

BE Master M1(à rendre)

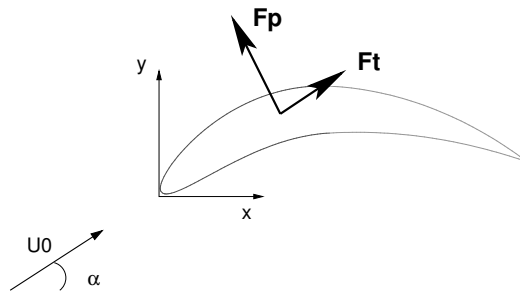
Étude d'un profil NACA avec FEMLAB

à rendre rédigé

27 avril 2017

1 Description du problème

On considère l'écoulement autour d'un profil NACA en incidence (angle α).



1.1 Définition d'un profil NACA

Un profil NACA est un profil d'aile standardisé définie à partir de 3 paramètres :

1. l'épaisseur relative t
2. la cambrure relative y_a au point x_a de la ligne moyenne

1.1.1 profil symétrique

Dans ce cas $y_a = x_a = 0$ et le seul paramètre est l'épaisseur relative t . L'extrados est donné par la courbe $y_e = F(x)$ suivante et l'intrados par la courbe symétrique $y_i = -F(x)$

$$F(x) = 5.0t \left(0.2969\sqrt{x} - 0.1260x - 0.3537x^2 + 0.2843x^3 - 0.1015x^4 \right) \quad \text{pour } 0 \leq x \leq L_c$$

La longueur de la corde L_c suivant x est donnée par la racine de $F(L_c) = 0$, i.e. $L_c = 1$ (sans dimension)

Un profil NACA symétrique à 4 chiffres est donnée par la nomenclature NACA00yz où les 2 chiffres yz représente l'épaisseur relative du profil $t = yz/100$.

1.1.2 profil cambré

Dans ce cas on donne la ligne moyenne du profil en fonction de x_a et y_a . Cette ligne moyenne a pour équation en fonction de x

$$y_m = \begin{cases} \frac{y_a(2x_a-x)x}{x_a^2} & \text{si } 0 \leq x \leq x_a \\ \frac{y_a(1-x)(1+x-2x_a)}{(1-x_a)^2} & \text{si } x_a \leq x \leq L_c \end{cases}$$

L'équation de l'extrados $\{y_e, x_e\}$ est obtenu à partir de cette ligne moyenne, en introduisant l'angle θ

$$\theta(x) = \frac{dy_m}{dx}$$

et la fonction $F(x)$ précédente :

$$\begin{aligned} x_e(x) &= x - F(x) \sin(\theta(x)) \\ y_e(x) &= y_m + F(x) \cos(\theta(x)) \quad \text{pour } 0 \leq x \leq L_c \end{aligned}$$

L'équation de l'intrados $\{x_i, y_i\}$ correspond à l'équation symétrique en y

$$\begin{aligned} x_i(x) &= x + F(x) \sin(\theta(x)) \\ y_i(x) &= y_m - F(x) \cos(\theta(x)) \quad \text{pour } 0 \leq x \leq L_c \end{aligned}$$

La longueur de la corde L_c vérifie $y_e(L_c) = y_i(L_c)$

Un profil NACA cambré à 4 chiffres est donnée par la nomenclature NACAwxxyz où les 2 chiffres yz représentent l'épaisseur relative du profil ($t = yz/100$), le chiffre w la courbure relative en % ($y_a = w/100$) et le chiffre x la position de la flèche de la ligne moyenne en 1/10 de corde ($x_a = x/10$).

Un profil NACA cambré à 5 chiffres est donnée par la nomenclature NACAwxxyz où les 2 chiffres yz représentent l'épaisseur relative du profil ($t = yz/100$), le chiffre w la courbure relative en % ($y_a = w/10$) et les 2 chiffres xx la position de la flèche de la ligne moyenne en 2/100 de corde ($x_a = 2xx/100$).

début du fichier	suite du fichier
999	0.0
triangle	30
0	0.0
SECTION	11
2	0.5
ENTITIES	21
0	1.0
LINE	31
8	0.0
0	0
10	LINE
0.0	8
20	0
0.0	10
30	0.5
0.0	20
11	1.0
1.0	30
21	0.0
0.0	11
31	0.0
0.0	21
0	0.0
LINE	31
8	0.0
0	0
10	ENDSEC
1.0	0
20	EOF

TABLE 1 – exemple de fichier DXF pour un triangle (affichage sur 2 colonnes)

2 Format DXF

DXF, sigle de Drawing eXchange Format, est un format créé par la société Autodesk servant à échanger des fichiers DAO ou CAO entre systèmes CAO n'utilisant pas le même format de fichier natif. Il a été conçu à l'origine pour représenter les modèles 3D créés avec AutoCAD.

Pour décrire une courbe, on la décrit par une liste de segments en donnant les coordonnées des 2 points extrémités et décrit dans le sens trigonométrique.

Dans l'exemple suivant (table 1 page précédente), on décrit un triangle en définissant ces 3 cotés après les entêtes LINE et les codes 10,20,30 pour les coordonnées x,y,z du 1er point et 11,21,31 pour les coordonnées du 2nd point. Toutes les autres entêtes doivent être conservées.

3 Objectifs

L'objectif de l'étude est de déterminer la force de portance et son point d'application pour différentes incidences $-10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$.

Le profil NACA étudié est défini à partir des 4 derniers chiffres $xwyz$ de votre numéro étudiant $id = aaaxwyz$ avec les règles suivantes :

- la position x correspond au 1er chiffre
- la courbure relative w correspond au 2nd chiffre
- l'épaisseur relative yz correspond aux 2 derniers chiffres

A l'aide du logiciel COMSOL, faire une étude du profil NACA $wxyz$ en écoulement potentiel. On déterminera en particulier la portance et son point d'application en fonction de l'incidence.

Rédiger un rapport synthétique en décrivant la méthode utilisée et l'analyse des résultats (précision, validation..)