II.4. Présentation de Gambit 2.3.16 :

Le GAMBIT est un logiciel de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) et de génération de maillage. Il permet de réaliser des géométries en 2D ou 3D et de construire le maillage.

Largement répandus dans l'industrie (automobile, aéronautique, spatiale, ...etc.) en raison de son interface graphique puissante, il permet aussi de réaliser tout type de géométries complexes (fixes ou mobiles) associées à des maillages fixes ou adaptatifs.

La figure II.6 montre l'interface graphique de gambit, qui comprend une même fenêtre principale, une fenêtre graphique(1), un menu d'instructions (2) à gauche, avec au-dessus une fenêtre d'information (3) et encore au-dessus, du teste d'aide (4) sur l'action en cours.

Gambit regroupe trois fonctions :

- Définition de la géométrie du problème (construction de la géométrie).
- Le maillage et sa vérification.
- Définition des frontières (types des conditions aux limites) et des domaines de Calculs.

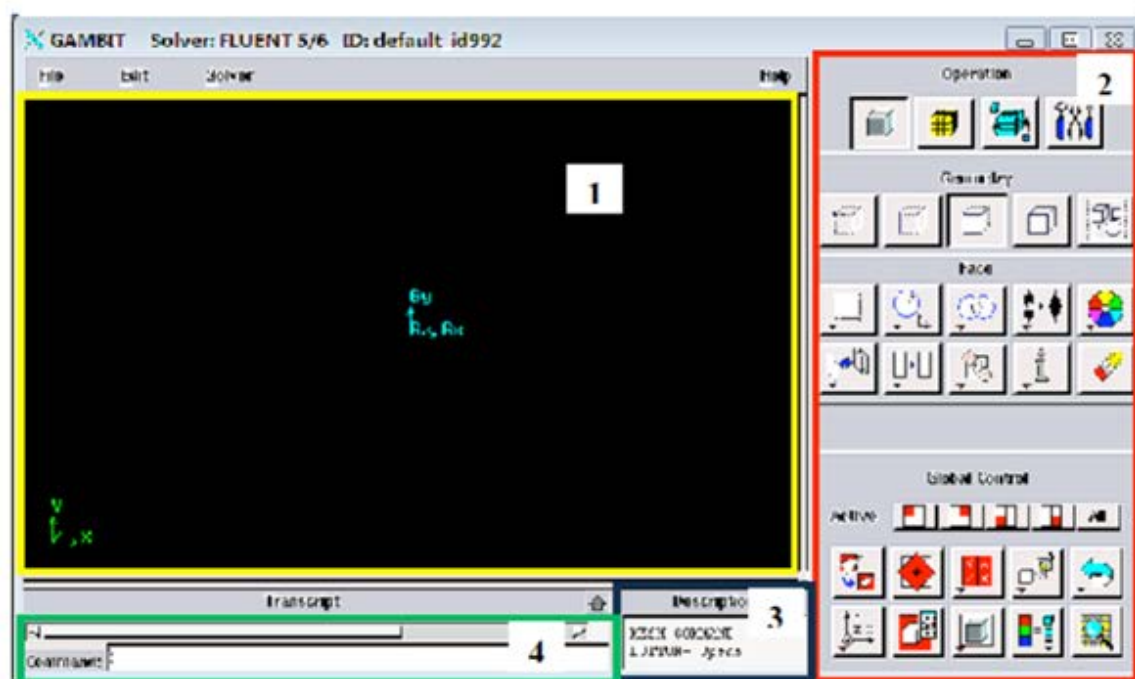


Figure II.2: Interface de logiciel Gambit. [8]

II.4.1. Les commande dans le Gambit 2.3.16:

a) Commande pour construction de la géométrie :

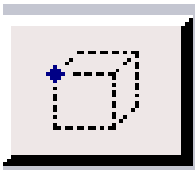
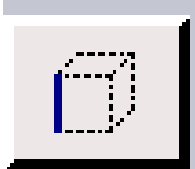
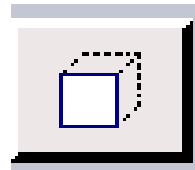
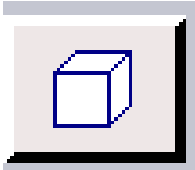
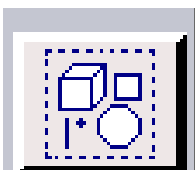
Symbole	Commande
	Point
	Segment
	Face
	Volume
	Group

Tableau II.1 : commandes existantes pour la construction de géométrie.

b) Commande d'un point :

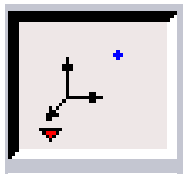
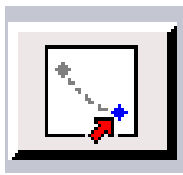
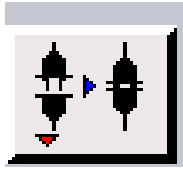
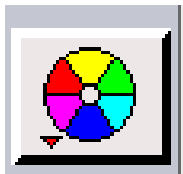
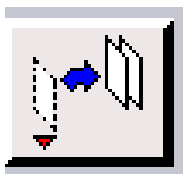
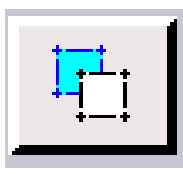
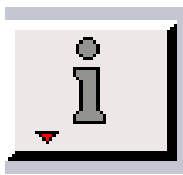
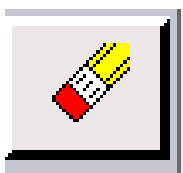
Symbole	commande	Description
	Créer un point	Créer un point réel aux coordonnées spécifiées
	Glisser un point virtuel	Change la position d'un point virtuel au long d'un segment ou d'une face.
	Connecter/séparer des points	Connecte des points réels ou virtuels/séparer des points qui sont communs à deux ou plus d'une entité.
	Modifier la couleur d'un point	Change la couleur d'un point.
	Déplacer/copier un point	Déplace et/ ou copie des points.
	Convertir des points	Convertir les points non réels en points réels.
	Récapituler Contrôle des points Recherche des points	Affiche les informations d'un point.
	Supprime un point	Supprime un point réel ou virtuel.

Tableau II.2 : commandes existantes pour la manipulation des points.

c) Commande d'un segment :

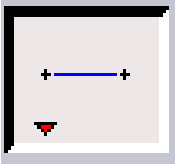
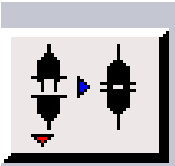
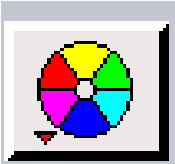
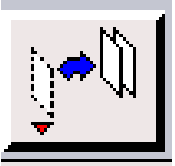
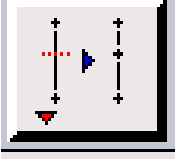
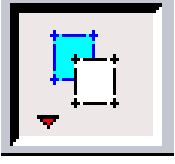
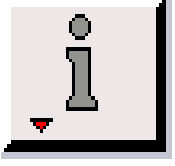
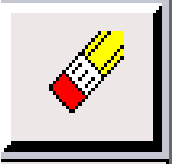
Symbole	commande	Description
	Créer un segment	Créer un segment réel à partir de point existants.
	Connecter/séparer Des segments	Connecter des segments réels/sépare des points qui sont communs à deux ou plus d'une entité.
	Modifier la couleur d'un segment	Changer la couleur d'un segment.
	Déplacer/copier un segment	Déplacer et/ou copier des segments.
	Split edges Merge edges	Fractionner des segments ou merger des segments.
	Convertir des segments	Convertir les segments non réels en segments réels.
	Récapituler Contrôle des segments Recherche des segments	Affiche les informations d'un segment.
	Supprime un segment	Supprime un segment réel Ou virtuel.

Tableau II.3 : commande existante pour la manipulation des segments.

d) Commande relatives à une face :

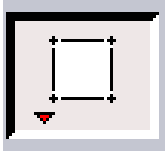
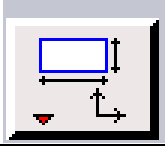
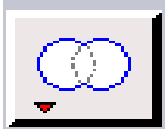
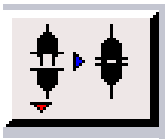
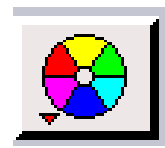
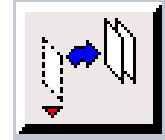
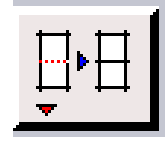
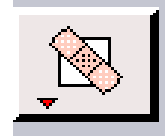
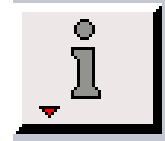
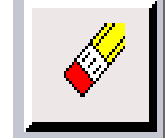
Symbole	commande	description
	Former une face	Créer une face réelle à partir des segments existants.
	Créer une face	Créer une face à partir d'une forme primitive.
	Opérations booléennes	Union, soustraction Interaction des faces.
	Connecter/séparer des faces	Connecter des faces réels ou virtuels /sépare des points qui sont communs à deux ou plus d'une entité.
	Modifier la couleur d'une face	Changer la couleur d'une face.
	Déplacer/copier une face	Déplacer et/ ou copie des faces.
	Split face	Fractionner des segments
	Convertir des faces	Convertir les faces non réelles en faces réels.
	Récapituler Contrôle des faces Recherche des faces	Afficher les informations d'une face.
	Supprimer une face réelle ou virtuelle	Supprimer une face réelle ou virtuelle

Tableau II.4 : manipulation des faces.

e) Commande relative à un volume :

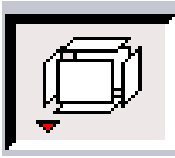
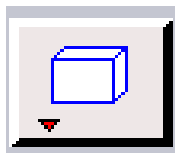
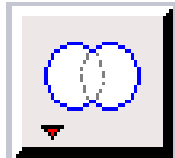
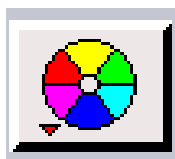
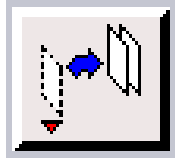
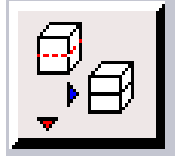
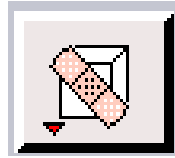
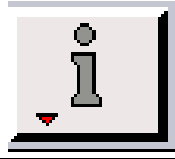
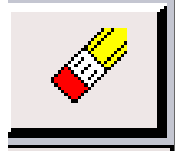
Symbole	Commande	Description
	Former un volume	Créer un volume réel à partir des faces existantes.
	Créer un volume	Créer un volume à partir d'une forme primitive.
	Opération booléennes	Union, soustraction et intersection de volume.
	Modifier la couleur d'un volume	Changer la couleur d'un volume
	Déplacer/copier un volume	Déplacer et/ ou copier un volume.
	Split volume Marge volume	Fractionner des volumes.
	Convertir des volumes	Convertir les volumes non réels en volumes réels.
	Récapituler Contrôle des volumes Recherche un volume	Afficher les informations d'un volume.
	Supprime un volume	Supprimer un volume réel ou virtuel.

Tableau II.5 : manipulation des volumes.

f) Commande de maillage :





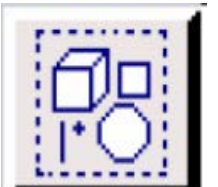
Symbole	Commande
	Couche limite
	Segment
	Face
	Volume
	Groupe

Tableau II.6 : manipulation des maillages.

II.4.2. Spécification du schéma des éléments face :

Gambit spécifie un type d'élément de maille surfacique, chaque élément est associé avec un type de maillage.

Option	Description
Quad	Spécifier que le maillage contient seulement des éléments quadrilatéraux.
Tri	Spécifier que le maillage contient seulement des éléments triangulaires.
Quad/tri	Spécifier que le maillage est composé d'éléments quadrilatéraux mais peut contenir des éléments triangulaires.

Tableau II.7 : types des mailles surfaciques.

II.4.3. Spécification du type de maillage des éléments face :

Gambit vous donne les types de maillage suivant :

Option	Description
Map	Créer un maillage régulier et structuré.
Submap	Divise une face de géométrie complexe à une région plus régulière et créer un maillage structuré en chaque région.
Pave	Créer un maillage non-structuré
Tri primitive	Divise un visage a trois faces en trois quadrilatères régions et crée un maillage mappé dans chaque région.
Wedge primitive	Créer des éléments triangulaires à l'extrémité d'un visage en forme de coin et créer un maillage radial vers l'extérieur de la pointe.

Tableau II.8 : types d'éléments associé à chaque maillage.

	Eléments		
Type	Quad	Tri	Quad/Tri
Map	×		×
Submap	×		
Pave	×	×	×
Tri primitive	×		
Wedge primitive			×

Tableau II.9 : types des maillages.

II.4.4. Construction de la géométrie :

La finalité de la construction de la géométrie est de définir les domaines de calcul qui sera problème à deux dimensions et de volume dans un problème à trois dimensions.

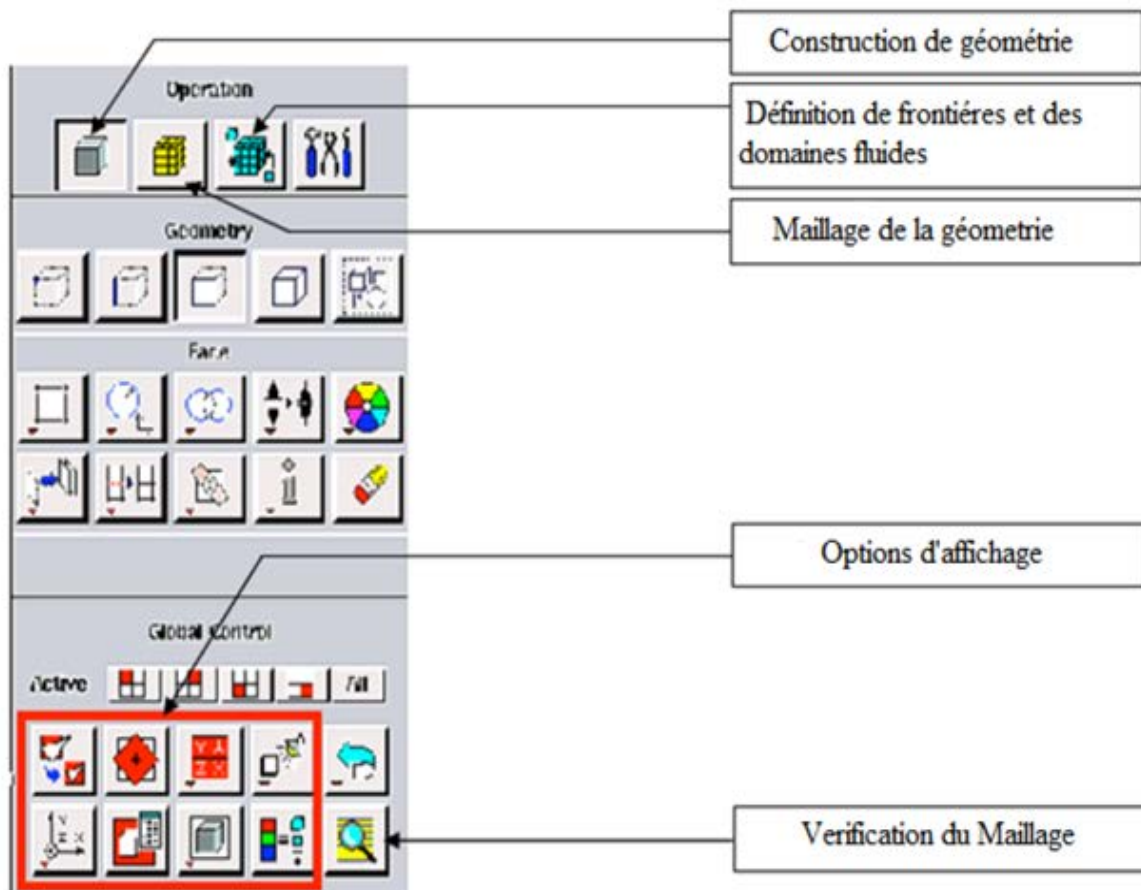


Figure II.3 : Les opérations pour construire une géométrie [9].

II.4.5 Conditions aux limites et définition du domaine :

Plusieurs conditions aux limites peuvent être à la géométrie esquissée et maillée.

