

III.1. Introduction

La comparaison porte sur la pression obtenue dans l'hypothèse des films minces traduite par l'équation de Reynolds (résultats d'un article de référence [26] et celle obtenue par la résolution des équations de Navier-Stokes complétées par la méthode des volumes finis en utilisant plusieurs modèles de fermeture. Le problème étudié est celui d'une butée hydrodynamique. La butée hydrodynamique supporte un rotor entièrement submergé dans l'eau, ce qui est traduit par une pression relative nulle qui règne sur toutes les ouvertures de la butée. La force qui supporte le rotor est générée par la rotation de ce dernier. C'est le champ de pression créé par l'écoulement de Couette qui génère cette force de portance.

En absence de rotation, l'arbre se trouve en contact avec la butée. Cette phase transitoire de démarrage n'est pas considérée dans le modèle étudié.

La modélisation est faite sous l'hypothèse du régime permanent turbulent. Le logiciel utilisé est Ansys-CFX, il est basé sur la méthode des volumes finis.

III.2. Description du problème étudié

La modélisation adoptée dans cette étude est faite par simulation 3D basée sur la résolution des équations de Navier-Stokes complétées. Vu la symétrie axiale de la butée, seulement une seule partie élémentaire est étudiée. Pour pouvoir comparer nos résultats 3D avec ceux de l'article de référence nous allons adopter les mêmes simplifications : la plus importante est celle qui élimine la courbure de la géométrie élémentaire (**Figure III.2**).

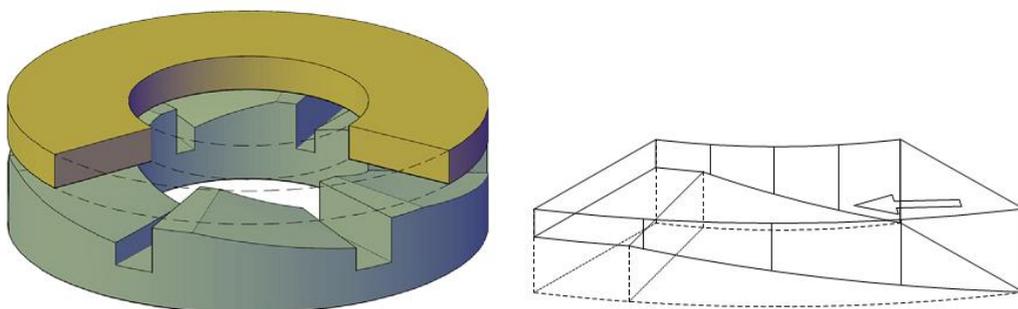


Figure III.1 : Géométrie du problème étudié

III.2.1. Présentation géométrique de la conduite

La géométrie se simplifie en une conduite à surface inférieure inclinée et un rétrécissement transversal.

Les dimensions sont données comme suit : longueur $L=100$ mm, inclinaison = 20%, largeur $A=52.5$ mm, épaisseur du film mince max $h_{\max}=0.15$ et min $h_{\min}=0.05$ mm et en fin $C=1$ mm.

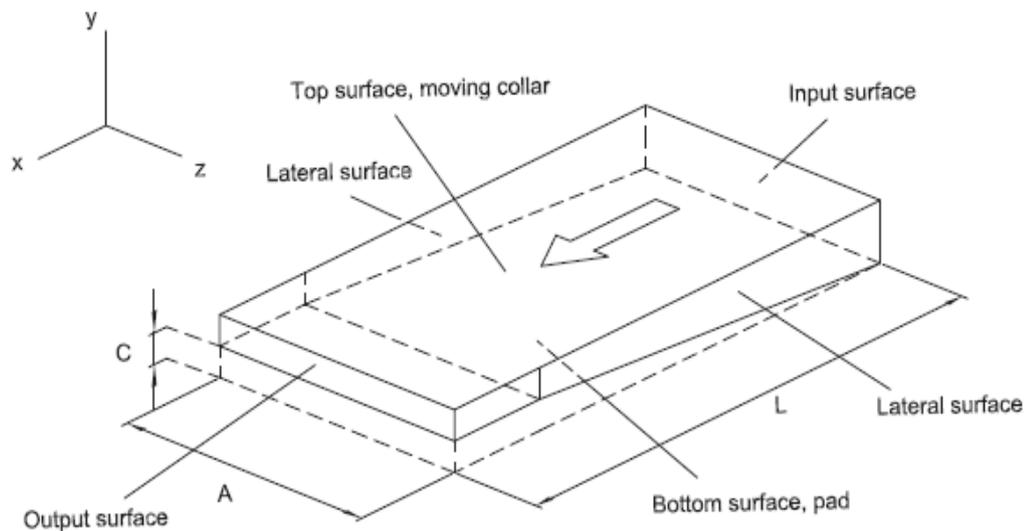


Figure III.2 : Présentation détaillée de la géométrie droite (sans courbure) [26]

Le fluide (eau) s'écoule vers le rétrécissement sous l'effet du glissement de la face supérieure de droite à gauche à une vitesse de 25m/s.

