

Etude d'un profil NACA avec Comsol

par

ZHANG Xunjie

pour le UE Atelier Numérique en Mécanique M1

fait le 29 mai 2017

Table des matières

1	Introduction	3
1.1	Introduction	3
1.2	Problème physique	3
2	Modélisation du problème	4
2.1	Théorie pour NACA symétrique	4
2.2	Étude du profil NACA cambré	5
2.3	Résultat pour NACA cambré	6
2.3.1	Isovaleur Potentiel	6
2.3.2	Pression d'une profile d'un α	7
2.3.3	Potentiel de sonde des α	7
2.3.4	Portance pour tous les α	7
3	Trouvez le centre de portance avec PYTHON	9
3.1	Étude laminaire ,couche limite	9
3.2	Le centre de poussée	10
4	Conclusion	12

Table des figures

1.1	Problem physique etude	3
2.1	Profile de NACA cambré	5
2.2	Isovaleur Potentiel d'un profile de NACA cambré	6
2.3	Pression d'un profile d'un α NACA cambré	7
2.4	Potentiel de sonde des α d'un profile de NACA cambré	8
2.5	Portance pour tous les α d'un profile de NACA cambré	8
3.1	Portance pour tous les α d'un profile de NACA cambré	9
3.2	Portance pour tous les α d'un profile de NACA cambré	10
3.3	Portance pour tous les α d'un profile de NACA cambré	11
3.4	Centre de portace et les forces	11

Chapitre 1

Introduction

1.1 Introduction

On se propose d'étudier un profil NACA avec COMSOL. On considère l'écoulement autour d'un profil NACA en incidence (angle α). L'objectif de l'étude est de déterminer la force de portance et son point d'application (aussi appelé centre de poussée) pour différentes incidences $-10 < \alpha < 20$ à l'aide du logiciel COMSOL, on effectuera d'abord une étude du profil NACA0012 (un profil symétrique) en utilisant la modélisation potentielle vue en cours avec la condition de Kutta Joukovsky. Ensuite, on va étudier un profil NACA cambré à 4 chiffres qui est donnée par la nomenclature NACA.

1.2 Problème physique

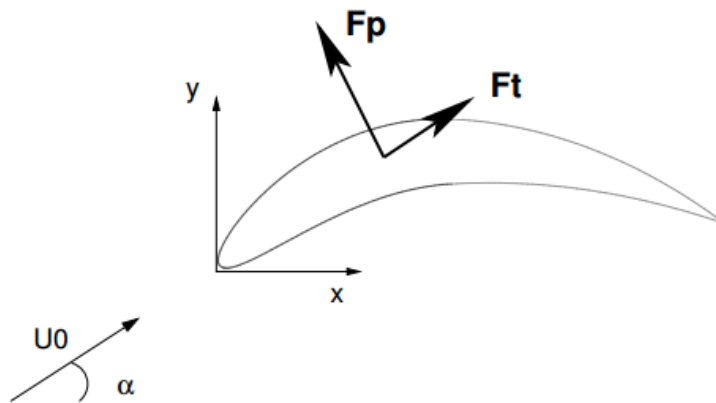


FIGURE 1.1 – Problem physique etude

Chapitre 2

Modélisation du problème

2.1 Theorique pour NACA symétrique

On fait plusieurs hypothèses pour simplifier notre problème :

1. L'écoulement est stationnaire
2. Le fluide est incompressible
3. Le fluide est parfait (on pourra donc prédire la portance mais pas la force de traînée car on néglige les effets des forces de viscosité)
4. L'écoulement est bi-dimensionnel (théorie de l'aile d'envergure infinie)

le modèle suivant pour $\vec{U} = \begin{cases} u = \frac{\partial \psi}{\partial y} \\ v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \end{cases}$ En faisant le bilan de masse et le bilan de quantité de mouvement, on obtient :

$$\begin{cases} \text{div} \vec{U} = 0 = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \\ \text{rot} \vec{U} = 0 = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \end{cases}$$

Et On va donc utiliser la fonction de courant , et on s'intéressera aux lignes de courant ($\psi = cste$) qui sont tangentes en chaque point au vecteur vitesse.