La figure suivante montre le panneau dédié aux différentes conditions qu'on peut imposer.

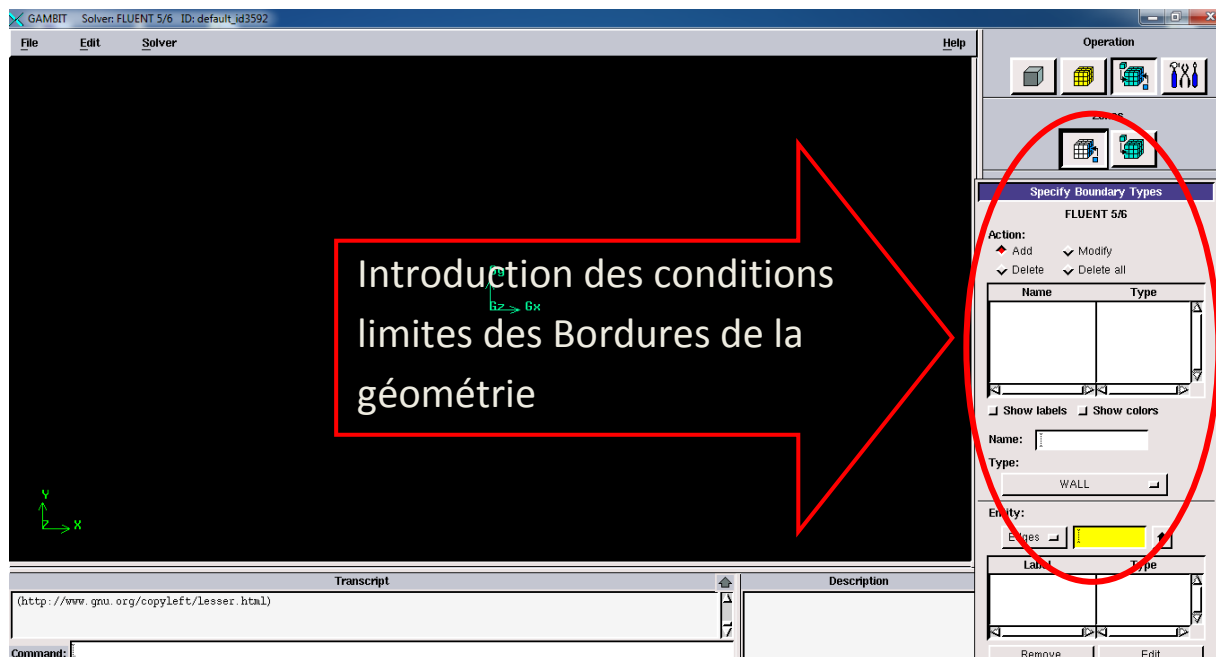


Figure II.4 : Définition des conditions aux limites. [8]

Une fois la géométrie esquissée et maillée et que les conditions aux limites appliqués, la géométrie peut être sous le format 'mesh' pour être discrétisée dans un solveur.

II.5. Présentation du logiciel FLUENT :

FLUENT est un logiciel de modélisation tridimensionnelle et bidimensionnelle des écoulements fluides avec ou sans transfert thermique, avec ou sans réactions chimiques, et pour une ou plusieurs phases. On l'utilise dans de nombreux domaines industriels tels que l'Aéronautique, Véhicules à moteurs, Marine, Biomédical, Refroidissement en électronique, Verre, Traitement de polymère, Processus chimique, Production d'électricité, Turbomachine, etc. Il se présente comme suit :

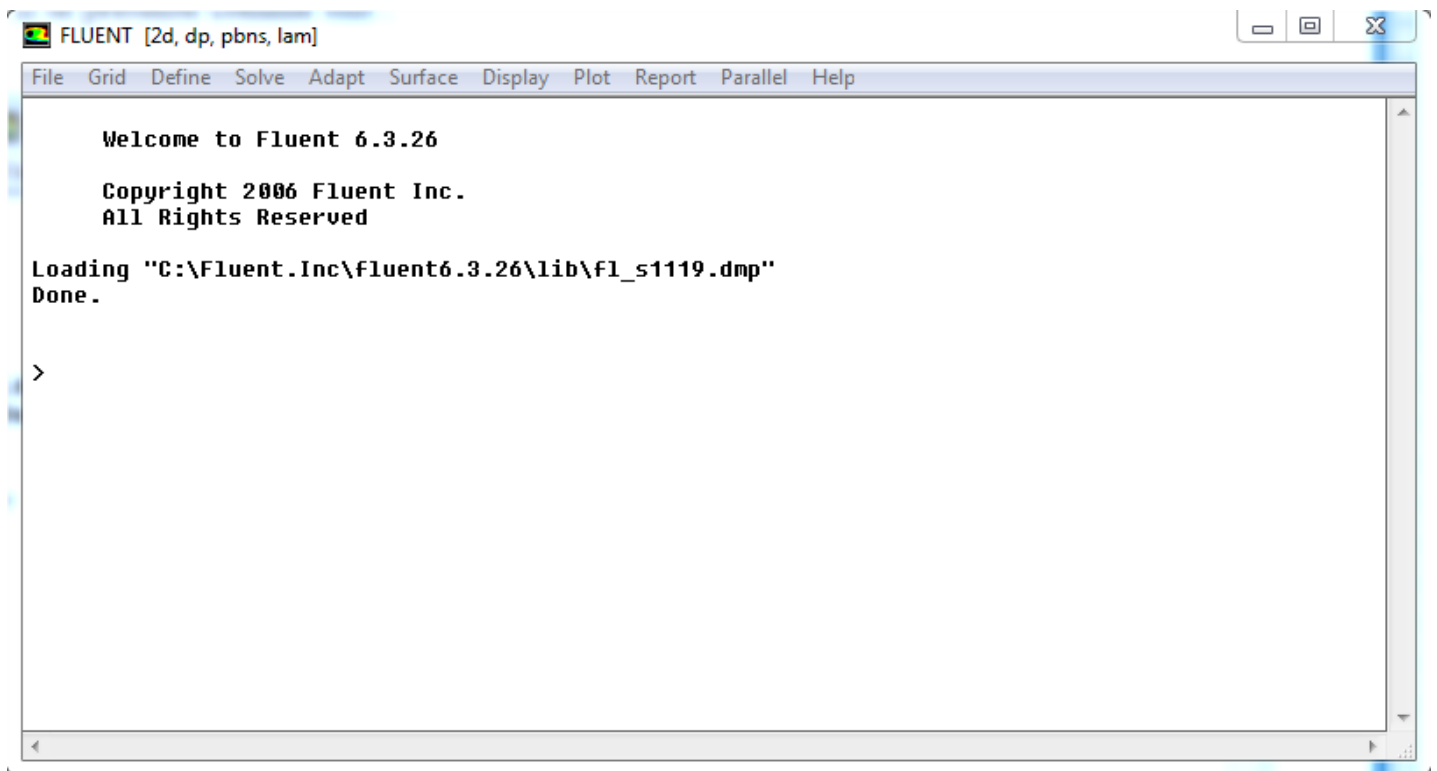


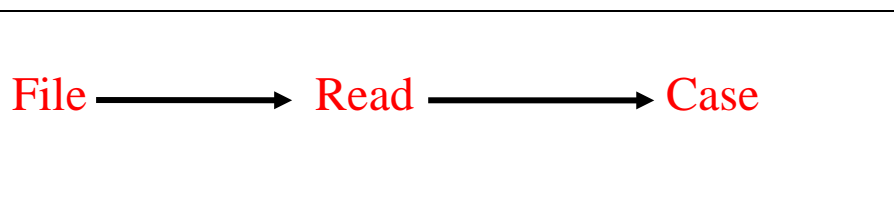
Figure II.5 : Interface du logiciel Fluent 6.3.26.

II.5.1. Etapes à suivre pour la simulation sous FLUENT 6.3.26:

Dans cette section, on expose les différentes étapes à suivre pour la résolution d'un problème physique sous le code commercial Fluent 6.3.26..

✓ Lecture des fichiers :

Cette étape sert à lire les fichiers déjà sauvegardés, pour cela il suffit de suivre la procédure suivante :



✓ Vérification de la géométrie importée :

Ceci permet la vérification des données reçues.

Grid → check

✓ Changement d'unités :

Les dimensions telles qu'elles sont perçues par GAMBIT sont toujours en mètre. Cette étape permet d'adopter les dimensions réelles de notre géométrie.

Grid → Scale

✓ Définition des différents aspects du problème :

Ceci nous permet de définir la nature de l'écoulement (stationnaire ou transitoire).

Define → Models → Solver

✓ Définition du régime d'écoulement :

Afin de sélectionner le type d'écoulement du fluide sur lequel le logiciel se basera pour résoudre le problème, il suffit d'activer la commande suivante.

Define → Models → viscous

✓ Propriétés des fluides utilisés :

Cette étape du logiciel nous permet de sélectionner les matériaux/fluides requis pour la simulation en utilisant la base de données du solveur.



```
graph LR; Define --> Materials
```

Define → Materials

✓ Les conditions aux limites :

Le sous menu apparaît pour nous permettre de fixer les conditions aux limites du problème.

Plusieurs conditions aux limites peuvent être adaptées en fonction du problème traité.



```
graph LR; Define --> BoundaryConditions[Boundary conditions]
```

Define → Boundary conditions

✓ Initialisation des calculs :

Avant tout calcul itératif, il faut initialiser le calcul en utilisant la commande initialize.



```
graph LR; Solver --> Initialize1[Initialize] --> Initialize2[Initialize]
```

Solver → Initialize → Initialize

✓ Lancement des calculs itératifs :

‘Iterate’ permet de lancer le calcul itératif.



```
graph LR; Solver --> Iterate
```

Solver → Iterate

✓ Visualisation des différents résultats de la simulation :

Pour ce faire il suffit d'activer les commandes suivantes :

Display → **vectors**

Pour l'évolution des vecteurs vitesses.

Display → **contours**

Pour l'évolution des différents champs comme les lignes du courant et le champ des vitesses.

Display → **X Y Plot**

Pour les courbes.

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue les généralités liées à la modélisation numérique des écoulements fluides, notamment le principe de la CFD. De plus, on sait intéressés à exposer brièvement le code d'esquisse de génération de maillage Gambit, ainsi que le solveur Fluent 6.3.26. Le prochain chapitre sera consacré à présenter la modélisation et la simulation numérique sous Fluent.

III.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous allons exposer les différentes étapes suivies pour la modélisation d'un écoulement d'eau à l'intérieur d'un tube Venturi. Les étapes de la modélisation consistent en l'esquisse de la géométrie bidimensionnelle et son maillage, puis la discrétisation des équations en utilisant le solveur Fluent 6.3.26.

III.2. Présentation de la géométrie de référence :

La géométrie de référence consiste est un tube Venturi. Les dimensions du tube sont montrées sur la figure III.1. De l'eau circule à l'intérieur de venturi avec un débit massique de 0.1327kg/s . Pour notre modélisation, nous prenant en considération les hypothèses suivantes :

- L'écoulement s'effectue en approximation bidimensionnelle suivent les axes x et y.
- L'écoulement est stationnaire et laminaire.
- L'eau est considérée comme un fluide isotherme et sans effet de compressibilité.

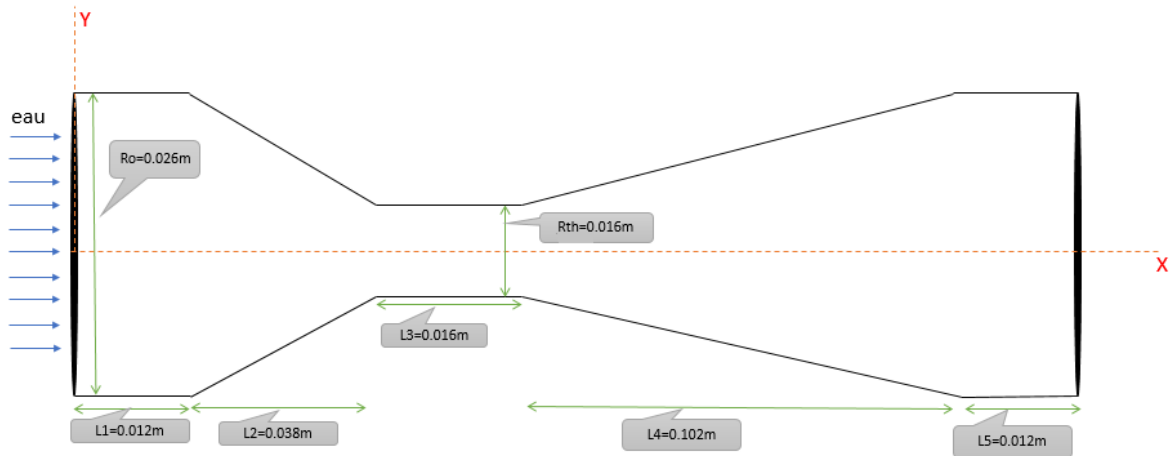


Figure III.1 : tube Venturi de référence.

III.3. Etapes de la modélisation :

III.3.1. Construction et maillage de la géométrie sur Gambit 2.3.16:

On construit notre géométrie en utilisant le logiciel de génération maillage Gambit 2.3.16. Comme la géométrie de référence représente un axe symétrie suivant l'axe x, nous ne limiterons seulement à la moitié de la géométrie, cela permet de gagner en temps de travail et de calcul.

On commence par dessiner les points, puis on les relie entre eux, et en enfin on crée une surface, voir figures III.2 et III.3.

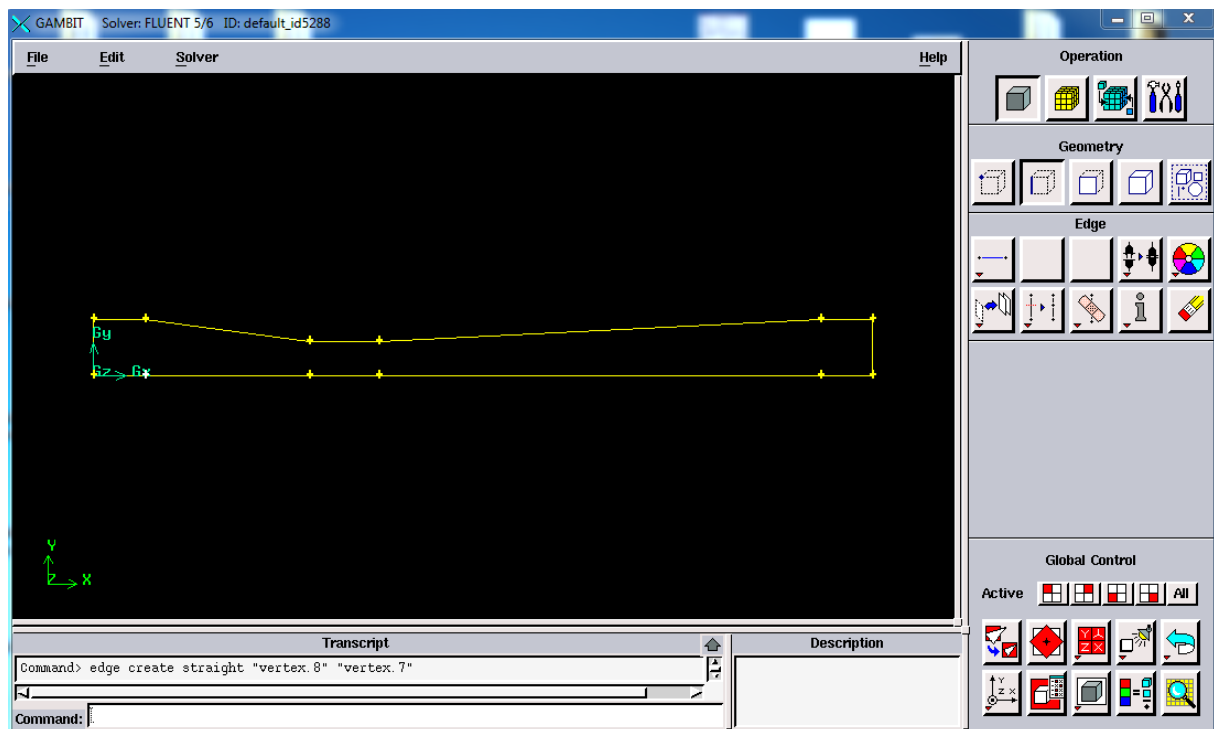


Figure (III.2): création des lignes sur Gambit 2.3.16.