III.2.2. Les hypothèses

L'étude se fait en adoptant les hypothèses suivantes :

- Le fluide (eau) est Newtonien
- Le fluide est incompressible
- La viscosité du fluide ainsi que sa densité sont constantes
- L'écoulement est isothermique
- Les parois sont parfaitement rigides
- Le régime est établi (régime permanent) et l'arbre se trouve initialement séparé de la butée

III.2.3. Présentation maillage de la conduite

La réalisation des maillages est en général l'étape la plus longue en temps de travail humain dans les simulations numériques de l'ingénieur. Elle est plus de plus importantes afin d'obtenir des bons résultats, il faut donc concevoir des maillages propres qui capable de balayer tous les phénomènes physiques que l'on cherche à observer.

Notre travaille se base sur le logiciel Mailleur Ansys pour la conception des maillages, Ce travaille aborde 2 grandes étapes :

*La conception des maillages hexaédriques.

1. le premier a petite nombre des éléments (520.000)

Statistics	
Nodes	2168631
Elements	520000
Mesh Metric	Element Quality
Min	8.36212734648944E-04
Max	3.29077181452958E-02
Average	1.15463455058104E-02
Standard Deviation	7.98450032276316E-03

Tableau III.1 : Statistique de maillage (premier cas)

2. le deuxième a grande nombre des éléments (3.465.000)

Statistics	
Nodes	14168681
Elements	3456000
Mesh Metric	Skewness
Min	1.30700017767166E-10
Max	7.95831628450513E-04
Average	3.38893194174517E-04
Standard Deviation	2.55496415544182E-04

Tableau III.2 : statistique de maillage (deuxième cas)

Le maillage adopté est un maillage structuré à élément hexa. La densité du maillage est augmentée proche des parois pour bien capter les effets visqueux.

