

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Installation énergétiques et turbomachines

Par :

TAZERART Riad

TOUATI Salim

Thème

Modélisation et simulation d'un écoulement rampant autour d'un cylindre en rotation

Soutenu le2023 devant le jury composé de:

Mr. M.ALLOUCHE	Président
Mr. F. NAITBOUDA	Rapporteur
Mr. S.MOULOUD	Examineur

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Nous exprimons toute notre gratitude et nos remerciements à Dieu, notre créateur, pour nous avoir donné la force nécessaire pour mener à bien ce travail. Nous sommes également reconnaissants envers nos parents qui nous ont apporté leur soutien.

En premier lieu, nous souhaitons remercier notre encadreur,

Mr. F. Nait Bouda, d'avoir accepté de superviser notre travail. Nous lui sommes reconnaissants pour ses précieux conseils, son esprit d'ouverture et sa disponibilité. Grâce à lui, notre travail a pu se dérouler de manière optimale.

Enfin, nous souhaitons adresser nos remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation à l'université. Leur enseignement a été essentiel pour notre développement académique et professionnel.

Dédicaces

Je souhaite dédier ce modeste travail à mes très chers parents, qui sont une source inépuisable de tendresse. Je dédie également ce travail à ce qui m'a toujours encouragé, surtout dans les moments difficiles.

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce travail, pour leur soutien inconditionnel tout au long de mon parcours universitaire. Que ce travail puisse réaliser vos souhaits les plus chers et refléter l'effet de votre soutien indéfectible. Merci d'être toujours présent pour moi.

Enfin, je souhaite adresser mes remerciements à tous mes amis, sans exception. Votre amitié a été une source de joie et de soutien tout au long de cette expérience.

TAZERART Riad

Dédicaces

Je dédie humblement ce travail en premier lieu à mes très chers parents Khelidja et Mokarne et à mon seul frère Sofiane. C'est en témoignage de ma reconnaissance pour leur soutien inconditionnel, leurs sacrifices et tous les efforts qu'ils ont déployés pour mon éducation et ma formation.

Je souhaite également le dédier à Sarah, pour son affection, compréhension et sa patience.

Je tiens à exprimer ma gratitude à l'ensemble de mes amis en particulier Lotfi et Mandi le professeur.

Enfin, je souhaite dédier ce mémoire à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à sa réalisation. Votre apport a été précieux et a enrichi ce travail de manière significative.

TOUATI Salim

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

NOMENCLATURE

Introduction générale

Chapitre I :Généralités et recherche bibliographique

I.1. Introduction : 16

I.2. Nombre de Reynolds : 16

I.3. Formule de nombre de Reynolds : 16

I.4. Ecoulements rampants : 17

I.5. Ecoulement stationnaire décollé : 17

I.6. Débit laminaire..... 18

I.6.1. Écoulement laminaire 18

I.7. Les écoulements à très faibles nombre de Reynolds..... 18

I.8. Domaines d'applications : 20

I.9. Etudes bibliographies : 20

I.10. Conclusion 23

Chapitre II :Formulation mathématiqueEt position du problème

II.1. Introduction 25

II.2. Position du problème 25

II.3. Formulation mathématique..... 26

II.3.1 .Les équations de base régissant l'écoulement autour du cylindre..... 26

II-3.2 Les équations régissant l'écoulement dans un canal rectangulaire	26
II.4. Procédure numérique :	29
II.4.1 Présentation du logiciel GAMBIT	29
II.4.2 Le maillage	30
II.4.3. Test de maillage	30
II.4.4. Présentation du Logiciel ANSYS-Fluent	30
II.4.5. Procédure numérique pour le cylindre en rotation	33
II.5. Conclusion	33

Chapitre III : Résultats numériques Et discussions

III.1. Introduction	35
III.2. Cas de cylindre fixe.....	35
III.2.1. Courbe de vitesse selon l'axe x :	36
III.2.2. Courbe de vitesse selon l'axe Y :	40
III.2.3. Champ de Pression :	42
III.2.4. Courbe de Pression :	42
III.2.5. Contrainte visqueuse dans le canal.....	45
III.2.6. Contrainte visqueuse autour du cylindre	45
III.3. Cas de cylindre en rotation	47
III.3.1. Courbe de vitesse selon l'axe x :	47
III.3.2. Courbe de vitesse selon l'axe Y :	48
III.3.3. Courbes pression	50
III.3.4. Courbes contraintes :	51

Conclusion générale

Références Bibliographiques

Liste des figures

Figure I. 3 : Nombre de Reynolds pour un régime laminaire et turbulent.....	16
Figure I. 1 : Ecoulement rampant à $Re=0.16$. Visualisation S. Taneda tirée de van Dyke (1982)....	17
Figure I. 2 : Ecoulement rampant à $Re=0.16$. Visualisation S. Taneda tirée de van Dyke (1982).....	17
Figure II. 1 : Schéma représentant l'écoulement rampant autour d'un cylindre	25
Figure II. 2 : Maillage 100x50.....	30
Figure II. 3 : Choix de l'écoulement laminaire	31
Figure II. 4 : Définir la matière utilisé : (fluide newtonian : water liquid).....	32
Figure II. 5 : Définir les conditions aux limites.....	32
Figure II. 6 : Conditions aux limites pour le cylindre en rotation	33
Figure III. 1 : Vecteur de Vitesse selon l'axe x	35
Figure III. 2 : lignes de courant de vitesse selon l'axe x	35
Figure III. 3 : Position des lignes de calcul	36
Figure III. 4 : Courbe de la vitesse à l'entre selon l'axe x.....	36
Figure III. 5 : Courbe de la vitesse à la ligne Lx1	37
Figure III. 6 : Courbe de la vitesse à la ligne Lx2	37
Figure III. 7 : Courbe de la vitesse à la ligne Lx3	38
Figure III. 8 : Courbe de la vitesse à la Lx4	38
Figure III. 9 : Courbe de la vitesse à la sortie.....	39
Figure III. 10 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly1	40
Figure III. 11 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly2	40
Figure III. 12 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly3	41
Figure III. 13 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly4	41
Figure III. 14 : Champ de pression dans le canal	42
Figure III. 15 : Courbe de pression à l'entrée.....	42
Figure III. 16 : courbe de pression à la ligne Lx5	43
Figure III. 17 : courbe de pression à la ligne Lx6	43
Figure III. 18 : courbe de pression à la sortie	44
Figure III. 19 : Distribution de la contrainte visqueuse dans le canal	45
Figure III. 20 : Courbes contraintes autour du cylindre selon la composante (x)	45
Figure III. 21 : Courbes contraintes autour du cylindre selon la composante (y)	46
Figure III. 22 : courbe de vitesse à la ligne Lx1	47
Figure III. 23 : courbe de vitesse à la ligne Lx4	48
Figure III. 24 : courbe de vitesse à la ligne LY1	48
Figure III. 25 : courbe de vitesse à la ligne LY4	49
Figure III. 26 : courbe de pression a la ligne Lx5	50
Figure III. 27 : courbe de pression à la ligne Lx6	50
Figure III. 28 : Courbes autour du cylindre selon la composante(x)	51
Figure III. 29 : Courbes autour du cylindre selon la composante(y)	52

Liste des tableaux

Tableau II: 1 Tableau choix de maillage	30
---	----

NOMENCLATURE

D : Diamètre de cylindre	[m]
p : Pression	[Pa]
S : Surface	[m ²]
F : Force	[Pa .m ²]
t : Temps	[s]
R : Rayons de cylindre	[m]
u, v : Composantes de la vitesse suivant les axes x et y	[m/s]
U, V : Composantes adimensionnelles de la vitesse	[-]

Symboles grecs :

θ : Angle	[Degré]
τ : Contrainte de cisaillement	[N/m ²]
μ : Viscosité dynamique	[Kg m ⁻¹ s ⁻¹]
ν : Viscosité cinématique	[m ² s ⁻¹]
ρ : Masse volumique de l'air	[Kg m ⁻³]

Nombres adimensionnelles :

Re : Nombre de Reynold	[-]
------------------------	-----

Indice :

L : de Lorentz
g : de gravité
Cr : critique
lx : de Lorentz horizontal
ly: de Lorenz transversal
x : compassant selon ox
y : composante selon oy
∞ : A l'infinie
S : Séparation
T : Trainée
0 : Appliqué
1 : Induit

Introduction générale

Introduction générale

La mécanique des fluides est une science qui s'intéresse aux comportements des fluides au repos et en mouvement. On distingue : La statique des fluides : hydrostatique et La dynamique des fluides : hydrodynamique. L'écoulement autour d'un cylindre circulaire est un problème fondamental de la mécanique des fluides. Il intervient dans un grand nombre d'applications pratiques telles que les écoulements autour des sous-marins, piliers de ponts, les pipelines ...etc. L'étude des écoulements laminaire autour d'un cylindre en rotation à fait l'objet de nombreuses études expérimentales et numériques.

Plusieurs méthodes numériques dans le domaine ont été réalisées et confrontées aux expériences. Une large gamme de méthodes mathématiques ont été développées, afin de s'approcher de la réalité de l'écoulement et de fournir le maximum d'informations qui peut se produire.

Le rapport entre forces d'inertie et de viscosité peut varier d'un écoulement à un autre et, pour un écoulement donné, d'un point à l'autre du champ. La prépondérance relative de l'une ou l'autre de ces forces dépend de la valeur globale ou locale du nombre de Reynolds. Dans le cas où ce paramètre est globalement petit, l'écoulement est de type rampant et relève d'un modèle spécifique. Lorsque le comportement visqueux du fluide est de type newtonien, ce modèle correspond à une forme simplifiée linéarisée du modèle de Navier-Stokes, connue sous le nom de modèle de Stokes.

Le but de ce travail est d'étudier numériquement les phénomènes de l'écoulement laminaire stationnaire bidimensionnel, du fluide incompressible et sans transfert de chaleur autour d'un obstacle près de deux parois.

La simulation numérique a été faite à l'aide du code de calcul ANSYS FLUENT. Pour valider notre modèle, on a confronté nos résultats de simulations avec d'autres résultats numériques de la littérature.

La présentation du mémoire est structurée en trois chapitres : Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur des travaux antérieurs réalisés par d'autres auteurs traitant du domaine de l'étude théorique et expérimentale de l'écoulement autour d'un cylindre ainsi que des généralités sur les écoulements autour d'obstacles.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la formulation mathématique nécessaire ainsi qu'un aperçu sur la méthode numérique utilisée. Il s'agit donc de l'établissement des équations de continuité et de quantité de mouvement (Navier Stokes). Le troisième chapitre est dédié à la présentation et à la discussion des résultats. Enfin, une conclusion générale qui met une synthèse sur les résultats et les discussions de notre étude.

Chapitre I :
Généralités et recherche
bibliographique

I.1. Introduction

L'étude des mécanismes physiques des écoulements autour des cylindres présente un grand intérêt, tant sur le plan de la recherche fondamentale que dans le domaine des applications industrielles. Ces écoulements ont fait l'objet de nombreuses analyses dans la littérature. Après un rappel des différents régimes de l'écoulement derrière un cylindre fixe, nous présentons une synthèse bibliographique effectuée dans le domaine des écoulements de fluide incompressible autour des cylindres.

I.2. Nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds est le rapport entre les forces d'inertie et les forces visqueuses et constitue un paramètre permettant de prédire si un écoulement sera laminaire ou turbulent. [1]

I.3. Formule de nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds est le rapport des forces d'inertie aux forces visqueuses et est un paramètre commode pour prédire si une condition d'écoulement sera laminaire ou turbulent. On peut interpréter que lorsque les forces visqueuses sont dominantes (flux lent, Re faible) elles sont suffisantes pour maintenir toutes les particules de fluide en ligne droite, alors le flux est laminaire.

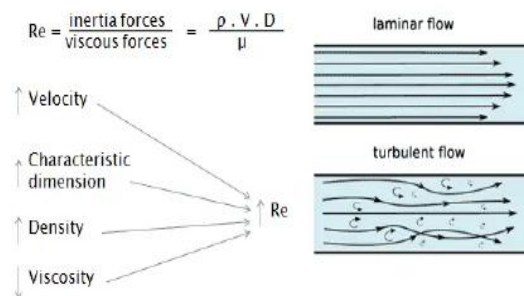


Figure I. 1 : Nombre de Reynolds pour un régime laminaire et turbulent

Il s'agit d'un nombre sans dimension comprenant les caractéristiques physiques de l'écoulement. Un nombre de Reynolds croissant indique une turbulence croissante de l'écoulement. [1]

La formule numérique de Reynolds est:

$$Re_D = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu}$$

Où:

- V est la vitesse d'écoulement,

- D est une dimension linéaire caractéristique, (longueur parcourue par le fluide; diamètre hydraulique, etc.)
- ρ densité du fluide
- μ viscosité dynamique
- ν viscosité cinématique

I.4. Ecoulements rampants

Ce sont des écoulements à très faibles vitesses, dans ce cas les forces de viscosité sont très supérieures aux forces d'inertie. Pour $Re < 5$, l'écoulement est dit rampant. Les forces de viscosité étant prépondérantes, le fluide reste attaché au cylindre et il n'y a pas de décollement. L'écoulement est symétrique par rapport à l'axe central du courant (axe longitudinal) (figure I.1).

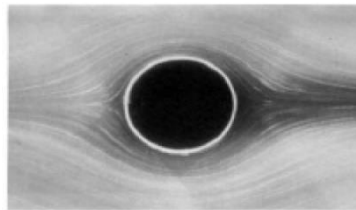


Figure I. 2 : Ecoulement rampant à $Re=0.16$. Visualisation S. Taneda tirée de van Dyke (1982)

I.5. Ecoulement stationnaire décollé

Pour $5 < Re < 48$, les forces d'inertie augmentent et empêchent la couche limite de rester attachée au cylindre. On observe un décollement de chaque côté du cylindre. Le point de décollement se déplace vers l'amont du cylindre quand le nombre de Reynolds augmente. L'écoulement est stable et reste stationnaire et symétrique par rapport à l'axe longitudinal. En aval du décollement se forment deux lobes de recirculation contrarotatifs attachés au cylindre (figure I.2). Le point de rattachement, qui est défini comme le lieu où la vitesse longitudinale est nulle sur l'axe central du sillage, s'éloigne du cylindre quand le nombre de Reynolds augmente. L'abscisse de ce point définit la longueur de recirculation. [2]

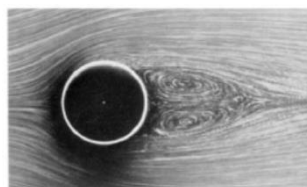


Figure I. 3 : Ecoulement rampant à $Re=0.16$. Visualisation S. Taneda tirée de van Dyke (1982)

I.6. Débit laminaire

I.6.1. Écoulement laminaire

Caractéristiques physique pour un écoulement dans un canal

- $Re < 2000$
- Les particules fluides se déplacent en ligne droite
- Les couches d'eau s'écoulent les unes sur les autres à différentes vitesses
- sans pratiquement aucun mélange entre les couches.
- Le profil de vitesse d'écoulement pour un flux laminaire dans des tuyaux circulaires est de forme parabolique, avec un débit maximal au centre du tuyau et un débit minimal au niveau des parois des tuyaux.
- La vitesse d'écoulement moyenne correspond à environ la moitié de la vitesse maximale. Une analyse mathématique simple est possible.
- Rare en pratique dans les systèmes d'eau.[1]

I.7. Les écoulements à très faibles nombre de Reynolds

Hypothèses

Par définition, le modèle de Stokes qui régit l'écoulement rampant d'un fluide visqueux newtonien repose sur les deux hypothèses spécifiques suivantes :

- le milieu est incompressible ;
- les forces d'inertie sont en tout point et à tout instant négligeable vis-à-vis des forces de viscosité.