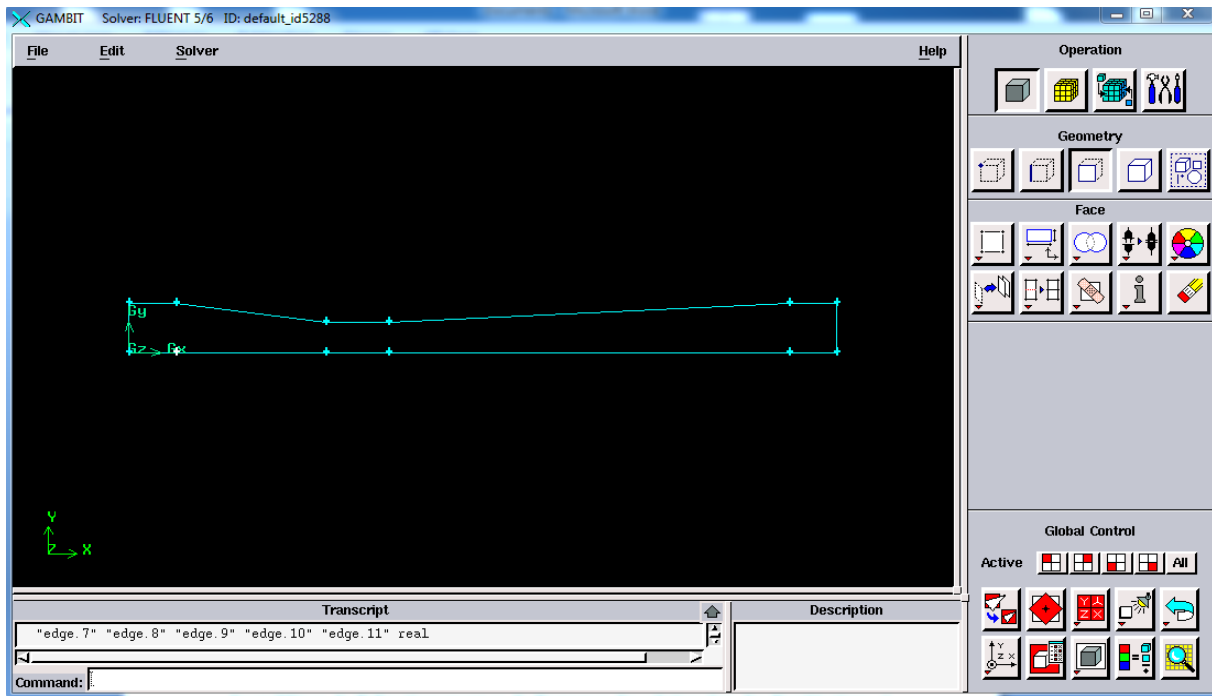


Figure (III.3) : création de la surface sous gambit 2.3.16.

Le maillage joue un rôle important pour la convergence et la précision des résultats, ce qui nous oblige à le faire manière précise. Dans notre cas, on commence par mailler chaque segment de notre domaine manuellement en donnant à chaque segment un nombre de divisions bien précis, puis on génère la surface maillée, voir figure III.4 et III.5.

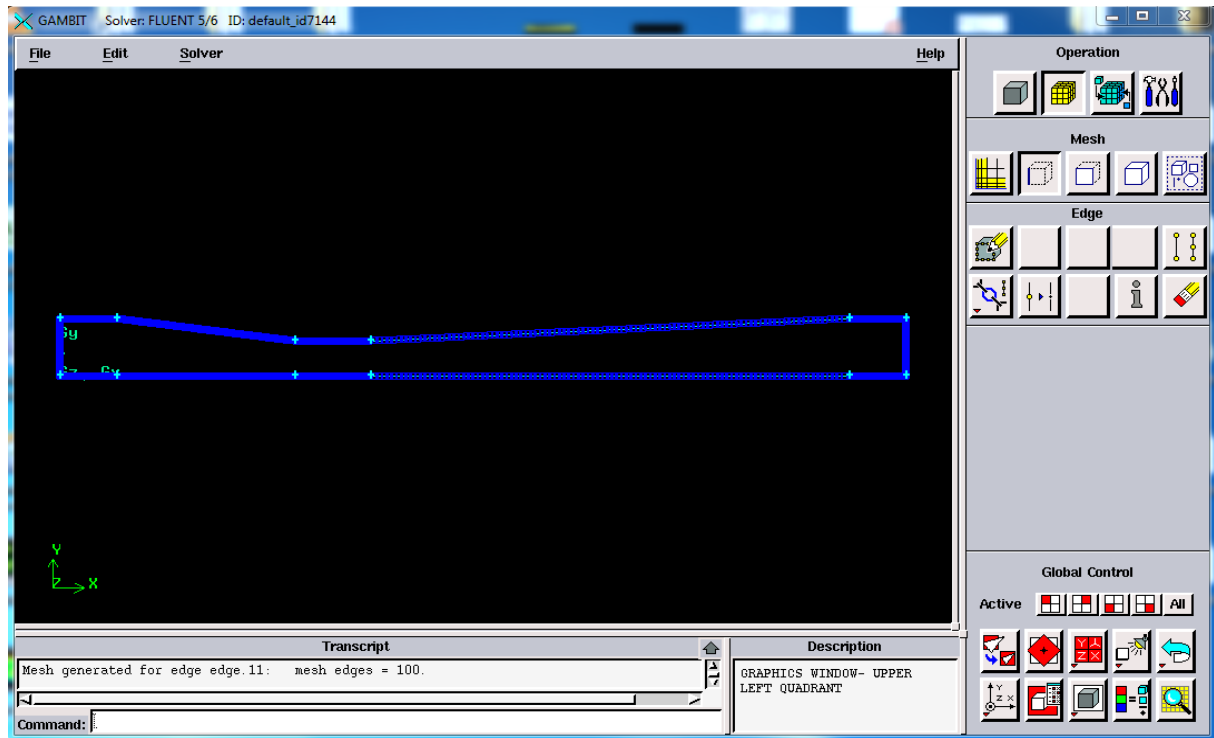


Figure (III.4) : maillage des lignes sur Gambit 2.3.16.

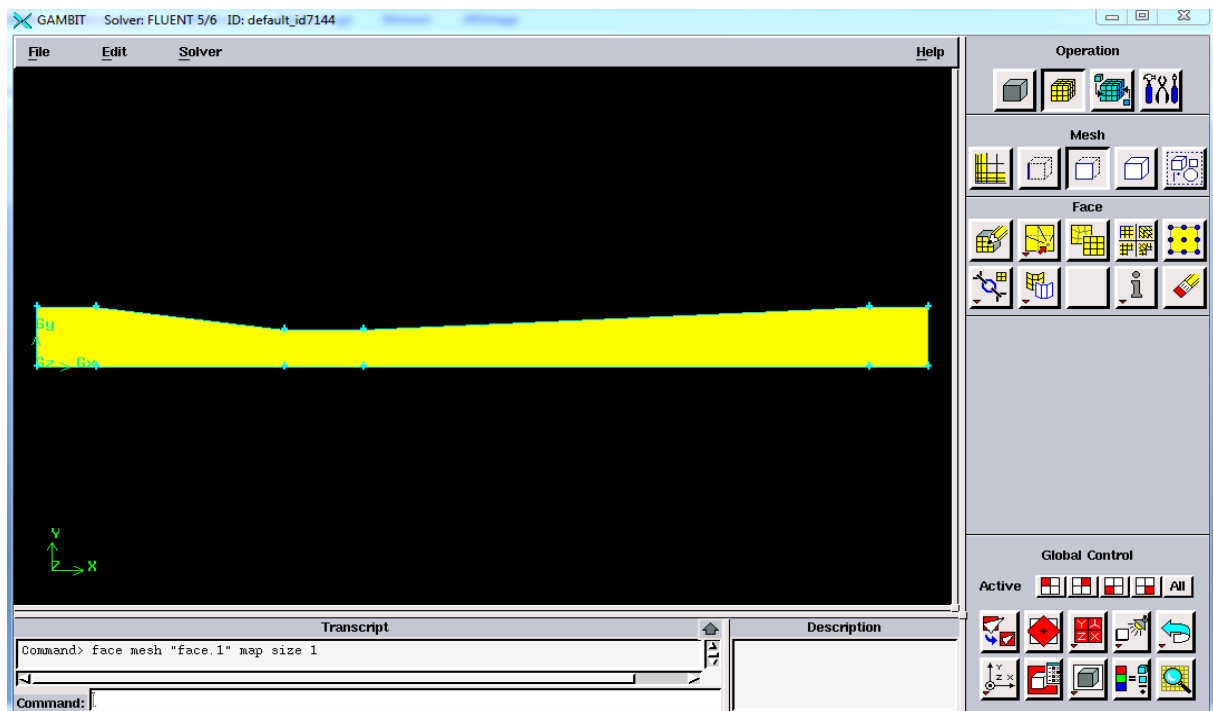


Figure (III.5): maillage surfacique de notre domaine sous gambit 2.3.16.

Après avoir terminé le maillage du domaine, on doit choisir les conditions aux limites à appliquer aux frontières de notre domaine d'étude. Il est à noter que les conditions aux limites de notre problème physique consiste en un débit d'eau à l'entrée (ou bien une vitesse d'entrée), des murs, une condition de sortie et enfin un axe de symétrie. Ces conditions sont représentées sur la figure III.6.

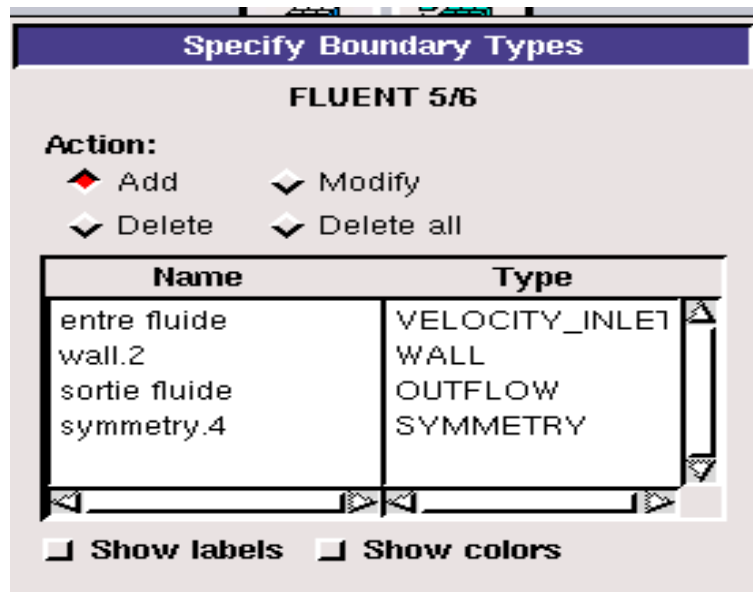


Figure (III.6) : conditions à limites appliquées aux frontières du domaine étudié sur Gambit 2.3.16.

Enfin, nous ajoutant une condition pour définir le domaine fluide, voir la figure III.7.

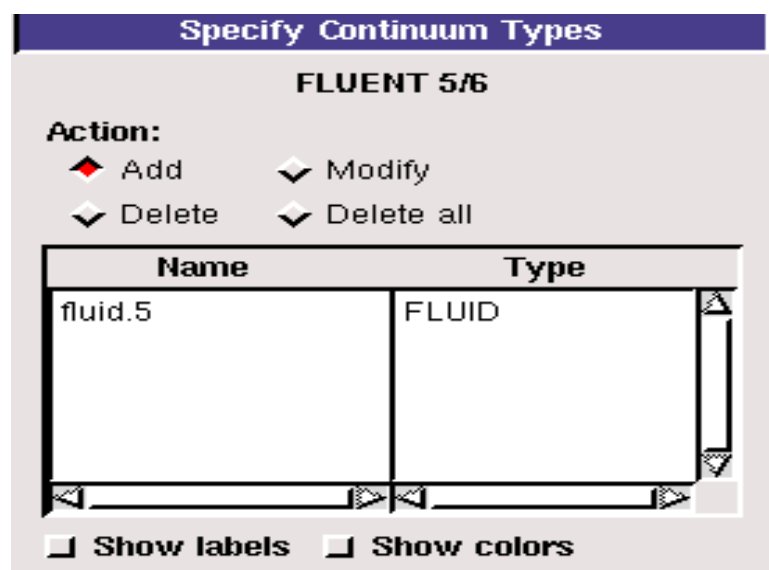


Figure (III.7) : condition du domaine sur Gambit 2.3.16.

Une fois ces étapes effectuées, nous exportons le fichier sous format '**msh**' (mesh= maillage en anglais) que nous pouvons exploiter avec le logiciel de simulation numérique Fluent 6.3.26.

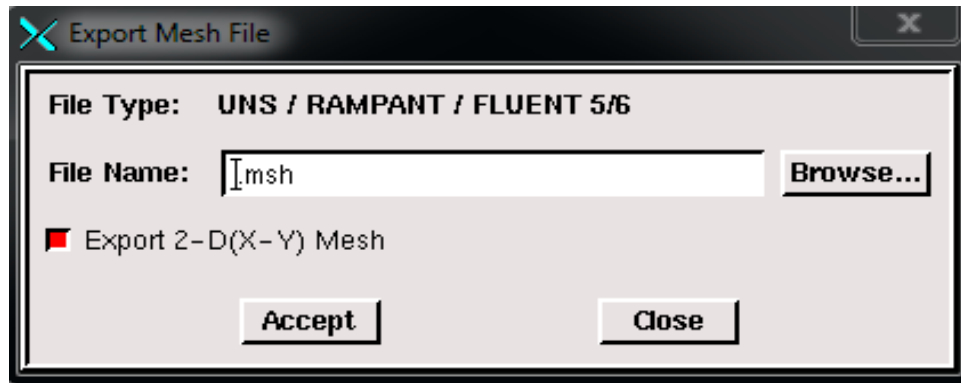


Figure (III.8) : exportation du fichier 'msh'.

III.4.simulation sous Fluent 6.3.26 :

On ouvre le solveur Fluent 6.3.26 en cochant la version 2D et en choisissant une double précision. Cela semble le plus approprié à notre simulation. Voir figure III.9.

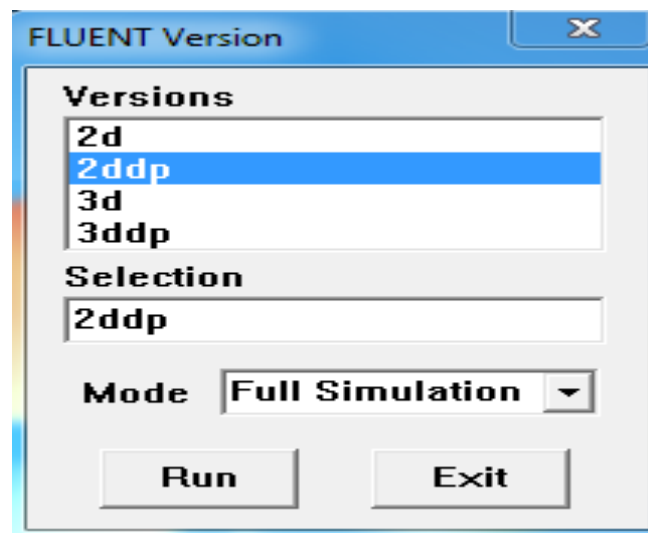


Figure (III.9): choix du 2D, double précision sur Fluent 6.3.26.

Pour commencer la simulation sous Fluent 6.3.26, il faut importer le fichier (.msh) généré sous Gambit 2.3.16. Cela permet de générer le domaine maillé dans le logiciel Fluent 6.3.26.

