

ISAE-ENSICA

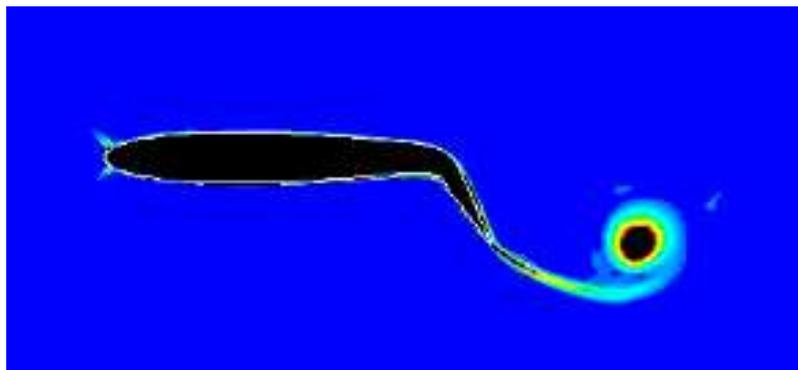


Rapport du projet CFD 2010

Notice explicative des différents calculs
effectués sous Fluent, Xfoil et Javafoil

Tanguy Kervern

19/02/2010



Comparaison des performances de différents logiciels de simulation numérique pour le calcul du coefficient de portance d'un profil asymétrique NACA4412

Introduction

Ce document a pour but de rassembler les différentes données concernant nos simulations numériques autour du profil NACA4412. Il compile les valeurs des paramètres qui ont été choisis pour les simulations ainsi que les résultats qui en découlent. Trois logiciels ont été testés au cours de notre étude, Fluent, Xfoil et JavaFoil.

Vlab & Fluent

Importer un profil quelconque dans VLab

Routine Matlab

Le premier changement que nous avons dû apporter est l'ajout d'une routine Matlab pour importer un profil quelconque sous Vlab et ainsi profiter des avantages que nous offre ce logiciel. Le fichier de profil est au format ".txt" où les points du profil sont décrits sous forme de colonnes. La première pour la coordonnée en X, la deuxième pour les coordonnées en Y.

Séquence de lecture d'un fichier de profil

La séquence de lecture d'un fichier de profil sortant de Xfoil ou Javafoil est la suivante :



Contraintes Vlab:

- Séparer le fichier en deux parties, l'un pour l'intrados l'autre pour l'extrados
- Toujours commencer par le bord d'attaque et de finir par le bord de fuite.
- Enlever les points du BdF et du BdA

Contraintes Associés à la routine créée:

- Deux colonnes de chiffres X,Y
- Séparateur des décimales le point (pour Matlab)
- **Même nombre de points intrados et extradados => Nb de points total impaire!**

Le maillage

Même si le profil est correctement importé des problèmes de maillage subsistent. La génération de celui-ci est basée sur une projection perpendiculaire à la surface de profil. On comprend qu'au niveau de la charnière il va y avoir intersection des projections et donc une impossibilité à obtenir le maillage par Gambit (Figure 1).

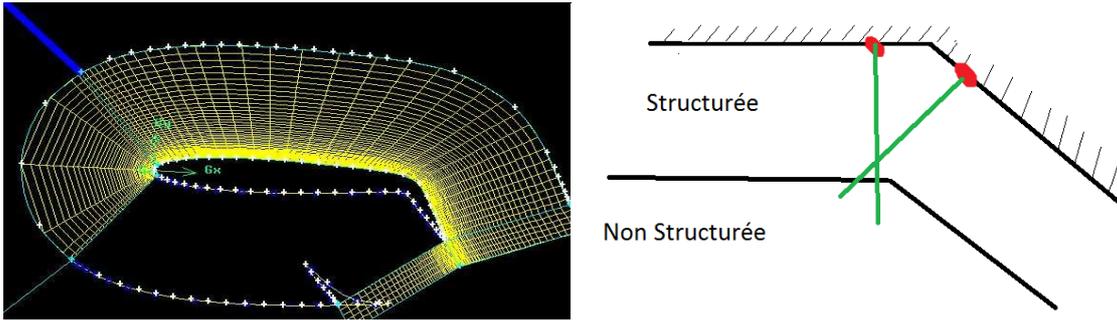


Figure 1 Maillage incomplet et charnière du volet

Solutions proposées:

- Réaliser l'enveloppe extérieure du maillage structuré par homothétie du profil. Cela change en profondeur le code actuel.
- Garder le même principe que celui utilisé actuellement avec Vlab, mais contraindre le maillage à avoir un point au niveau de la charnière. Plus simple à réaliser.