La dernière hypothèse s'exprime encore par la relation :

$$Re = \frac{U_0 L}{\nu} \ll 1 \quad I-1$$

Où U_0 , est une échelle représentative de la vitesse du mouvement du fluide, L une échelle de longueur et ν la viscosité cinématique du milieu. Avec les hypothèses précédentes, le modèle gouvernant la dynamique de l'écoulement se réduit aux deux équations suivantes :

$$\rho = C^{te} \text{ et } \frac{\partial U_j}{\partial x_j} = 0 \quad I-2$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} = F_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j \partial x_j} \quad I-3$$

La dernière équation peut également être reprise sous forme vectorielle équivalente :

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \overrightarrow{\text{grad}}(P) + \nu \Delta(\vec{V}) \quad I-4$$

L'équation de la dynamique ainsi simplifiée ne fait plus intervenir que quatre échelles de temps caractérisant respectivement l'in stationnarité (T_i) ainsi que les forces extérieures de volume (TF), de pression (TP) et de viscosité, (T_v). Rapportée à l'échelle de longueur L , cette dernière peut être estimée par :

$$T_v = \frac{L^2}{\nu} \quad I-5$$

L'hypothèse de très petit nombre de Reynolds global ne permet évidemment pas de déduire quoi que ce soit sur les valeurs respectives de ces différentes échelles de temps. C'est pourquoi nous supposons en outre que les conditions suivantes sont vérifiées :

1. $T_i \gg T_v$, de sorte que l'écoulement peut être considéré comme quasi-stationnaire ;
2. $TP \sim TF \sim T_v$, ce qui signifie que les trois forces extérieures sont du même ordre de grandeur. [3]

- Cas in stationnaire unidirectionnel selon axe (x), sans gradient de pression et sans effet de pesanteur :

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = \mu \nabla^2 \vec{V} \quad I-6$$

- Pour un écoulement de cisaillement instationnaire :

$$\rho \frac{\partial U}{\partial t} = \mu \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \quad I-7$$

➤ Condition limite : $y=0$, $U=U_0$ (mouvement brusque de paroi) on a une solution $U(y,t)$

- **Cas stationnaire :**

$$0 = \vartheta \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \quad I-8$$

Profil linéaire $U(y)=ay+b$

Avec gradient de pression :

$$0 = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \vartheta \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \quad I-9$$

$$U(y = 0) = 0 \quad : \quad \text{Profil parabolique : } U(y) = ay^2 + by + c \quad I-10$$

I.8. Domaines d'applications

L'application de l'écoulement de Stokes s'étend à de nombreux domaines scientifiques et techniques, où les équations de Stokes sont employées pour modéliser le déplacement des fluides visqueux à faible vitesse. Voici quelques exemples d'applications :

- L'écoulement de Stokes est utilisé pour représenter le mouvement des fluides dans divers contextes biologiques tels que les cellules sanguines, les cellules ciliées et les flagelles, ainsi que dans les vaisseaux sanguins et les voies respiratoires. Il est également utilisé pour étudier la locomotion des micro-organismes et le déplacement du mucus dans les poumons. [4]
- En géophysique, l'écoulement de Stokes est utilisé pour modéliser le mouvement des fluides dans les glaciers, les rivières et les processus géologiques tels que le déplacement des plaques tectoniques dans la croûte terrestre. Il trouve également des applications dans l'étude des écoulements en milieu poreux, des écoulements de lave ou de glace (dans une première approximation) et des processus de fenêtrage du verre.[4]
- Dans le domaine du génie chimique, l'écoulement de Stokes est utilisé pour modéliser le mouvement des liquides dans les canaux micro fluidiques, les réacteurs chimiques et les colonnes de chromatographie. Les équations de Stokes sont également appliquées pour décrire le déplacement des particules dans les suspensions, les flux de gaz poussiéreux et les colorants de fumée.[5]

I.9. Etudes bibliographies

M.S. Dhouieb et al. (2008) ont mené une étude expérimentale et numérique dans une conduite horizontale rectangulaire au milieu de laquelle est placé un cylindre carré de hauteur $h = 0.01\text{m}$ et de largeur $l = 0.02\text{m}$. L'écoulement en amont de celui-ci est laminaire. Des mesures PIV ont été effectuées afin de caractériser expérimentalement les structures tourbillonnaires. Parallèlement une simulation numérique 2D est réalisée pour faire la comparaison avec les résultats numériques. D'autres mesures PIV complémentaires ont été menées par le dessus du canal en aval du cylindre afin de détecter une éventuelle tridimensionnalisation de l'écoulement. Lors des mesures, ils ont constaté l'apparition des tourbillons de Von Karman dans le cas d'un écoulement derrière un cylindre dans un milieu confiné. [6]

M. Mahbub Alam et J.P. Meyer (2011) se sont intéressés à l'effet du nombre de Reynolds sur les forces induites par l'écoulement autour de deux cylindres en tandem. L'effet du

nombre de Reynolds, Re sur la fluctuante portance, la force de traînée et les nombres de Strouhal, St du cylindre aval et des deux cylindres en tandems sont étudiés expérimentalement.[7]

N. Roquet et al (2003) ont travaillé sur l'écoulement d'un fluide stationnaire autour d'un cylindre en utilisant la modélisation numérique pour étudier et expliquer la variation de l'effort de fléchissement sur le sillage d'un cylindre. Les résultats portent sur la détermination du comportement asymptotique du fluide. [8]

D. Callaud et al.(2001) ont travaillé sur un écoulement laminaire autour d'un cylindre et carré. L'écoulement en régime établi autour d'un cylindre carré disposé sur une plaque plane est examiné par des visualisations des mesures par vélocimétrie par imagerie de particules (PIV) et des simulations numériques pour un nombre de Reynolds de 100. [9]

Shuyang Cao –YukioTamura(2008) ont étudié numériquement et expérimentalement l'écoulement autours d'un cylindre circulaire pour un nombre de Reynolds sous-critique. Ils ont constaté que le nombre de Strouhal ne montre aucune variation par rapport au paramètre de cisaillement, et que le point d'arrêt à haute vitesse a une grande influence sur la force aérodynamique.[10]

B.Gera et al. (2010) ont étudié avec CFD (computationnel fluide dynamique) l'écoulement instationnaire 2D autour d'un obstacle carré. La simulation a été réalisée afin d'analyser le comportement de sillage. Le nombre de Reynolds a été pris de l'ordre de 50 à 250. [11]

S. Mossaz(2011) a étudié l'écoulement rampant, circulant et instationnaire d'un fluide viscoplastique autour d'un cylindre. Il a étudié numériquement, les morphologies des écoulements, la localisation des zones rigides, les champs de contraintes et pression autour du cylindre ainsi que le coefficient de traînée. Le montage expérimental conçu et réalisé a été validé par l'étude de l'écoulement d'un fluide newtonien autour d'un cylindre et la mise en place d'une procédure adaptée pour les fluides à seuil. Il a pu constater l'influence des conditions d'interface avec l'apparition d'une morphologie de lâchers de tourbillons simultanés et symétriques, la figure suivante montre l'évolution des différentes zones rigides et lignes de courant lorsque le nombre de Reynolds augmente en passant du régime rampant à recerclant. [12]

Bensdira et al ont étudié le comportement aérodynamique de l'écoulement autour d'un obstacle cylindrique proche d'une paroi. L'écoulement en 2d en régime laminaire pour un fluide incompressible sans transfert de chaleur a été simulé. Ils ont utilisé la méthode des éléments finis avec le logiciel ANSYS CFX pour résoudre le système d'équation régissant l'écoulement. L'analyse est faite pour différentes nombre de Reynolds ($Re=10,20,\dots,700$) et différentes distances entre le cylindre et la paroi (10d, 15d et 20d). [13]

S. Mossaz, a étudié le cas de l'écoulement inertiel d'un fluide à seuil de contrainte autour d'un cylindre à section circulaire. Le fluide utilisé est le gel physique Carbopol® 940 à comportement élastoviscoplastique. Les résultats expérimentaux seront comparés aux résultats obtenus numériquement avec la loi viscoplastique de Herschel-Bulkley. Il a mis en évidence l'influence du seuil d'écoulement sur les champs cinématique et de contrainte dans l'écoulement d'un fluide à seuil autour d'un cylindre. Les effets inertiels et de rhéofluidification sont également considérés. Nous nous intéressons plus particulièrement aux régimes rampants et recerclant. Des résultats expérimentaux obtenus sur un canal instrumenté et des résultats numériques seront présentés. [14]

E. Mitsoulis, a étudié l'écoulement de traînée rampante d'un plastique de Bingham devant un cylindre circulaire maintenu symétriquement entre des plaques parallèles a été analysé via des simulations numériques avec la méthode des éléments finis. Différents rapports de diamètre d'entrefer/cylindre ont été étudiés allant de 2:1 à 50:1. L'équation constitutive de Bingham est utilisée avec une modification appropriée proposée par Papanastasiou, qui s'applique partout dans le champ d'écoulement dans les régions cédées et pratiquement non cédées. L'accent est mis sur la détermination de l'étendue et de la forme des régions cédées / non cédées ainsi que du coefficient de traînée pour une large gamme de nombres de Bingham. Les présents résultats étendent les analyses précédentes pour l'écoulement de traînée rampante devant un cylindre dans un milieu infini basé sur des principes variationnels et fournissent des calculs du coefficient de traînée autour d'un cylindre dans le cas d'effets de paroi. [15]

R.P. Chhabra, J. Chakraborty, N. Verma, ont décrit une étude numérique sur l'écoulement stationnaire d'un fluide newtonien incompressible devant un cylindre circulaire confiné dans un canal rectangulaire plan. À l'aide de FLUENT (version 6), des calculs en régime permanent bidimensionnel ont été effectués pour une vitesse d'entrée uniforme et pour différentes valeurs des nombres de Reynolds compris entre 0,1 et 200 et des taux de blocage

(rapport de la largeur du canal au diamètre du cylindre) compris entre 1,54 et 20. Les paramètres d'écoulement tels que le coefficient de traînée, la longueur de la zone de recirculation et l'angle de séparation sont présentés en fonction du nombre de Reynolds et du taux de blocage. On a constaté que le coefficient de traînée total (CD) diminuait avec une augmentation du taux de blocage (λ) pour une valeur fixe du nombre de Reynolds (Re) et diminuait avec l'augmentation du nombre de Reynolds pour une valeur fixe de λ . De même, pour une valeur fixe de λ , l'angle de séparation et la longueur de la zone de recirculation augmentent avec l'augmentation du nombre de Reynolds.[16]

S. Mossaz, P. Jay, A. Magnin, ils ont étudié l'écoulement d'un fluide thixotrope autour d'un cylindre. La rhéologie du fluide est décrite au moyen d'un modèle viscoplastique structural basé sur l'équation constitutive de Bingham, régularisée par la régularisation de Papanastasiou. La limite d'élasticité est supposée varier linéairement avec le paramètre structural, qui varie de zéro (structure complètement brisée) à un (structure de squelette entièrement développée), suivant une équation de taux de premier ordre qui tient compte de la décomposition et de l'accumulation de la structure du matériau. Les résultats ont été obtenus numériquement à l'aide de la méthode des éléments finis. Des simulations ont été effectuées pour un nombre de Reynolds modéré de 45, de sorte qu'une recirculation du flux est observée derrière le cylindre, mais qu'il n'y a pas de détachement tourbillonnaire. Les effets du nombre de Bingham et des paramètres de thixotropie sont étudiés. Les résultats montrent que le caractère visqueux de l'écoulement peut être contrôlé dans certaines limites grâce à ces paramètres, malgré le fait que le nombre de Reynolds est fixe. [17]

I.10. Conclusion

L'ensemble des généralités de l'étude bibliographique nous a permis d'avoir la bonne compréhension des écoulements autour d'un cylindre tels que l'historique et mode de classification, afin d'assurer une grande précision et la méthodologie correcte pour aborder ce type d'écoulement et d'obtenir des résultats optimaux

Chapitre II :
Formulation mathématique
Et position du problème

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons illustrer le problème physique à étudier, en introduisant les équations gouvernantes : les équations de continuité et de Navier-Stokes dans le cas simplifié et on va recourir aux conditions aux limites qui nous permettra de déduire le champ de pression (P) et de vitesse (V), sans l'effet de la gravité(g), sachant que notre étude est inclus dans un plan bidimensionnel en coordonnées cartésienne.

II.2. Position du problème

On propose d'étudier le comportement d'un fluide newtonien, écoulement bidimensionnel, permanent, incompressible, autour d'un cylindre fixe ($\Omega=0$) et en rotation ($\Omega\neq 0$). On considère un écoulement rampant à très faible nombre Reynolds $Re=0.9$ (x,y), en régime laminaire, autour du cylindre se trouvant dans un canal rectangulaire bidimensionnel.

On a fait une simulation afin de déterminer la variation de vitesse et de la pression, et les contraintes aux différents points du canal suivant les deux composantes x et y, dans le cas fixe et dans le cas de rotation du cylindre. On pose le diamètre de cylindre $D= 10$ cm à l'intérieur d'un canal des dimensions (400cm x200cm) à une distance de 255cm de l'entrée du canal (Figure I.1).

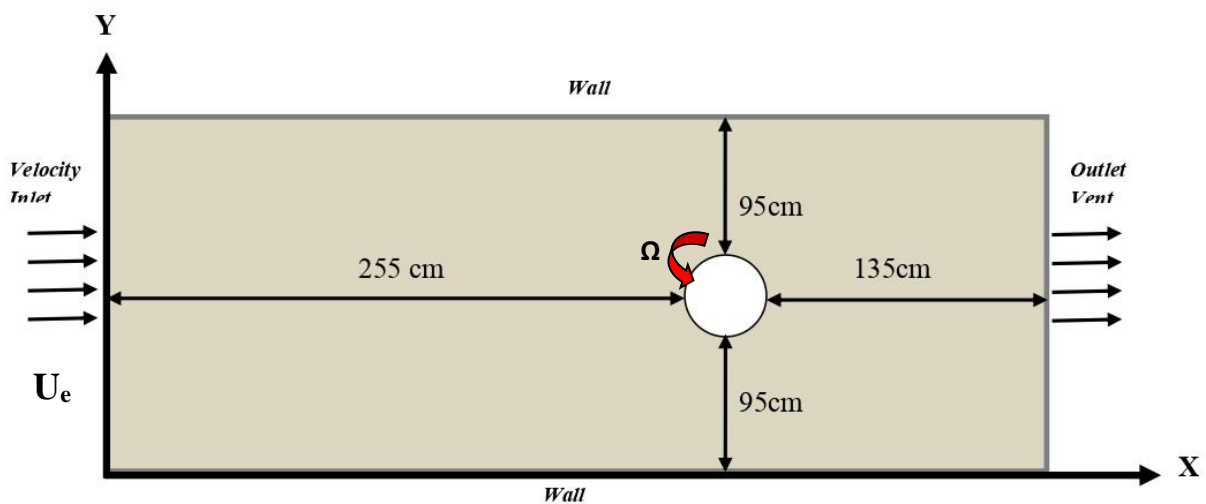


Figure II. 1 : Schéma représentant l'écoulement rampant autour d'un cylindre

II.3. Formulation mathématique

Le problème est gouverné par les équations de mouvement. L'équation du mouvement sous forme vectorielle est donnée comme suit :

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = -\vec{\nabla}P + 2\mu\Delta\vec{v} \quad II-1$$

II.3.1 .Les équations de base régissant l'écoulement autour du cylindre

Les équations sont données en coordonnées cylindriques

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(rv_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial(v_\theta)}{\partial \theta} = 0 \quad II-2$$

$$v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + \nu \left(\frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{v_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} \right) \quad II-3$$

$$v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} = -\frac{1}{\rho r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \nu \left(\frac{\partial^2 v_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} \right) \quad II-4$$

Il peut être considéré comme un écoulement de couche limite dans ce cas avec les approximations habituelles

II.3.1.1. Conditions aux limites

II.3.1.1.1. Cylindre fixe

On suppose qu'à l'infini $r \rightarrow \infty$, l'écoulement n'est pas perturbé par la présence du cylindre, donc on peut le considérer comme irrotationnel, En prenant en considération la condition d'adhérence des particules fluides à la paroi solide et la condition de non perméabilité, on peut écrire les conditions suivantes :

$$r = R, \quad V_r = 0, \quad V_\theta = 0 \quad II-4$$

$$r \rightarrow \infty, \quad V_\theta = V_{\theta\infty} \quad II-5$$

II.3.1.1.2. Cylindre en rotation :

En prenant en considération la condition d'adhérence des particules fluides à la paroi solide en mouvement, on peut écrire les conditions suivantes :

$$r = R, \quad V_r = 0, \quad V_\theta = \Omega R \quad II-6$$

$$r \rightarrow \infty, V_\theta = V_{\theta\infty} \quad II-7$$

II.3.1.2. Solution analytique possible: $V_\theta(r)$, $V_r = 0$

➤ Les équations se simplifient comme suit :

$$\frac{v_\theta^2}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} \quad II-8$$

$$0 = -\frac{1}{\rho \cdot r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial r} - \frac{v_\theta}{r^2} \quad II-9$$

$$\frac{\partial^2 v_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial r} - \frac{v_\theta}{r^2} = \frac{1}{\rho \cdot r} \frac{\partial P}{\partial \theta} \quad II-10$$

avec $\frac{\partial P}{\partial \theta} \neq 0$

On admet :

$$\frac{\partial P}{\partial \theta} = cst$$

$$r \left(\frac{\partial^2 v_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial r} - \frac{v_\theta}{r^2} \right) = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \theta} \quad \text{Avec } \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \theta} = A$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \right) = \frac{A}{r}$$

$$\frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} = A \ln(r) + C_1$$

$$\frac{1}{r} \left(r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + v_\theta \right) = A \ln(r) + C_1$$

$$\frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} (r v_\theta) \right] = A \ln(r) + C_1$$

$$\frac{\partial}{\partial r} (r v_\theta) = A r \ln(r) + C_1 r$$

$$r v_\theta = A \int r \ln(r) + \frac{C_1}{2} r^2 + C_2$$

$$v_\theta = A \int \frac{r \ln(r)}{r} + \frac{1}{2} C_1 r + \frac{C_2}{r} \quad II-12$$

➤ Avec, l'intégrale par partie est donnée par :

$$\int f' \cdot g = f \cdot g - \int f \cdot g'$$

$$\int r \ln(r) = \frac{r^2}{2} \ln(r) - \int \frac{r^2}{2} \times \frac{1}{r}$$

$$= \frac{1}{2} r^2 \ln(r) - \frac{1}{2} \int r$$

$$= \frac{1}{2} r^2 \ln(r) - \frac{1}{4} r^4$$

$$\int r \ln(r) = \frac{1}{2} r^2 \ln(r) - \frac{1}{4} r^4$$

$$= \frac{1}{4} r^2 (2 \ln(r) - 1)$$

II-13

$$\Rightarrow v_\theta = \frac{A}{4} r (2 \ln(r) - 1) + \frac{1}{2} C_1 r + \frac{C_2}{r}$$

II-14

- **Les équations de Navier Stokes dans tout le canal en coordonnées cartésiennes(x, y) sont données comme suit :**

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

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\rho \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

II-16

- **Simplification des équations loin de cylindre –entrée et sortie du canal :**

Dans ce cas, c'est un écoulement entre deux parois parallèles distantes de H. Pour un écoulement unidirectionnel,(établi), on a pris ici :

Écoulement (établi), la vitesse u est indépendante de la direction selon axe (x) :

$$\frac{\partial U}{\partial x} = 0$$

II-17

Les équations de Navier-Stokes, pour cet écoulement unidirectionnel se résume à:

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} = \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} = 0 \quad II - 18$$

En intégrant deux fois la première équation on obtient:

$$u(y) = \frac{1}{\mu} \frac{dP}{dx} \frac{y^2}{2} + C_1 y + C_2 \quad II - 19$$

Avec C1 et C2 les deux constantes d'intégration, obtenues en utilisant les différentes conditions aux limites.