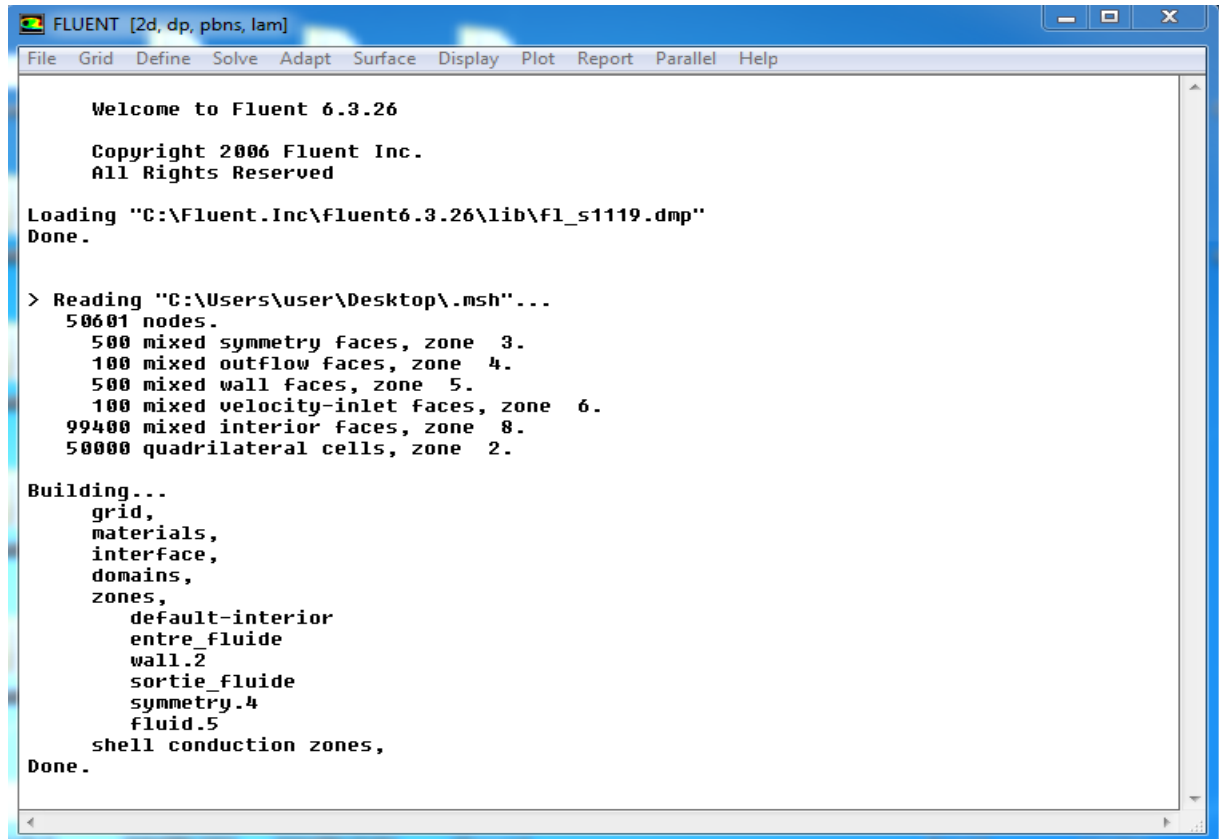


Figure (III.10): Importation de fichier '.msh' sous fluent 6.3.26.

On vérifie le maillage en utilisant l'icône 'check'. Ceci permet de vérifier si le fichier importé ne contient pas d'erreurs, voir figure III.11.

Grid Check

```
Domain Extents:
  x-coordinate: min (m) = 0.000000e+000, max (m) = 1.800000e-001
  y-coordinate: min (m) = 0.000000e+000, max (m) = 1.300000e-002
Volume statistics:
  minimum volume (m3): 1.280000e-008
  maximum volume (m3): 1.323450e-007
  total volume (m3): 1.910000e-003
Face area statistics:
  minimum face area (m2): 8.000000e-005
  maximum face area (m2): 1.021225e-003
Checking number of nodes per cell.
Checking number of faces per cell.
Checking thread pointers.
Checking number of cells per face.
Checking face cells.
Checking bridge faces.
Checking right-handed cells.
Checking face handedness.
Checking face node order.
Checking element type consistency.
Checking boundary types:
Checking face pairs.
Checking periodic boundaries.
Checking node count.
Checking nosolve cell count.
Checking nosolve face count.
Checking face children.
Checking cell children.
Checking storage.
Done.
```

Figure (III.11): vérification du fichier importé sous Fluent 6.3.26.

Il faut toujours vérifier que les dimensions affichées correspondent aux dimensions physiques du problème, voir figure III.12.

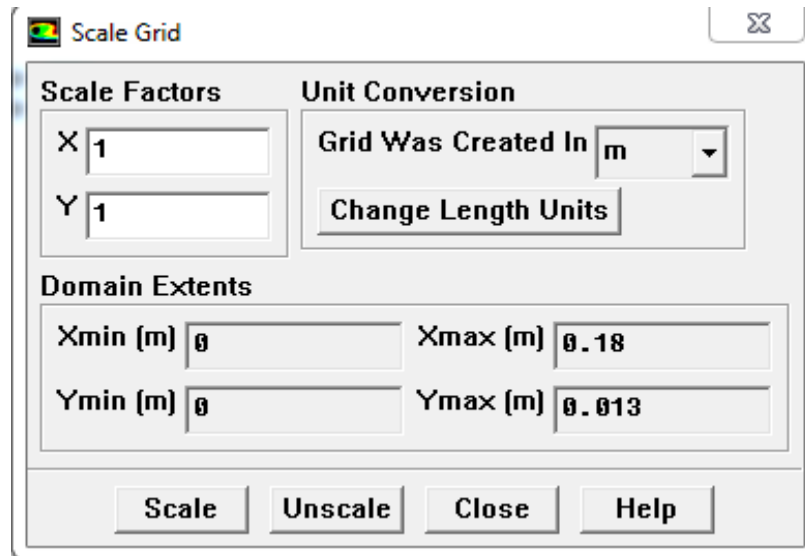


Figure (III.12) : vérification des dimensions affichées.

On définit le solveur comme le montre la figure III.13

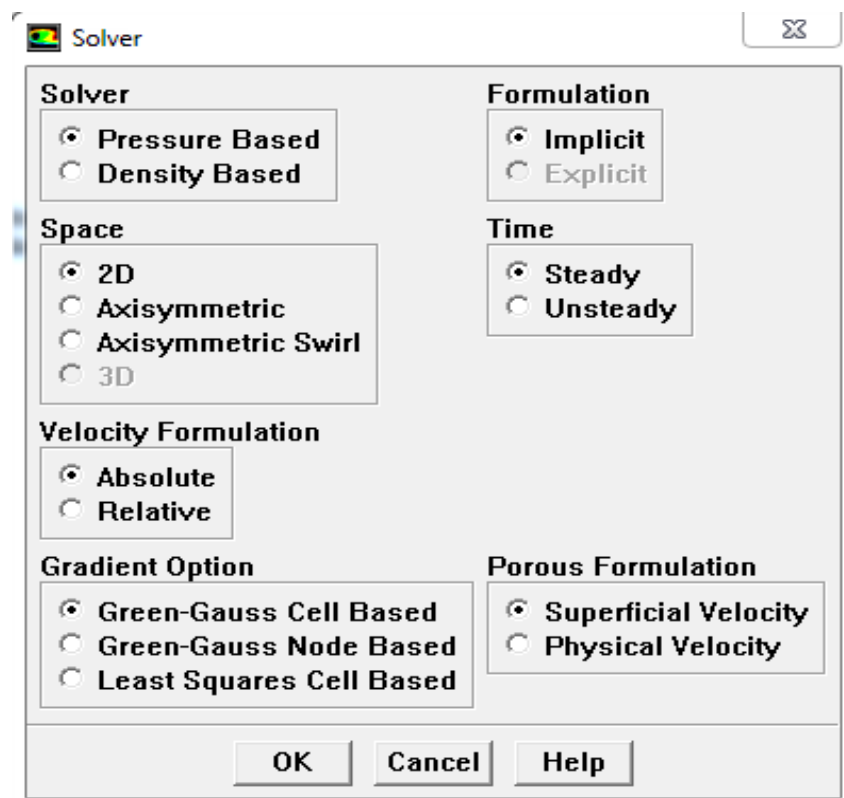


Figure (III.13) : définition du solveur sur Fluent 6.3.26.

On définit la nature du fluide qui circule dans le domaine étudié, dans notre cas c'est de l'eau qui fait office de fluide de circulation, voir figure III.14

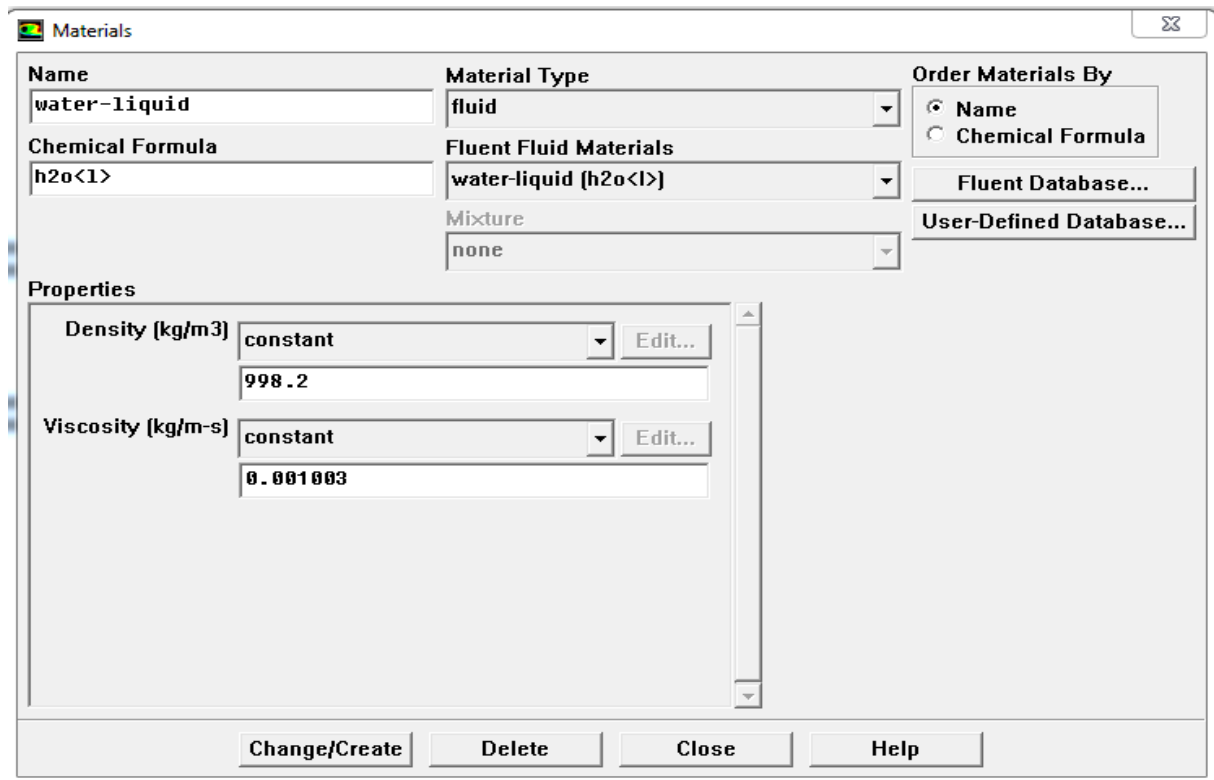


Figure (III.14) : définition la nature de fluide du domaine étudié.

On définit le sens et la valeur de la gravité, ainsi le point de référence pour le calcul de la pression statique (dans notre cas, il se situe à l'origine du domaine fluide x, y (0,0)), voir figure III.15

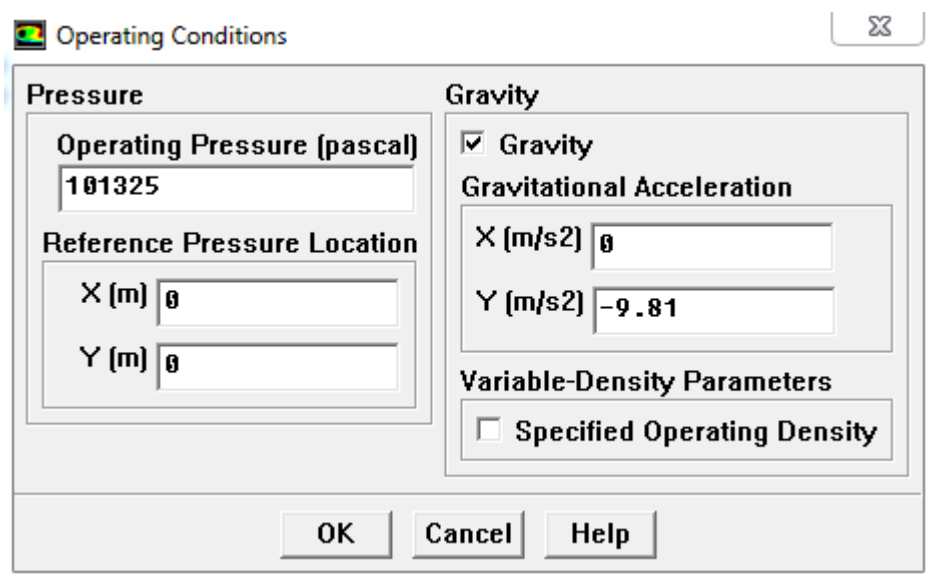


Figure (III.15) : définition des valeurs de la gravité ainsi que la pression statique.

Ensuite, il faut fixer le type et les valeurs des conditions aux limites, dans notre cas on applique un débit massique estimé à 0.1327 kg/s à l'entrée du Venturi, pour le reste des conditions, nous avons des murs, une condition de symétrie et une condition de sortie, voir la figure III.16.

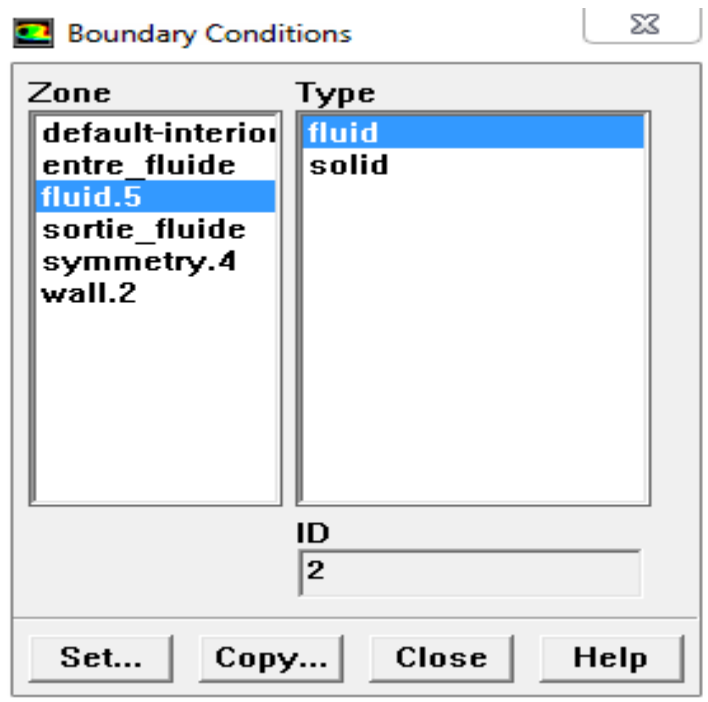


Figure (III.16) : définitions des conditions aux limites sous fluent 6.3.26.

L'étape du contrôle de la solution est d'une importance décisive pour la précision des résultats, vu que c'est la partie où on choisit la méthode de discrétisation des équations de Navier-Stokes. Dans notre cas, on adopte une méthode de second ordre Upwind, voir la figure III.17.