Paramétrage de Vlab

```
% maillage couche limite (normal au profil)

data_mesh.h1          = 0.1;          % hauteur 1ere maille sur
l'obstacle en mm
data_mesh.n_cl       = 30;           % nombre de mailles dans la zone
structurée du maillage
data_mesh.h_mesh     = 0.1;         % hauteur zone structuree du
maillage (% de corde)

% maillage couche limite (tangential au profil)

data_mesh.size_bda   = data_geo.c/100;
data_mesh.coeff_sill = 0.20;        % longueur de la zone sillage (nombre
de corde)
```

La hauteur maximale de la zone structurée dépend en plus de l'angle de braquage du volet du nombre de points de maillage sur le profil. Les chiffres donnés ici sont donc des ordres de grandeurs et peuvent nécessiter quelques ajustements. Avec ces chiffres, on obtient un maillage d'environ 5000 mailles.

Paramétrage de Fluent

a) Solver

The Solver menu is configured as follows:

- Solver:** Pressure Based, Density Based
- Formulation:** Implicit, Explicit
- Space:** 2D, Axisymmetric, Axisymmetric Swirl, 3D
- Time:** Steady, Unsteady
- Velocity Formulation:** Absolute, Relative
- Gradient Option:** Green-Gauss Cell Based, Green-Gauss Node Based, Least Squares Cell Based
- Porous Formulation:** Superficial Velocity, Physical Velocity

Buttons: OK, Cancel, Help

Figure 2 Menu Solver

b) Viscous Model

The Viscous Model menu is configured as follows:

- Model:** Inviscid, Laminar, Spalart-Allmaras (1 eqn), k-epsilon (2 eqn), k-omega (2 eqn), Reynolds Stress (5 eqn)
- Spalart-Allmaras Options:** Vorticity-Based Production, Strain/Vorticity-Based Production
- Model Constants:** Cb1: 0.1355, Cb2: 0.622, Cv1: 7.1, Cw2: 0.3
- User-Defined Functions:** Turbulent Viscosity: none

Buttons: OK, Cancel, Help

Figure 3 Menu Viscous Model

c) Boundary conditions

Inlet, Up & Down:

- Velocity-inlet $V=110\text{m/s}$,
- Intensité de turbulence 1%
- Longueur caractéristique 0.005m

Outlet:

- Pressure-outlet $V=110\text{m/s}$

Xfoil

Nous avons utilisé Xfoil sous la forme du logiciel QDLR5 qui permet d'avoir une interface graphique conviviale et efficace.

Transition turbulente

La partie la plus importante à configurer est le menu "*Define an Analysis*" dans l'onglet "*Polar*".

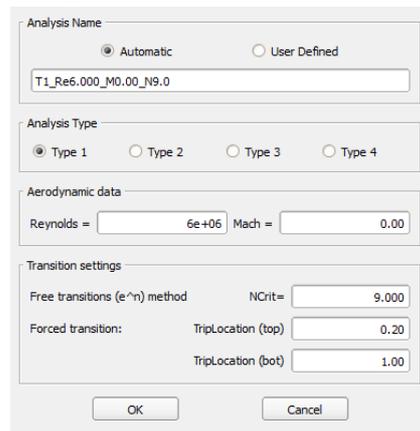


Figure 4 Menu Define an Analysis

Contrairement à Javafoil on peut directement rentrer le Re souhaité.

La partie intéressante correspond à l'item "*Transition settings*" qui permet de régler le passage au mode turbulent de Xfoil. Pour un profil qui n'est pas dit "laminaire", la transition s'opère relativement tôt, 30% de la corde à partir du bord d'attaque. Après plusieurs essais, il s'avère que c'est le réglage qui a le plus d'influence sur les résultats. Il existe deux méthodes pour déclencher la transition:

- *Free transition method*
- *Forced transition*

La *free transition method* autorise la transition quand la valeur d'une variable fonction de l'écoulement proche paroi dépasse une valeur critique que l'on fixe (par défaut elle vaut 9). N'ayant pas trouvé beaucoup d'informations sur la manière dont elle était calculée, nous avons donc effectué une analyse pratique. Plus la valeur fixée est faible plus la transition se produit près du bord d'attaque.

