

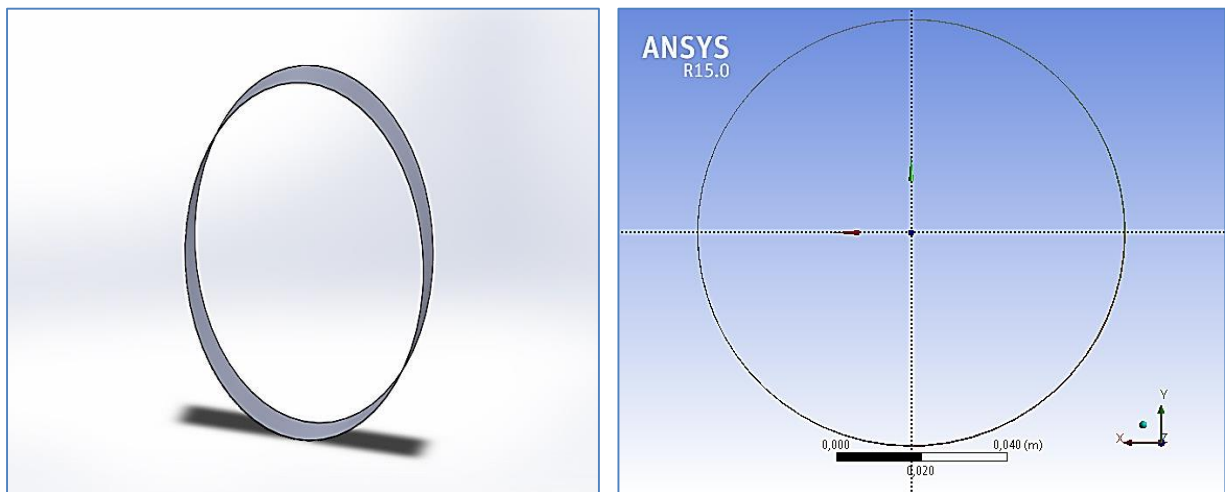
## CHIPTRE III

## SIMULATION NUMERIQUE

Ce chapitre a pour objectif de présenter les interprétations des résultats la plus commune à la modélisation de lubrification par film mince est basé sur l'équation de Reynolds classique est consacré à l'étude du comportement hydrodynamique d'un palier lisse cylindrique linéaire. L'écoulement est considéré incompressible, Les perturbations dynamiques sont de type balourd. Une étude simplifiée, qui ne prend pas en compte les déformations de l'arbre est effectuée.

**III.1.Le modèle numérique :**

La modélisation peut être faite sous "Design Modeler" l'outil CAD intégré d'ANSYS, ou bien elle peut être importée depuis n'importe quel logiciel de modélisation CAD tel que SolidWorks, nous avons constaté que le meilleur format à utiliser est IGES. Afin d'effectuer une simulation réalisée par CFX