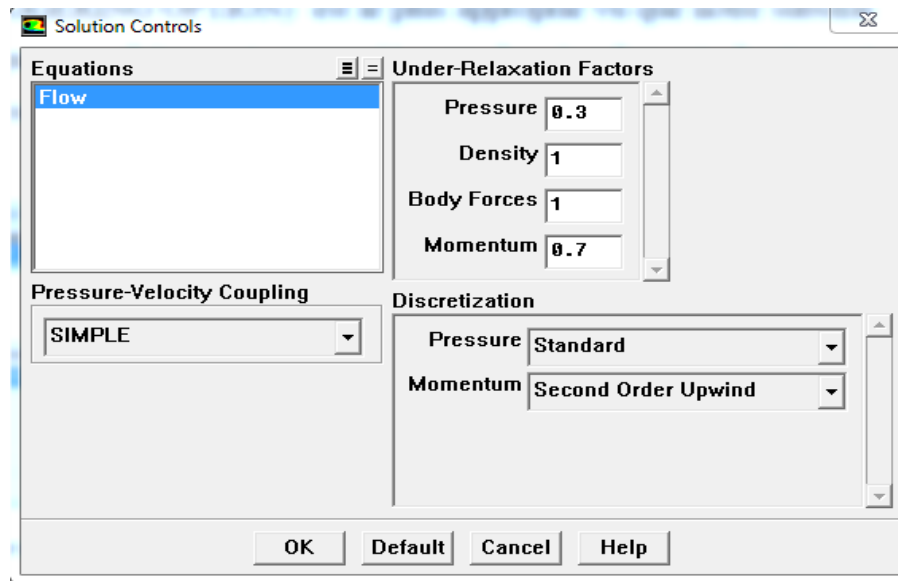


Figure (III.17) : Contrôle des solutions sous fluent 6.3.26.

La mise en place du problème physique est presque complète, maintenant on se tourne vers la fenêtre affichant les résidus de sorte qu'on puisse facilement observer le progrès de la solution. Dans cette étude, on choisit un critère de convergence assez élevé, ce qui permet d'avoir une précision des résultats, voir figure III.18

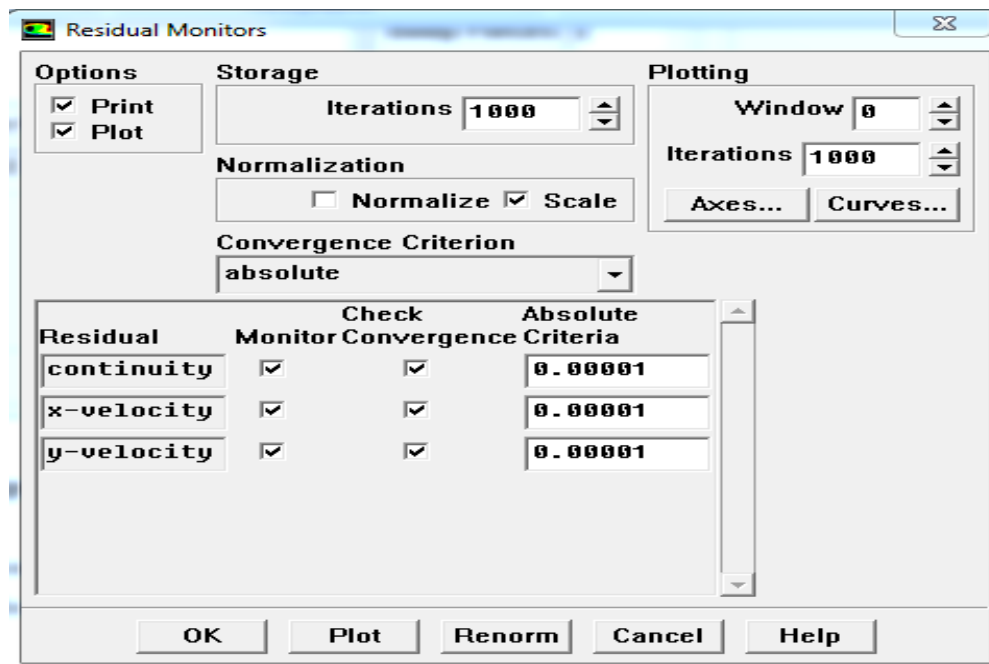


Figure (III.18) : fenêtre des résidus.

On initialise le calcul comme le montre la figure III.19

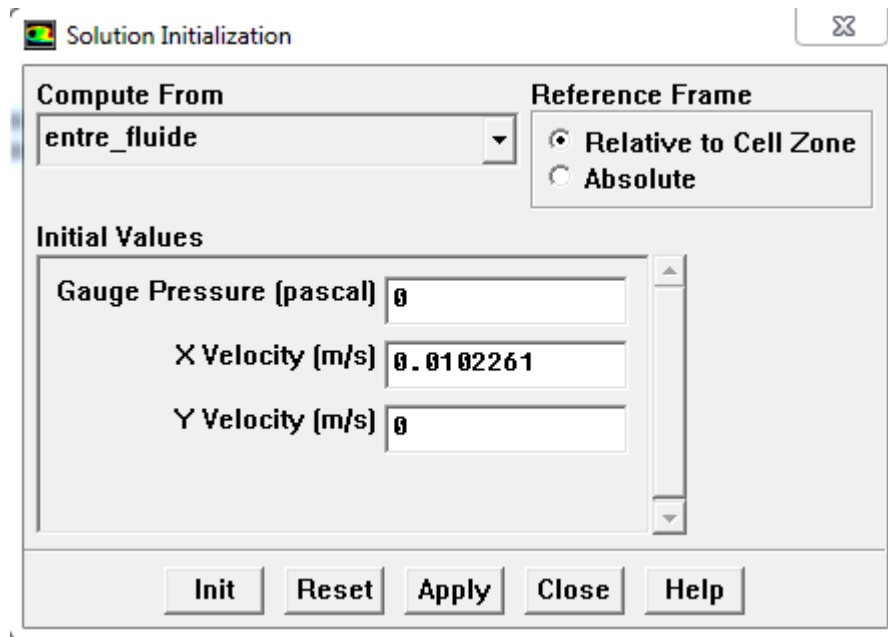


Figure (III.19) : Initialisation de calcul.

Et enfin, on lance le calcul comme suit :

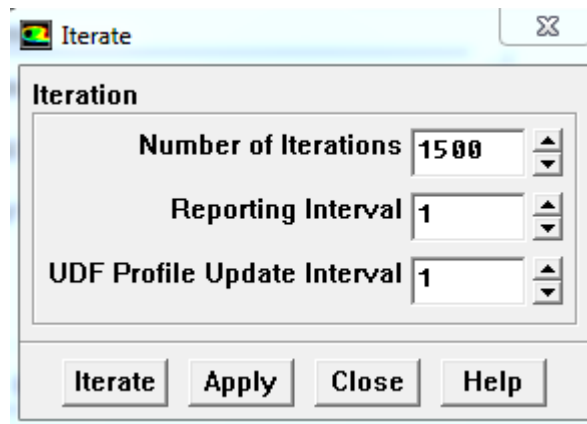


Figure (III.20) : lancement des calculs sous fluent 6.3.26.

III.5. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'exposition des différentes étapes de notre modélisation, passant de l'esquisse de la géométrie sur le mailleur Gambit jusqu'au lancement du calcul sur le code Fluent 6.3.26. Le prochain chapitre sera consacré à la discussion des résultats obtenus.

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons exposer les résultats de nos simulations numériques obtenus grâce à notre modélisation. Ces résultats seront sous forme de contours de pression et de vitesse, ainsi que de courbes. De plus, nous allons exposer les différents tests de comparaison entre la modélisation numérique et l'expérimentation sur banc d'essai.

IV.2. Etude de la sensibilité du maillage :

Comme nous l'avons déjà mentionné, le maillage adopté tout au long de cette modélisation est uniforme dans les deux directions (x et y). Avant d'entamer notre travail, nous avons effectué une étude de la sensibilité du maillage afin d'avoir la certitude que les résultats obtenus ne seront en aucun cas dépendants de la grille choisie. Pour cela nous avons réalisé trois grilles de maillage, qui sont :

- Maillage de 500 x 100.
- Maillage 1000 x 100.
- Maillage 1500 x 100.

Pour un débit d'eau de 0.1327 kg/s à l'entrée, nous allons tracer le profil de la pression statique au niveau du mur supérieur et comparer les différentes courbes en fonction du nombre de nœuds.

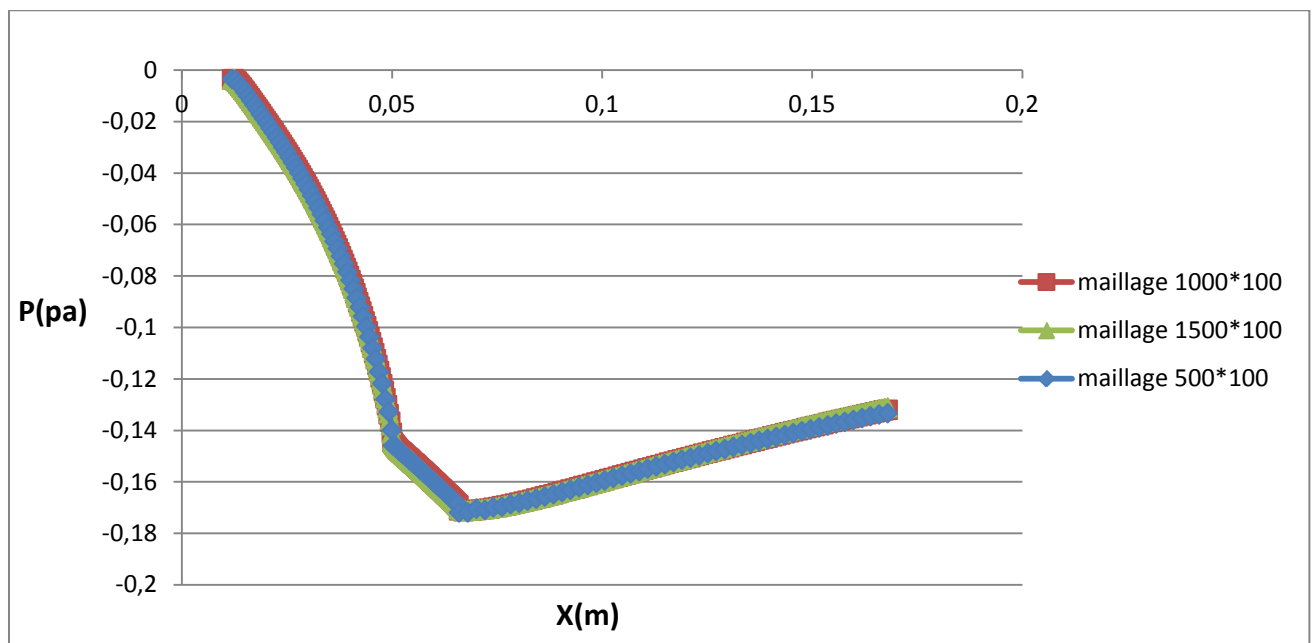


Figure IV.1 : profil de la pression statique.

L'évolution de la pression statique pour les trois cas, présentée sur la figure IV.1 montre une ressemblance entre les différentes courbes de la pression statique quel que soit la grille utilisée et l'écart semble très faible. Cela confirme que le maillage utilisé n'a pas d'influence significative sur les résultats de la simulation. De ce fait, nous allons adopter un maillage de 1000×100 pour la suite de nos calculs.

IV.3. Validation de la modélisation numérique et variation du débit d'eau entrante :

Afin d'estimer l'exactitude de notre modélisation numérique, nous avons effectués des expériences sur le banc d'essai du venturi mètre sis au niveau du laboratoire MDF. Ensuite, nous avons comparé les profils de la pression obtenus numériquement à ceux de l'expérience. Il est intéressant de noter que nos expériences se limitent à injecter des faibles débits (vitesses faibles) pour ne pas atteindre des vitesses turbulentes.

Le banc d'essai utilisé pour mener nos expériences est représenté sur la figure IV.2.



Figure IV.2 : présentation de banc d'essai.

L'appareil, comportant le système venturi, est disposé horizontalement sur le banc hydraulique, un support à pieds réglables permettant de le mettre de niveau, l'eau, aspiré par une pompe immergée, entre dans le venturi par un tuyau flexible. Un autre branché en sortie après le robinet de réglage de débit conduit l'eau au bac de pesée du banc hydraulique. Des prises de pression piézométrique sont percées le long convergent et du divergent du venturi et sont reliées à des tubes manométrique verticaux montés en face d'échelles graduées en mm. Ces tubes manométriques sont reliés entre eux à leur extrémités supérieures par un collecteur équipé d'une valve de purge permettant de régler la quantité d'air (contre pression) contenue dans l'appareil.

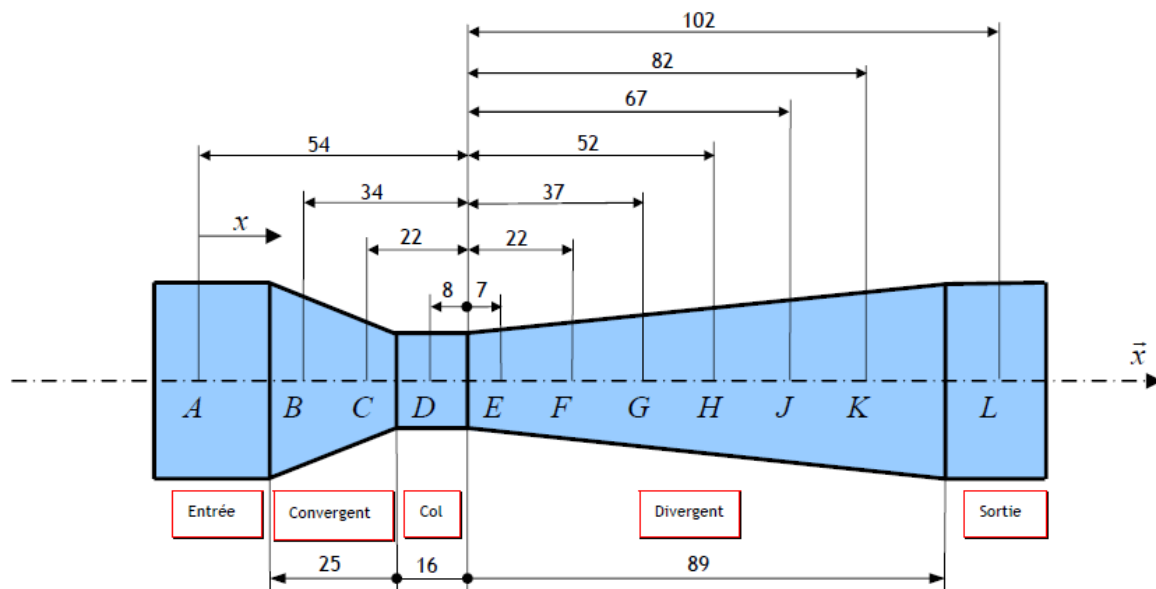
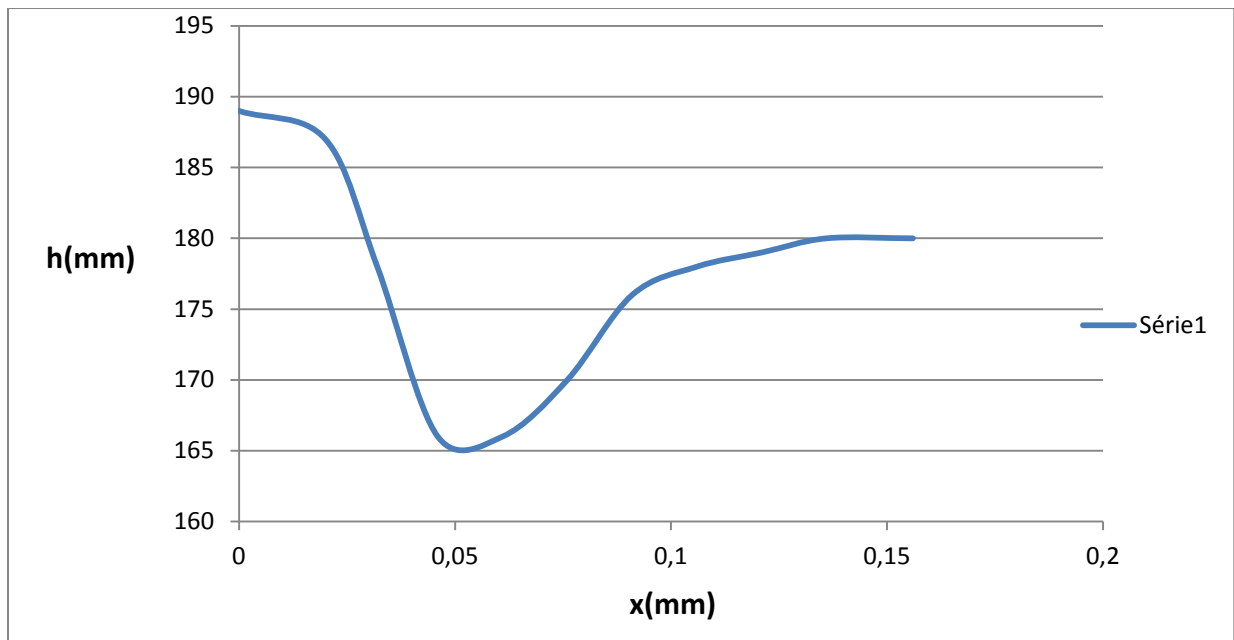


Figure IV.3 : présentation du tube venturi avec ces dimensions exprimées en mm.