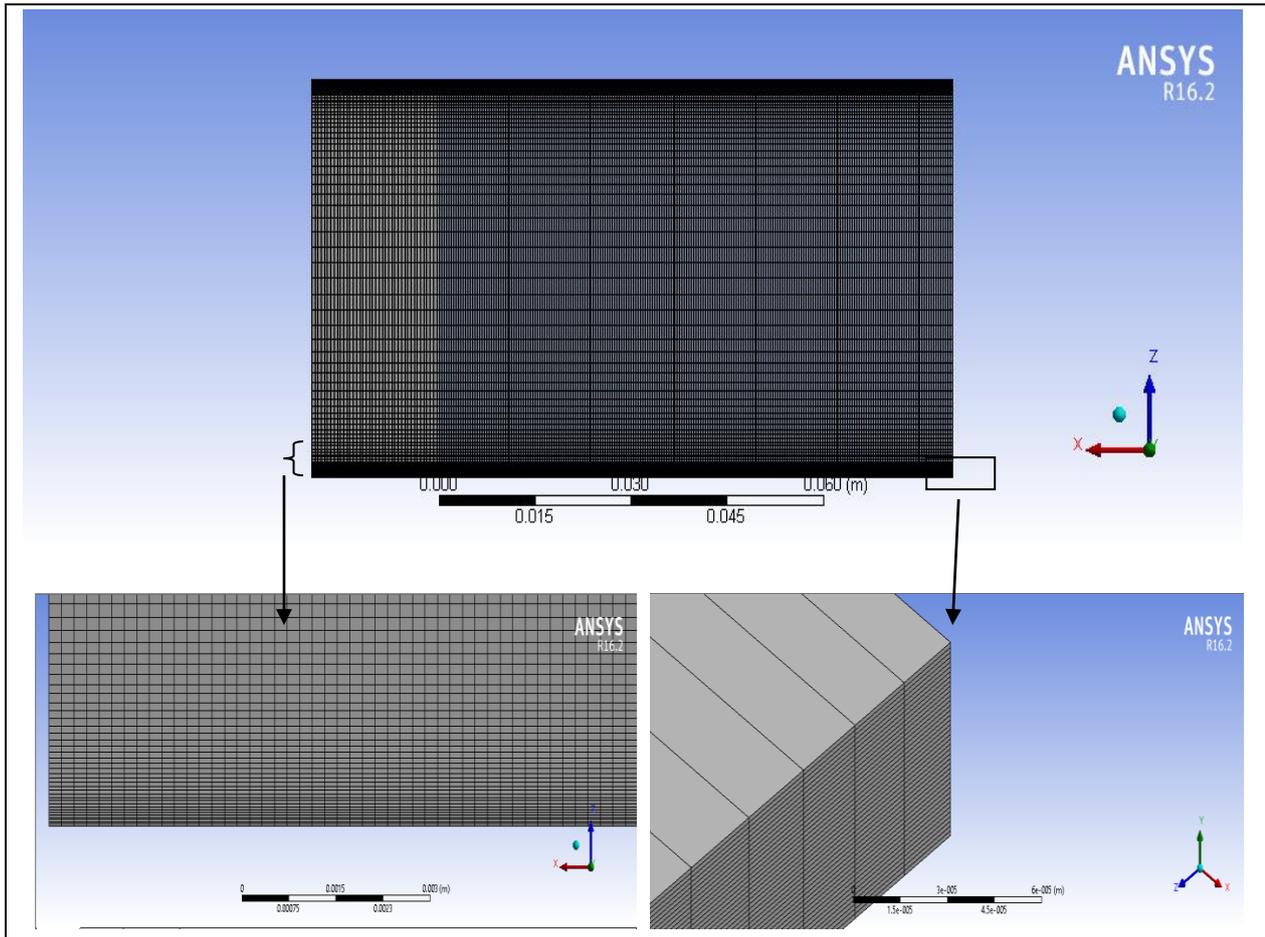


Figure.III.3 : Représentation du maillage de la conduite

III.2.4. Les conditions aux limites

La paroi inférieure est au repos, ceci est traduit par une condition Mur sans mouvement. De même pour la surface supérieure sauf qu'elle est animée par une vitesse de 25m/s. Le reste des surfaces sont des ouvertures à la pression relative nulle.