Si on pose d'une manière générale :

$$\begin{aligned} y = H &\rightarrow u = 0 \\ y = 0 &\rightarrow u = 0 \end{aligned} \quad II - 20$$

On obtient :

$$u(y) = \frac{1}{2\mu} \left(\frac{dP}{dx} \right) (y^2 - Hy) \quad II - 21$$

En tenant compte de la condition aux limites :

$$y = \frac{H}{2}, \quad u = u_{\max} \quad II - 22$$

$$u_{\max} = -\frac{H^2}{8\mu} \left(\frac{dP}{dx} \right) \quad II - 23$$

II.4. Procédure numérique :

Pour étudier l'écoulement entier numériquement le problème en utilisant deux logiciels Gambit et ANSYS-Fluent

II.4.1 Présentation du logiciel GAMBIT

Le logiciel Gambit (Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit) est un meilleur 2D/3D; pré-processeur qui permet de mailler des domaines de géométrie d'un problème de CFD. Il permet de générer un maillage structuré ou non structuré en coordonnées cartésiennes, polaires, cylindriques ou axisymétriques. Il peut réaliser des maillages complexes en deux ou trois dimensions avec des mailles de type rectangle ou triangle. Les options de génération de Gambit offrent une flexibilité de choix. On peut décomposer la géométrie en plusieurs parties

pour générer un maillage structuré. Sinon, Gambit génère automatiquement un maillage non structuré adapté au type de géométrie construite. Avec les outils de vérification du maillage, les défauts sont facilement détectés. Il peut être utilisé pour construire une géométrie et lui générer un maillage éventuellement, une géométrie d'un autre logiciel de CAO peut être importée dans ce préprocesseur. Il génère des fichiers *.msh pour Fluent.

II.4.2 Le maillage

Le maillage est la discrétisation spatiale d'un milieu continu, ou aussi une modélisation géométrique d'un domaine par des éléments proportionnés finis et bien défini dans l'optique d'une simulation numérique ou d'une représentation graphique. Il est principalement caractérisé par sa dimension (2D ou 3D), son volume totale (nombre de cellule) et les géométries des cellules (2D : triangle quadrilatères « parallélogrammes, rectangles, carrés » et polygones .Ainsi à partir de ces caractéristiques il existe plusieurs types de maillages structurés, non structurés ou hybrides .Etant donnée que la géométrie du problème est régulière (rectangulaire ou circulaire).

II.4.3. Test de maillage

$V_{\max}(\text{m/s})$	Maillage
0,0000134	40x100
0,0000127	50x100
0,0000125	60x100

Tableau II: 1 Tableau choix de maillage

Afin de choisir le maillage idéal pour notre géométrie on test trois maillage différentes : 100x40, 100x50 ,100x60 et nous avons simulé pour ces trois maillages.

On pose pour étude le maillage : 100x50

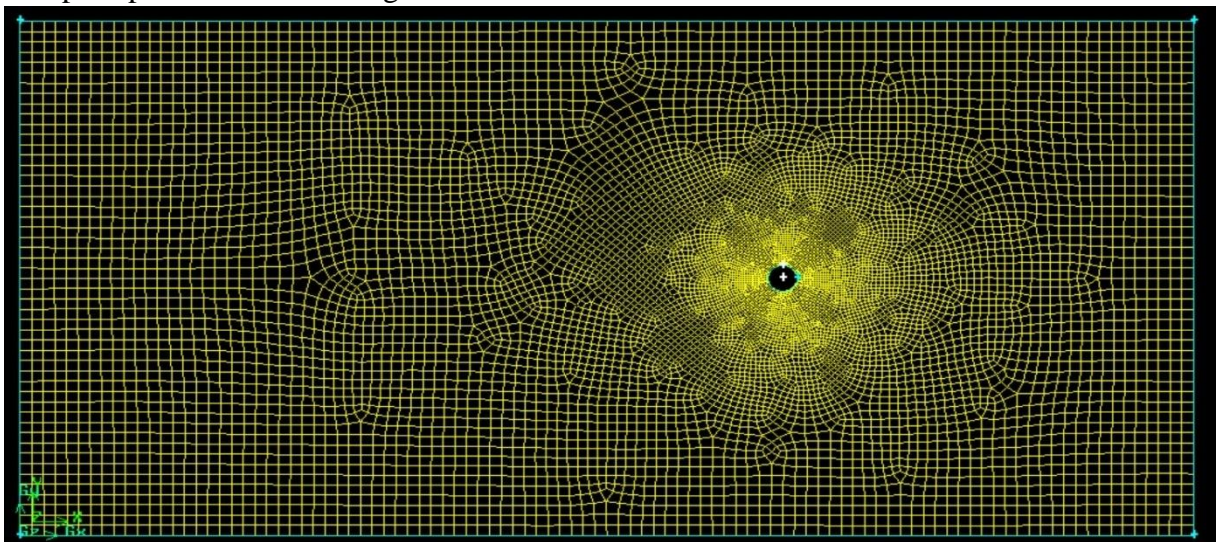


Figure II. 2 : Maillage 100x50

Chapitre II : Formulation mathématique et position du problème

Il existe un certain nombre de codes industriels, aux meilleurs performants, permettant la prédiction d'écoulements de fluides (FLUENT, CFX, PHOENICS, FEMLAB, CFD-ACE, FLOTRAN, CFDS-FLOW3D ...) Dans ce code on ne définit que la nature et les valeurs de ces conditions (vitesses, températures, pression...) seront à définir sous Fluent.

Fluent est un code de calcul qui permet de simuler les écoulements des fluides avec et sans les transferts thermiques dans des géométries complexes. Il peut résoudre des problèmes d'écoulement avec des mailles structurées et non structurées produites grâce à des géométries complexes avec une facilité relative.

Les mailles supportées en 2D sont de types triangulaires ou quadrilatéraux. Elles sont tétraédriques/hexaédriques/pyramidales en 3D ou des mailles (hybrides) mélangées. Le code "Fluent" est écrit en langage C et utilise pleinement la flexibilité et la puissance offertes par ce langage (allocation de la mémoire dynamique). En plus, il utilise une architecture qui lui permet de s'exécuter autant que plusieurs processus simultanés sur le même poste de travail ou sur des postes séparés pour une exécution plus efficace. Pour réaliser nos simulations, nous avons choisi le code de calcul ANSYS-Fluent, que nous présentons dans cette partie.

La génération du calcul dans « fluent » se présente par les étapes ci-dessus :

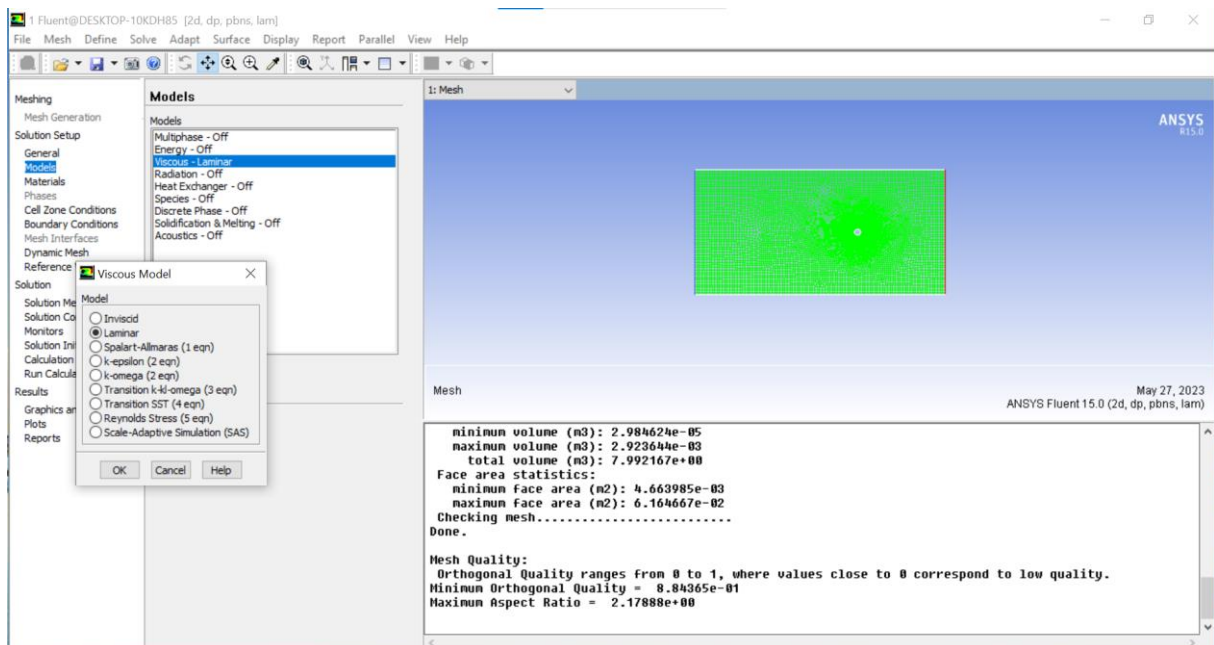


Figure II. 3 : Choix de l'écoulement laminaire

Chapitre II : Formulation mathématique et position du problème

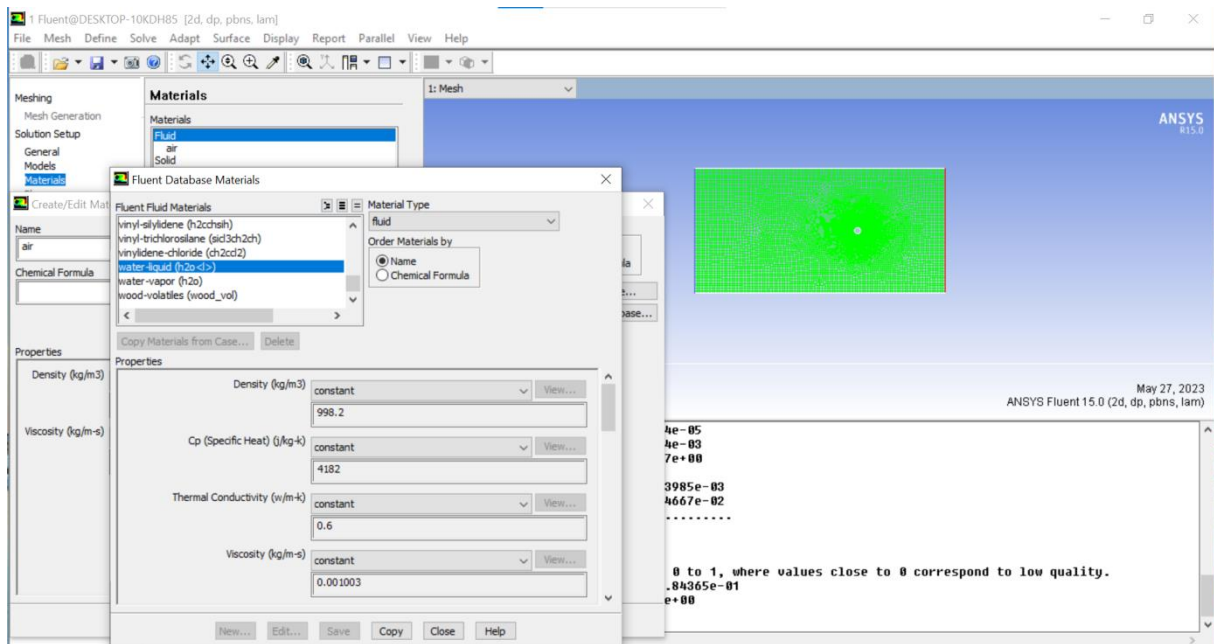


Figure II. 4 : Définir la matière utilisé : (fluide newtonian : water liquid)

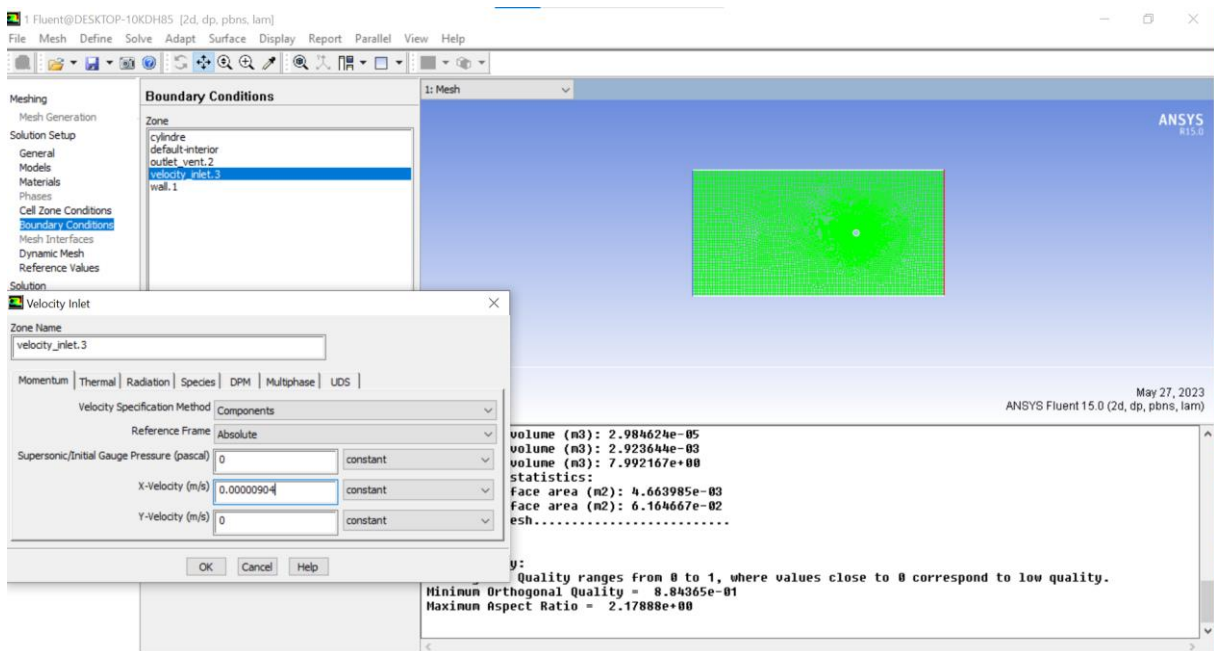


Figure II. 5 : Définir les conditions aux limites

Définir les conditions aux limites :

1. boundary conditions (cylinder : stationary wall)
2. Velocity inlet = 9.04×10^{-6} m/s

II.4.5. Procédure numérique pour le cylindre en rotation

On procède avec les mêmes étapes qu'on a faites pour le cylindre en cas fixe, sachons que dans ce cas on prend la vitesse de rotation $\Omega = 1.808 \times 10^{-3}$ rad/s

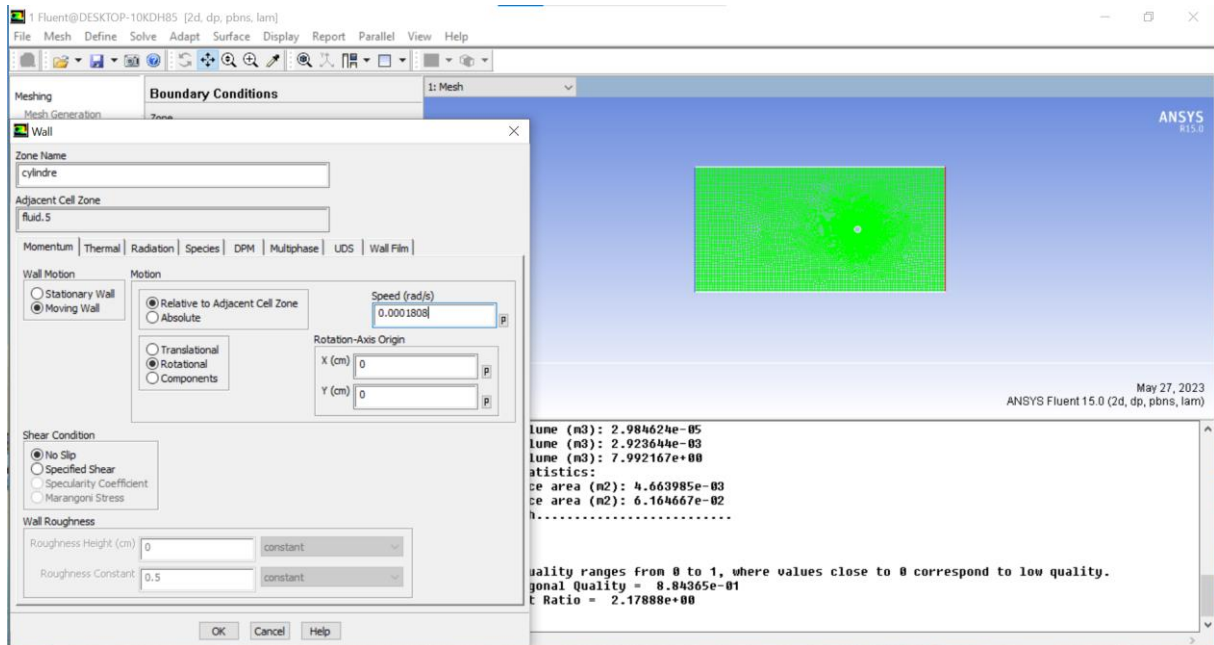


Figure II. 6 : Conditions aux limites pour le cylindre en rotation

Chapitre III :
Résultats numériques
Et discussions

III.1. Introduction

Cette section se concentre sur la présentation et la discussion des résultats concernant la variation de la vitesse, de la pression et de la contrainte, qui jouent un rôle fondamental dans la compréhension de la dynamique de l'écoulement étudié. La comparaison des variations de ces paramètres en cas cylindre fixe et en rotation en utilisant des méthodes analytiques et numériques appropriées, peut être nécessaire pour obtenir une description précise de la distribution de ces paramètres sur le cylindre dans une configuration spécifique.