$$\begin{cases} \text{div} \vec{U} = \text{div}(\vec{\text{grad}} \psi) = \Delta \psi = 0 \\ \text{rot} \vec{U} = \text{rot}(\vec{\text{grad}} \psi) = 0 \end{cases}$$

On met un écoulement qui arrive avec une vitesse U_0 , et l'angle inclinée de la α donc $u = U_0 \sin(\alpha)$, $v = U_0 \cos(\alpha)$ Et $\Delta \psi = 0$:

$$\begin{cases} \frac{\partial \psi}{\partial y} = U_0 \cos(\alpha) \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} = -U_0 \sin(\alpha) \end{cases}$$

Alors on a

$$\psi_\infty = U_0(\cos(\alpha)y - \sin(\alpha)x)$$

On s'intéresse aux points d'arrêt. La vitesse est nulle en ces points et il y a une surpression. Au niveau du bord de fuite, la ligne de courant est tangente au bord car le profil est mince. La valeur de ψ sur Γ_1 doit être fixée telle que l'on n'ait pas de contournement autour du bord de fuite, c'est la condition de Kutta-Joukowski. Cela va déterminer la valeur de la circulation autour du profil. Donc, on décompose en deux problèmes pour générer une circulation de vitesse. On a donc le problème sous la forme : $\psi = \psi_1 + \beta\psi_2$:

$$\begin{aligned} & \parallel \text{Problem1} \\ & \Delta\psi_1 = 0 \\ & \psi_1 = U_0 y \quad \text{sur } \Gamma_0 \\ & \psi_1 = 0 \quad \text{sur } \Gamma_1 \\ & \parallel \text{Problem2} \\ & \Delta\psi_2 = 0 \\ & \psi_2 = 0 \quad \text{sur } \Gamma_0 \\ & \psi_2 = 1 \quad \text{sur } \Gamma_1 \end{aligned}$$

Sur le point d'arrêt, on a un angle de tangente sur le bord de fuite θ et $\nabla\vec{\psi} \cdot \vec{U} = 0$. Dans le cas symétrique, $\theta = 0$. Donc :

$$\left. \frac{\partial\psi}{\partial x} \right|_{\beta} = 0$$

Avec

$$\beta = \frac{-\frac{\partial\psi_1}{\partial x}}{\frac{\partial\psi_2}{\partial x}}$$

2.2 Étude du profil NACA cambré

On utilise python pour obtenir notre NACA cambré, et on a le profil ici avec la ligne moyenne :

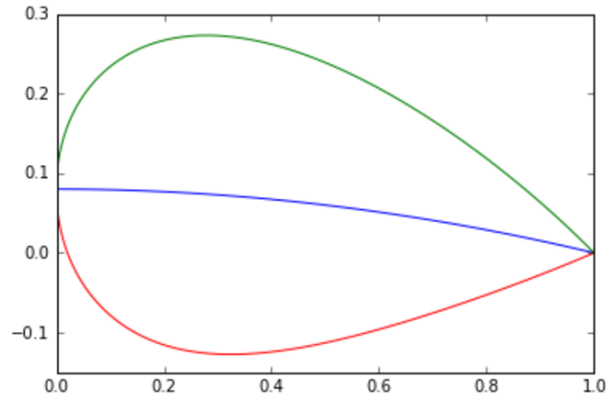


FIGURE 2.1 – Profil de NACA cambré

On fait la même étude pour le profil cambre NACA. Pour obtenir la géométrie du profil, on écrit un fichier en format.dxf par Python. Pour cette étude, il faut recalculer la nouvelle tangente au bord de fuite, car il n'est plus horizontale. Pour trouver le θ , on choisit un point en $x = 1.1$, alors on peut obtenir l'angle $\theta = -0.074$ sur la programme de python. On a $\psi = \psi_1 + \beta\psi_2$, $\nabla\psi * \vec{U} = 0$. Donc :

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial\psi}{\partial x} \right|_{\beta} * \cos(\theta) = 0 \\ \left. \frac{\partial\psi}{\partial y} \right|_{\beta} * \sin(\theta) = 0 \end{cases}$$

Avec

$$\beta = \frac{-\frac{\partial\psi_1}{\partial x} \cos(\theta) + \frac{\partial\psi_1}{\partial y} \sin(\theta)}{\frac{\partial\psi_2}{\partial x} \cos(\theta) - \frac{\partial\psi_2}{\partial y} \sin(\theta)}$$

2.3 Résultat pour NACA cambré

On fait ensuite une étude paramétrique avec $-10 < \alpha < 20$.