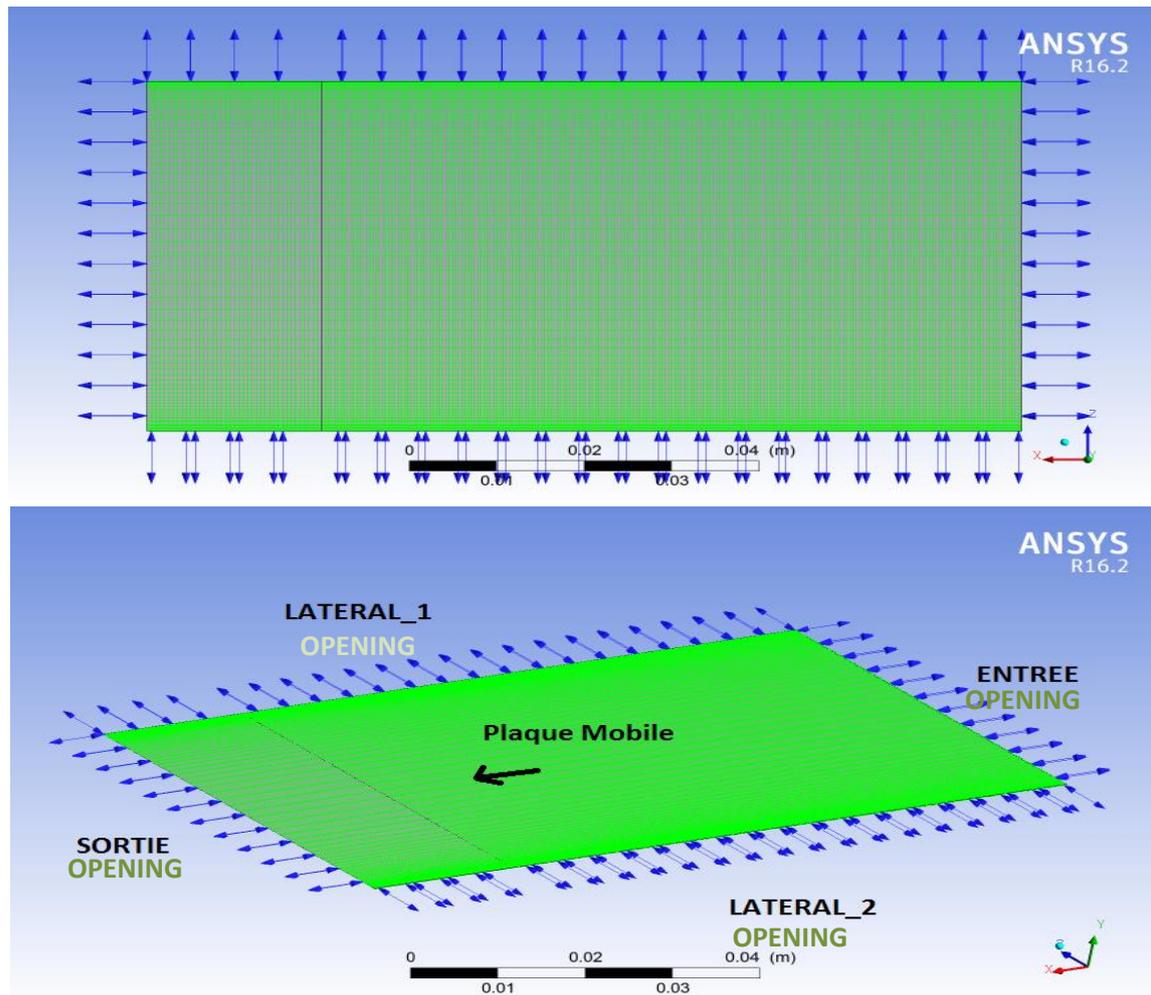


Fig.III.4 : Les conditions aux limites

III.3 Critère de convergence

Le code Ansys-CFX cessera les itérations dès lors que tous les résidus calculés soient sous la valeur du critère de convergence entrée par l'utilisateur. Cette valeur est à fixer selon le degré de précision désiré de la solution approchée par le code de calcul. La figure (III.5) montre la convergence des résidus vers la valeur fixée, soit pour notre cas 10^{-5} .

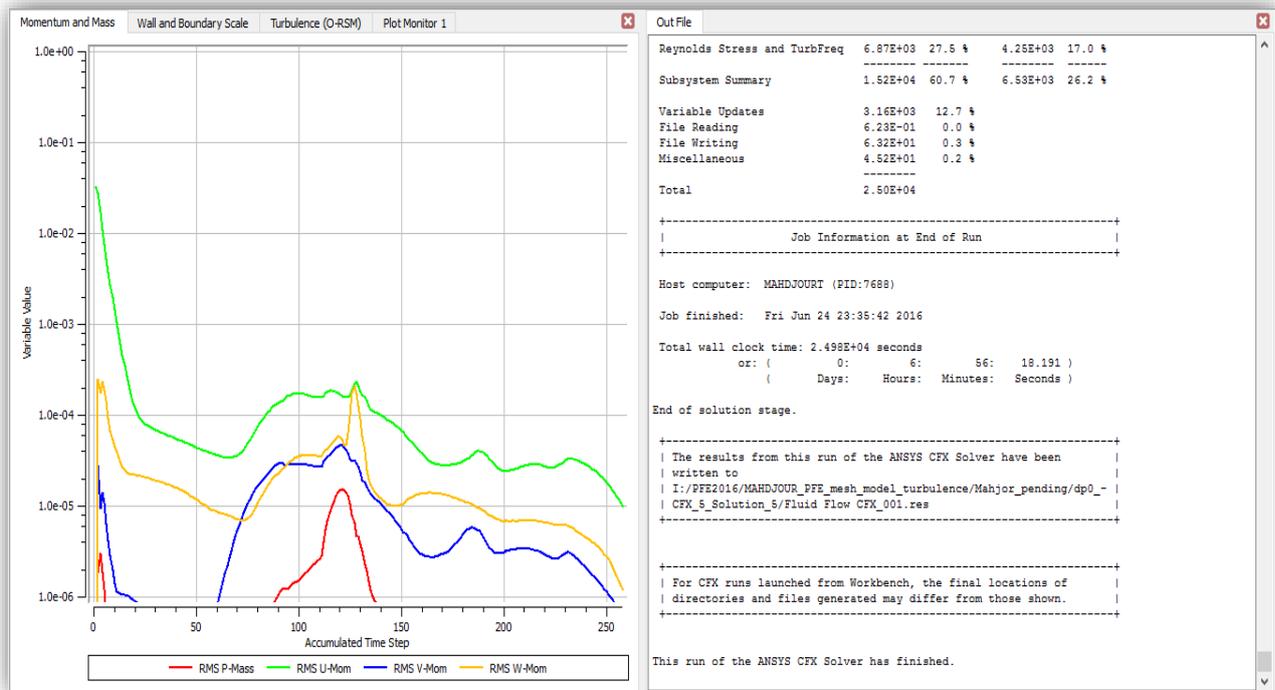


Figure III.5 : Vérification de la convergence

III.4 Résultats et discussions

La comparaison des résultats obtenus par la formulation de Reynolds avec ceux obtenus avec la résolution des équations de Navier-Stokes est faite sur la base de trois paramètres :

- Le profil de vitesse le long de l'épaisseur du film mince
- Le profil de la pression le long de la direction du mouvement
- Et contour de champ de pression dans le plan milieu parallèle au film mince

Les trois paramètres du résultat de référence obtenu par la résolution de l'équation des films minces 2D (l'équation de Reynolds) sont présentés sur les figures (III.6), (III.7) et (III.8) .