III.2. Cas de cylindre fixe

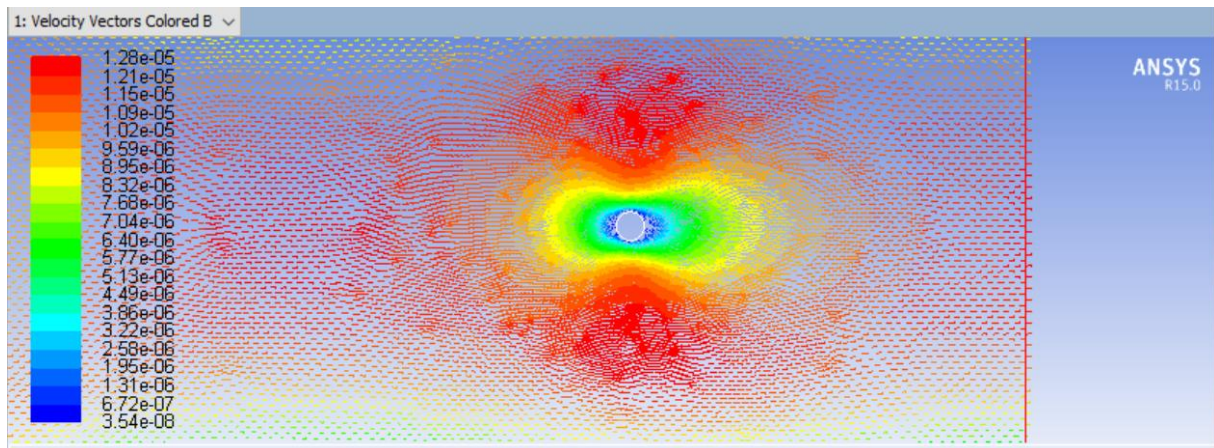


Figure III. 1 : Vecteur de Vitesse selon l'axe x

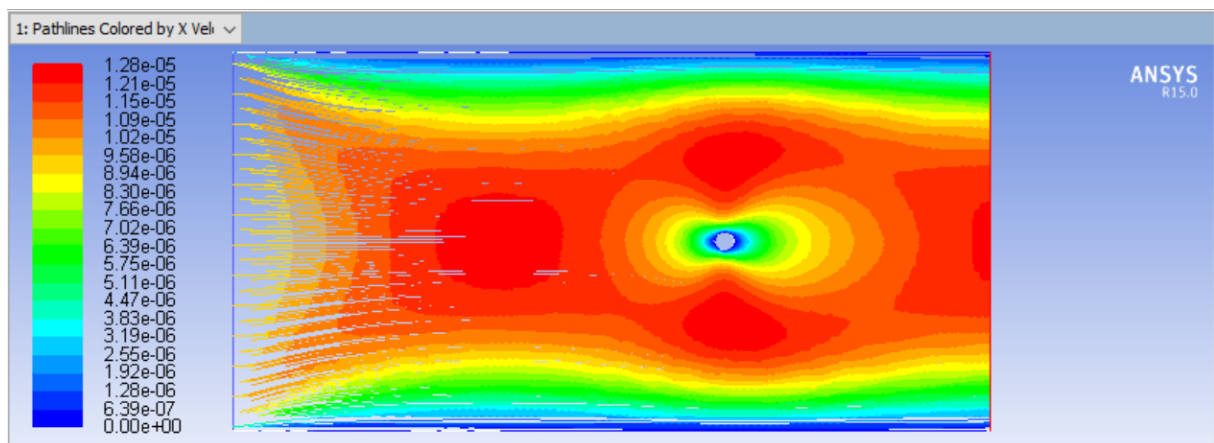


Figure III. 2 : lignes de courant de vitesse selon l'axe x

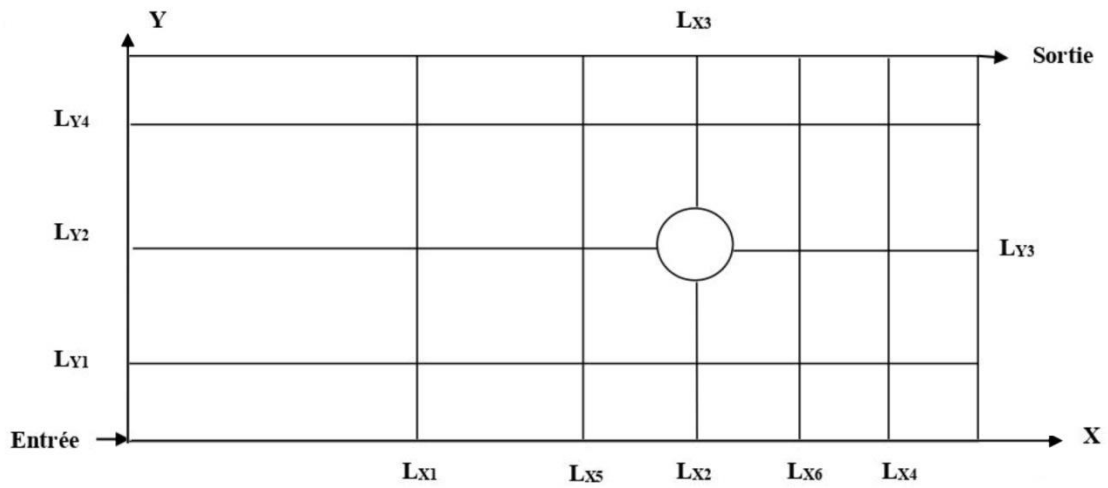


Figure III. 3 : Position des lignes de calcul

III.2.1. Courbe de vitesse selon l'axe x

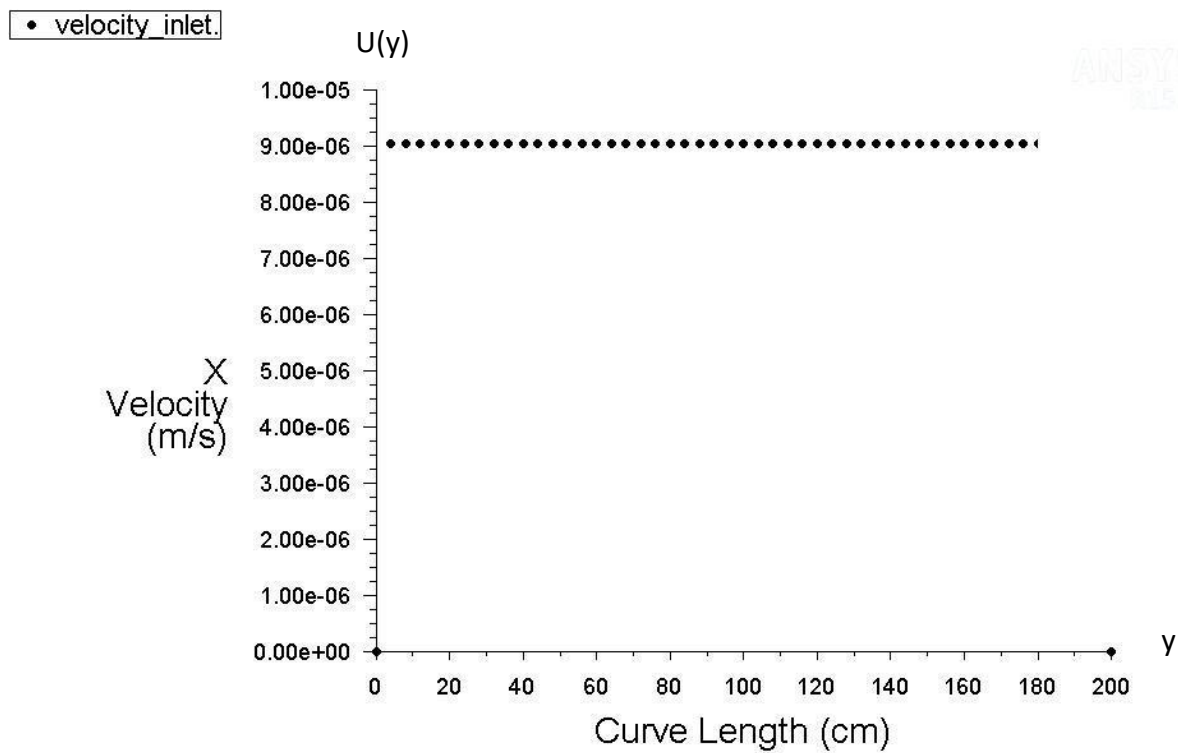


Figure III. 4 : Courbe de la vitesse à l'entre selon l'axe x

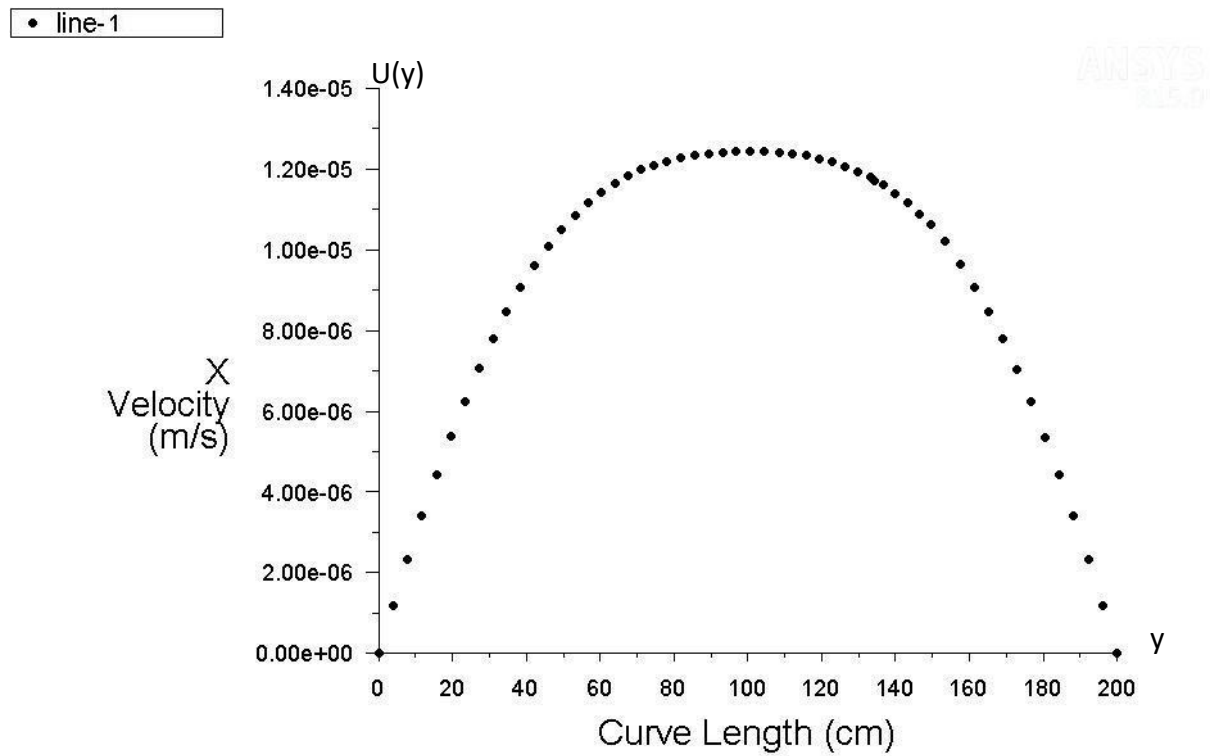


Figure III. 5 : Courbe de la vitesse à la ligne Lx1

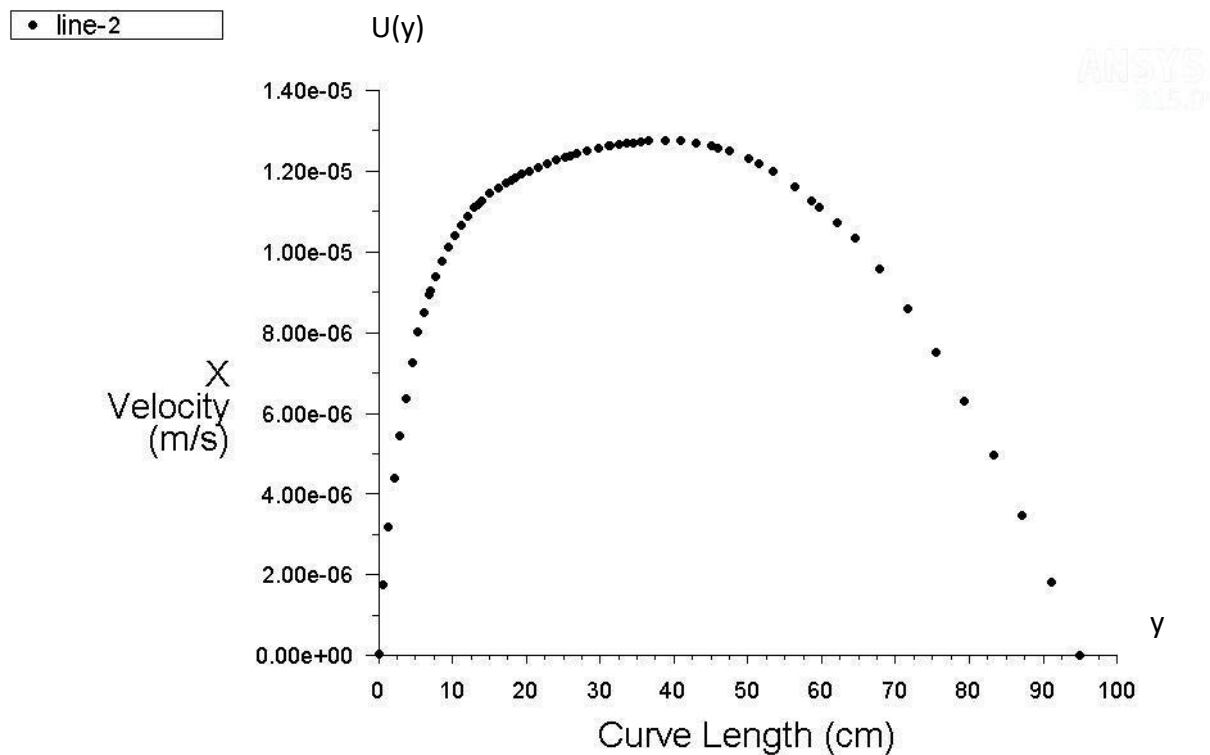


Figure III. 6 : Courbe de la vitesse à la ligne Lx2

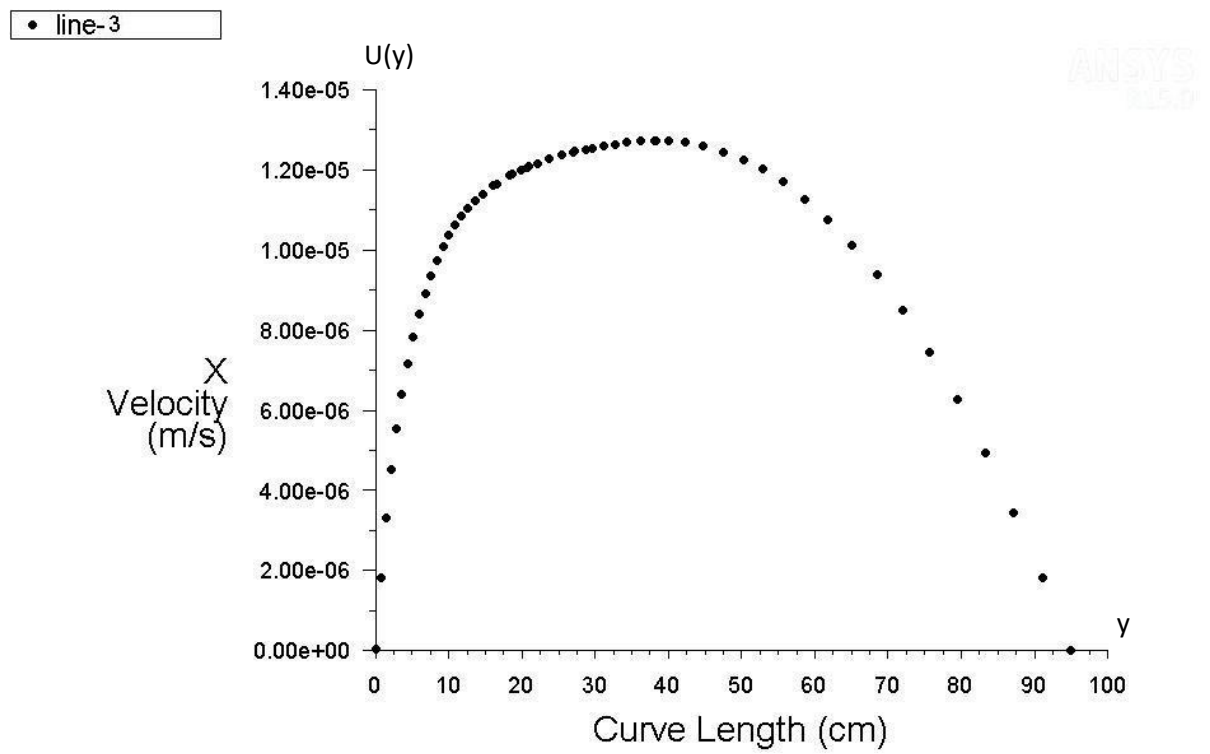


Figure III. 7 : Courbe de la vitesse à la ligne Lx3

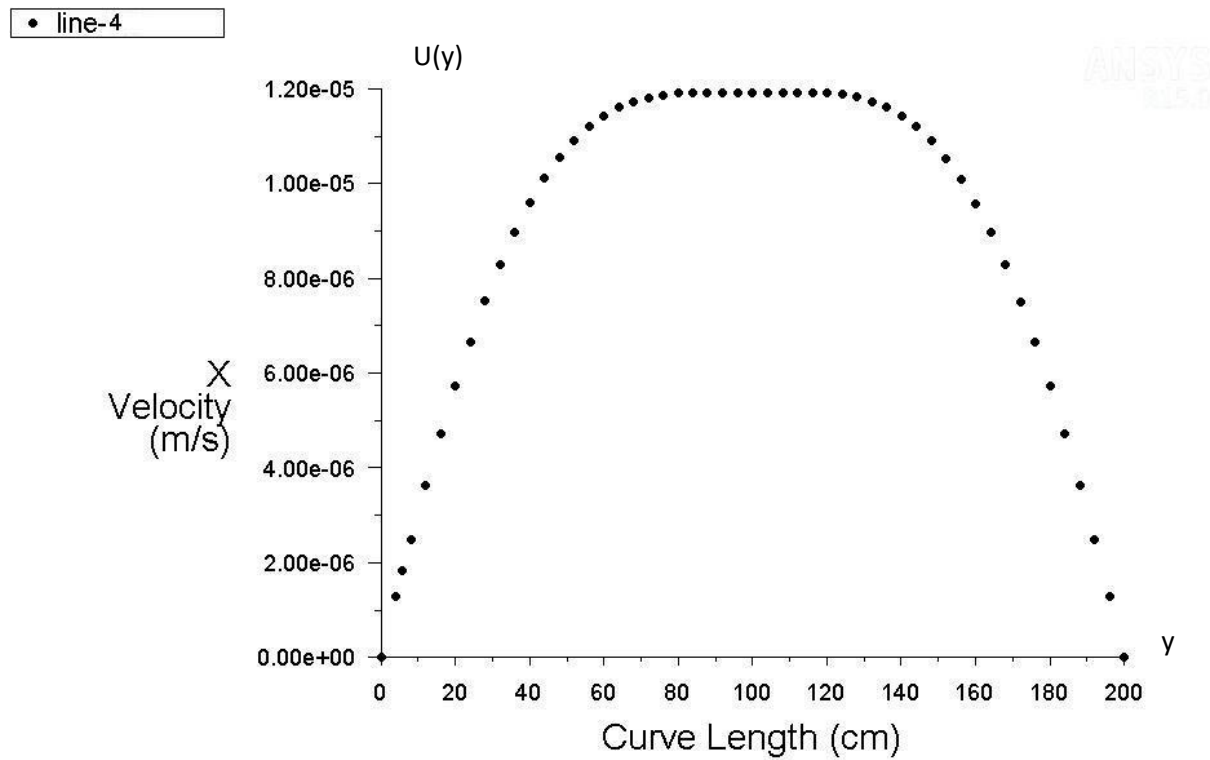


Figure III. 8 : Courbe de la vitesse à la Lx4

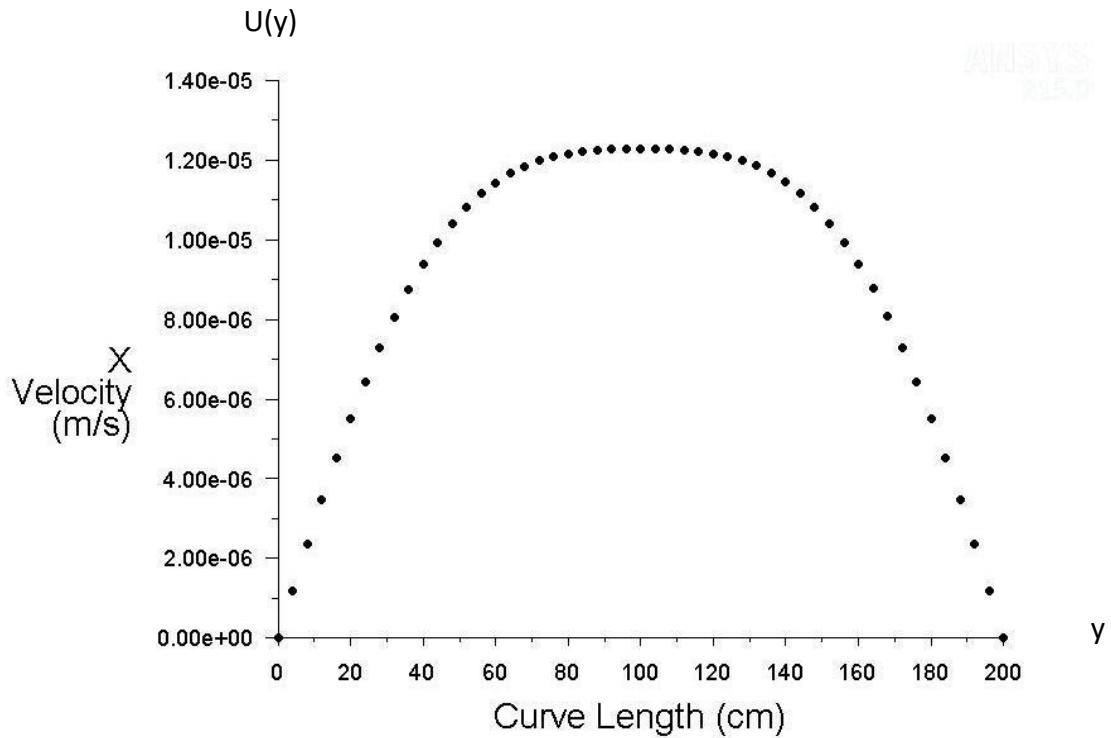


Figure III. 9 : Courbe de la vitesse à la sortie

Commentaire

A l'entrée la vitesse est constante équivalente à celle qu'on a appliqué $V_x = 9.04 \times 10^{-6}$ m/s. Le profil de la vitesse devient établi à une certaine distance de l'entrée avec une vitesse maximale $V_x = 1.27 \times 10^{-5}$ m/s. comme le montre la (figure III.5), le profil