2.3.1 Isovaleurs Potentiel

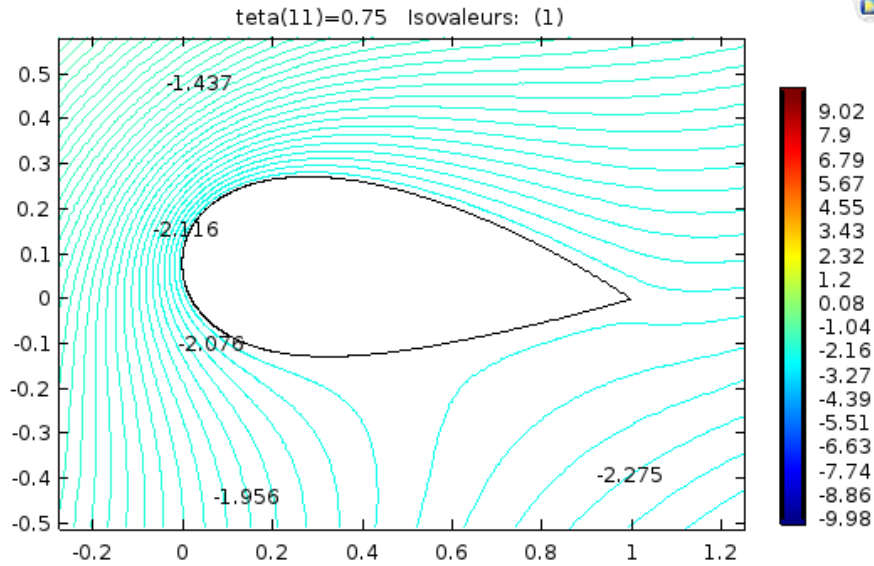


FIGURE 2.2 – Isovaleurs Potentiel d'un profile de NACA cambré

Comme dans la figure 2.2 , on plot la figure de isolvaleur de potentiel . Dans la extrémité du profile , la ligne est bien s'installé . On dit que on trouve une bonne profile d'isovaleur de potentiel .

2.3.2 Pression d'une profile d'un α

Dans la figure 2.3 , on a les couleurs rouge vers lue qui sont négatives . Cette figure est trouvées pour le premiere α . On remarque dans l'extrémité a gauche , on trouve la pression maximal negative .