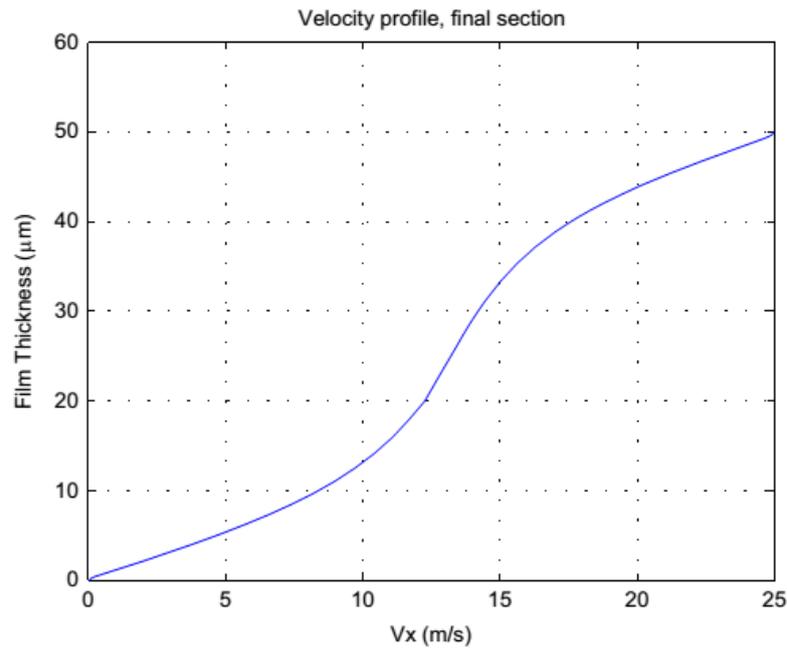


Figure III.6 : Profile de vitesse le long de l'épaisseur du film mince [26]

Sur la figure (III.6) on peut voir la forme en S du profile de la vitesse. Selon l'auteur [26] c'est une forme très caractéristique du profile de la vitesse des écoulements de Couette turbulent. Les conditions d'adhérence aux parois inférieure et supérieure sont très claires :

- une vitesse nulle à $y=0$
- et une vitesse qui est égale à la vitesse du glissement (25m/s) à $y=50\mu\text{m}$

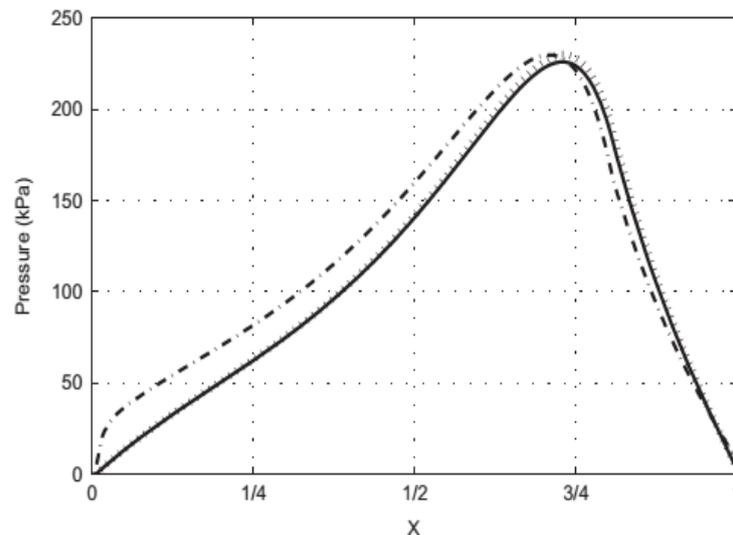


Figure III.7 : Profile de la pression le long de la direction du mouvement (x) [26]

(La ligne en continu)

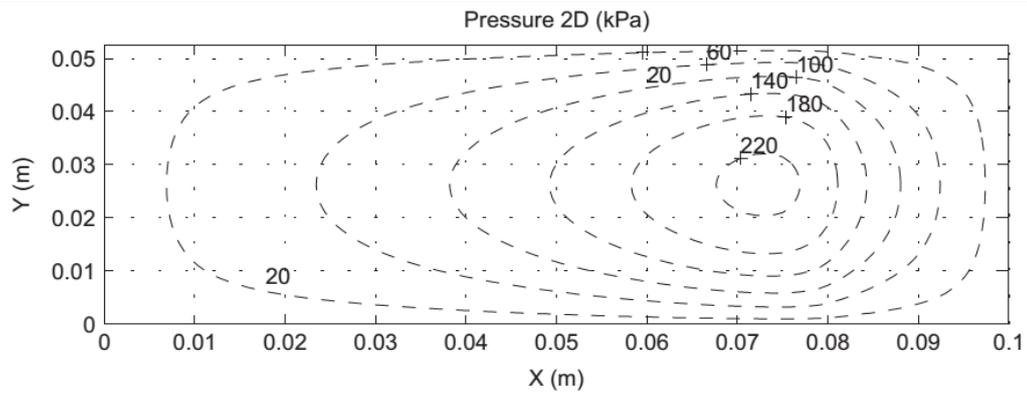


Figure III.8 : Le champ de pression dans le plan milieu parallèle au film mince [26]

Les résultats correspondants obtenus par la résolution des équations 3D de Navier-Stokes complétées sont présentés sur les figures suivantes :

