

## Stage M2 ou de fin d'études :

# Simulation aux grandes échelles du sillage d'éoliennes : influence de la turbulence amont.

**Durée du stage :** 6 mois (2017) – Projet M2NUM

**Lieu :** INSA Rouen (76)

**Thématique Scientifique :** Large-Eddy Simulation, éoliennes offshore, sillage turbulent

**Encadrants :** P. Bénard, G. Lartigue, V. Moureau, C. Gout/A. Tonnoir

**Contacts :** [vincent.moureau@coria.fr](mailto:vincent.moureau@coria.fr), [christian.gout@insa-rouen.fr](mailto:christian.gout@insa-rouen.fr)

**Résumé :** L'objectif de ce stage consiste à étudier le sillage d'éoliennes au moyen de la simulation aux grandes échelles. L'étudiant s'intéressera en particulier à l'influence de la turbulence amont, issue de la couche limite atmosphérique ou d'obstacles, sur le développement des structures cohérentes et de la turbulence dans le sillage. A cet effet, l'étudiant devra proposer une modélisation de vent turbulent réaliste en se basant sur les travaux de la littérature. L'étudiant devra également s'attacher à la validation fine de la méthodologie mise en place.

### **Description du sujet :**

En aval du rotor d'une éolienne, deux principaux phénomènes aérodynamiques se produisent : i) la vitesse moyenne de l'écoulement diminue, ii) l'intensité turbulente augmente. Ces deux phénomènes ont un impact direct sur la performance des éoliennes placées en aval dans une configuration de parc éolien [1]. La prédiction du sillage est donc importante pour dimensionner les parcs. Les phénomènes en jeu dans le sillage sont particulièrement non-linéaires, ce qui rend difficile leur prédiction pour des éoliennes de nouvelle technologie avec des rotors plus grands, des profils d'aubage différents, ou des aubes plus souples.

Ce sujet de stage cherche à évaluer les capacités de la simulation instationnaire et plus particulièrement de la simulation aux grandes échelles (LES) pour la simulation du sillage turbulent. La simulation aux grandes échelles consiste à résoudre les grandes structures cohérentes de l'écoulement tout en modélisant l'impact des plus petits tourbillons. Cette méthode présente l'avantage de donner accès à l'ensemble des quantités importantes pour caractériser le sillage. Afin de limiter la puissance de calcul nécessaire à cette étude, l'étudiant ne cherchera pas à modéliser finement l'écoulement autour des aubes mais il utilisera une méthode de mollification, qui consiste à représenter la présence des aubes dans l'écoulement par une force volumique dans les équations de Navier-Stokes. Cette méthode basée sur des fonctions Dirac filtrées [3] et introduite dans le logiciel YALES2 [2], développé par le CORIA, a déjà montré son potentiel sur des éoliennes de taille industrielle.

L'objectif du stage est de simuler le sillage d'éoliennes pour étudier l'influence de la turbulence amont et celle des familles de structures cohérentes qui la compose. Pour cela, l'étudiant proposera

une ou plusieurs modélisations de la turbulence amont et réalisera une étude paramétrique du sillage en fonction des paramètres importants : Tip Speed Ratio (TSR), intensité et spectre de la turbulence amont, ... On pourra s'intéresser si le temps le permet à l'étude de l'interactions de plusieurs éoliennes pour comprendre les phénomènes de parc.

#### Attendus

- Etude bibliographique
- Modélisation du vent turbulent amont
- Etude paramétrique du sillage
- Rédaction d'un rapport de stage

#### Moyens utilisés :

- **Logiciels** : YALES2
- **Moyens de calcul** : moyens nationaux via les appels GENCI et mésocentre normand (CRIANN)

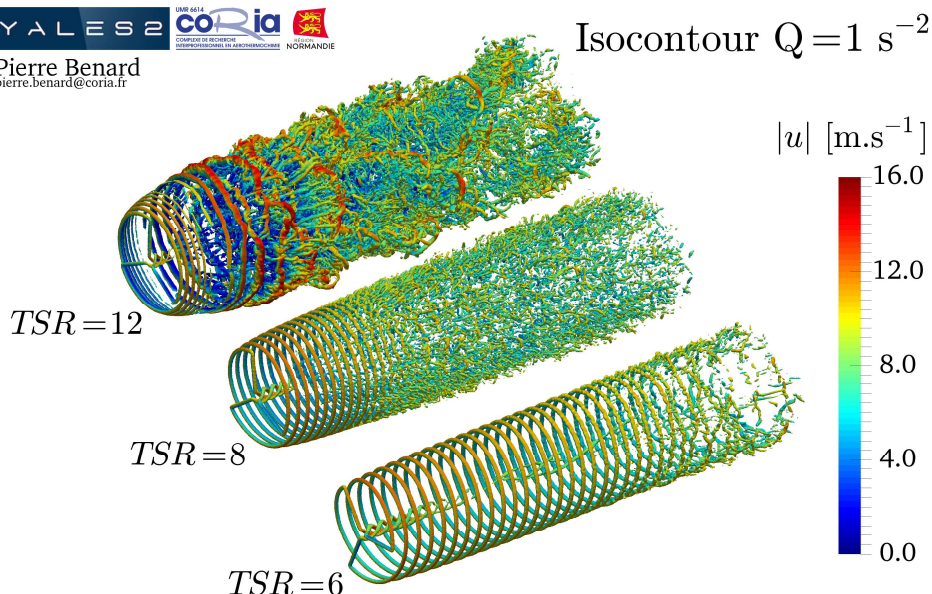
#### Références bibliographiques :

1. D.L. Elliott. Status of wake and array loss research. In *Wind power Conference, Palm Springs, California*, 1991.
2. X. Wang, On the discretized delta function and force calculation in the immersed boundary method, in: K.J. Bathe (Ed.), *Computational Fluid and Solid Mechanics*, Elsevier, 2003, pp. 2164–2169.
3. YALES2 web site, <http://www.coria-cfd.fr>

#### Illustrations :



Photographie du sillage d'éoliennes offshore. Courtesy of Vattenfall Wind Power, Denmark



Modélisation du sillage turbulent d'éoliennes à différents Tip Speed Ratio (TSR) par une méthode de mollification avec le logiciel YALES2. Projet région Normandie INWIT.