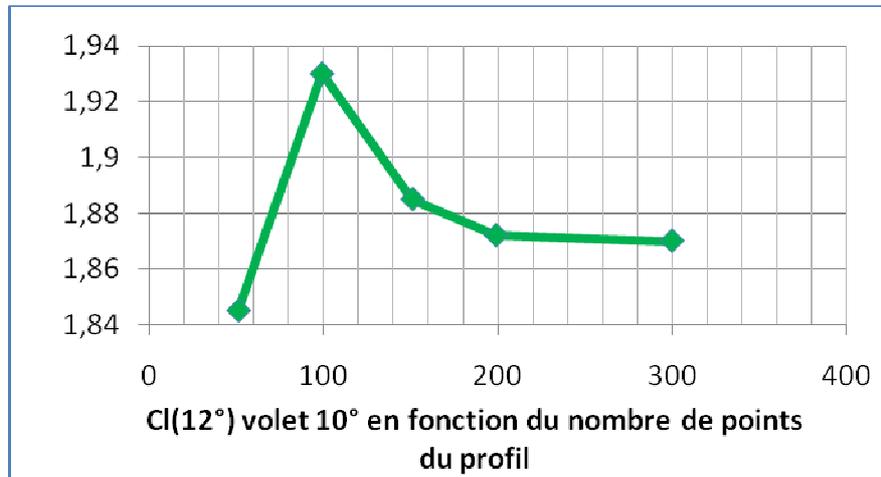
La *forced transition* permet d'imposer à Xfoil le point de transition en % de corde. Cela présume de connaître à peu près la solution recherchée.

Après plusieurs essais et comparaisons avec les données expérimentales du profil NACA4412, il se trouve que la *free transition method* donne les meilleurs résultats. On fixe la valeur demandée à 0.1.

Discrétisation du profil

La question suivante est de savoir si le nombre de panneaux utilisés pour faire les calculs (i.e. le nombre de points du profil) influe sur le résultat de la simulation. Pour en analyser l'impact, plusieurs simulations ont été effectuées avec le profil NACA4412 à 12° d'incidence, volet 10°. On

remarque très clairement que lorsque l'on dépasse 200 la valeur du Cl ne varie plus. On définit ainsi une sorte d'indépendance au maillage. Comme Xfoil ne peut pas générer des profils qui ont plus de 99 points on utilisera Javafoil qui est beaucoup plus souple de ce point de vue. Avec les contraintes de la routine Matlab (impérativement un nombre impair) le nombre de points choisis sera donc 199.



Javafoil

Javafoil est un logiciel relativement bien fait du point de vue de l'ergonomie. La prise en main est assez aisée et la partie qui concerne les modifications de profil (ajout de volet, bec, etc.) est très bien faite. Tout ce qui touchera à la géométrie du profil sera donc fait sous Javafoil. Comme pour Xfoil, il faut utiliser les fonctions *import* et *export* pour importer ou exporter des profils proprement.

Paramétrage

Les constantes de l'onglet *Options* restent inchangées, il s'agit des caractéristiques du fluide, densité, viscosité, mach, qui n'ont pas besoin d'être modifiés. Seule la fonction qui permet de tracer des polaires sera ici abordée. Penser tout de même à se mettre en mode US pour exporter les profils et avoir directement le point comme séparateur des décimales.

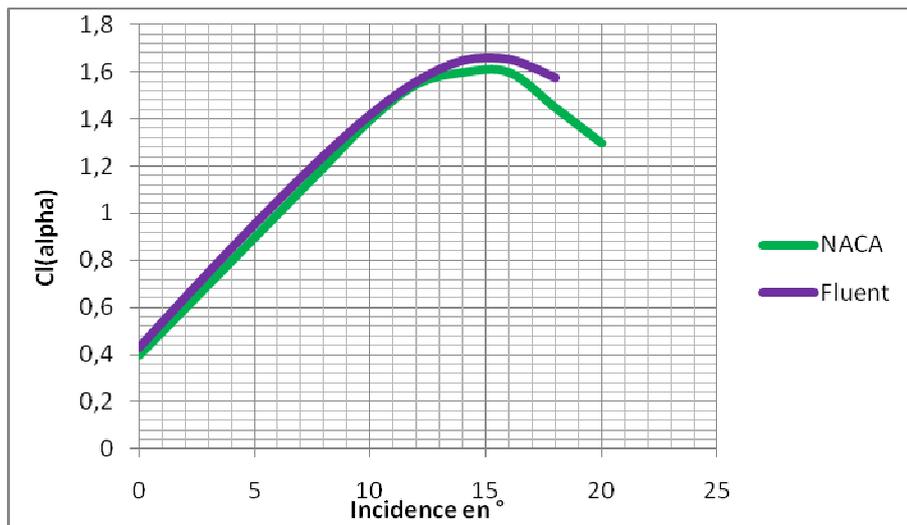
Nous allons maintenant décrire et commenter les paramètres importants à étudier:

- **Fini de surface:** *Naca Standard*, peu d'influence sur le Cz, beaucoup plus sur le Cx
- **T.U. ou T.L:** en % de corde, lieu de la transition en mode turbulent, peu d'influence sur le Cz aux faibles incidences, peut aider à obtenir un résultat cohérent aux fortes incidences.
- **Méthode de décrochage:** choisir *CalcFoil*, c'est lui qui a le plus d'influence sur le Cz. *Eppler* surestime trop l'angle de décrochage aux faibles incidences.
- **Modèle de transition:** peu d'importance pour le calcul du Cz, influe beaucoup plus le Cx.

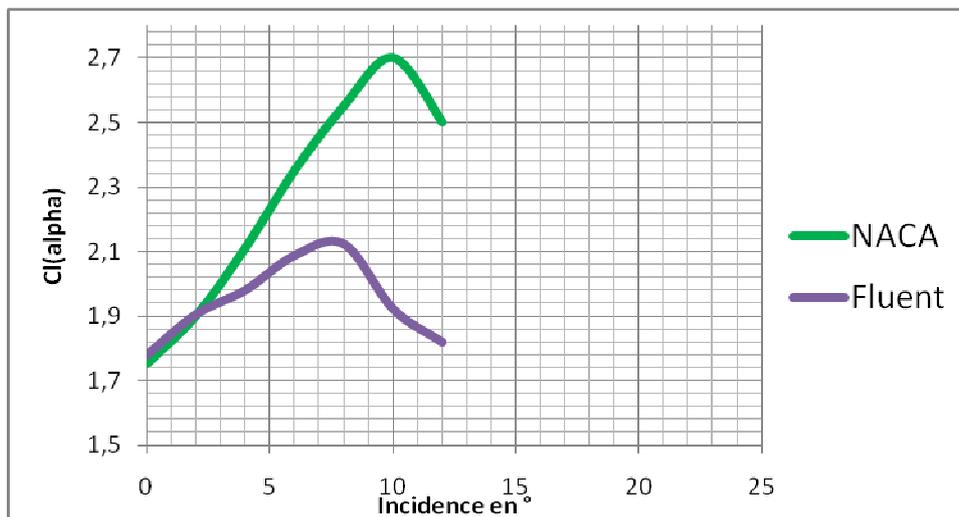
Résultats

Les résultats sont fournis sous forme d'un tableau excel. Toutes les simulations ont été obtenues grâce aux indications données dans les différents chapitres.