de la vitesse est parabolique et l'écoulement au dessus (figure III.6), et sous le cylindre (figure III.7) le profil de vitesse est déformé en raison de la déviation de l'écoulement juste avant le cylindre et après. Le profile de la vitesse redevient parabolique jusqu'à la sortie comme le montre les deux (figure III.8/ III.9).

III.2.2. Courbe de vitesse selon l'axe Y

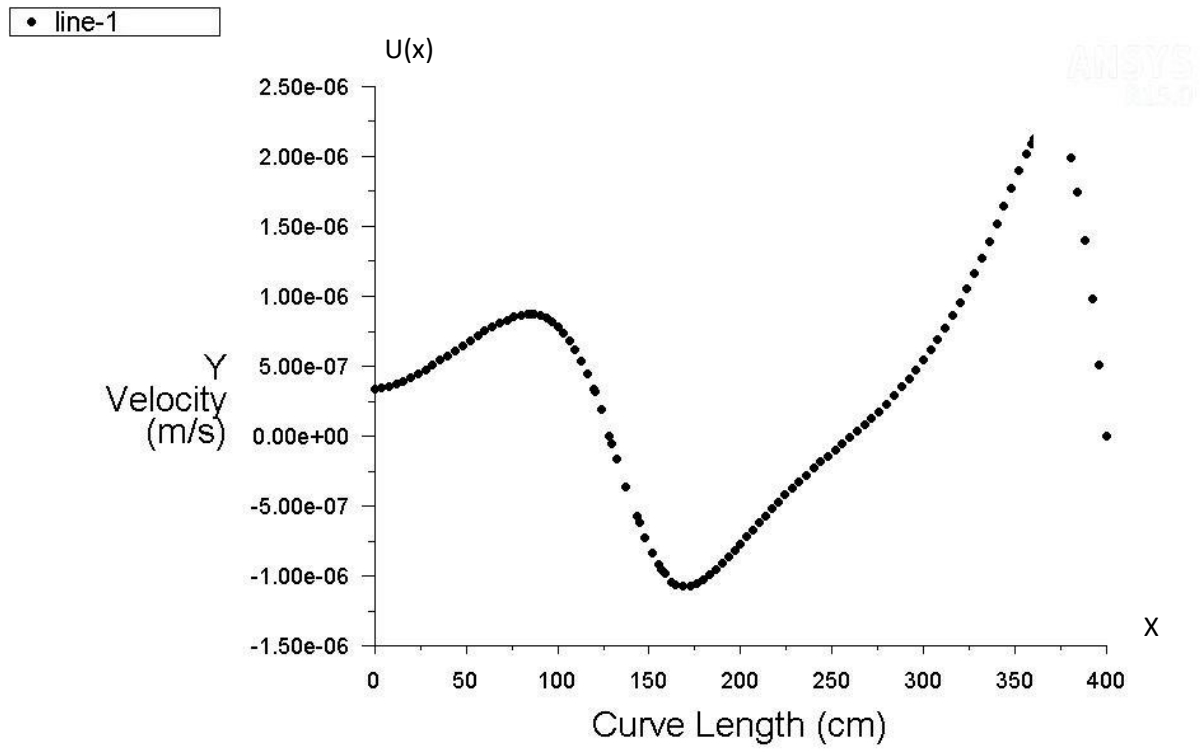


Figure III. 10 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly1

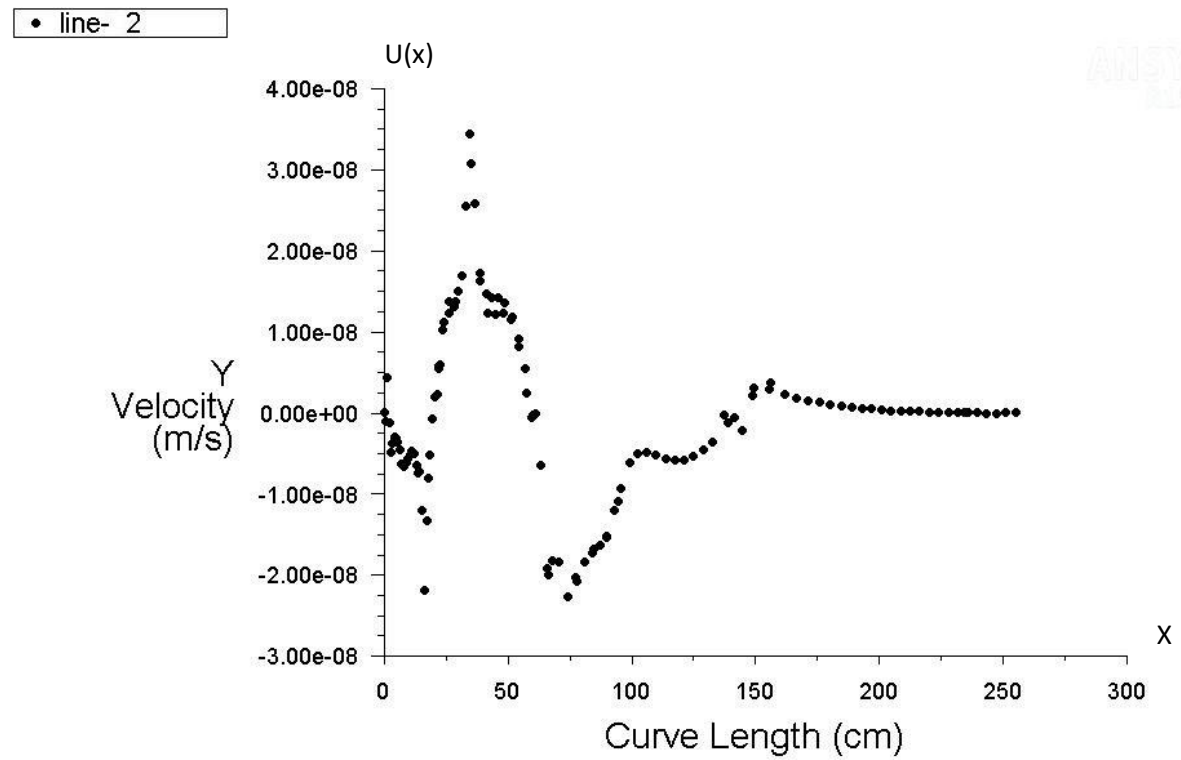


Figure III. 11 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly2

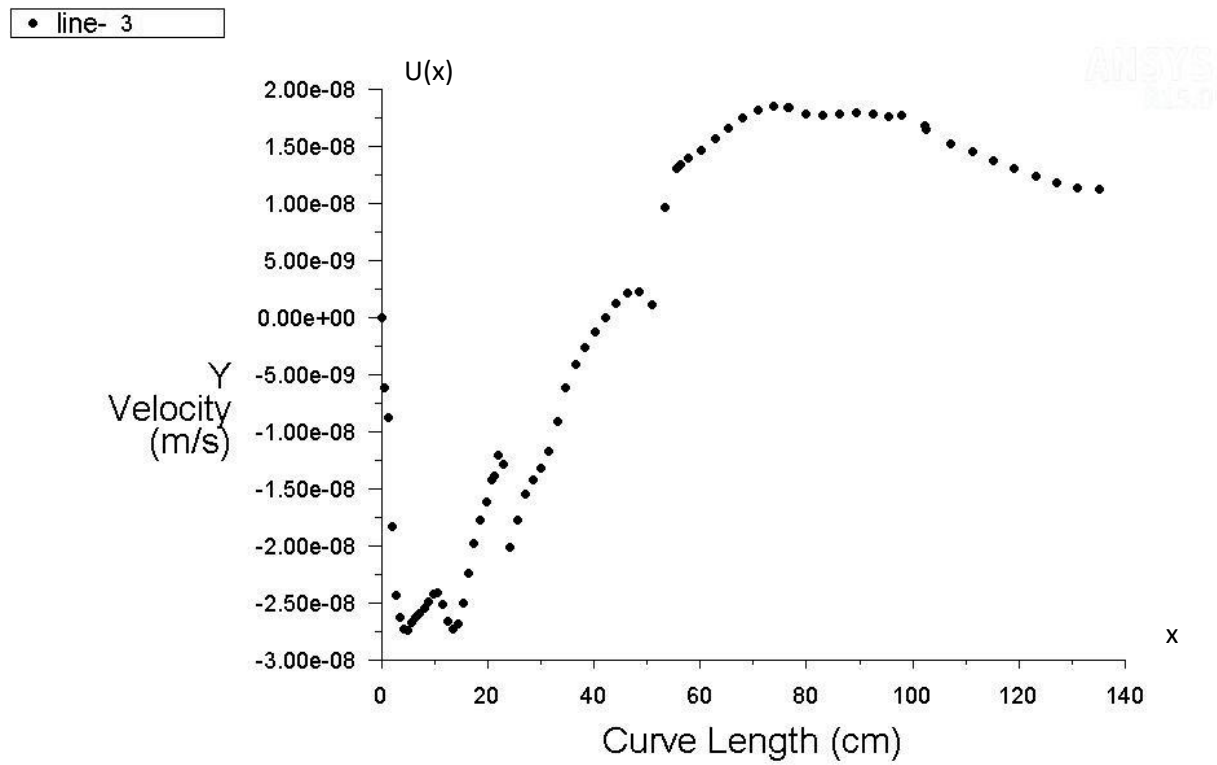


Figure III. 12 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly3

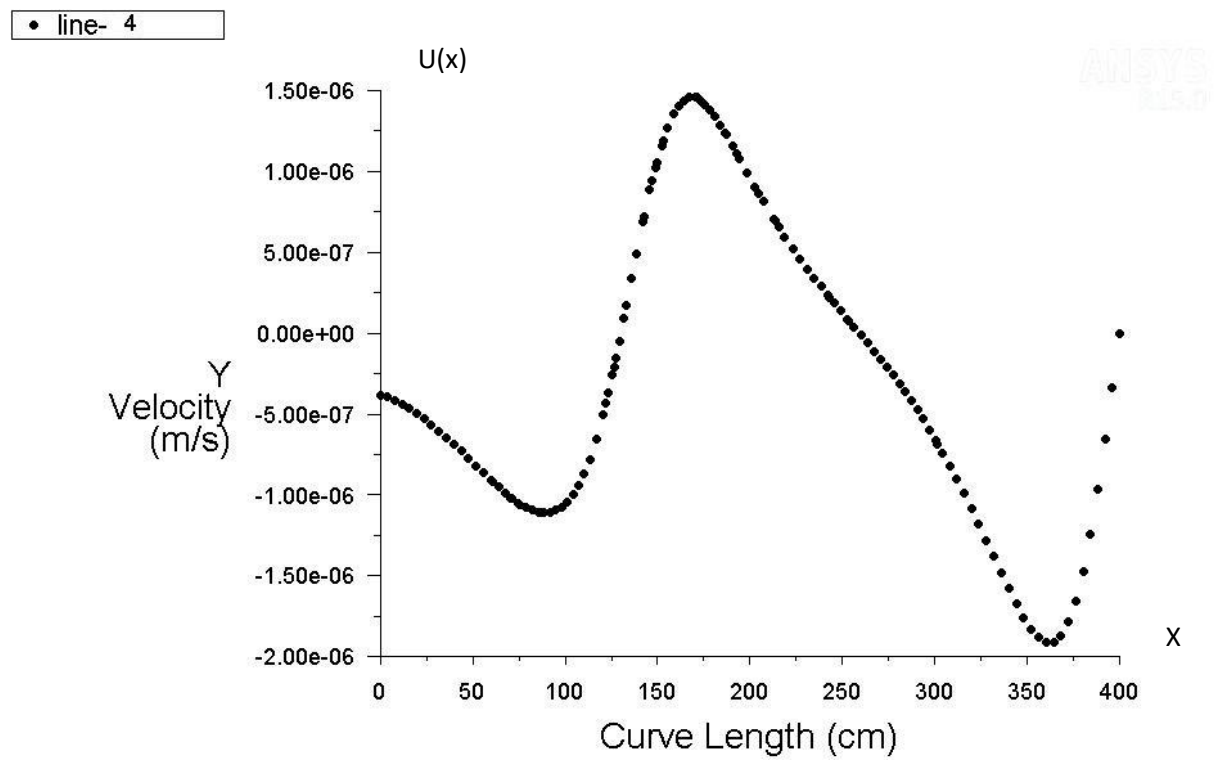


Figure III. 13 : Courbe de la vitesse à la ligne Ly4

Commentaire

A l'entrée $V_y(x)=0$ car l'écoulement est unidirectionnel selon X, avec la symétrie de profil de la vitesse sous et au dessus du cylindre augmente négativement avant le cylindre. Contrairement après où il y'a une accélération de l'écoulement comme indique dans les (figure III.10/ III.13). Et au niveau du l'axe centrale du canal la vitesse V_y est particulièrement nul voir la (figure III.11/III.12).