La comparaison des résultats est effectuée pour trois débits massiques correspondants à des régimes laminaire qui sont 0.1327kg/s , 0.1876kg/s , et 0.2425kg/s . Il est à noter que les graphes obtenus expérimentalement seront exprimés en hauteur (mm), tandis que ceux de la modélisation numérique le sont en unité de pression (pascal).

a)



b)

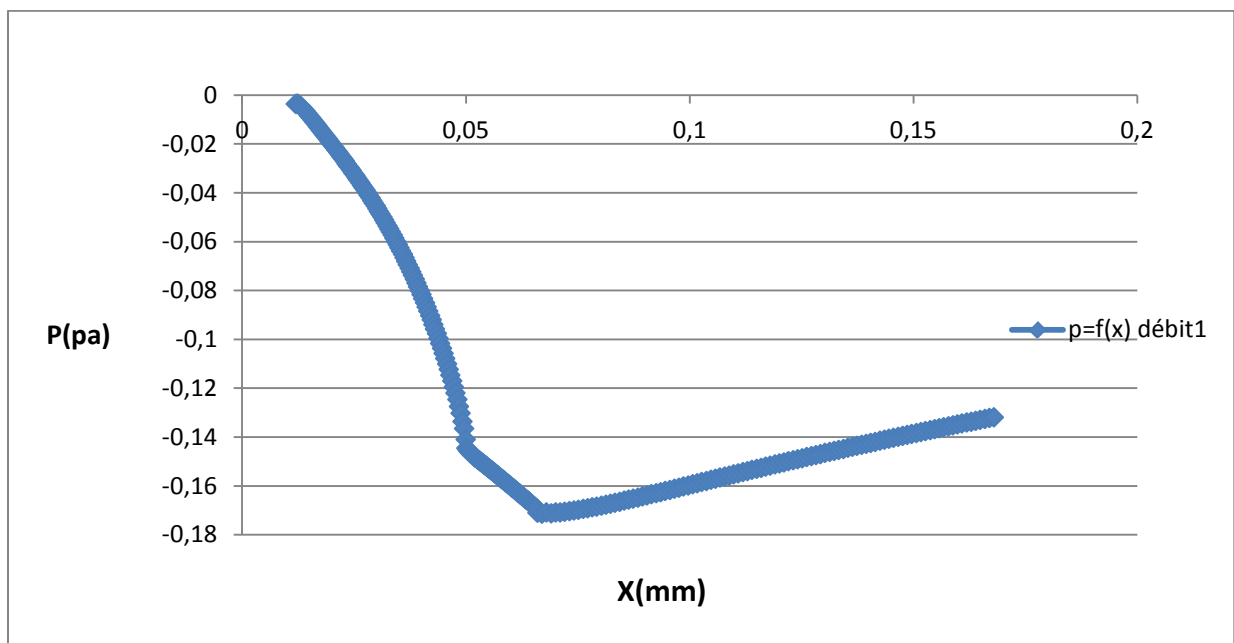
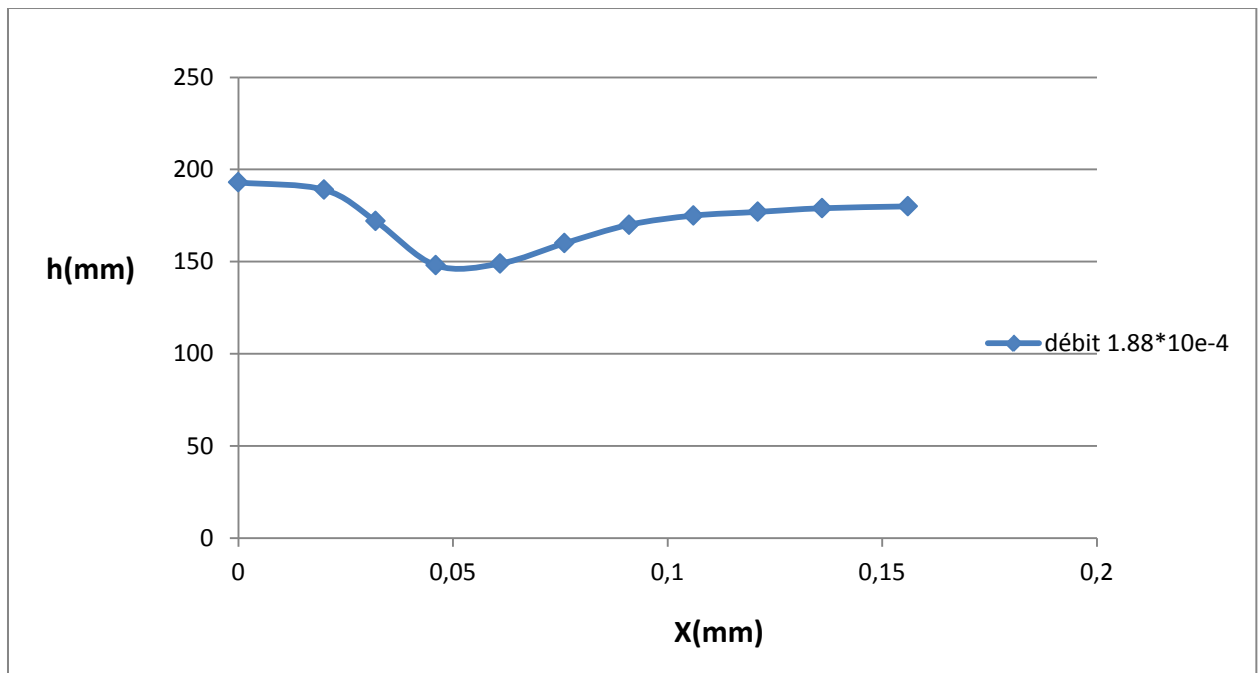


Figure IV.4 : évolution de la hauteur (a) et de pression (b) long du venturi, pour un débit massique de 0.1327 kg/s .

a)



b)

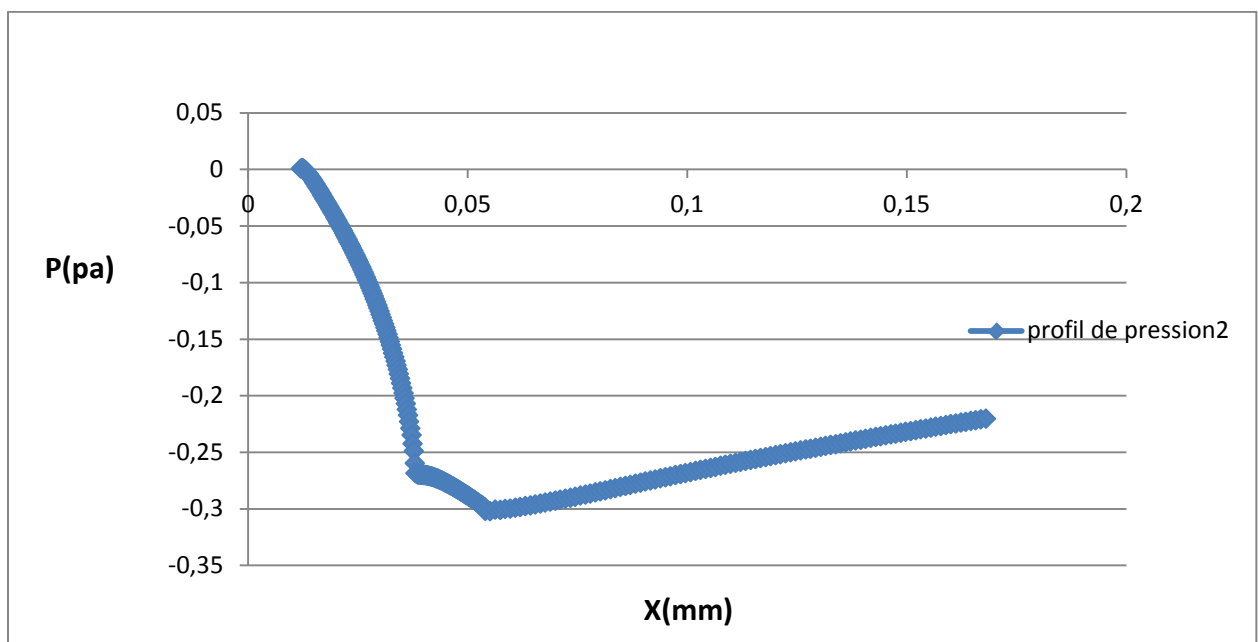
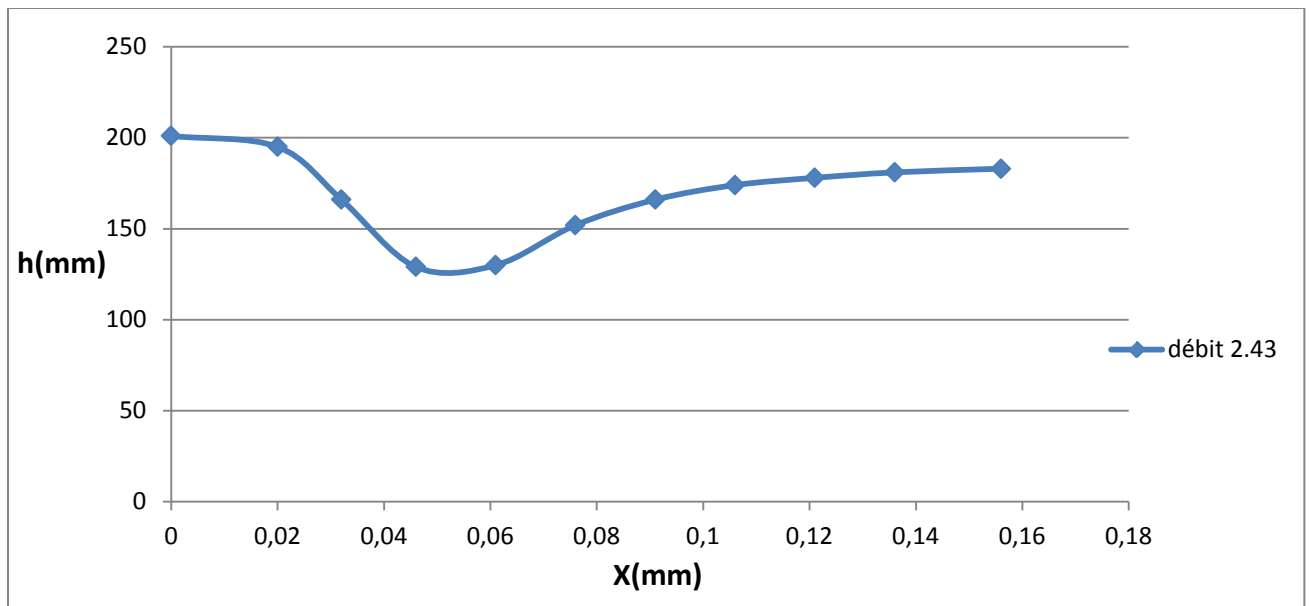


Figure IV.5 : évolution de la hauteur (a) et de pression statique (b) long du venturi, pour un débit massique de 0.1879 kg/s.

a)



b)

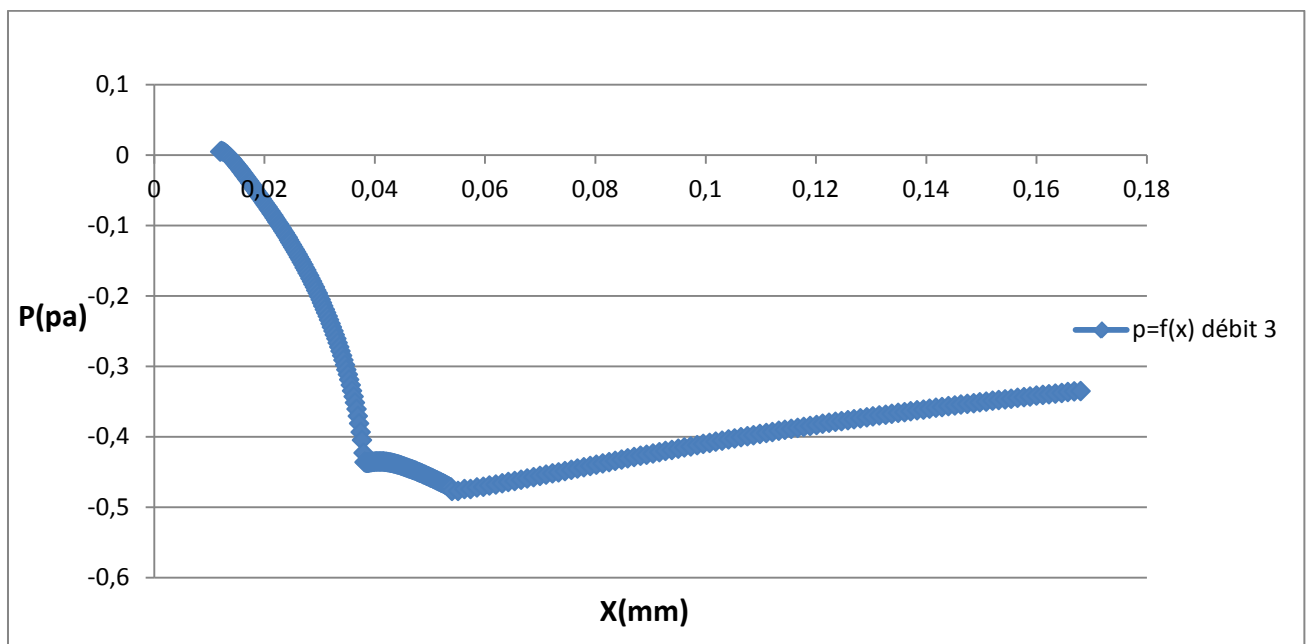


Figure IV.6 : évolution de la hauteur (a) et de pression statique (b) long du tube venturi, pour un débit massique de 0.2425 kg/s .

D'après les figures IV.4, IV5 et IV.6, on constate une ressemblance entre les courbes de pressions obtenues expérimentalement et numériquement avec les différents débits. En effet, avec l'augmentation du débit massique d'entrée, la dénivellation (en hauteur) entre l'entrée du venturi et le col augmente. Ce phénomène est parfaitement illustré dans les courbes de

pression statique obtenues avec notre modélisation numérique. Cela aussi confirme que les résultats numériques sont accords avec ceux obtenus expérimentalement.

Pour expliquer les profils de pression montrés précédemment, nous allons présenter d'autres résultats complémentaires tels les contours de la pression statique et de la vitesse, voir figure IV.7 et IV.8.