NACA, Fluent volet 0°

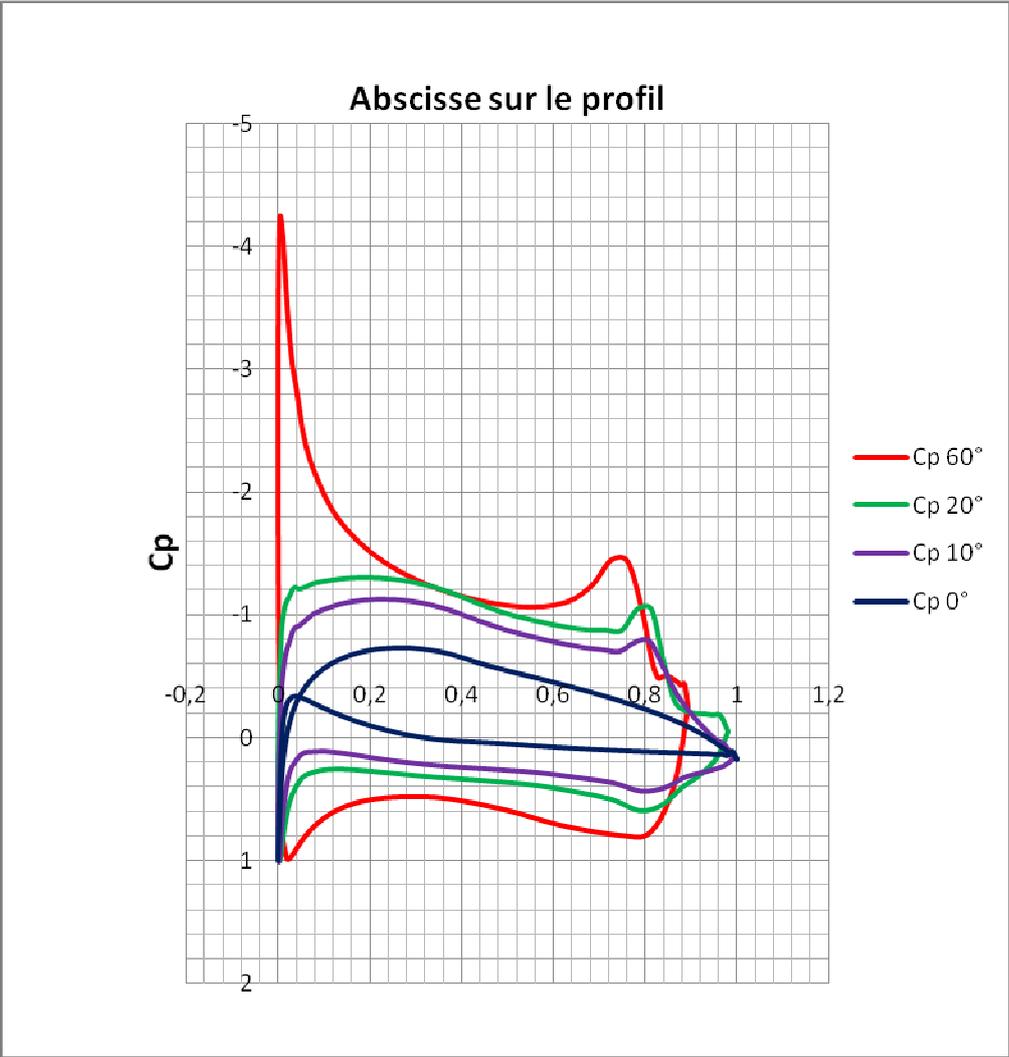


NACA Fluent volet 60°



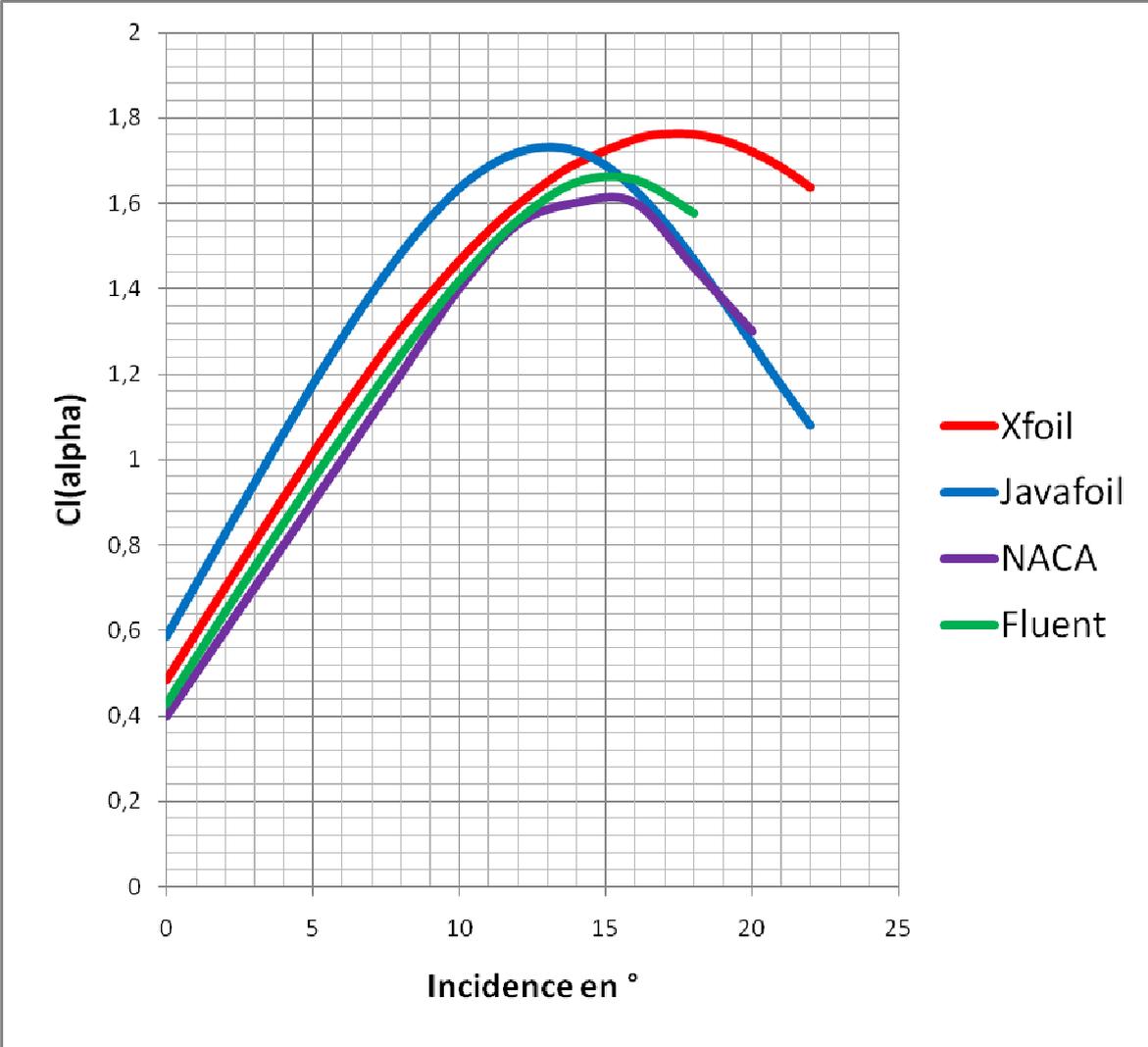
Au delà de 4° environ, on constate qu'il n'y a pas de tourbillon qui se décroche du bord d'attaque. Or on devrait normalement assister à ce genre de phénomène. Il semble donc que cela soit la première piste à étudier pour tenter d'expliquer ce décalage.