III.2.3.Champ de Pression :

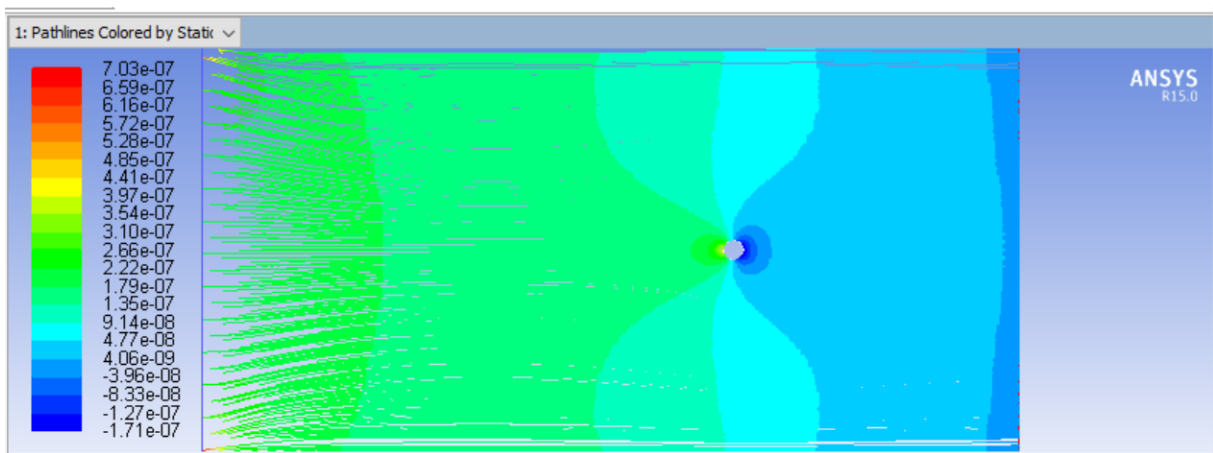


Figure III. 14 : Champ de pression dans le canal

III.2.4. Courbe de Pression :

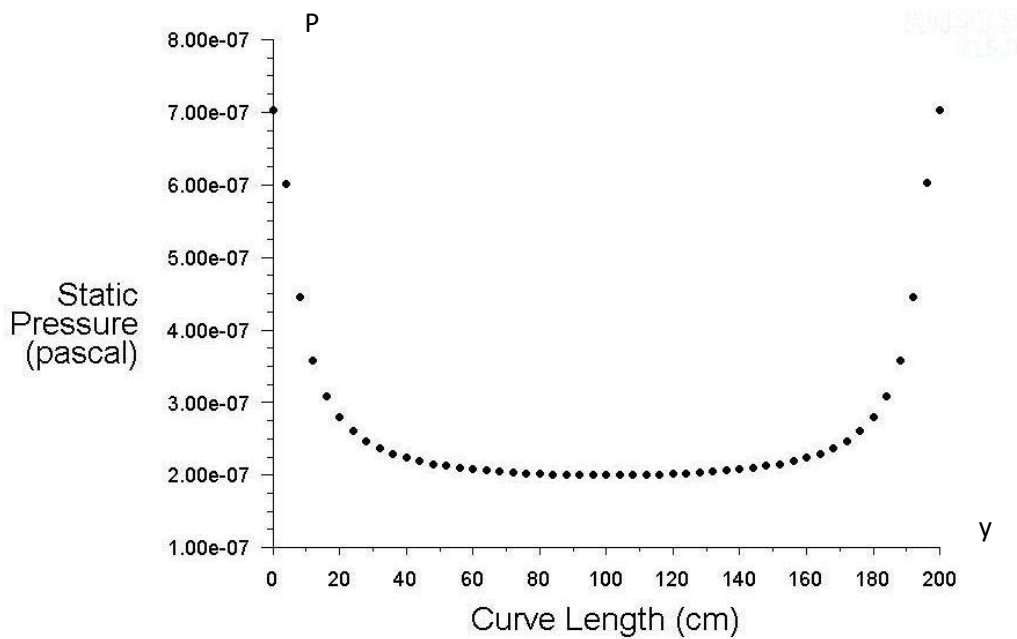


Figure III. 15 : Courbe de pression à l'entrée

• line- 5

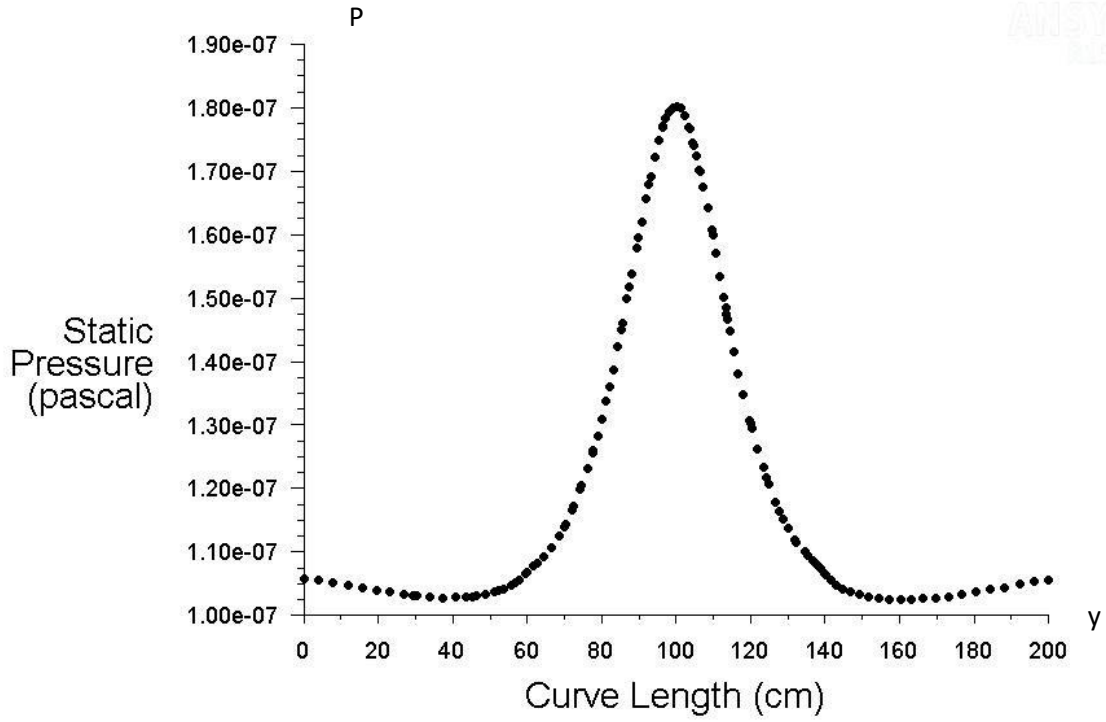


Figure III. 16 : courbe de pression à la ligne Lx5

• line- 6

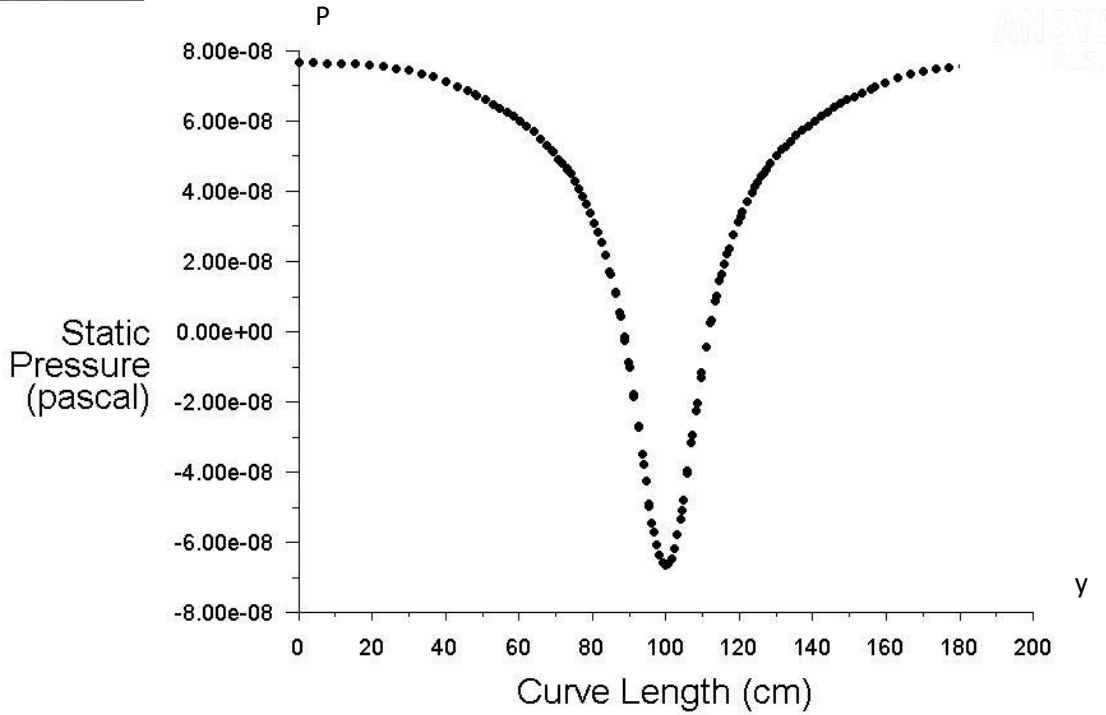


Figure III. 17 : courbe de pression à la ligne Lx6

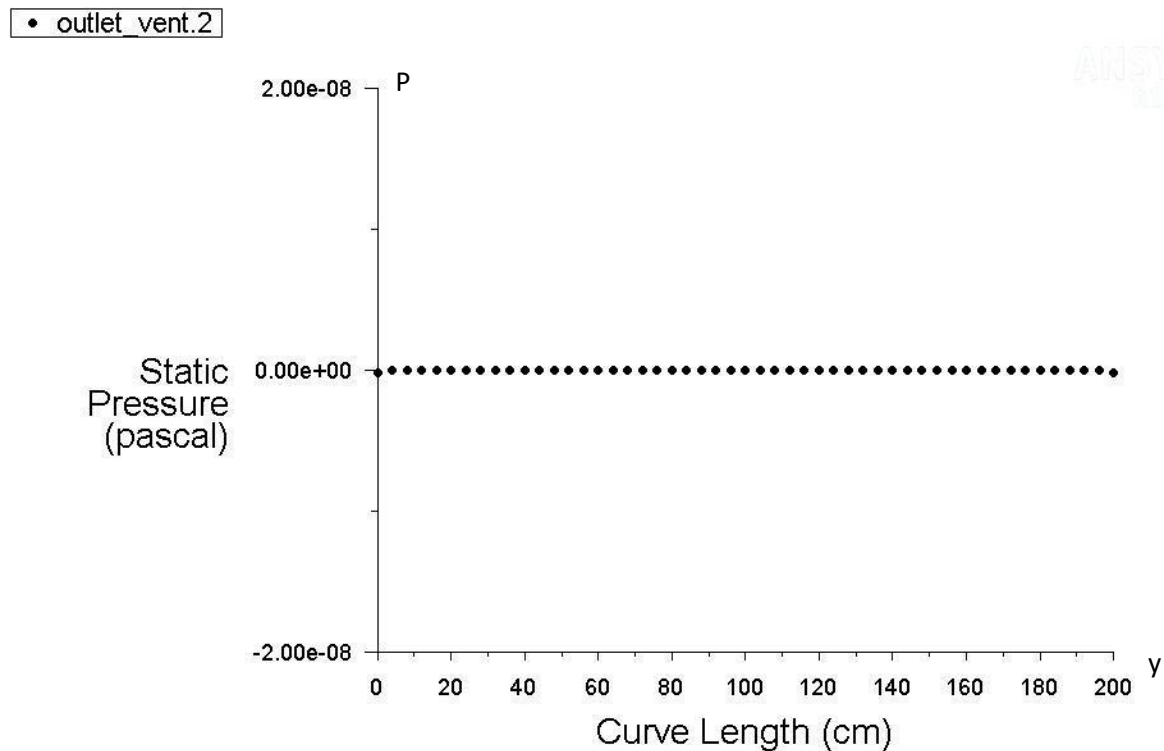


Figure III. 18 : courbe de pression à la sortie

Commentaire

Le champ de pression montre des valeurs très faibles presque nulles ce qui indique que les variations de pression dans ce type d'écoulement sont pratiquement négligeables. Même si les courbes montrent des variations relatives qui concordent avec la configuration de l'écoulement. En effet, la pression est maximale juste avant le cylindre $P_{\max} = 1.814686 \times 10^{-7}$ Pa et ($V_x=0$) comme indique dans la (figure III.17). Contrairement après le cylindre la pression diminue jusqu'à des valeurs négatives, avec $P_{\min} = -6.268417 \times 10^{-8}$ Pa et ($V_{\max} = 1.27 \times 10^{-5}$) elle augmente progressivement jusqu'à elle soit nulle à la sortie comme montrée dans la (figure III.18). On note que pour notre cas la variation de pression est nul en raison des valeurs estimées (10^{-7} , 10^{-8} Pa) donc la pression est constante pour tout le canal.