(a) Réalisation de Géomètre avec SolidWorks

(b) Réalisation de Géomètre avec ANSYS

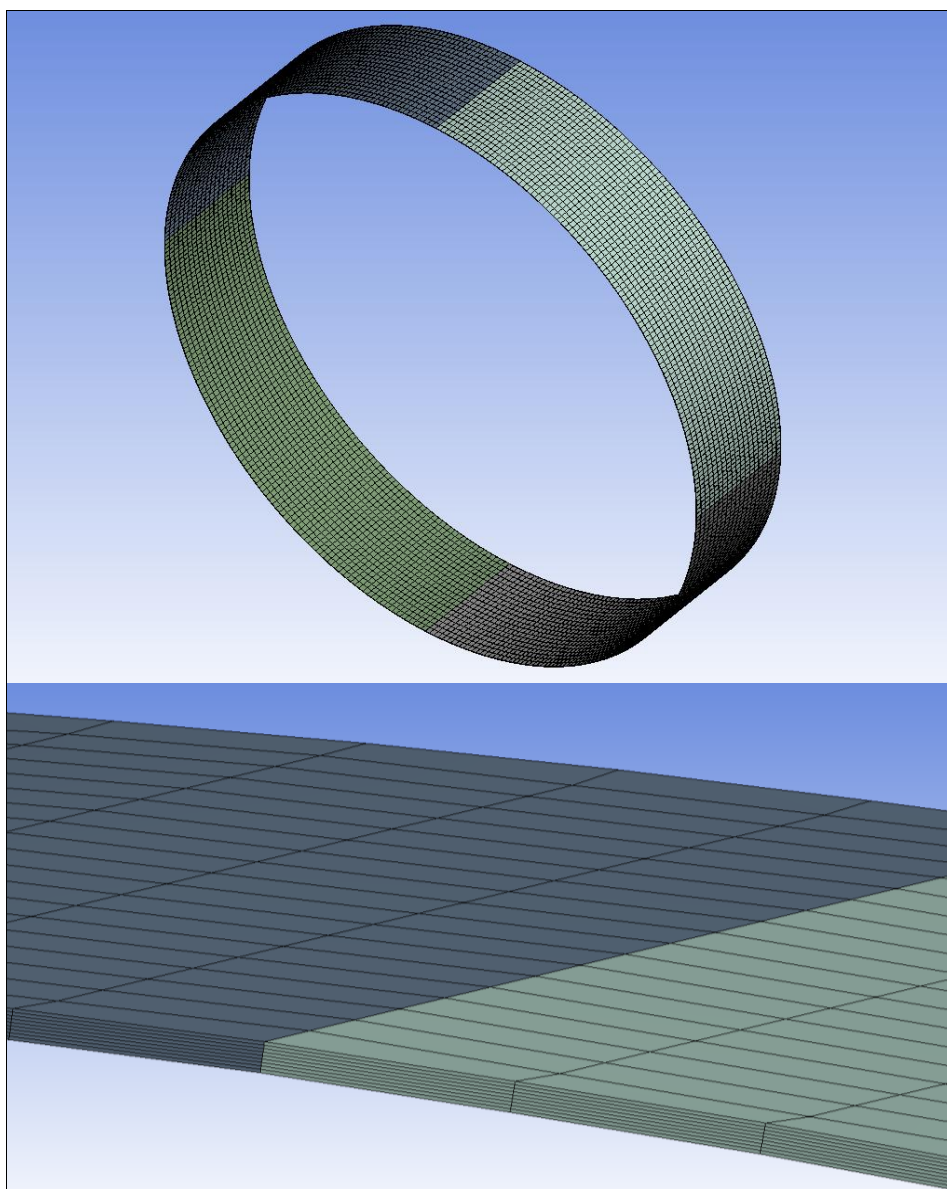
**Figure III.1.** Géomètre d'un palier lisse (rotor-stator)

**III.2.Maillage :**

Le maillage structuré est réalisé en utilisant le logiciel ICEM-CFD. Avec 79200 nœuds et 67716 éléments on a pu avoir un maillage d'excellente qualité. Ceci peut être confirmé par le critère de qualité "Inclinaison" qui donne des valeurs comprises entre 0 et 1. Plus le maillage est proche du zéro plus le maillage peut être considéré de bonne qualité. Dans le cas du maillage réalisé pour cette étude le critère donne une valeur de  $1,7E-02$  pour les pires éléments du maillage.

Statistiques	
<input type="checkbox"/> Nœuds	79200
<input checked="" type="checkbox"/> Éléments	67716
Paramètres de maillage	
<input type="checkbox"/> Min	5,05061356272594E-03
<input type="checkbox"/> Max	1,70656821954929E-02
<input type="checkbox"/> Moyenne	8,63714568189038E-03
<input type="checkbox"/> Ecart type	2,56408330452526E-03

**Figure III.2** Les caractéristiques du maillage



**Figure III.3.** Maillage structuré de la géomètre en trois dimensions(X, Y, Z) généré par CFX, ANSYS

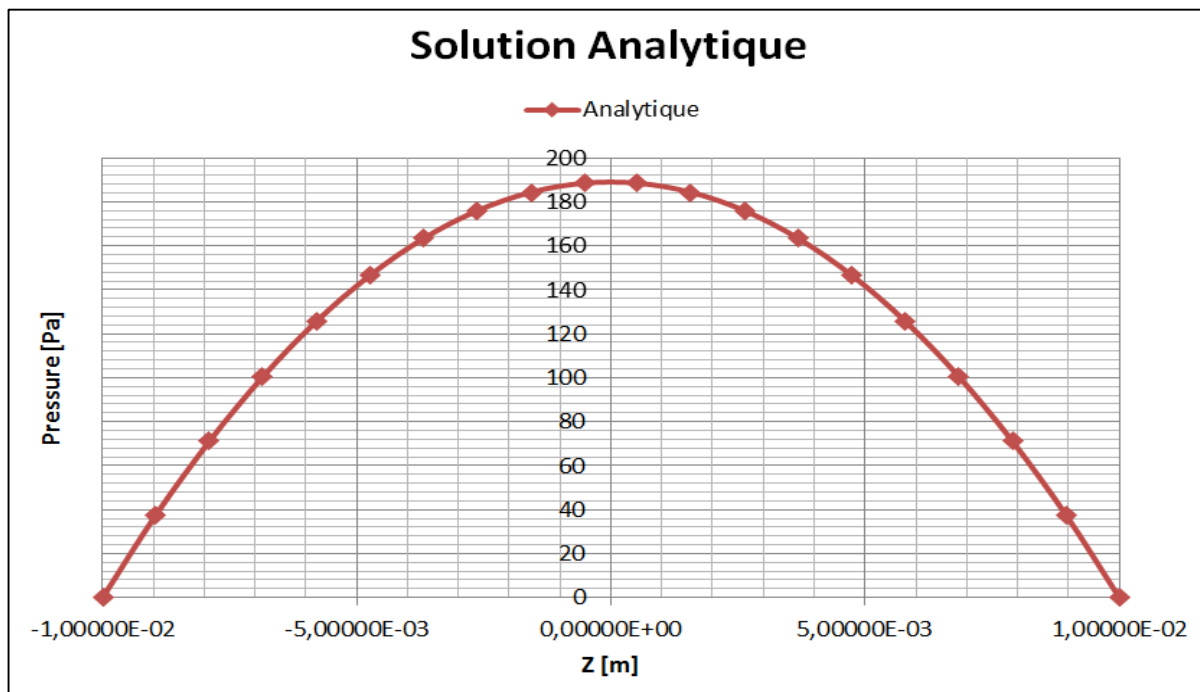
### III.3 La validation:

Selon[13] l'approximation du palier infiniment court peut être justifiée si le rapport entre la largeur du palier et son diamètre est inférieure à  $\frac{1}{4}$ .

On considère un palier de diamètre (arbre) de 100mm et de largeur de 20mm. La condition précédente étant vérifiée on peut considérer l'approximation du palier infiniment court pour la solution analytique et ainsi obtenir un moyen de validation.

A l'instant  $t = 1s$  à la position  $\theta = \pi/2$  la pression est donnée analytiquement par:

$$p(\theta, z, t) = \frac{3\mu}{h^3} \left( z^2 - \frac{L^2}{4} \right) (e(\Omega - 2\dot{\gamma}) \sin\theta) \quad (\text{II.8})$$



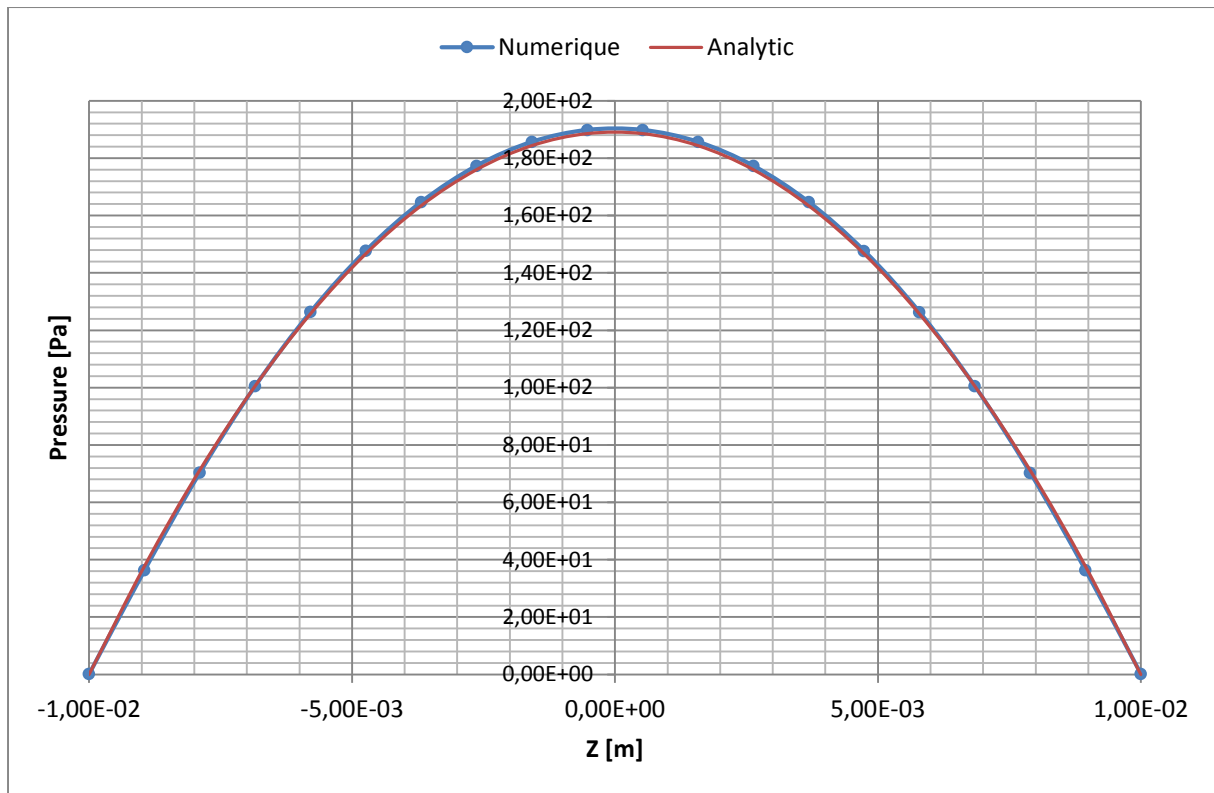
**Figure III.4** distribution dans la direction axiale de la pression