Calcul du Cp avec Fluent

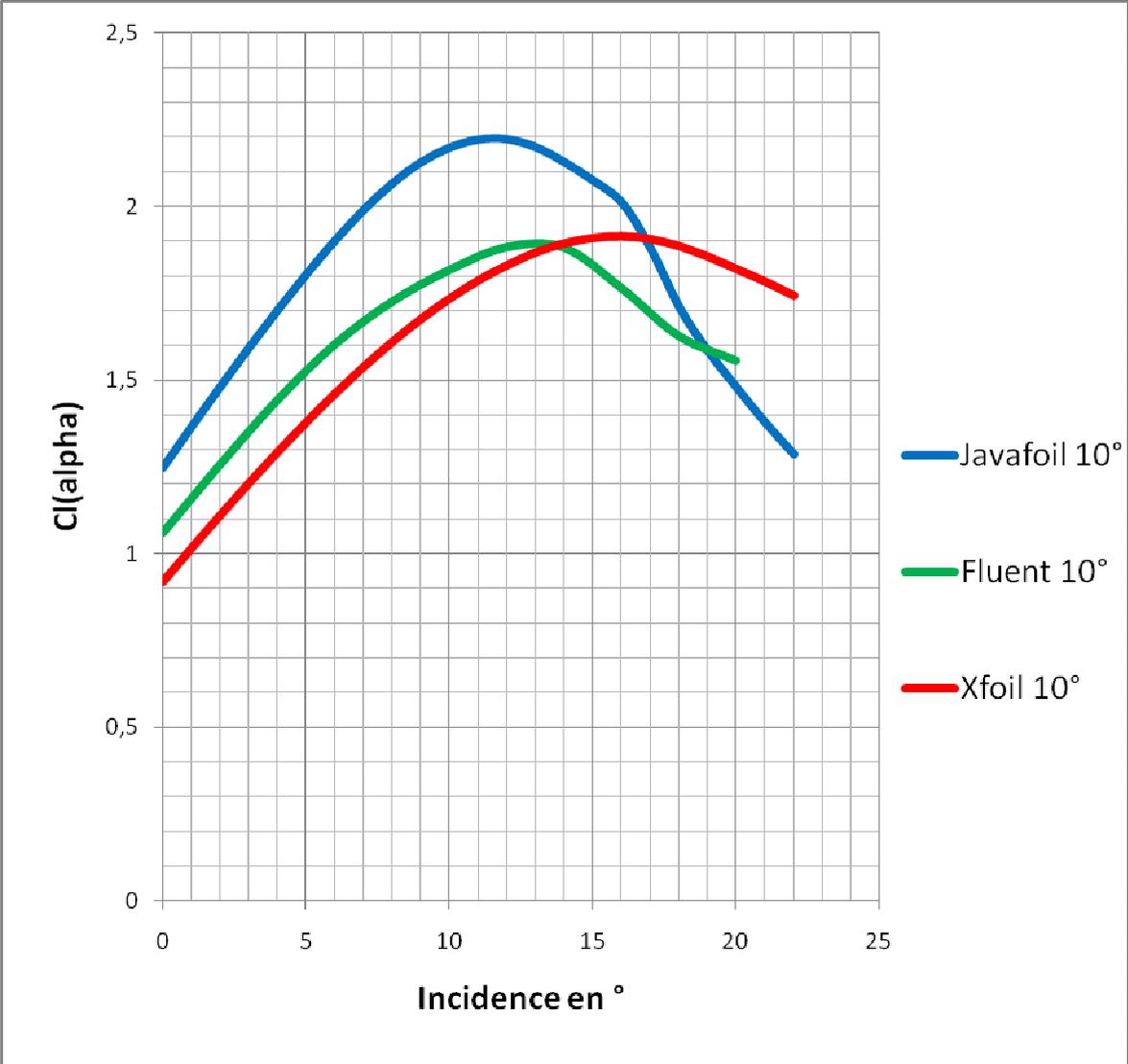


La répartition des Cp à l'origine du Cz est conforme est