III.2.5. Contrainte visqueuse dans le canal

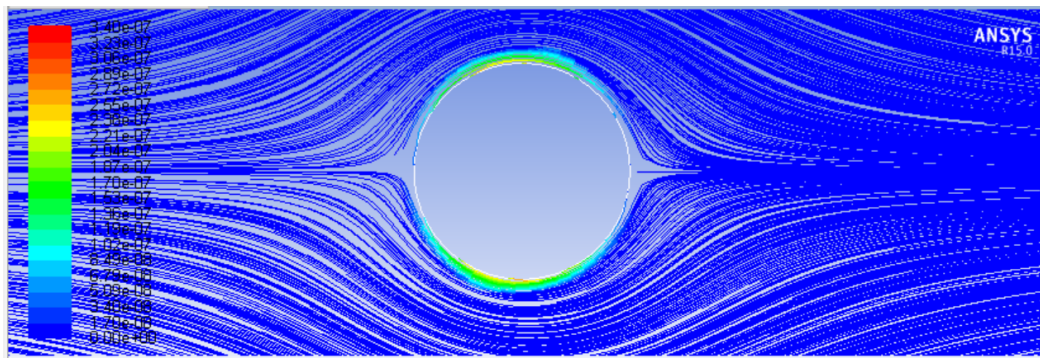


Figure III. 19 : Distribution de la contrainte visqueuse dans le canal

III.2.6. Contrainte visqueuse autour du cylindre

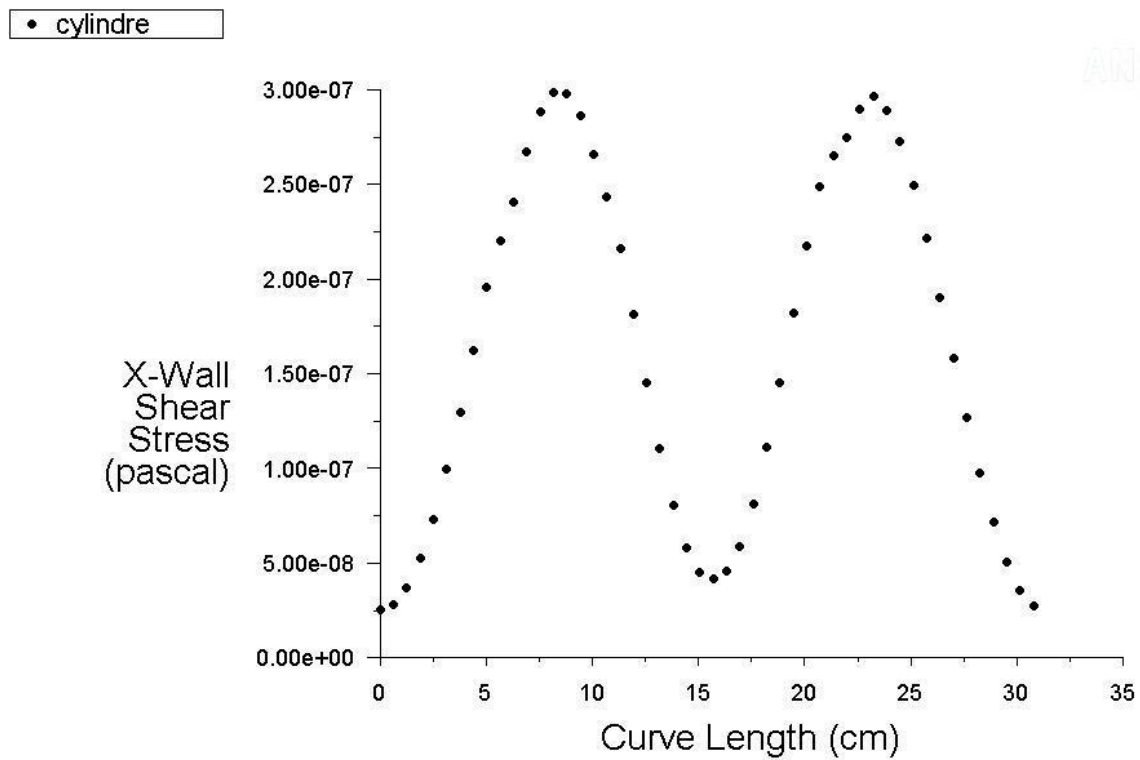


Figure III. 20 : Courbes contraintes autour du cylindre selon la composante (x)

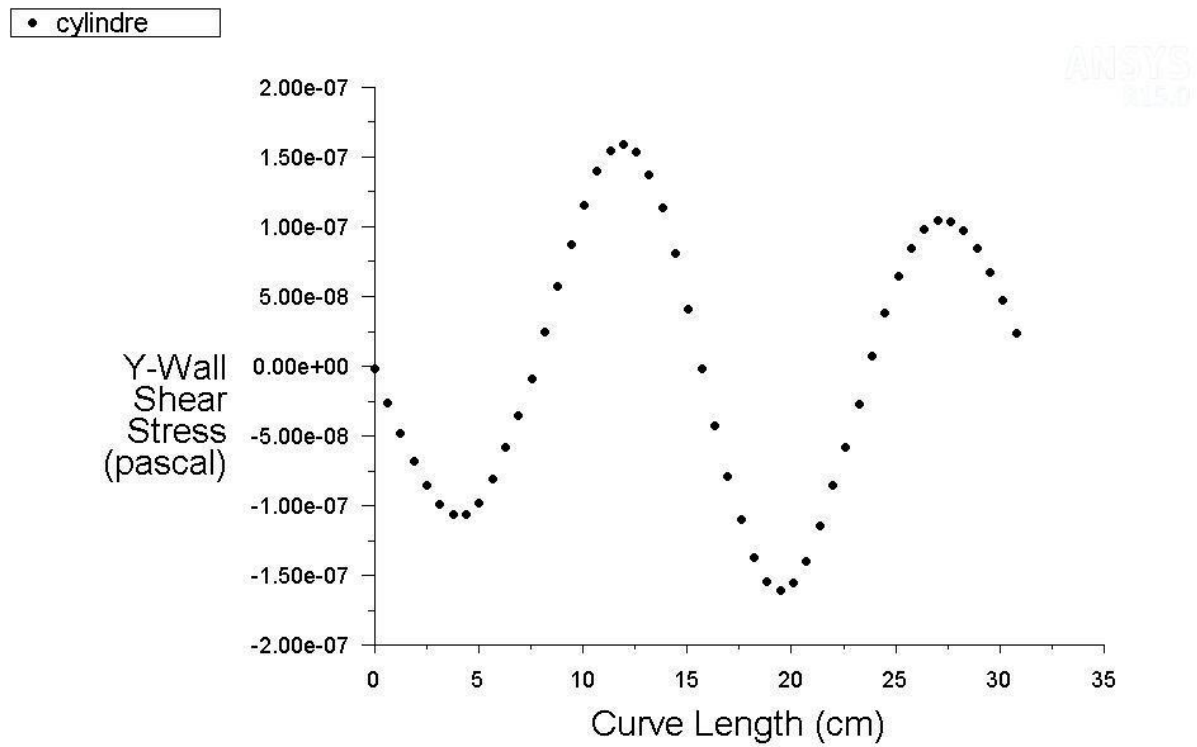


Figure III. 21 : Courbes contraintes autour du cylindre selon la composante (y)

Commentaire

La contrainte varie le long du périmètre du cylindre. On constate valeurs maximale à la partie supérieure et inférieure du cylindre, qui correspond un v_x est maximale. Deux valeurs minimale aux cotés latéraux correspond v_x est minimale. (Figure III.20).

III.3. Cas de cylindre en rotation

III.3.1. Courbe de vitesse selon l'axe x

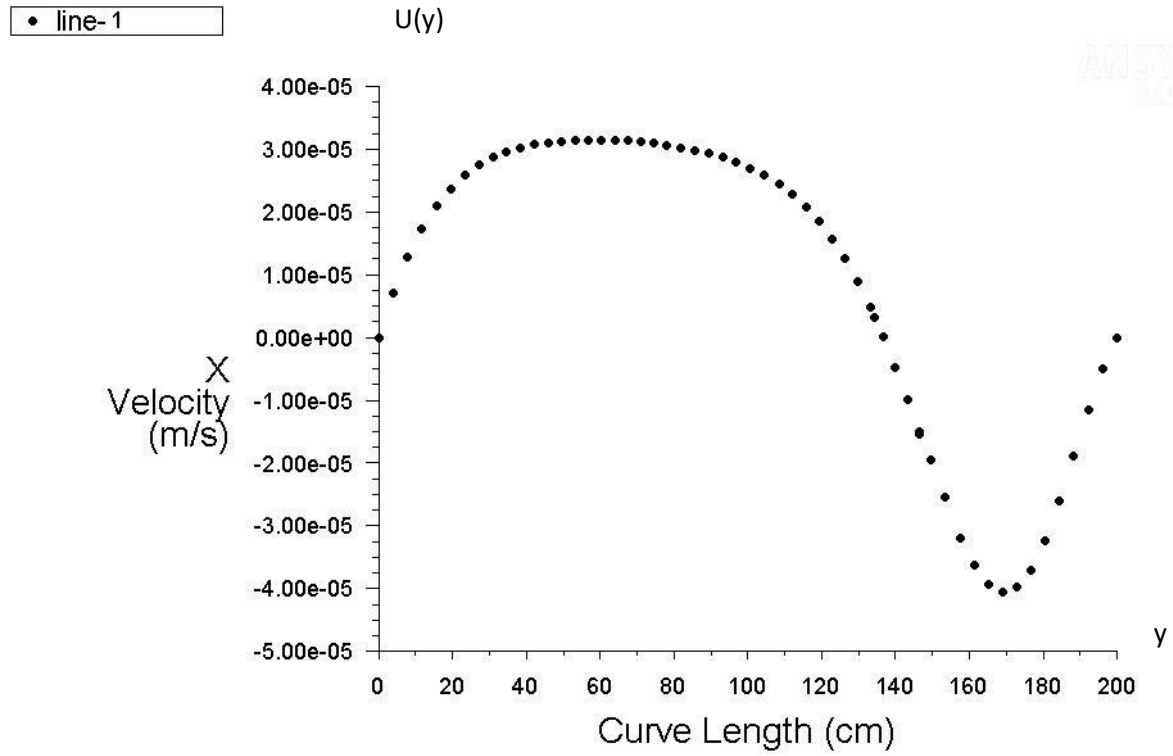


Figure III. 22 : courbe de vitesse à la ligne Lx1

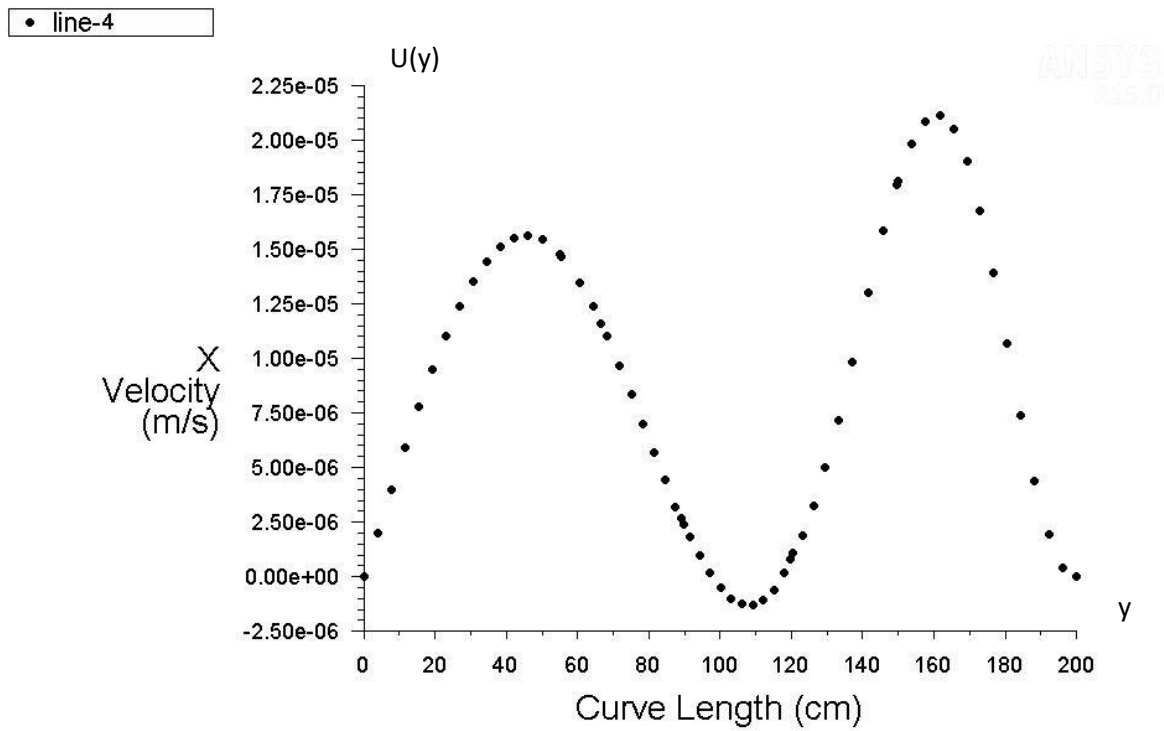


Figure III. 23 : courbe de vitesse à la ligne Lx4

III.3.2.Courbe de vitesse selon l'axe Y

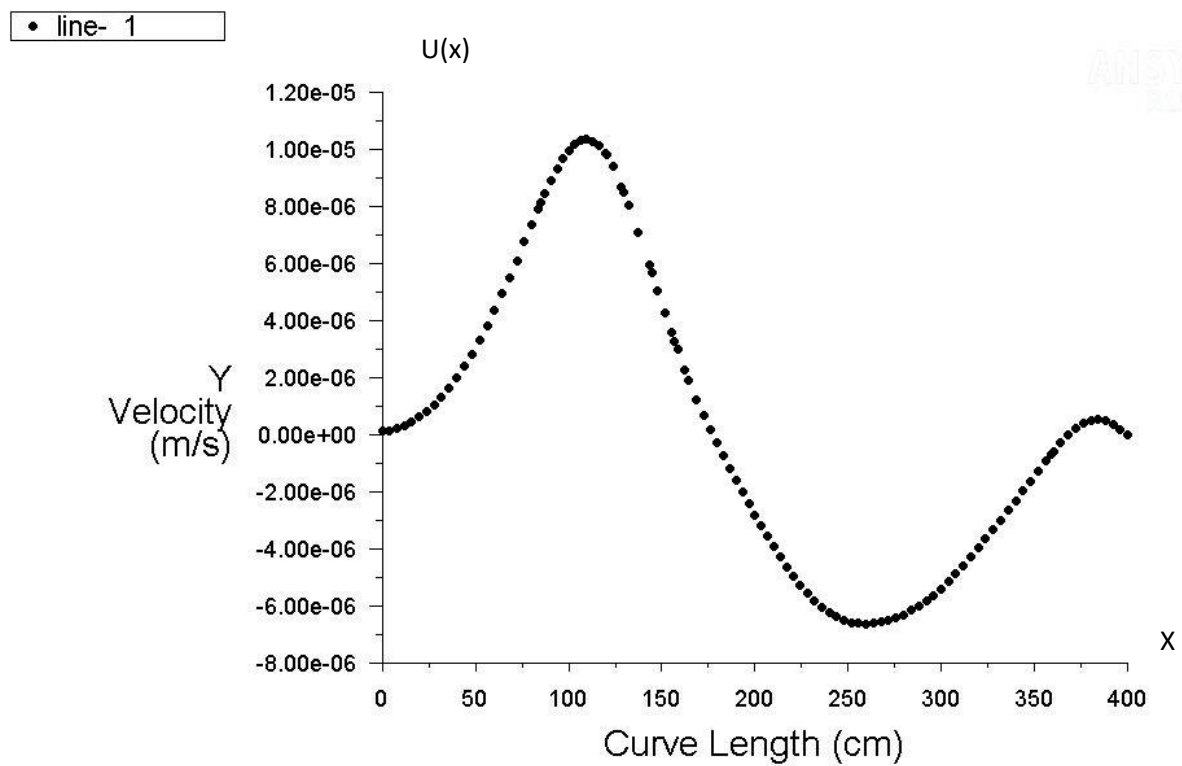


Figure III. 24 : courbe de vitesse à la ligne LY1

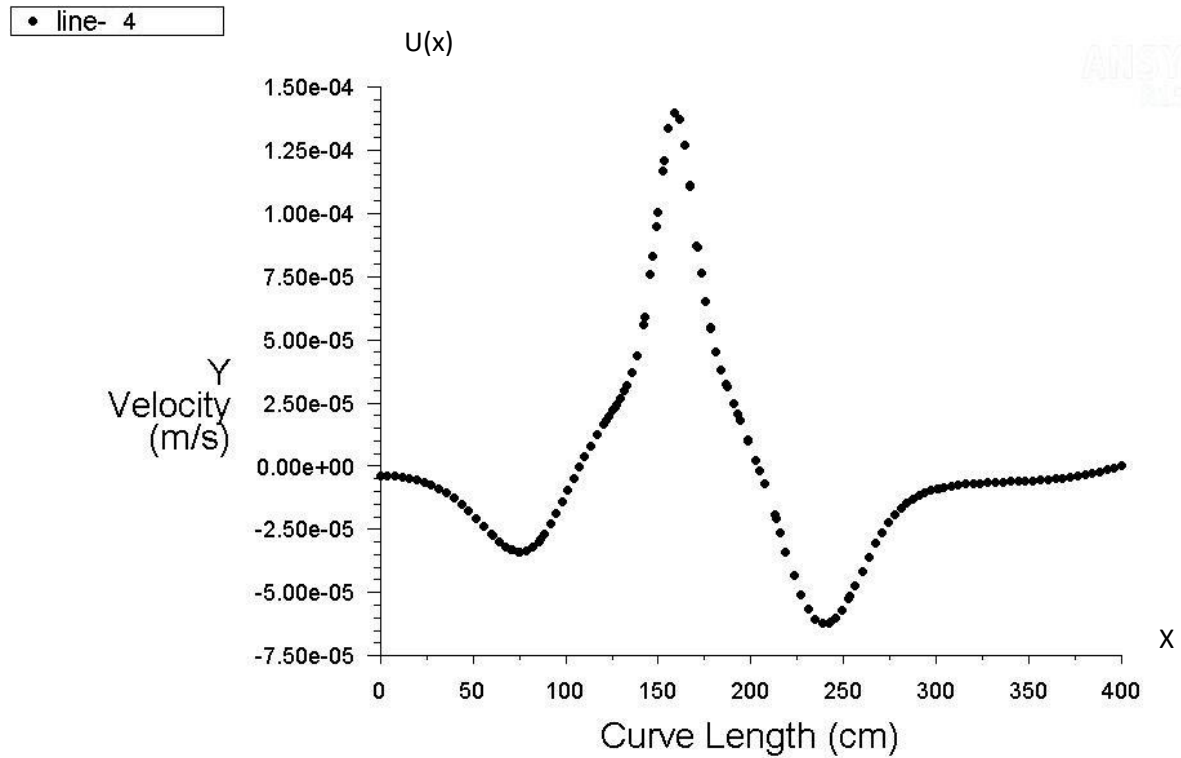


Figure III. 25 : courbe de vitesse à la ligne LY4

Commentaire

En présence d'un écoulement entrant dans un canal par la gauche qui va rencontrer un obstacle cylindrique en rotation dans le sens antihoraire, la vitesse serait plus élevée à la partie inférieur du cylindre des valeurs négatives V_x sont observée en haut juste avant le cylindre (figure III.22)