La validation sera faite sur la base des données suivantes:

Diamètre Arbre [m]	<b>D = 2*R1</b>	<b>0.1</b>
Le jeu radial [m]	<b>R2-R1= C</b>	<b>0,0001</b>
La viscosité [Pa.S]	<b>μ</b>	<b>8,90E-04</b>
La hauteur du film [m]	<b>h</b>	<b>0,0001</b>
La largeur du palier [m]	<b>L</b>	<b>0,02</b>
L'excentricité [m]	<b>e</b>	<b>0,00005</b>
La vitesse de rotation de l'arbre [Rad/s]	<b>Ω</b>	<b>-6,283185307</b>
Vitesse de précession [Rad/s]	<b>γ̇</b>	<b>6,283185307</b>
Vitesse de variation de l'excentricité [m/s]	<b>ė</b>	<b>0</b>

Temps [s]	$t$	<b>1</b>
Coordonnée angulaire par rapport à la ligne du centre [Rad]	$\theta$	<b>-4,71238898</b>
Coordonnée angulaire par rapport à l'origine [Rad]	$\varphi$	<b>1,570796327</b>
Angle entre la ligne des centres et l'origine [Rad]	$\gamma$	<b>6,283185307</b>

**Tableaux III.1** La base des données (valeurs des calculs)



**Figure III.5** validation avec la solution analytique

Une très bonne concordance a pu être obtenue après un léger réglage de la valeur de l'épaisseur du film, on remarque une bonne concordance entre les résultats analytique et numérique

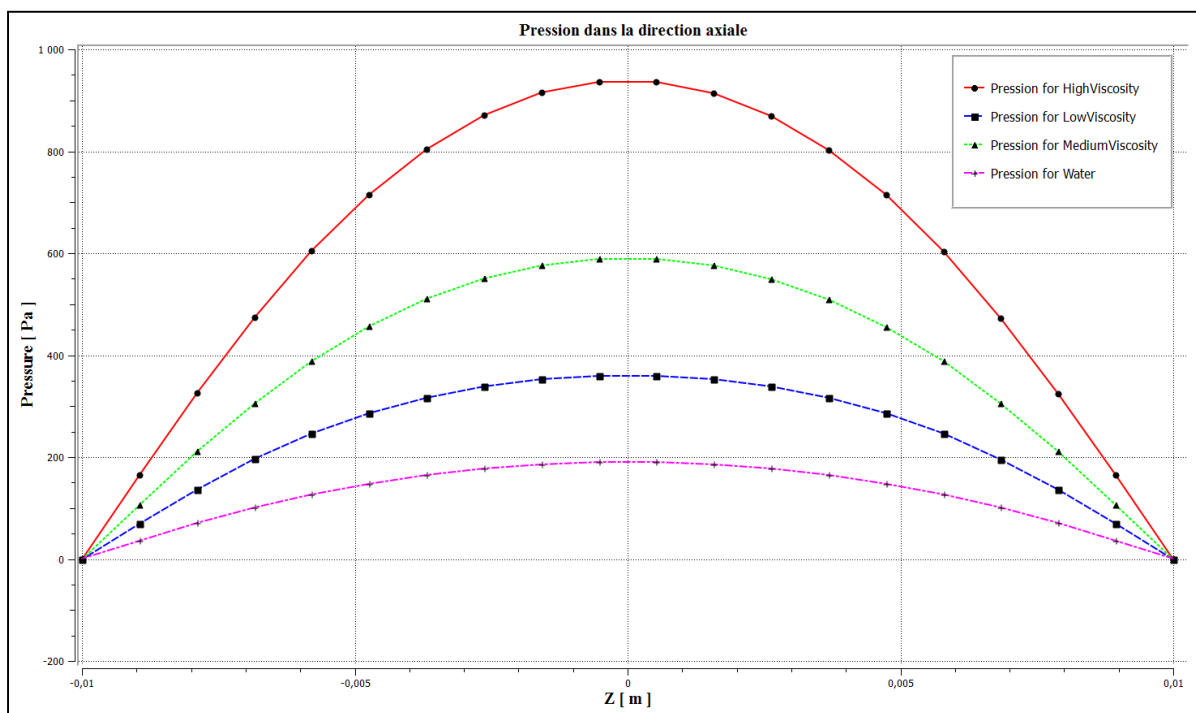
#### III.4 Influence de la viscosité :

Cette étude concerne la sensibilité du modèle numérique à la variation de la viscosité. On modélise le comportement du palier en utilisant 3 types de fluides:

- Le premier ayant une viscosité dynamique de 0.001 Pa.S
- Le deuxième ayant une viscosité dynamique de 0.05 Pa.S
- Le troisième ayant une viscosité dynamique de 0.12347 Pa.S