cohérente par rapport à la réalité.

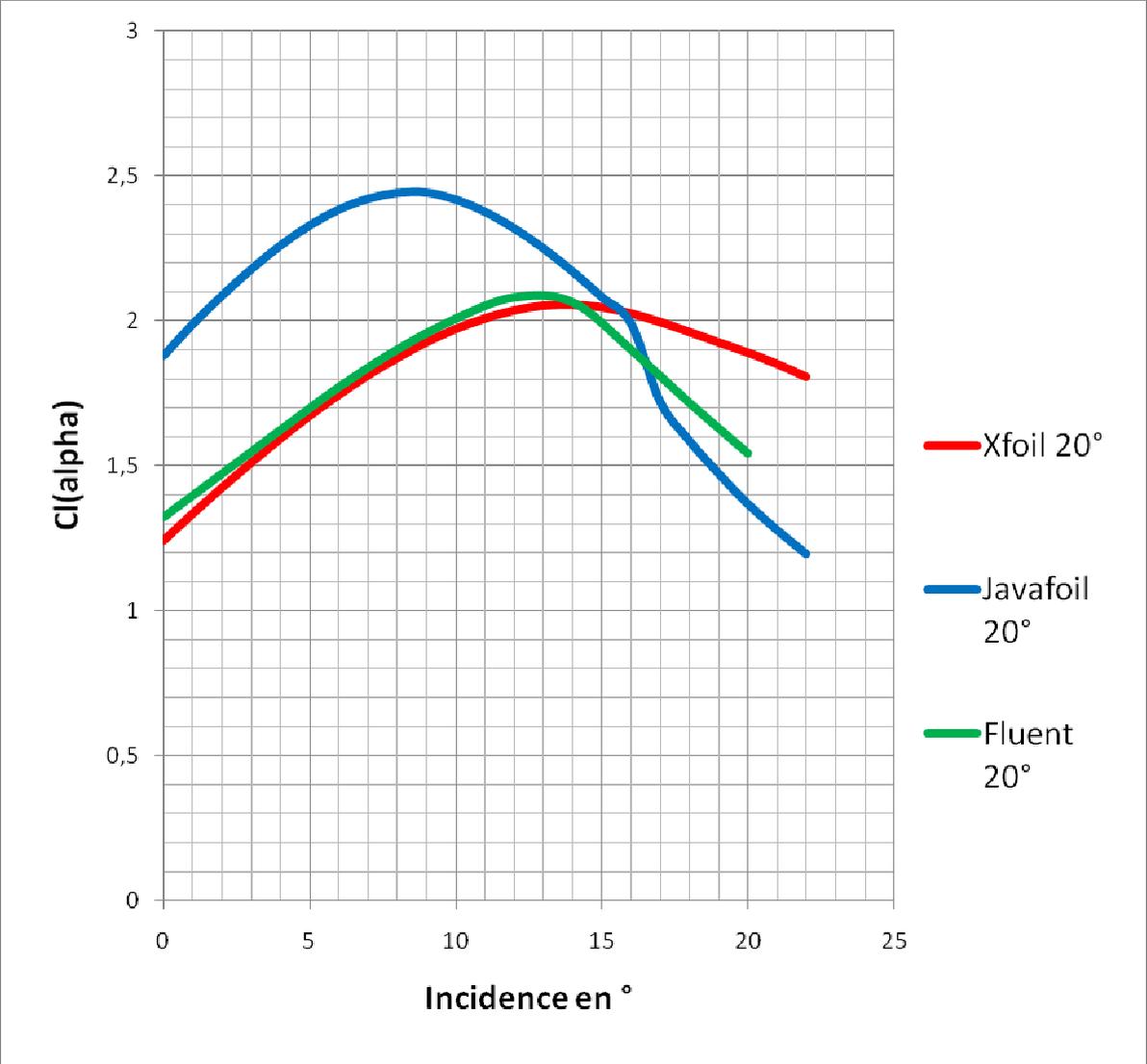
Comparaison avec un NACA4412 en configuration lisse