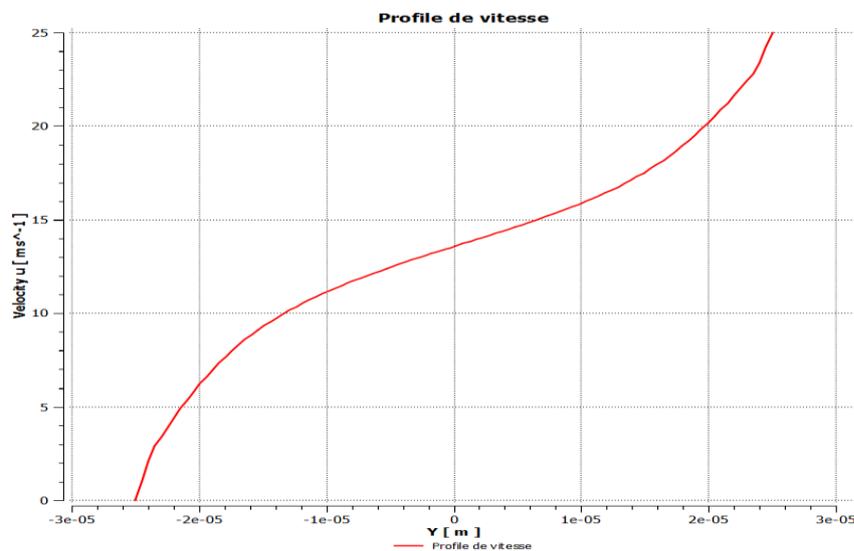


Figure III.9 : Profil de vitesse le long de l'épaisseur du film mince, étude 3D présente

Sur la figure (III.9) on peut voir claire la correspondance de la forme caractéristique du profil de la vitesse. De même pour l'allure des courbes qui représentent le profil de la pression le long de x représenté sur la figure (III.10).

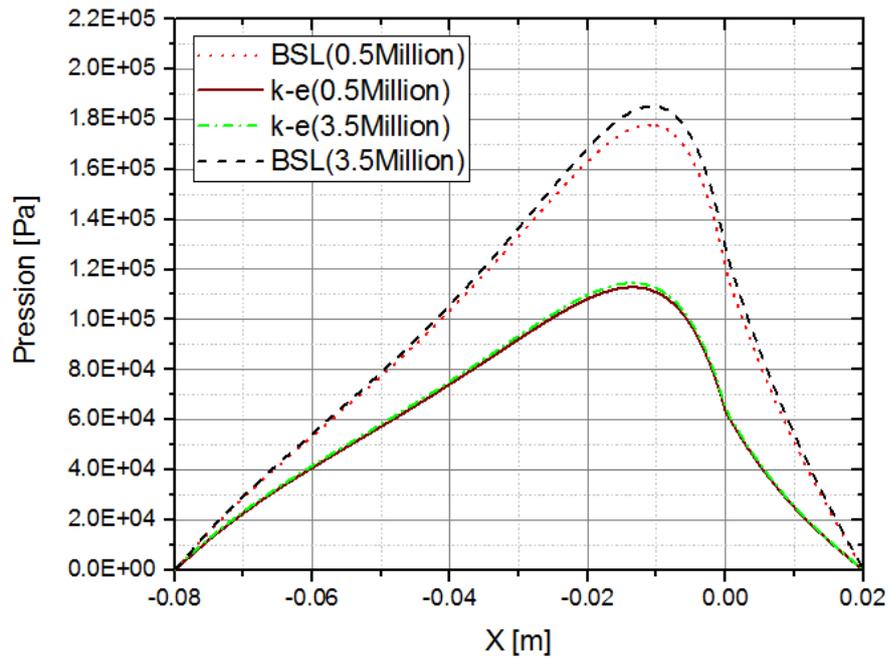
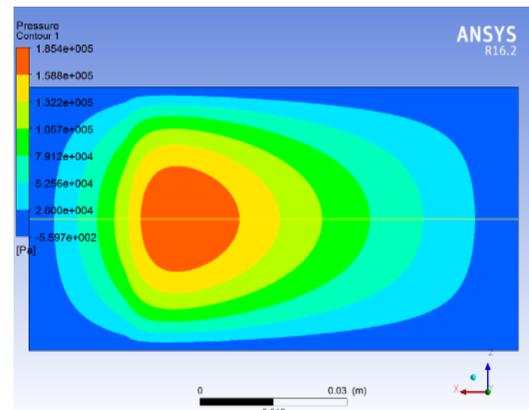
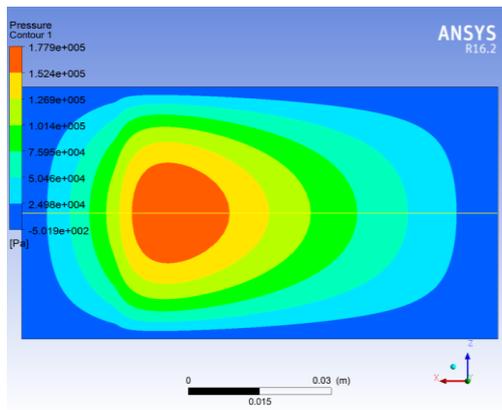