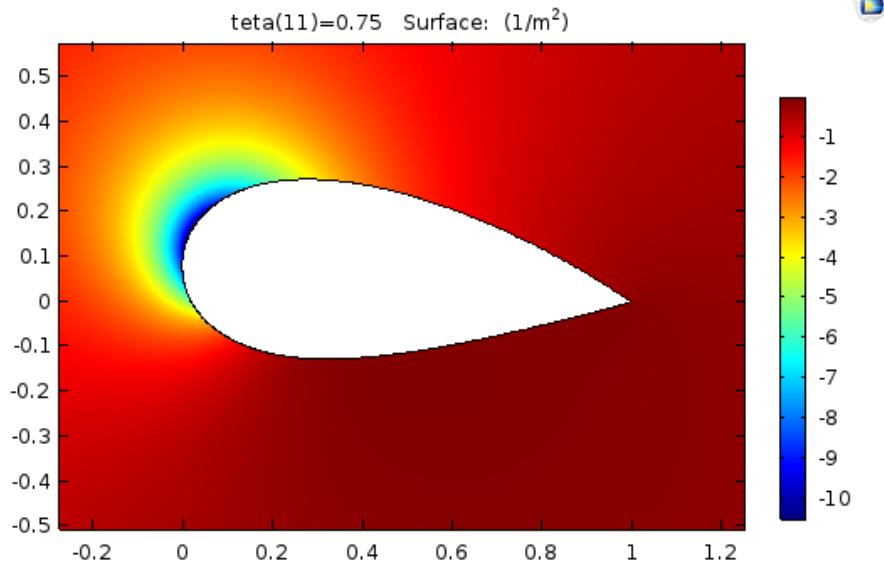


FIGURE 2.3 – Pression d'un profile d'un α NACA cambré

2.3.3 Potentiel de sonde des α

Dans la figure 2.4 , on plot la potentiel de sonde . Cette sonde est une pointe qui se trouve dans le ligne moyenne d'un profile . Dans Python on met coordonnée x est 1.001 , et trouve coordonnée y est -0.001 . Dans ce cas , α va évaluer -0.75 à 0.75 . Cette fonction est presque une ligne droite . Elle est bien satisfait la solution analytique .

2.3.4 Portance pour tous les α

Dans la figure 2.5 , on plot les portances pour tous les α . Pour une valeur de α , la surface entre la ligne haut et la ligne bas est la force de portance . Comme on voir dans la figure 2.5 , quand α est 0.75 , la force de portance est maximal .