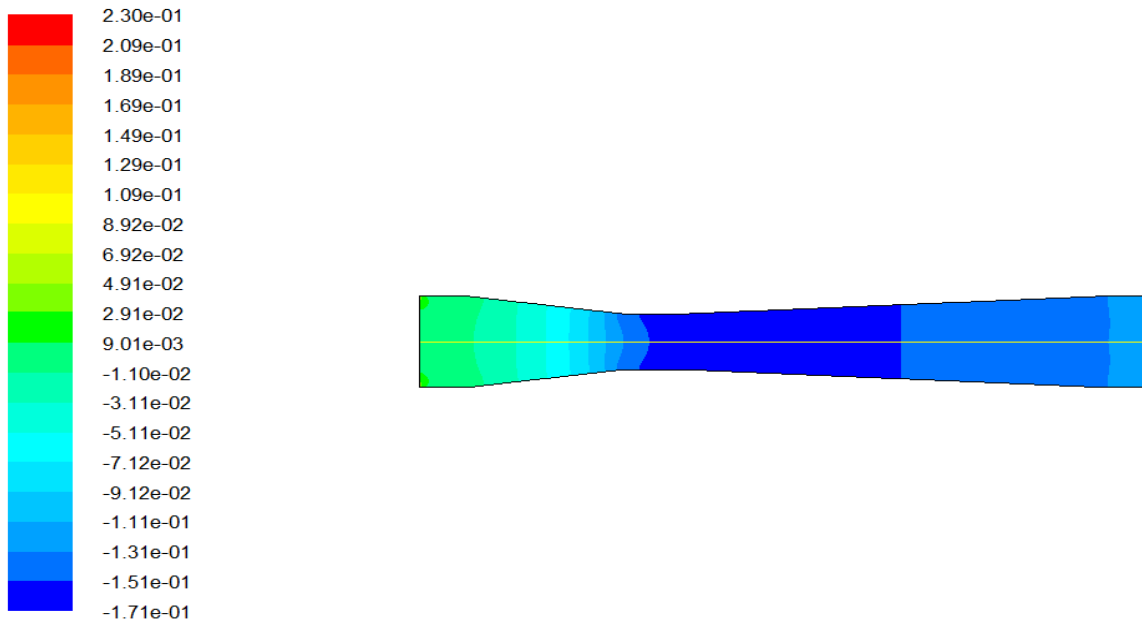


Figure IV.7 : contour de pression statique pour un débit de 0.1327 kg/s .

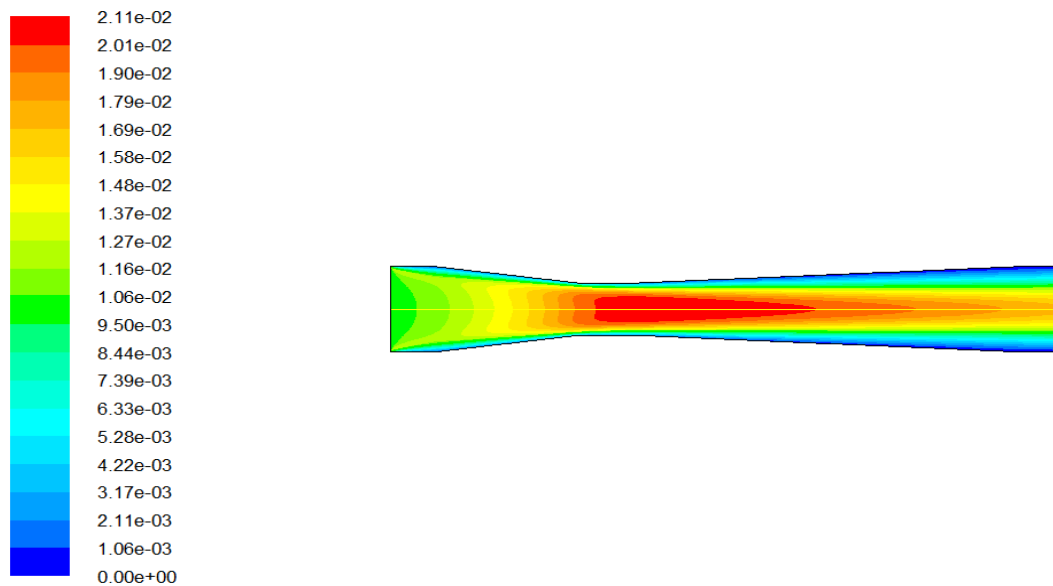


Figure IV.8 : contour de la vitesse pour un débit de 0.1327 kg/s .

Sur les figures IV.7 et IV.8 montrant respectivement les champs de pression statique et de vitesse obtenus pour un débit massique de 0.1327kg/s , on note que la vitesse locale de l'eau augmente lorsque l'écoulement se déplace dans la section convergente pour atteindre une valeur maximale au niveau de la gorge du venturi. Par conséquent, la pression statique diminue (inverse de la vitesse). En effet, les pressions les plus basses sont observées au niveau de la gorge du venturi, ce qui est en accord avec la loi de Bernoulli (l'effet venturi).

IV.4. Variation des paramètres géométriques du venturi (longueur du convergent) :

Dans cette partie, on s'intéresse à étudier l'impact de la variation de la partie convergente du Venturi. Pour cela, trois longueurs sont testées :

- cas1: 0.038 m.
- cas2: 0.05 m.
- cas3: 0.08 m.

L'évolution de la pression statique au niveau du mur supérieur dans les différents cas est présentée sur la figure ci-dessous

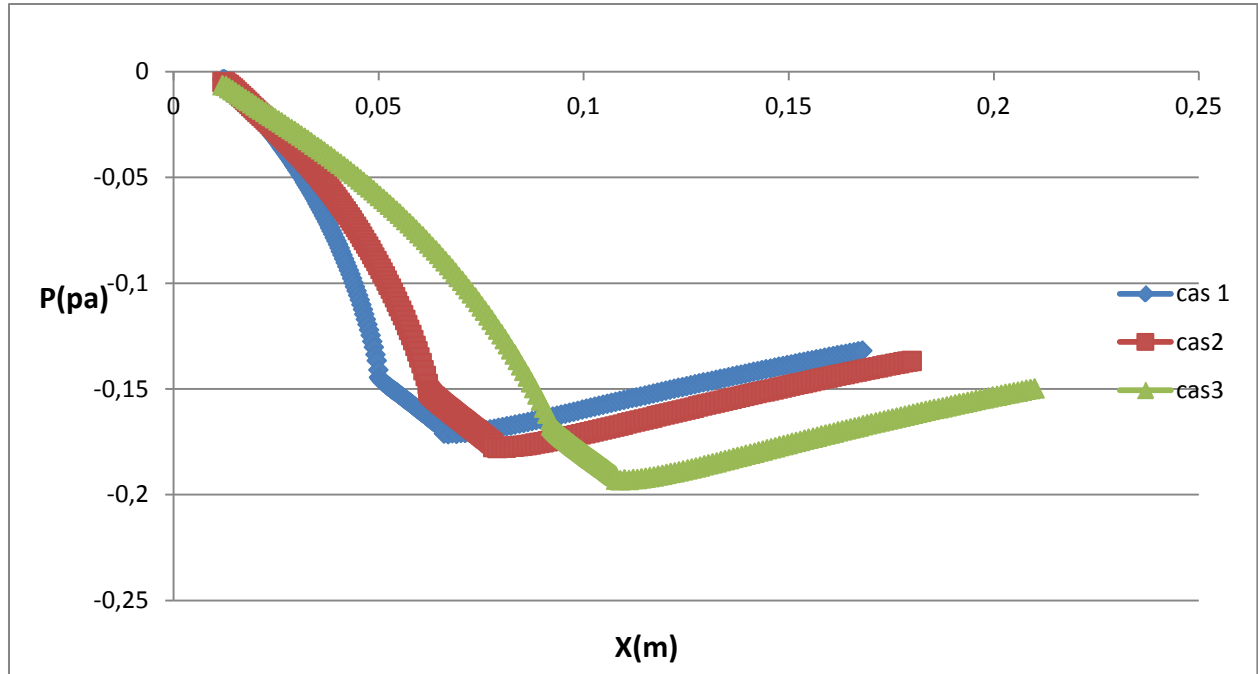


Figure IV.9 : évolution de la pression statique pour 3 différentes longueurs de la partie convergente.

La figure IV.9 montrant l'évolution de la pression statique pour les différents cas indique clairement une différence entre les trois courbes. En effet, on remarque la chute de pression (dépression) dans la partie convergente est significative liée à sa longueur. Autrement, ce qui signifie une proportionnalité entre la longueur du convergent et la dépression dans le Venturi.

IV.5. Variation du fluide circulant à l'intérieur du Venturi :

Cette partie est consacré à faire une autre étude dans laquelle on va utiliser des différents fluides circulants à l'intérieur du tube Venturi. Nous allons comparer le cas de l'eau à celui de l'huile. Pour cela, nous allons appliquer les mêmes conditions aux limites, tel le débit d'entrée, par contre les propriétés physiques relatives à chaque fluide comme la masse volumique, et la viscosité cinématique vont être modifiés dans notre modèle numérique.

Les résultats obtenus numériquement sont présentés sur les figures suivantes :

a) Cas d'une huile

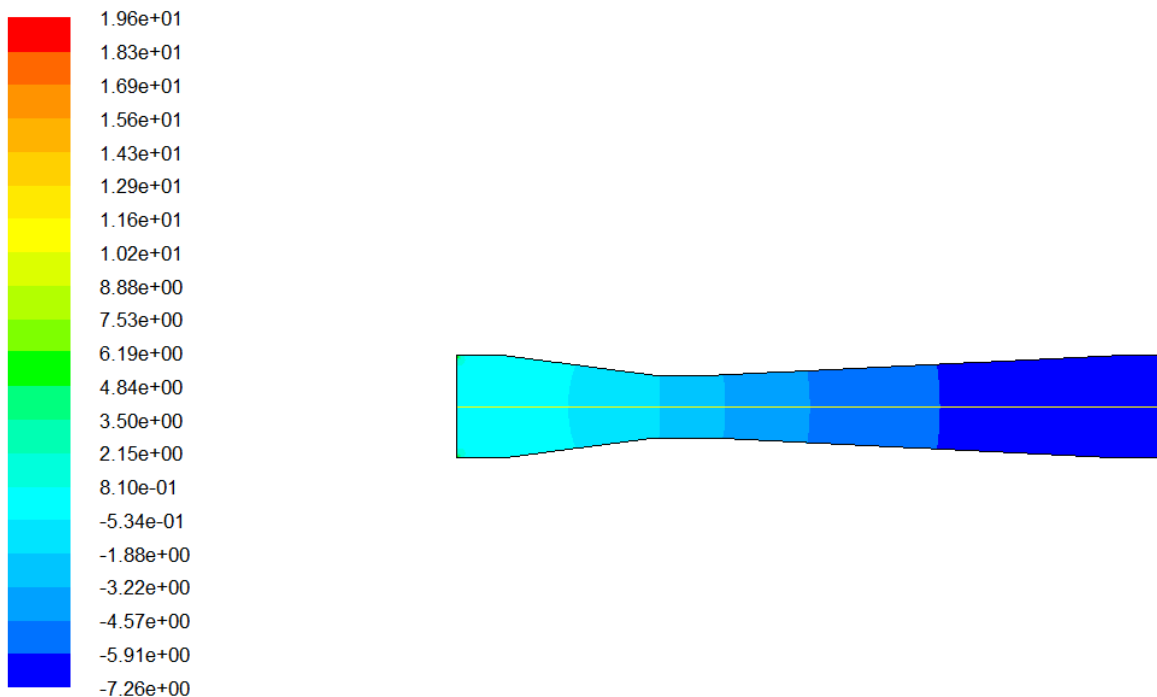


Figure IV.10 : contour de la pression statique pour le cas de l'huile.

b) Cas d'une eau

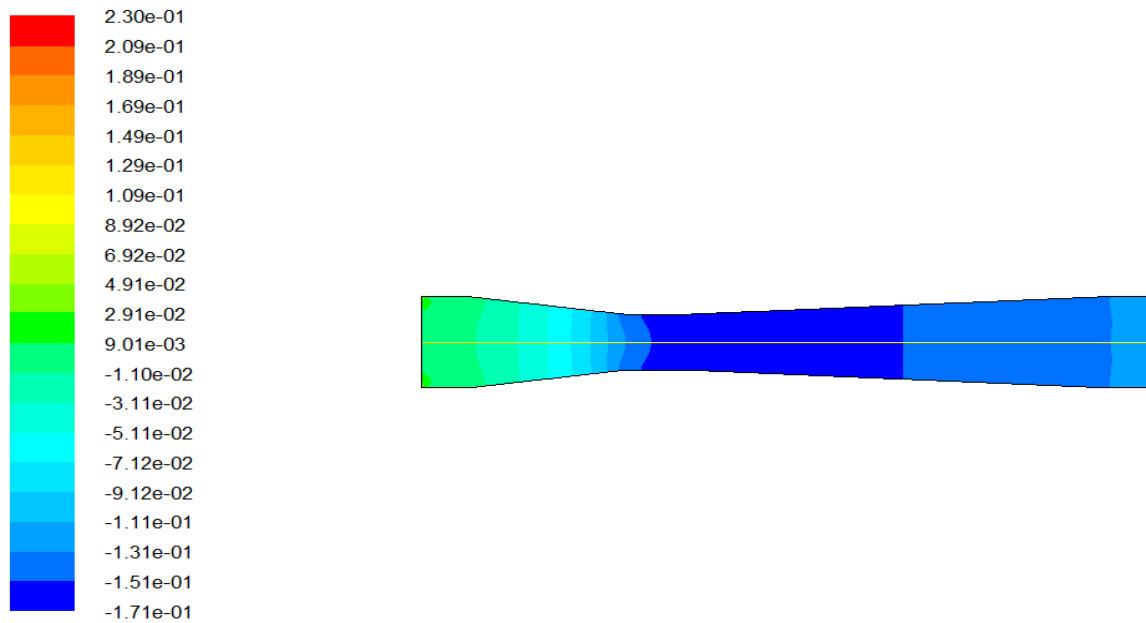


Figure IV.11 : contour de la pression statique pour le cas de l'eau.

Les figures IV.10 et IV.11 représentent respectivement les contours de la pression statique pour de l'huile et de l'eau. On remarque que ces contours sont différents. En effet, dans le cas de l'huile, la pression statique diminue continuellement suivant l'axe x. ce n'est pas le cas pour l'eau.

Afin de mieux comprendre cette différence, on trace le profil de la pression statique le long du tube Venturi pour le cas d'une huile et pour le cas d'une eau.

a) Cas d'une huile

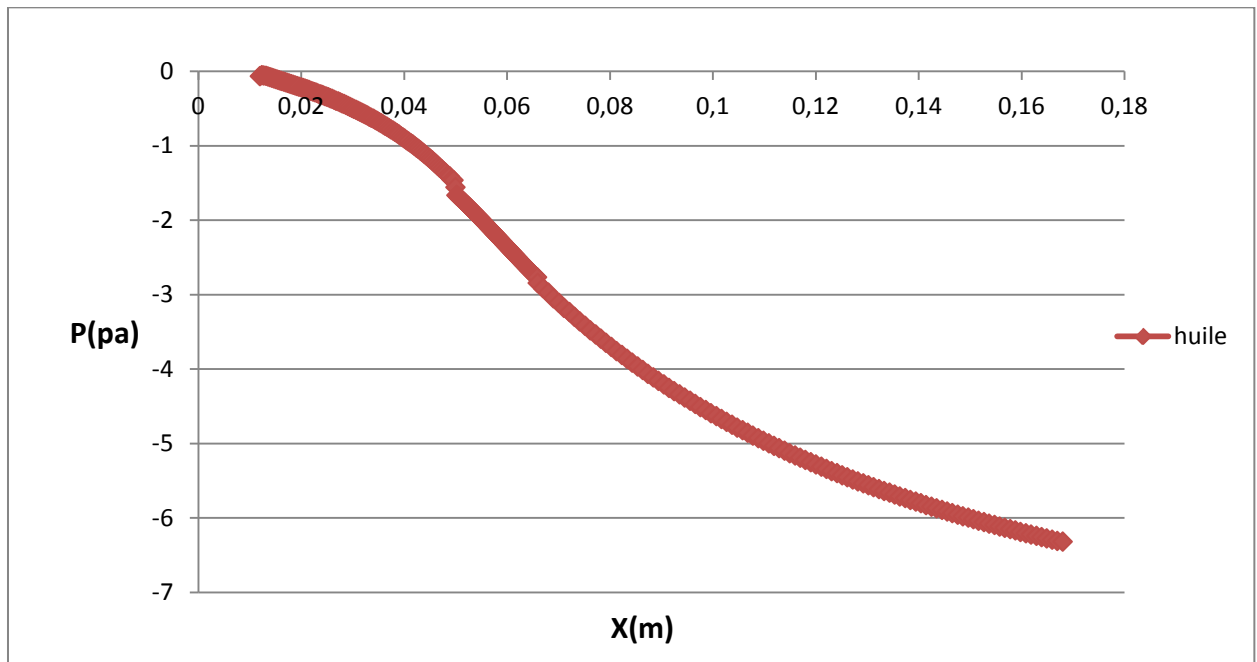


Figure IV.12 : évolution de la pression statique le long du tube (l'huile).

