

# Expertise PA13, Module « CFD »

## Simulation de l'écoulement autour d'une éolienne

F. Ravelet<sup>a</sup>, S. Khelladi<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire d'Ingénierie des Fluides et Systèmes Energétiques,*  
 Arts et Metiers Institute of Technology,  
 151 boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France  
 contact: florent.ravelet@ensam.eu

20 mai 2021

### 1 Rappels sur le fonctionnement aérodynamique d'une éolienne

- Une éolienne de rayon extérieur  $R_t$ , balaye une surface perpendiculaire au vent  $S = \pi R_t^2$ .
- Pour un écoulement d'air de vitesse  $V$  et de masse volumique  $\rho$ , la puissance qui traverse le disque de surface  $S$  est :

$$P_{dispo} = \frac{1}{2} \rho V^3 S$$

- L'éolienne ne récupère qu'une partie de cette puissance :  $P_{mec}$ . On note  $C_p$  le « coefficient de puissance », défini par :

$$C_p = \frac{P_{mec}}{P_{dispo}}$$

- Une éolienne tourne. On note  $\omega$  sa vitesse angulaire. On introduit le nombre sans dimension  $\Lambda$  appelé « rapidité spécifique », défini par :

$$\Lambda = \frac{R_t \omega}{V}$$

- Ce paramètre est directement lié à la cinématique des vitesses en bout de pale :

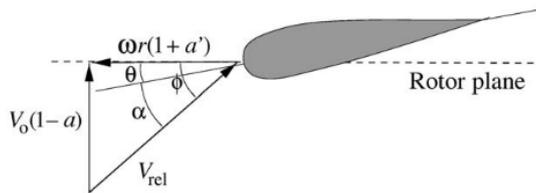


Figure 6.2 Velocities at the rotor plane

Changer sa valeur fait varier l'angle d'incidence sur les profils, donc la « réponse » aérodynamique de l'éolienne.

- On appelle courbe caractéristique de l'éolienne la donnée de  $C_p$  en fonction de  $\Lambda$
- La puissance mécanique  $P_{mec}$  est le produit du couple  $C$  et de la vitesse angulaire  $\omega$ . On le présente sous la forme adimensionnelle d'un coefficient de couple  $C_c$  défini par :

$$C_c = \frac{C}{\frac{1}{2} \rho V^2 S R_t}$$

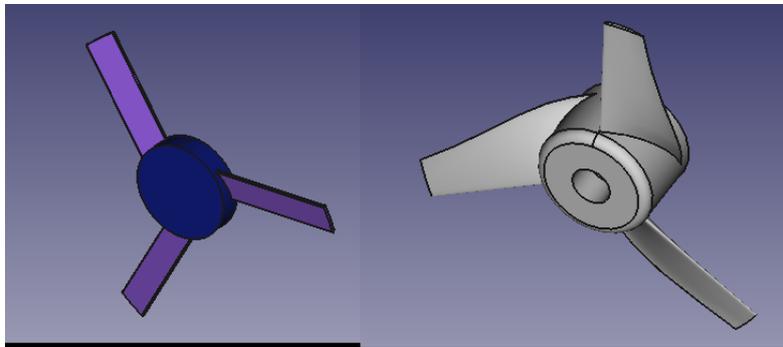
On a donc la relation :

$$C_p = C_c \Lambda$$

## 2 Cas étudié

Le projet consiste à établir numériquement les courbes caractéristiques de deux éoliennes de rayon extérieur  $R_t = 150$  mm, fonctionnant sous un vent infini amont de  $10 \text{ m.s}^{-1}$ . Il s'agit d'éoliennes tripales, dimensionnées pour fonctionner autour de  $\Lambda = 3$ . Nous vous fournissons leur géométrie au format STEP :

- La première, « Mochissime.step », est réalisée à partir de planches rectangulaires avec un calage uniforme, sans méthode particulière de conception ;
- La seconde, « BEMl3rt150.step », a été dimensionnée en utilisant la méthode "BEM" couplant un bilan de quantité de mouvement à des polaires de profils portants aérodynamiques (voir planches du cours sur les éoliennes).



Pour cela, vous avez à votre disposition un document intitulé « TutorielStarCCM\_2020.pdf » et un ensemble de vidéos dans le dossier « tutos\_video », donnant la démarche de simulation et de posttraitement à suivre.

Nous vous conseillons de :

- commencer par une éolienne, en paramétrant une vitesse angulaire donnant un  $\Lambda = 3$  ;
- soigner et affiner suffisamment le maillage sur ce cas ;
- **puis** explorer quelques (minimum 5) points de fonctionnement autour de  $\Lambda = 3$  (de 1.5 à 4.5) ;
- passer à l'autre éolienne.

## 3 Matériel supplémentaire

Les résultats d'essai en soufflerie de la tripale avec méthode BEM sont fournis ci-dessous en guise d'illustration.