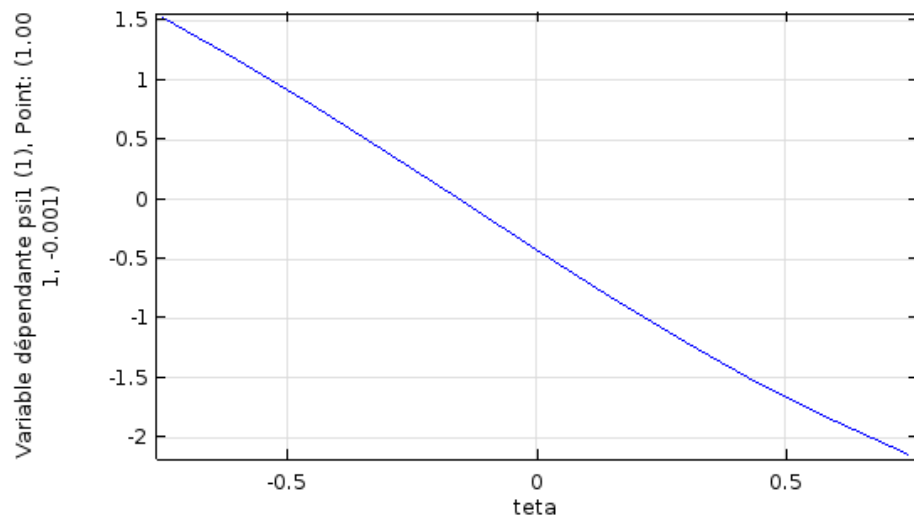


FIGURE 2.4 – Potentiel de sonde des α d'un profile de NACA cambré

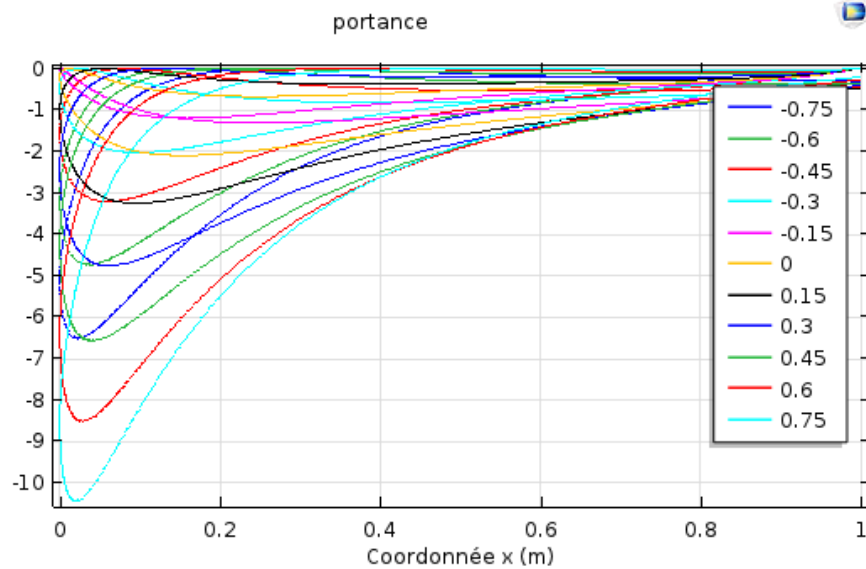


FIGURE 2.5 – Portance pour tous les α d'un profile de NACA cambré

Chapitre 3

Trouvez le centre de portance avec PYTHON

3.1 Étude laminaire ,couche limite

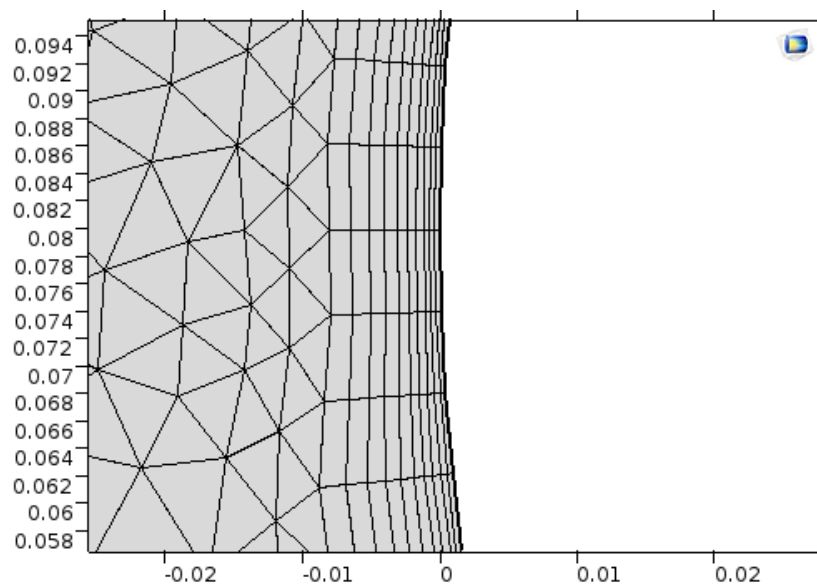


FIGURE 3.1 – Portance pour tous les α d'un profile de NACA cambré

Dans la figure 3.1 , on etude la couche limite , dans comsol proche de la naca cambré , on fait plus de maillages rectange pour bien développer la couche limite .

Dans la figure 3.2 ,on lance comsol et etude cette profil avce les maillages on defini par utilisateur , et on trouve la profil de vitess .

Dans la figure 3.3 on bien trouve la force portance d'après etude de couche limite .