III.3.3. Courbes pression

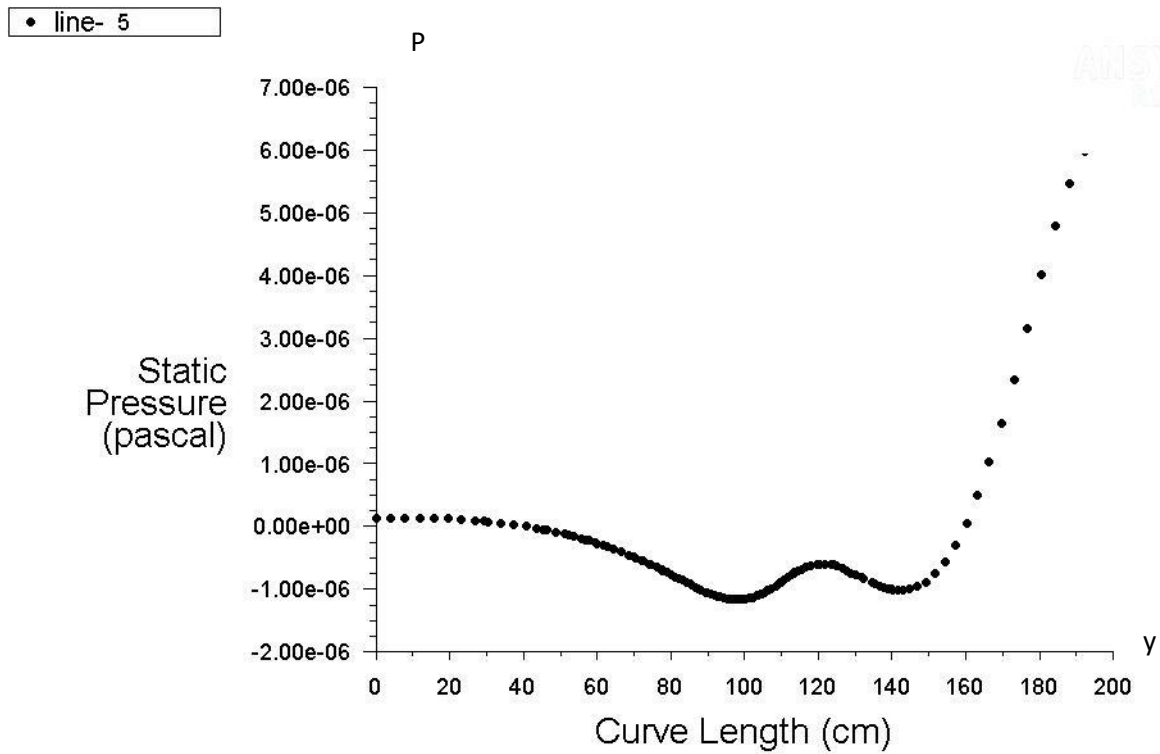


Figure III. 26 : courbe de pression a la ligne Lx5

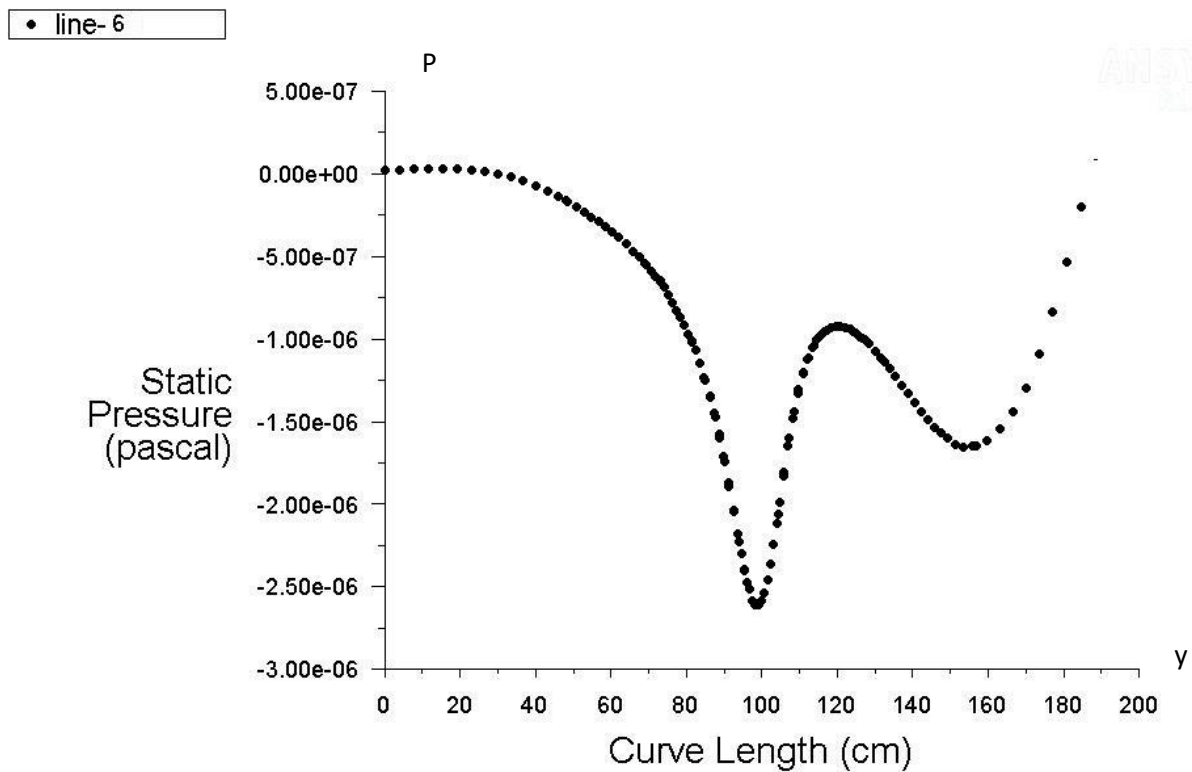


Figure III. 27 : courbe de pression à la ligne Lx6

Commentaire

Les variations de pression restent toujours négligeables comme dans le cas précédent. La perturbation de la pression est due à la rotation du cylindre avec des zones de pression plus élevées dans la région où l'écoulement est ralenti par la rotation de cylindre car l'écoulement est opposé. Des zones de pression moins élevées après le cylindre provoquées par l'accélération de l'écoulement. (figureIII27/28).

III.3.4. Courbes contraintes :

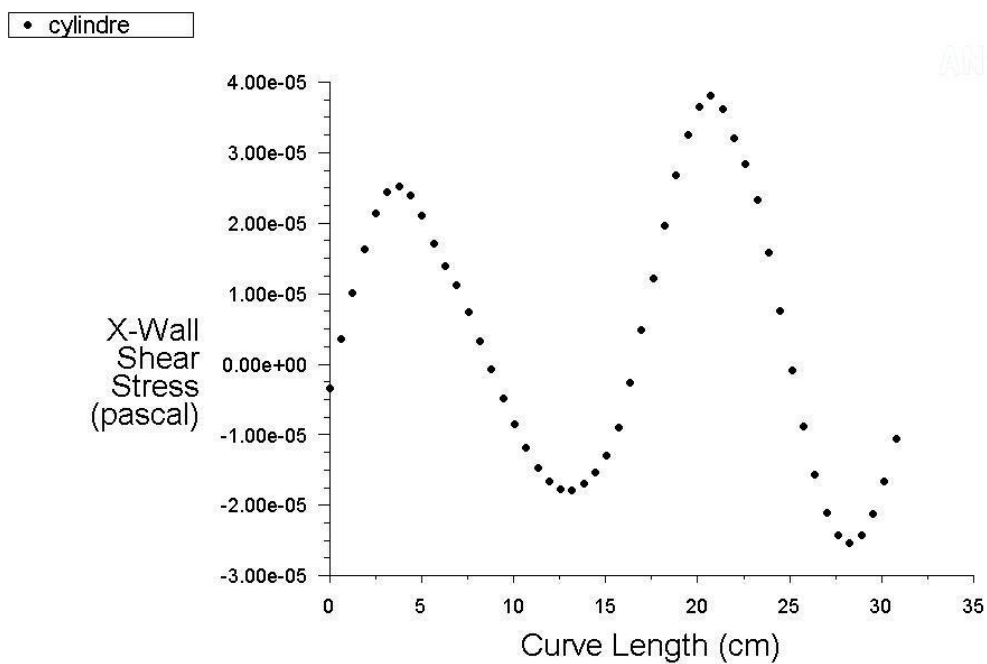


Figure III. 28 : Courbes autour du cylindre selon la composante(x)

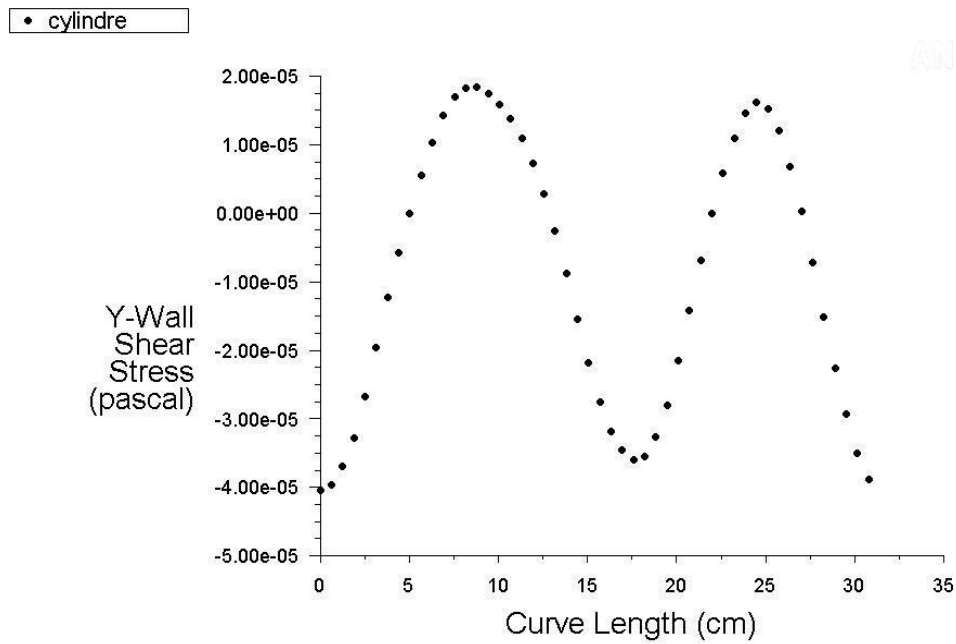


Figure III. 29 : Courbes autour du cylindre selon la composante(y)

Commentaire

On remarque dans la première partie la contrainte sont plus élevée en bas que en haut par influence de l'accélération de l'écoulement du a la rotation, comme le montre la (figure III.28).

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but de cette étude était de réaliser une simulation numérique d'un écoulement visqueux incompressible autour d'un cylindre fixe et en rotation en régime de stokes dans un canal rectangulaire. L'étude du problème du cylindre fixe, dans le cas stationnaire et bidimensionnel, nous a permis de faire une validation du maillage utilisé et de comparer les résultats numériques obtenus avec la résolution analytique des équations de Navier- Stokes, loin et proche du cylindre.

La résolution numérique du problème posé a conduit à l'obtention des profils de vitesse, de pression et de contrainte. En effet, le logiciel utilisé nous a permis de mettre en évidence les phénomènes hydrodynamiques et d'analyser l'évolution des écoulements à faible nombre de Reynolds. Les observations relevées sont les suivantes :

- Dans la zone de séparation en amont du cylindre, une diminution de la vitesse du fluide a été observée à mesure qu'il se rapprochait du cylindre, notamment dans la partie centrale du canal, créant une zone de hautes pressions. Cette zone de séparation peut être influencée par des facteurs tels que la vitesse d'approche du fluide et le rapport entre le diamètre du cylindre et la largeur du canal.
- Dans la zone en aval du cylindre, il est constaté des zones de vitesse plus élevée, tandis qu'une zone de basse pression a été observée au centre de cette zone.
- Près de la paroi inférieure et supérieure du cylindre, une zone de contrainte élevée peut se former en raison de forts gradients de vitesse de l'écoulement. En effet, la vitesse du fluide diminue considérablement à mesure que le fluide se déplace proche du cylindre, ce qui peut entraîner des gradients de vitesse élevés et des contraintes de cisaillement importantes sur la paroi.

L'étude de l'écoulement autour du cylindre en rotation nous a permis d'analyser l'effet de la vitesse de rotation du cylindre qui est considérée équivalente à celle de l'écoulement. L'analyse des résultats met en évidence des modifications importantes: l'écoulement inverse crée une région de faible vitesse avant le cylindre. A l'avant du cylindre la vitesse augmente en raison de l'effet d'entraînement généré par la rotation. La pression atteint un minimum dans la zone de recirculation après le cylindre en raison de l'accélération de l'écoulement

Il sera intéressant d'examiner comme perspective l'influence de la nature non newtonienne du fluide Les fluides non newtoniens peuvent présenter une large gamme de comportements rhéologiques tels que la viscosité dépendant de la contrainte , les variations de vitesse et de pression et de contrainte nécessite l'utilisation des modèles rhéologiques et des méthodes de caractérisation expérimentales appropriées, bien que le fluide newtonien et non newtonien

diffèrent dans leurs comportement viscosité –déformation ,ils partagent les mêmes principes généraux de la mécanique des fluides.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] CONNOR, N. Qué es el número de Reynolds. Thermal Engineering. <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-numero-de-reynoldsdefinicion>, 2020
- [2] White Frank M., Fluid Mechanics, McGraw-Hill Education, 7e édition, février 2010, ISBN: 978-0077422417
- [3] Kim, S., & Karrila, S. J. (2013). Microhydrodynamics: Principles and Selected Applications. Dover Publications.
- [4] P.-Y. Lagr´ee. Small Re flows, $\varepsilon = Re \ll 1$. CNRS & SU (UPMC Univ Paris 06), UMR 7190, Institut Jean Le Rond d`Alembert, Boite 162, F-75005 Paris, France, 2019.
- [5] S. Datta et S. Singhal, Small Reynolds Number Steady Flow Past a Sphere with a Source at its Centre, vol. 6, no 1, 2011, pp. 201 – 210.
- [7] Dhouaib M.S., Aloui F., Turki S. et Ben Nasrallah S., Etude expérimentale et numérique des écoulements instationnaires derrière un barreau carré placé dans un milieu confiné, 1ère Conférence Internationale sur La Conversion et La maîtrise de L'Energie, CICME'08, 11-13, Avril 2008, Sousse -Tunisie.
- [8] N. Roquet, P. Saramito. An adaptive finiteelementmethod for Binghamfluidflowsaround a cylinder. Comput. MethodsAppl. Mech. Engrg. VOL192 PP3317–3341.2003
- [9] Damien .Calluaud, Laurent David, Sébastien Rouvreau, PierreJoulain, « Ecoulement laminaire autour d'un cylindre carré .comparaison calcul experience. », Nancy, 3-7 Septembre 2001
- [10] M. Huptas et W. Elsner (2008), “Steady and unsteady simulation of flow structure of two surface-mounted square obstacles”, TASK QUARTERLY 12 No 3, 197-207
- [11] Gera.B, PavanK.Sharma, Singh R.K, « CFD analysis of 2D unsteady flow around a square cylinder », Intrenanational Journal of Applied Engineering Research , DINDIGUL, Volume1, N 3, 2010

- [12] Stephane Mossaz (2011), « Etudes expérimentales et numériques des écoulements inertiels de fluides à seuil autour d'un cylindre », Thèse université Grenoble Alpes, France, 2011
- [13] S.Bensedira, A.Abdellah El Hadj Et D.Semmar, (étude dynamique de l'écoulement autour d'un cylindre placé proche d'une paroi), Third International Conference on Energy ,Materials, AppliedEnergetics and Pollution, ICEMAEP2016, October 30-31, 2016, Constantine, Algeria.
- [14] S. Mossaz, Etudes expérimentales et numériques des écoulements inertiels de fluides à seuil autour d'un cylindre, Thèse de l'Université de Grenoble (2011)
- [15] E. Mitsoulis, On Creeping drag flow of viscoplasticfluidpastacircularcylinder: walleffects, chemical Engineering Science 59 (2004)
- [16] R.P. Chhabra, J. Chakraborty, N. Verma, Wall effect in flow past a circularcylinder in a plane channel: numericalstudy, Chemical Engineering andprocessing 43 (2004)
- [17] S. Mossaz, P. Jay, A. Magnin, Criteria for the appearance of recirculating and non-stationaryregimebehindacylinder in viscolaspticfluid, J. Non-NewtonianFluid Mech.165 (2010)

Résumé

Dans ce mémoire, nous avons mené une étude numérique bidimensionnelle de l'écoulement de Stokes autour d'un obstacle cylindrique. Nous avons examiné l'influence de la rotation du cylindre appliqué. Nous avons étudié de près le comportement de l'écoulement autour du cylindre cas fixe en analysant les paramètres physiques globaux la vitesse et la pression et la contrainte de cisaillement. Les résultats de notre simulation numérique trouver sont approuvées avec la solution analytique des équations de Navier-Stokes résolu pour notre cas étudiée. Ensuite on a comparé l'influence du direction de la rotation sur les paramètres physiques par rapport à celle du cas fixe.

Abstract

In this memory, we carried out a two-dimensional numerical study of Stokes flow around a cylindrical obstacle. We examined the influence of the rotation of the applied cylinder. The results of our numerical simulation were found to agree with the analytical solution of the Navier-Stokes equations solved for our case. The influence of the direction of rotation on the physical parameters was then compared with that of the fixed case.