Figure III.10 : Profil de la pression le long de x par le modèle k-ε et le modèle BSL en utilisant deux configurations de maillage, étude 3D présente

Maillage de : 520000 cellules

Maillage de : 3456000 cellules

BSL_Model



k-ε

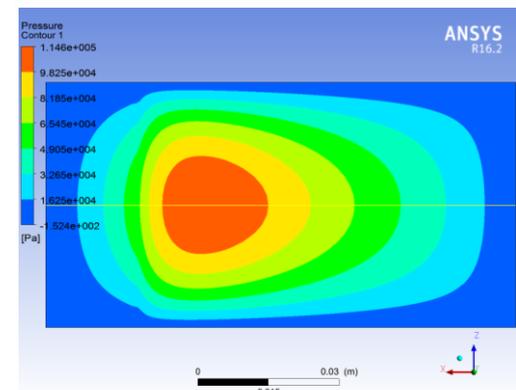
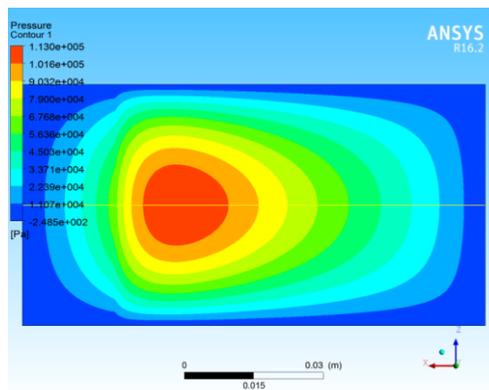


Figure III.11 : Le champ de pression dans le plan milieu parallèle au film mince pour déferent nombre de cellules, étude 3D présente

Le champ de pression dans le plan milieu parallèle au film mince ne fait que confirmer la correspondance.

La correspondance des allures des profils est très bonne. Néanmoins, les valeurs maximums de la pression sont sous estimées par rapport à l'étude de référence. En effet, dans l'étude de référence présentée par la figure (III.7)(en continu); la valeur maximale de la pression est d'environ 2.25×10^5 Pas alors que le modèle k- ϵ de notre étude figure.(III.10) (en rouge continu) ne prévoit qu'une pression maximale d'environ 1.15×10^5 Pas.

Dans le but d'améliorer la précision du modèle de l'étude présente, on a testé deux options :

- Augmenter la densité du maillage de 500 000 nœuds à 3 000 000 nœuds
- Changer le modèle de fermeture

Les résultats sont représentés sur la Figure (III.10). On remarque que les deux options résultent en une amélioration de la valeur de la pression max.

Dans le but d'isoler l'effet des deux paramètres on considère l'étude du même problème avec tous les modèles disponibles pour le régime permanent sur Ansys-CFX :

- k- ϵ
- BSL
- SST
- SSG

On adoptant le maillage relativement dense de 3 000 000 nœuds, les résultats obtenus sont représentés sur la figure

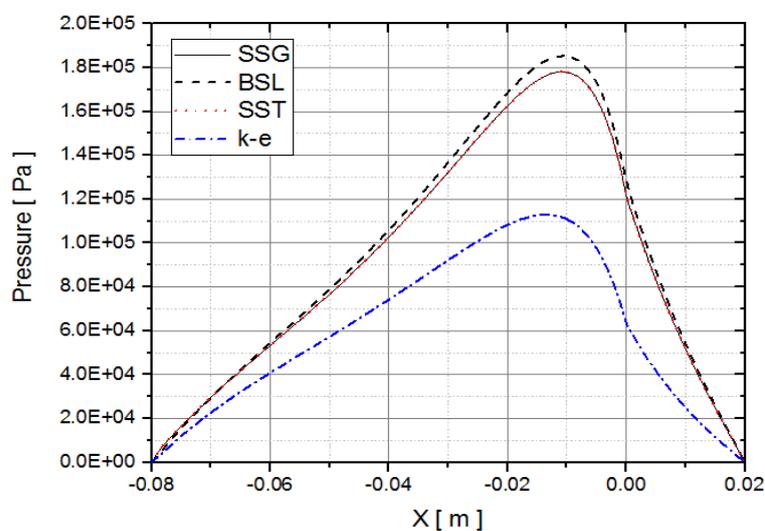


Figure III.12 : Profils de la pression le long de x par les 4 modèles en régime permanent sur Ansys-CFX