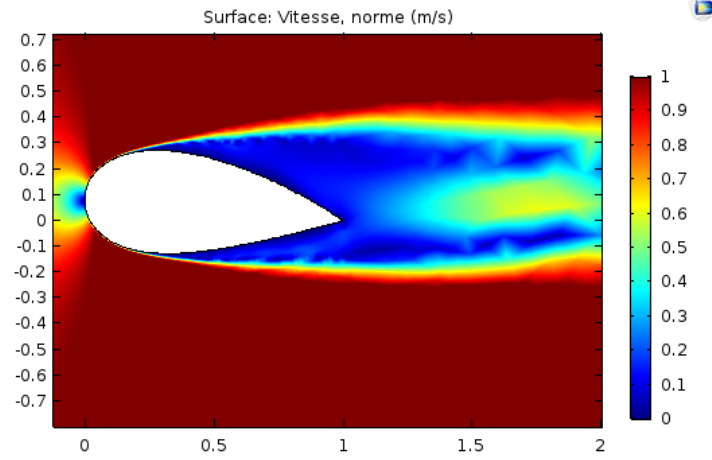


FIGURE 3.2 – Portance pour tous les α d'un profil de NACA cambré

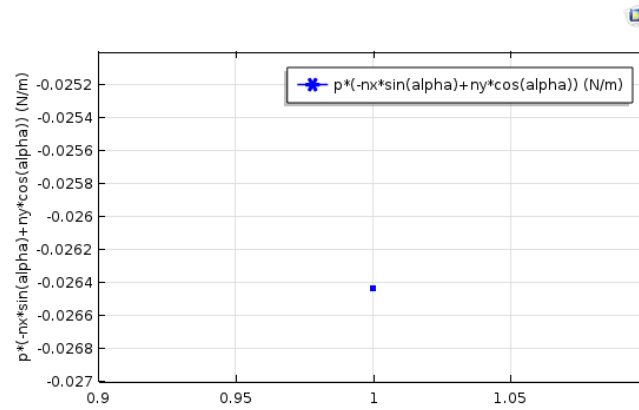


FIGURE 3.3 – Portance pour tous les α d'un profil de NACA cambré

3.2 Le centre de poussée

Le point d'application $P(x_P, y_P)$ (aussi appelé centre de poussée) de la résultante des forces aérodynamiques $\vec{F} = \vec{F}_P + \vec{F}_t$ doit vérifier la relation suivante sur le moment de la résultante par rapport à un point O quelconque :

$$\vec{OP} \wedge \vec{F} = \int_s \vec{OM} \wedge d\vec{F}$$

Avec $\vec{F} = \int_s -p\vec{n}dS$, $d\vec{F} = -p\vec{n}dS$, $M(x_M, y_M)$ un point du profil et \vec{n} le vecteur normal sortant. On a aussi $\vec{F} = \vec{F}_x\vec{x} + \vec{F}_y\vec{y}$. On peut ensuite calculer la position du centre de poussée en écrivant les relations sur le moment de chacune de ces

forces projetées :

$$\begin{cases} x_P F_y = \int_s x_M dF_y \\ y_P F_x = \int_s y_M dF_x \end{cases}$$

centre=(0.303817535077 0.0132442705149)

force portée et force trainée sont (0.0720855562061 -2.30397463522)

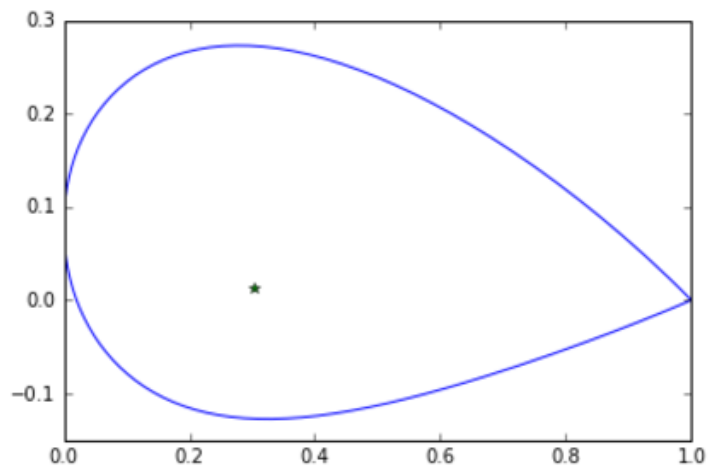


FIGURE 3.4 – Centre de portance et les forces

Chapitre 4

Conclusion

Dans cette séance de TP , on a fait une bonne modélisation d'un profil d'aile. Au début on utilise Python pour rediger notre profile NACA cambré ,avec cette NACA cambré , on import sur Comsol, ensuite on utilise COMSOL pour etudier cette profile NACA cambré , on utilise la simulation pour trouver les pression , les isovaleurs de potentiel , ansi que les force portances . D'après Comsol , on obtient trois dossier 'coordonnées x , y , et pression . Avec ces trois dossiers , on reutilise python pour retrouver la profile NACA cambré , et trouver le centre de portance . On a aussi la force pousé et la force trainée .

D'après cette etude de profile NACA , on connait , dans la vie quotidien , comment calculer les forces de pousées pour un aile avec une petite angle d'entrée . Et en d'autre paitie , on est plus similaire avec Python et Comsol , c'est très utile pour l'etude et travail.