

# Cas d'étude « Eolienne », dimensionnement sous python

F. Ravelet<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Arts et Metiers ParisTech, DynFluid,*  
151 boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France.  
contact: florent.ravelet@ensam.eu

21 septembre 2018

Le travail s'effectue par groupes de 3 ou 4 (3 groupes par TS). Il y a trois séances de TP.

## 1 Cahier des charges

Il s'agit de concevoir les pales d'une éolienne répondant au cahier des charges suivants :

- Puissance produite  $P = 60$  W
- Vitesse du vent en amont  $V_\infty = 10$  m.s<sup>-1</sup>
- Masse volumique de l'air  $\rho = 1.2$  kg.m<sup>-3</sup>

Les contraintes sont les suivantes :

- Nombre de pales entre 2 et 5
- Rapidité spécifique  $\lambda$  entre 3 et 6
- Rayon intérieur supérieur à 60 mm (pour l'accroche sur le moyeu de la machine électrique)
- Longueur de la pale inférieure à 220 mm (pour tenir sur le plateau de la machine d'impression 3D)
- Profils NACA0012
- Epaisseur minimale des profils de 4 mm (donc corde minimale de  $\frac{4}{12\%} \simeq 33$  mm)

## 2 Méthode de prédimensionnement

- On suivra la démarche décrite dans le document pdf fourni intitulé "Wind turbine design". Les numéros d'équation utilisées ci-après se rapportent à ce document.
- On utilisera python. Un canevas de script vous est fourni : "PredimEolienneEleves.py".
- Vous aurez à choisir et à faire varier un certain nombre de paramètres : rapidité spécifique, rapport de moyeu, facteur d'induction axial estimé, coefficient de puissance estimé, choix de l'incidence souhaitée des profils  $i_0$ , nombre de pales.
- La première étape est de calculer le rayon extérieur  $Re$  à partir de la théorie de Froude-Betz vue en cours. Puis de calculer le rayon intérieur  $Ri$  correspondant au rapport de moyeu choisi et la vitesse de rotation en utilisant la rapidité spécifique choisie.
- Ensuite, définir un vecteur de rayons discrétisés de  $Ri$  à  $Re$  (prendre une dizaine de points). On aura ainsi une dizaine de sections le long de la pale. Pour chaque rayon, on peut alors calculer l'angle du vent apparent  $\beta$  (éq. 19 en prenant  $a' = 0$ ) et l'angle de calage  $\gamma = \beta + i_0$ .

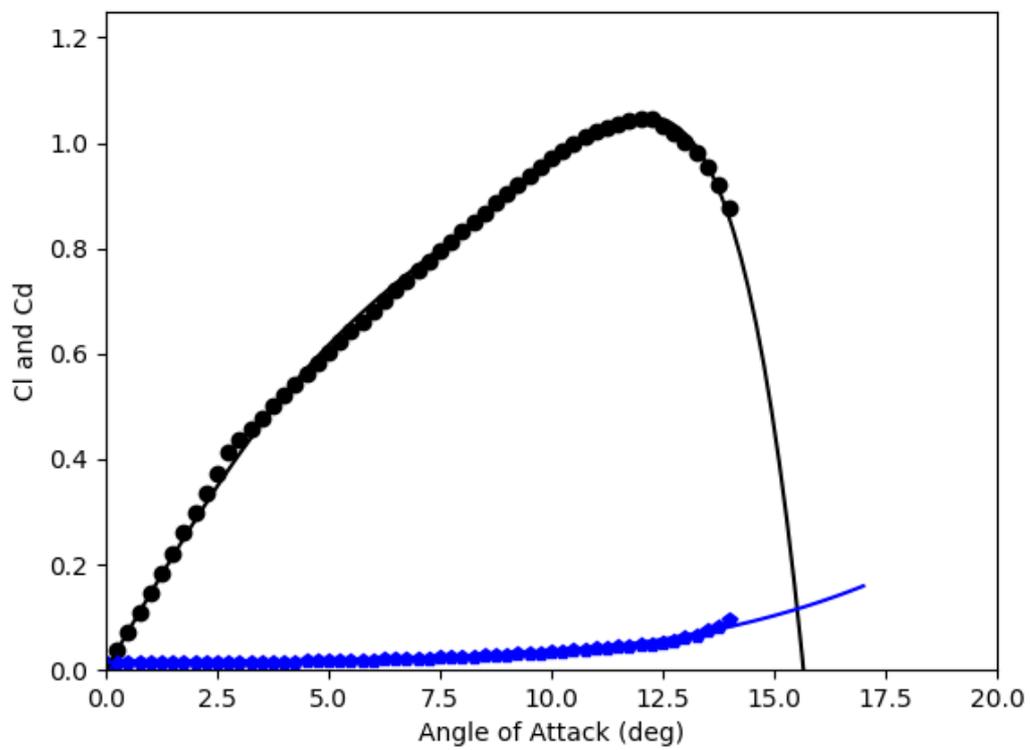


FIGURE 1 – Polaire du NACA0012 calculée avec Xfoil à un nombre de Reynolds de 10<sup>5</sup>

- On effectuera ensuite un calcul de la corde à 70% du rayon extérieur en utilisant les équations 40 et 32 (prendre  $Q = 1$  dans cette étape de prédimensionnement).  
Pour le calcul des coefficients de portance et de trainée, la polaire du NACA0012 (Fig. 1) a été calculée avec XFOIL et est fournie sous forme de fichier csv (“xf-n0012-il-100000-n5.csv”); un fit polynomial a été réalisé et une fonction python faisant appel à ce fit est fournie dans “Naca12Lib.py”(vous pouvez utiliser une autre méthode).
  - On effectuera ensuite un calcul de la corde à 90% du rayon extérieur en utilisant les équations 40 et 32 (prendre  $Q = 1$  dans cette étape de prédimensionnement).
  - La corde des profils aux différentes sections (de  $Re$  à  $Ri$ ) sera prise comme résultant d’une interpolation linéaire entre les deux valeurs calculées à 70% et 90% du rayon extérieur.
- Le but est d’obtenir à la fin un tableau de points décrivant pour chaque section :
- le rayon
  - le calage
  - la corde

Il faudra penser à sauver ce tableau de points pour passer à la phase d’analyse puis de production des fichiers « nuages de points CATIA ».

### 3 Livrables à l’issue de la première séance

Déposer sur la plateforme SAVOIR un court rapport sur la phase de prédimensionnement avec :

- le choix final des paramètres dimensionnants (rapidité spécifique, rapport de moyeu, facteur d’induction axial estimé, coefficient de puissance estimé, choix de l’incidence souhaitée des profils  $i_0$ , nombre de pales).
- les paramètres résultants de ce choix (vitesse de rotation, rayons externes et internes, calage et corde en fonction du rayon).

### 4 Phase d’analyse par la méthode des éléments de pale

Au cours des deux séances de TP suivantes, on codera la méthode d’analyse itérative décrite dans la section 9 du document “Wind turbine design”, en utilisant en lieu et place des équations 50, 51 et 52 (sans facteur de Prandtl ni friction) les équations 21, 33, 40 et 41 qui incluent les pertes. Pour le calcul du coefficient de puissance final, on prendra l’équation 45.

On étudiera pour le dessin d’éolienne retenu la courbe du coefficient de puissance en fonction de la rapidité spécifique.

### 5 Phase de production d’un fichier lisible sous CATIA

Avec le professeur, une fois validé la géométrie, on générera les fichiers « nuages de points CATIA ».

### 6 Livrables

Déposer sur la plateforme SAVOIR un court rapport sur l’analyse et les fichiers CATIA.