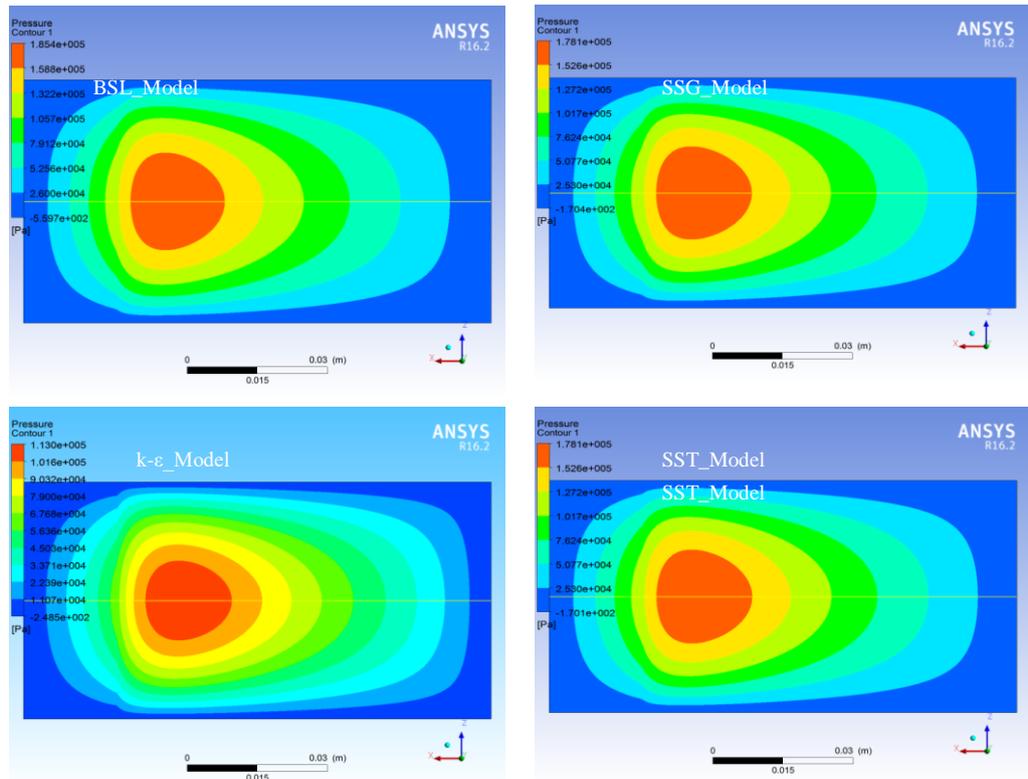


Figure III.13 : Le champ de pression dans le plan milieu parallèle au film mince pour différents Model de turbulence, étude 3D présente.

Il est très clair que le modèle $k-\epsilon$ même avec le maillage relativement dense échoue devant les autres modèles pour le problème étudié. Pour les modèles SST et SSG ils donnent presque la même prédiction. Avec une valeur de la pression légèrement plus grande que SST et SSG, le modèle BSL semble le mieux adapté pour le problème considéré.

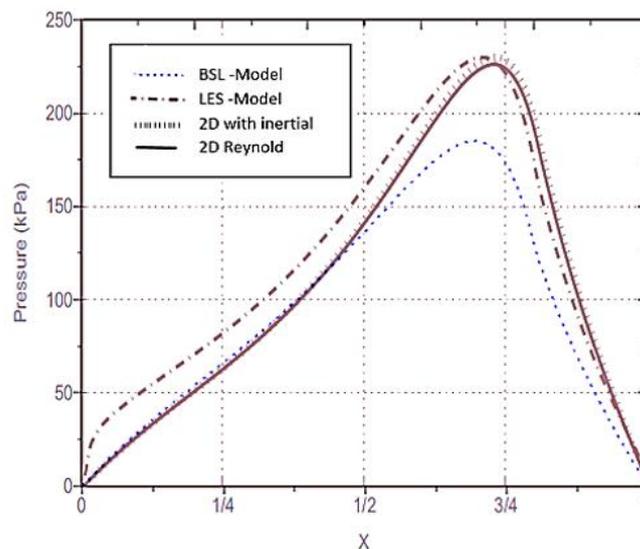


Figure III.14 : Comparaison entre les résultats de référence [26] et Le travail présent par le model de BSL.

III.5 Conclusion

Dans l'article de référence [26], l'auteur tente aussi de prédire le champ de pression par une simulation 3D par le modèle LES non disponible sur CFX en régime permanent. Une bonne concordance de la valeur max de la pression a été obtenue. Cela a nécessité un maillage de 13.5 millions d'éléments Hexa. La tendance (de 0.5 millions nœuds à 3 millions) notée sur la figure III.9 de l'étude présente nous fait conclure qu'on peut améliorer les résultats obtenus en augmentant la densité du maillage. Cela nous a été impossible vu les moyens de calcul dont on dispose.