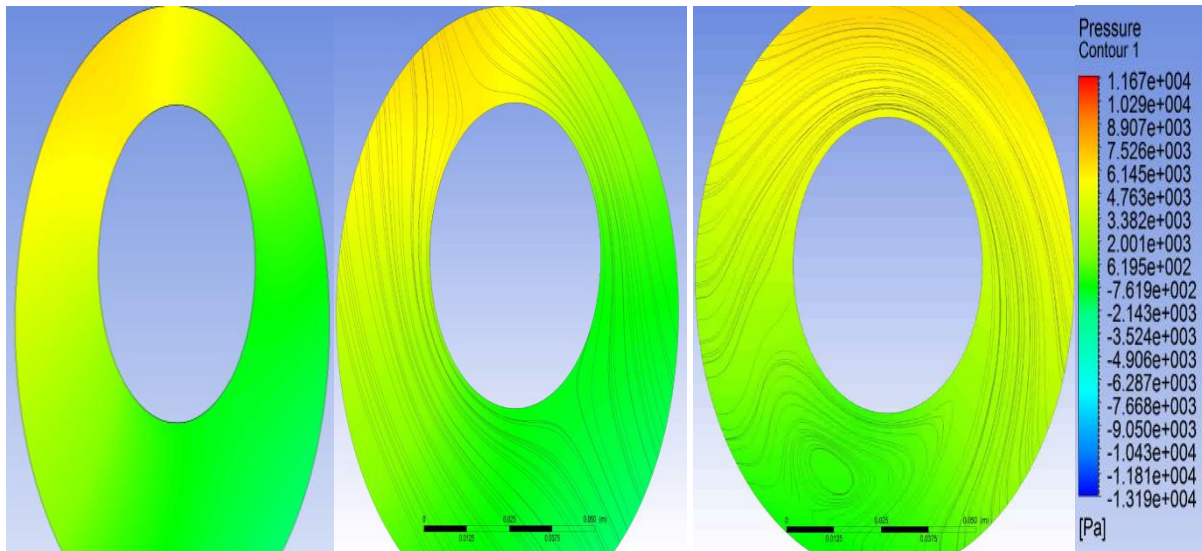
La figure III.6, montre l'influence des valeurs de la pression par rapport à différents types de fluides tout le long de la direction axiale (z) ; nous avons les courbes ci-dessus correspondant aux résultats pour (pression de haute viscosité, pression de moyenne viscosité, pression de faible viscosité et pression de la viscosité de l'eau).

On remarque que la pression augmente avec l'augmentation de la viscosité ; D'après la figure, La pression est proportionnelle à la viscosité, ce qui est justifié par l'équation (II.8)

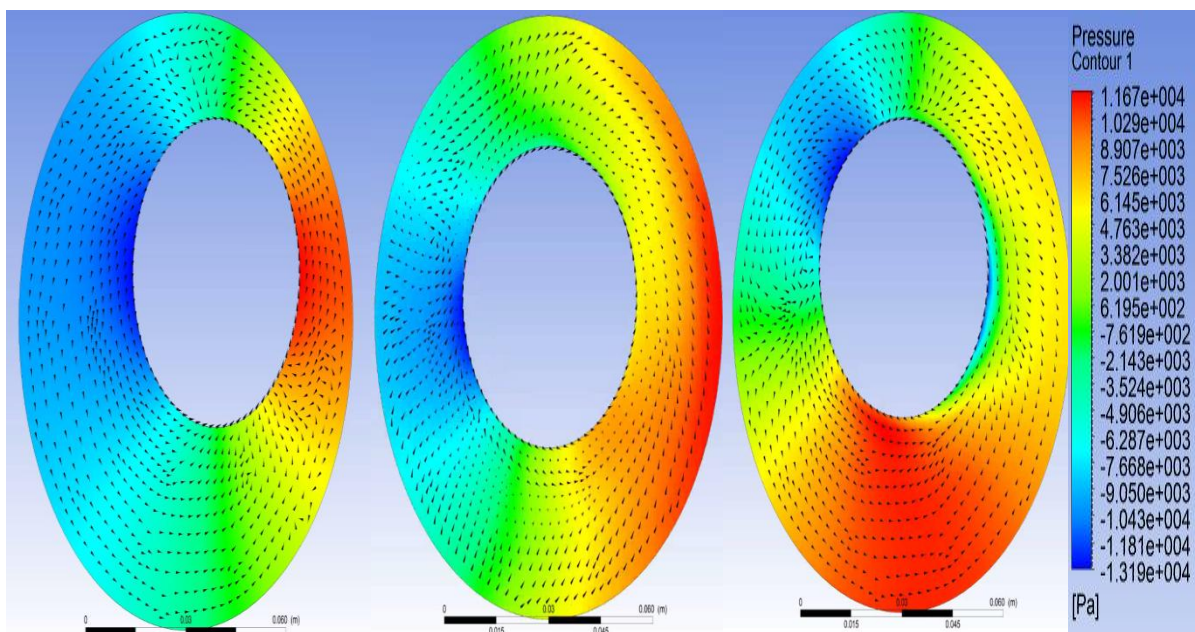


**Figure III.6 :** Influence de la viscosité sur la pression

La figure III.7, III.8, Les résultats issus des modélisations numériques des différents phénomènes sont résumés en considérant la présentation ci-après. Pour plus de clarté nous présentons la distribution de la pression et de la vitesse dans le film lubrifiant dans une géométrie de dimensions exagérées :