Comparaison avec un NACA4412 volet 10°



Comparaison avec un NACA4412 volet 20°



Calcul instationnaire

Lorsque le braquage du volet est fort (60°), le calcul en instationnaire permet entre autre de visualiser l'écoulement et les phénomènes qui en découle. Dans la simulation suivante, il s'agit d'un braquage à 60° des volets, incidence 4° tout le reste étant égal par ailleurs. Un pas de temps de l'ordre de 0,1 s est suffisant car le phénomène à observer est de l'ordre de la seconde. Sur l'image ci-dessous (Figure 5) qui est une représentation de la vorticité (faible en bleu, élevée en rouge). On remarque facilement que des artefacts subsiste au niveau du bord d'attaque et qui résulte du maille. Malgré le déclenchement forcé d'une zone tourbillonnaire au BA, aux fortes incidences, on n'observe pas de phénomène similaire à ce qu'il se passe au bord de fuite ce qui pourrait expliquer cette perte de portance quand on dépasse les 4° .

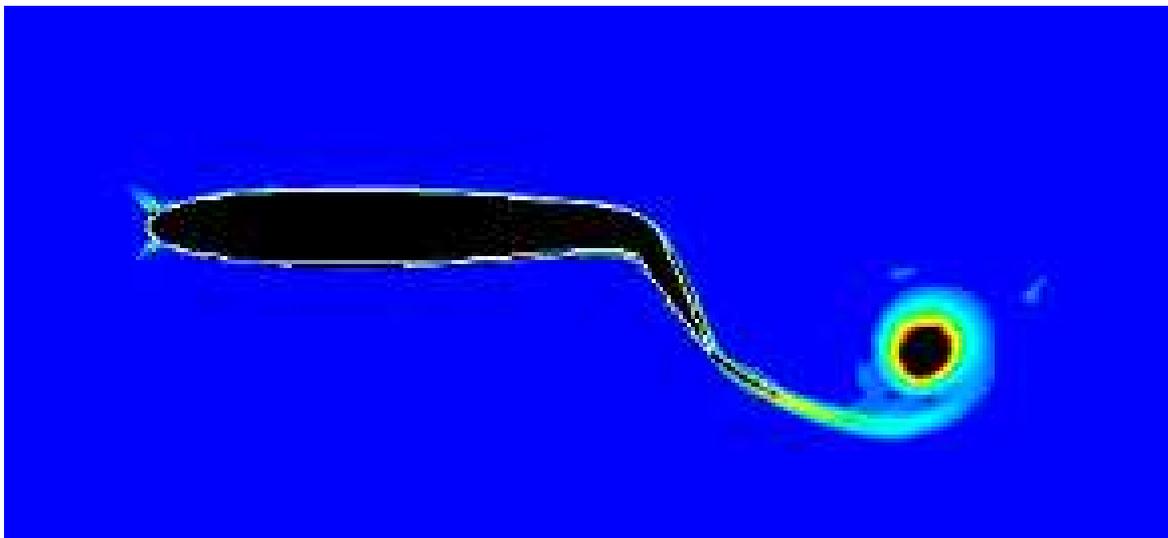


Figure 5 Volet 60° , incidence 4° , Vorticité

Conclusion

Il est possible de résumer tous les résultats dans le tableau suivant,

Volet	0°	10°	20°	60°
Fluent	+++	++	++	+
Xfoil	++	+	++	--
Javafoil	+	-	--	--

Sans hésiter, Xfoil s'avère être une bonne alternative à Fluent pour le calcul du C_z , même avec des configurations de voilure prononcées. Le temps de calculs est légèrement plus important que Javafoil, quelques dizaines de secondes contre un calcul immédiat, mais négligeable devant la mise en œuvre de Fluent! Pour la suite de ce travail, il serait intéressant de passer au crible le calcul du C_x qui est à mon avis plus délicat et qui permettrait d'établir quels sont les paramètres à modifier sous Xfoil (modèle de transition méthode de décrochage, etc.). Sous Fluent, il serait intéressant de regarder pourquoi il n'y a pas de phénomène tourbillonnaire plus important qui se déclenche au bord d'attaque aux fortes incidences et si ce n'est pas cela qui pourrait expliquer le déficit de portance constaté.