b) Cas d'une eau

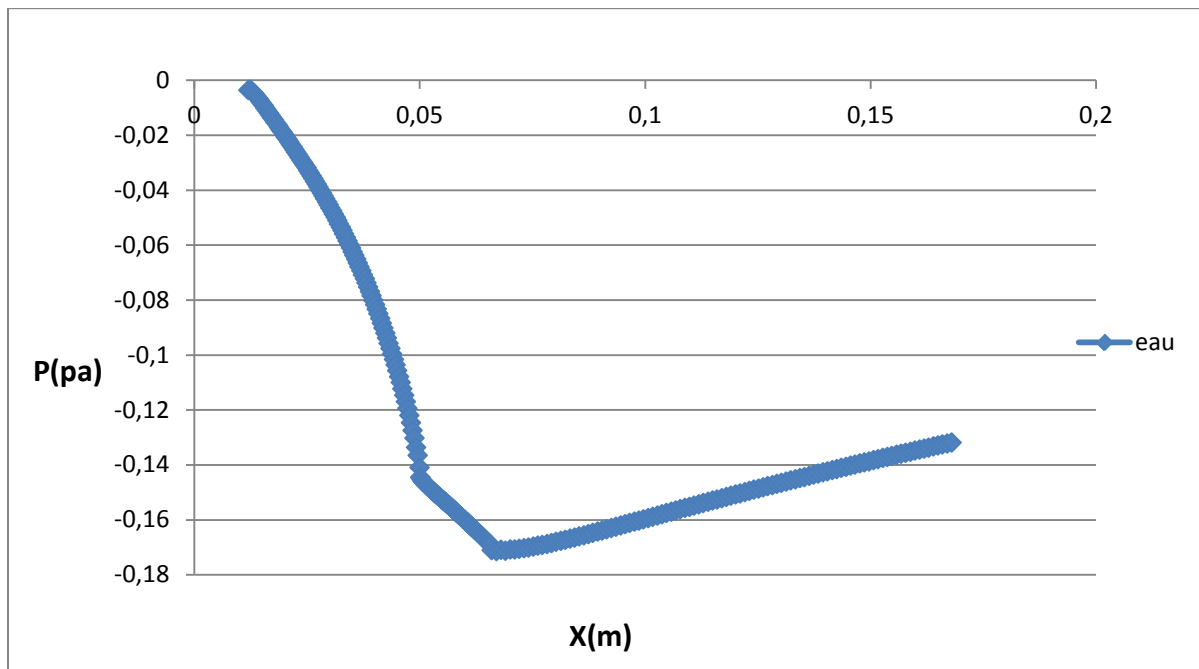


Figure IV.13 : évolution de la pression statique le long du tube (eau).

Cette différence est confirmée par les résultats des figures IV.12 et IV.13 qui nous montrent une évolution totalement différente de la pression statique le long du tube Venturi.

Les résultats précédents, nous amènent à analyser les champs dynamiques pour les deux cas. Pour cela, on trace l'évolution de la vitesse au niveau des sections A (entrée de Venturi), D (col du Venturi) et L (sortie du Venturi) présentées sur la figure IV.3, pour le cas de l'eau et de l'huile :

a) Au niveau de la section A :

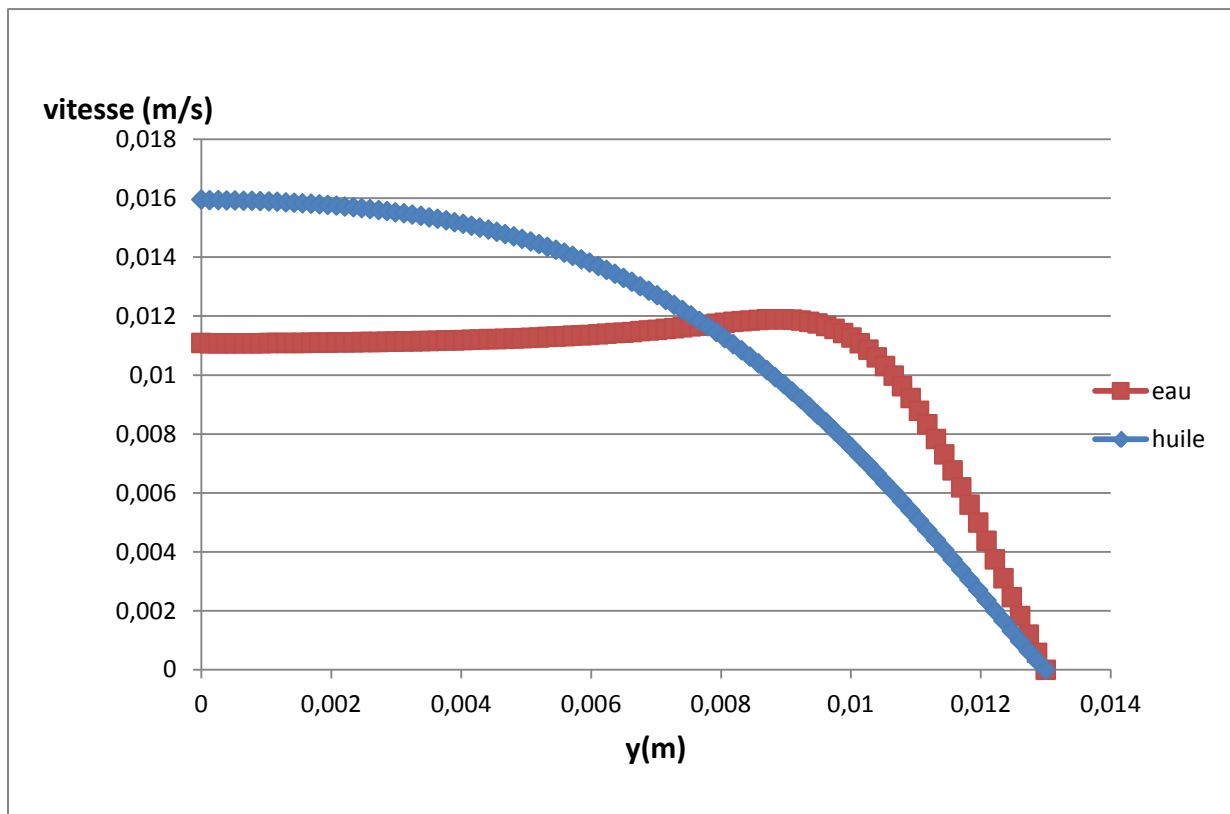


Figure IV.14 : évolution de la vitesse suivant l'axe y pour l'huile et l'eau au niveau de la section A.

b) Au niveau de la section D :

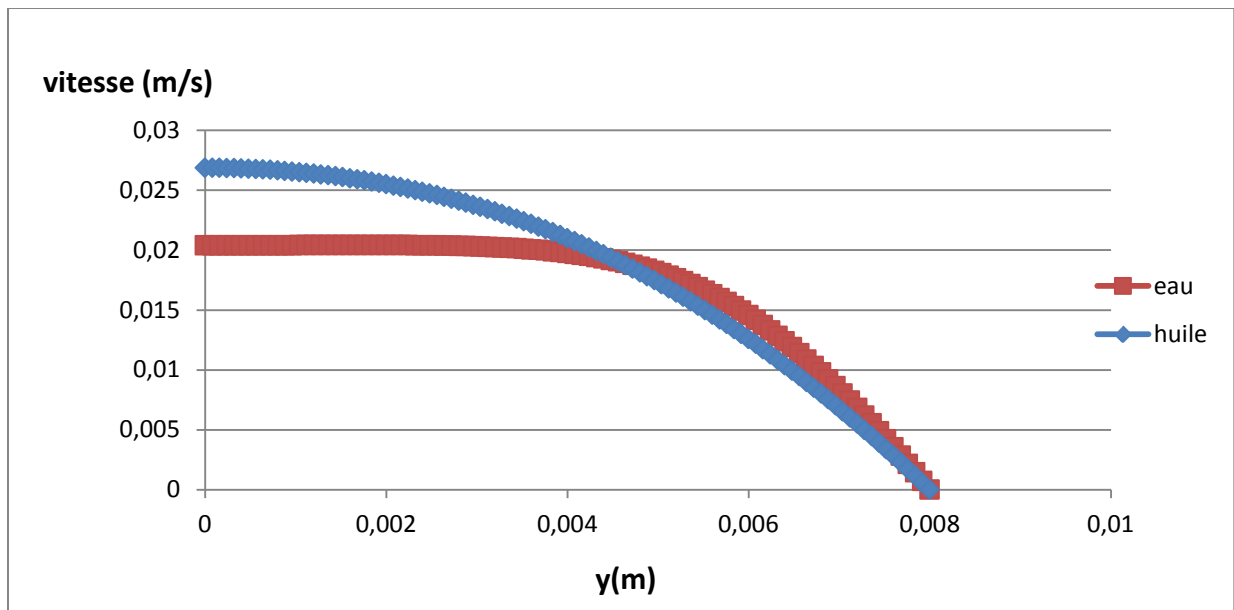


Figure IV.15 : évolution de la vitesse suivant l'axe y pour l'huile et l'eau au niveau de la section D.

C) au niveau de la section L :

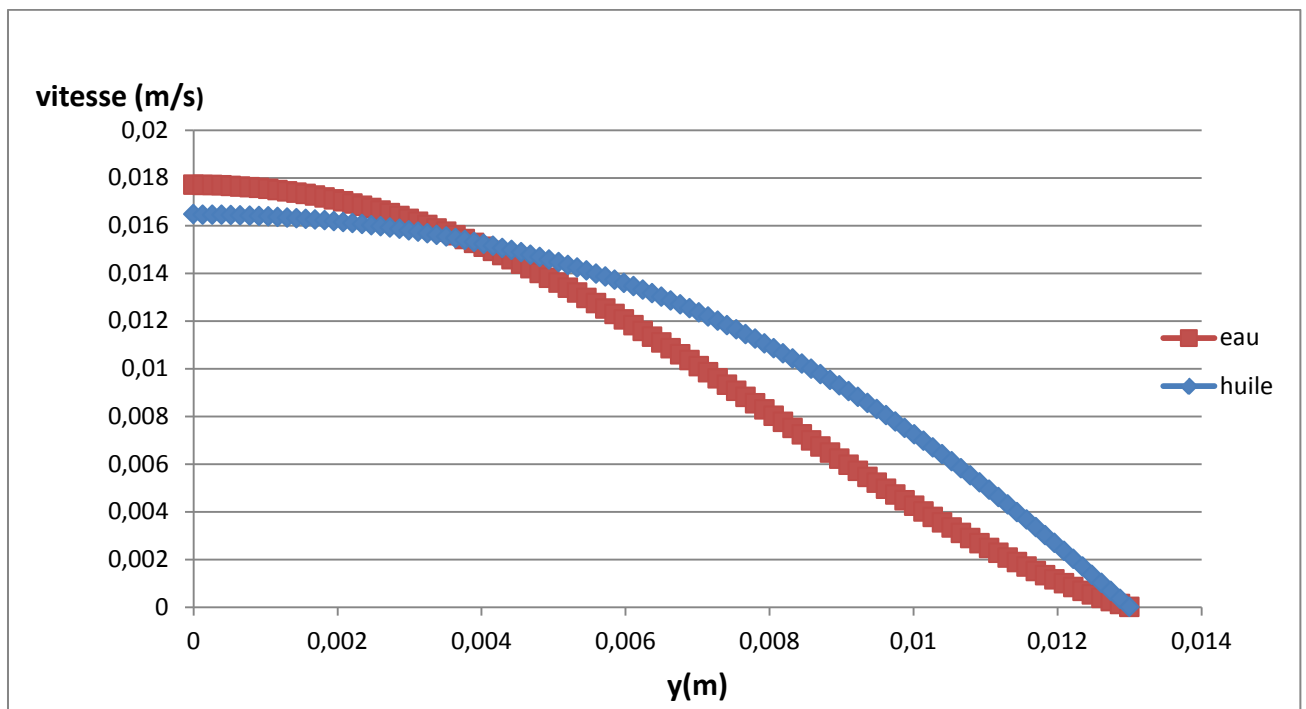


Figure IV.16 : évolution de la vitesse suivant l'axe y pour l'huile et l'eau au niveau de la section L.

Les figures IV.14, IV.15 et IV.16 montrent des profils différents pour les cas d'une eau et d'une huile. Cette différence est probablement due aux propriétés physicochimiques des fluides qui varient entre le cas de l'eau et de l'huile. A titre d'exemple, une huile à une viscosité plus importante que celle de l'eau ce qui engendre des profils paraboliques dans toutes les sections étudiées. Par contre pour le cas de l'eau, le profil change aisément en fonction de la section.

IV.6. Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à l'exposition des résultats obtenus par notre modèle. En commençant par la comparaison des résultats numériques avec ceux de l'expérience menée sur le banc d'essai du labo MDF. Puis, d'autres études ont été effectuées comme la variation d'un paramètre géométrique du tube et le fluide de circulation. Les résultats qui se dégagent seront présentés dans la conclusion générale.

Conclusion générale

L'étude de l'écoulement dans un tube Venturi a été l'objectif du présent manuscrit. Le travail effectué dans le cadre du PFE porte sur la simulation numérique d'un écoulement à l'intérieur du tube Venturi.

A titre d'application, le code commercial CFD Fluent, basé sur la méthode des volumes finis, est utilisé pour la résolution des équations qui régissent le problème physique et la visualisation des résultats numériques. Pour ce faire, plusieurs simulations ont été effectuées avec différents maillages, débits et aussi en variant un paramètre géométrique et le fluide de circulation. On se limitant à des écoulements en régime laminaire et en stationnaire, la comparaison des résultats numériques et expérimentaux a donné satisfaction quant à au modèle numérique élaboré et à l'approche numérique suivie.

Les résultats obtenus numériquement ont permis de mettre en évidence la distribution de la pression statique et de la vitesse dans le tube Venturi.

Les résultats qui se dégagent après cette étude sont exposés ci-dessous :

- Le maillage utilisé pour la simulation numérique n'a pas d'influence sur les résultats.
- L'effet venturi est bien prédit par le présent modèle.
- Les résultats numériques sont accords avec ceux obtenus expérimentalement.
- La variation de la longueur entraine une chute de pression trop élevé.
- La variation du fluide de circulation engendre une évolution différente de la pression statique le long de tube.

Comme perspective du présent travail, on propose :

- Augmenter les vitesses de circulation dans le tube Venturi (application d'un régime d'écoulement turbulent).
- Modéliser le présent travail en utilisant une approximation tridimensionnelle.
- Etudier l'effet thermique sur la variation de pression dans le tube Venturi (inclure l'équation d'énergie dans le modèle numérique).

.

Références bibliographiques

- [1].UMMTO, département génie mécanique, labo MDF manipulation N°2 « VENTURIMETRE ».
- [2]. Ing.J.GABRIEL, Dr Ir. V.Hanus, PIERRARD. Virton « conception d'un système d'aspiration Venturi pour les épandeurs de lisier ».
- [3].B, Salah. « Simulation de la convection autour d'un faisceau de tube ».
- [4]. S, Ida «Numerical simulation of turbulent forced convection in a venturi channel with fully developed flow at the inlet».
- [5]. T. Nithin, Nikhil Jain et Adarsha Hiriyannaiah. «Optimization of Venturi Flow Meter Model for the Angle of Divergence with Minimal Pressure Drop by Computational Fluid Dynamics Method».
- [6]. A. Baylar, M. Cihan aydin, Mehmet Unsal et Fahri Ozkan. « Numerical modeling of VENTURI flows for determining air injection rates using FLUENT V6.2».
- [7]. Y. Bora «Numerical and experimental investigation of flow through a cavitating VENTURI».
- [8].M, korti. M, ogbi « simulation numérique de la forme de l'interface métal liquide-air dans un cylindre d'injection ». Diplôme d'ingénieur d'état, département de génie mécanique, université de Tlemcen, 2008.
- [9].lothe Maxence. Modélisation d'un écoulement aérodynamique à l'aide du solveur Fluent ». 2001/2003.

Chapitre I

Etude

Bibliographique

Chapitre II

Généralités sur les méthodes numériques

Chapitre III

Matériels et méthodes

Chapitre IV

Résultats et discussions