**Figure III.7 :** Champ de pression dans le film lubrifiant on rotation,  $e= 0,05\text{mm}$ , vitesses  $6.28\text{ rad/s}$ , (géométrie de dimensions exagérées)



**Figure III.8 :** L'Influence des vitesses de rotation sur la pression (géométrie de dimensions exagérées)

### III.5 Influence de la direction :

On effectue deux simulations sur le modèle avec le fluide de moyenne viscosité. Dans la première, on traite deux cas :

- Les deux mouvements de rotation sont dans des directions opposées (Précession inverse)

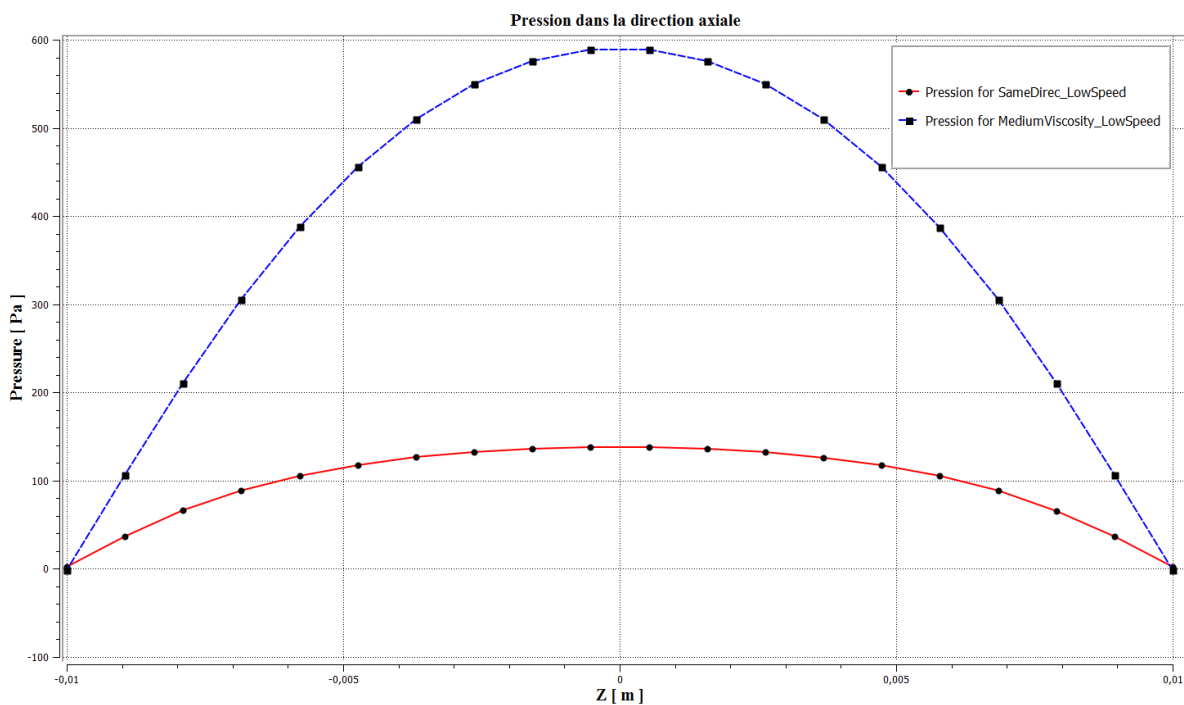
- Les deux mouvement de rotation sont dans la même direction (Précession directe)  
(Les vitesses sont faibles et identiques: une révolution par seconde c'est à dire 6.28 rad/s)

Dans la deuxième simulation, on augmente les vitesses 10 fois c'est à dire 62.8 rad/s

- Les deux mouvement de rotation sont dans des directions opposées (Précession inverse)
- Les deux mouvement de rotation sont dans la même direction (Précession directe)

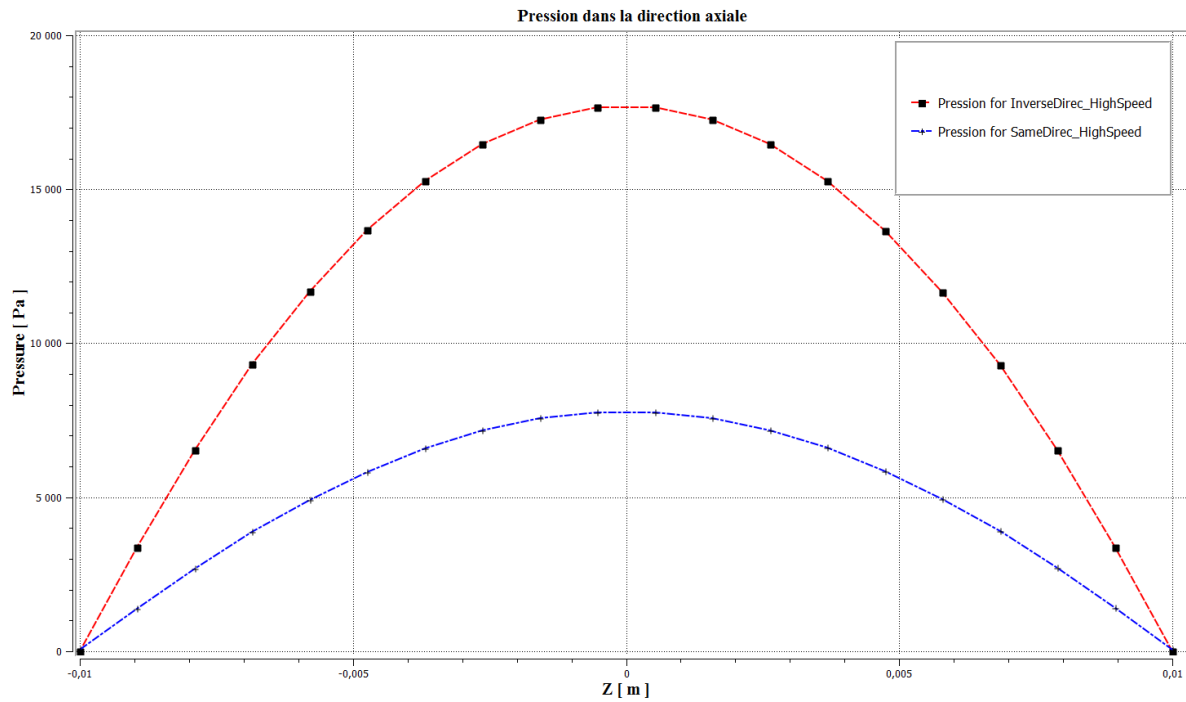
Les figures III.9, III.10, présentent l'effet de la direction sur la pression pour différent valeurs de vitesses.

Pour La figure III.9 les courbes correspondent aux les résultats linéaire obtenus respectivement pour (direction direct et faible vitesse) et (viscosité moyenne et faible vitesse).



**Figure III.9** Influence de la direction sur la pression (Faible vitesses 6.28 rad/s)

Pour La figure III.11 les courbes correspondent aux les résultats linéaire obtenus respectivement pour : (précession inverse et haut vitesse) et (précession direct et haut vitesse).



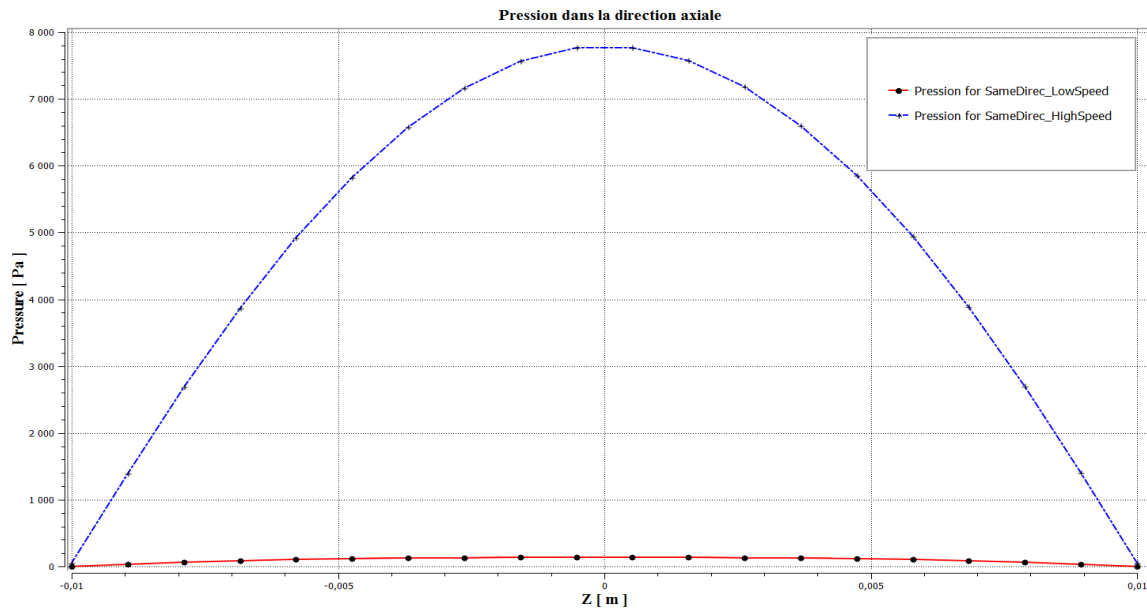
**Figure III.10** Influence de la direction sur la pression (Haute vitesses 62.8 rad/s)

La pression augmente dans le cas de la précession inverse, ce qui est prévisible si on analyse l'expression de la pression donnée par la solution analytique.

Les figures III.12, III.13, représentent la pression en fonction de la vitesse de rotation.

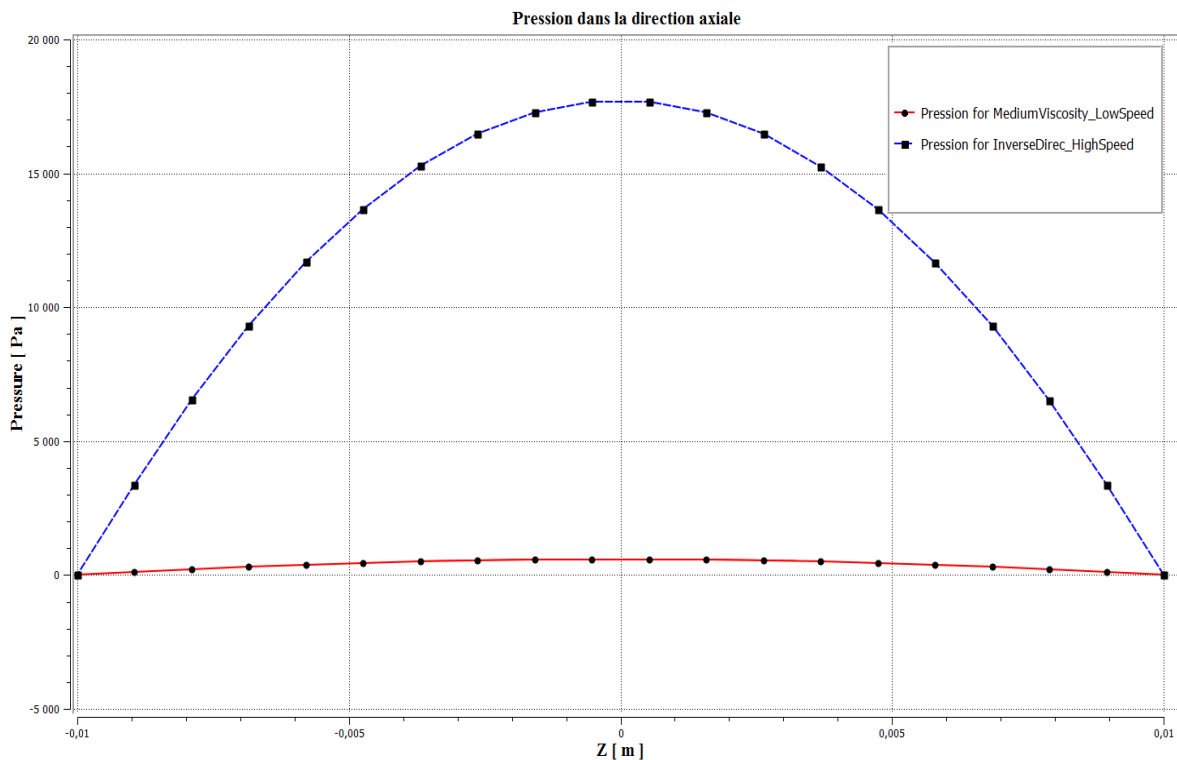
Pour la première figure (III.12) Les courbes correspondent aux résultats obtenus respectivement pour (pression de direction direct et faible vitesse) et (pression de direction direct et haut vitesse).





**Figure III.11** Influence de la vitesse sur la pression (Précession directe)

la deuxième figure (III.12) Les courbes correspondent aux résultats obtenus respectivement pour (la pression de moyenne viscosité et faible vitesse) et (pression de direction inverse et haut vitesse).



**Figure III.112** Influence de la vitesse sur la pression (Précession Inverse)

La pression est aussi proportionnelle à la vitesse. Chose qu'on peut aussi prédire par la solution analytique.

**III.6 Discussion des résultats :**

Après avoir validé le modèle numérique avec succès, l'étude de sensibilité effectuée sur les paramètres clés ; à savoir la viscosité, les directions de rotation et les vitesses de rotation on constate une bonne concordance avec les prédictions faites sur la base de la solution analytique.

L'augmentation de la viscosité engendre une augmentation dans la pression du film mince.

La pression du film est aussi directement proportionnelle à la vitesse de rotation des deux arbres.