

Stage de Master 2020

Sujet : Etudes des interactions structures cohérentes/familles de structures cohérentes sur le champ turbulent autour d'un obstacle.

Encadrant(s) : E. Varea, L. Danaila, C. Lacour, B. Lecordier.

Projet associé : ANR DYNEOL

Mots clés (4) : Turbulence, Structures Cohérentes, Champ Dynamique, Bilan d'énergie

Objectifs :

Ce projet s'inscrit dans un contexte de recherche sur les éoliennes terrestres ou marines. Aujourd'hui, la réponse dynamique d'une éolienne en fonction de l'écoulement amont auquel elle est soumise n'est que peu connu. De plus, avec l'émergence de champs d'éoliennes, il existe une forte interaction éolienne à éolienne. Cette interaction peut provoquer des chutes de rendement ou la fatigue prématurée d'une génératrice qui sera soumise à un champ intermittent. Dans ce contexte, le but est de quantifier la dynamique d'un écoulement turbulent sur un profil de pale d'éolienne en fonction de l'écoulement amont. Ce dernier peut être un écoulement turbulent classique (couche limite atmosphérique), ou alors un écoulement peuplé par des familles de structures cohérentes (SC) produites par des éoliennes situées en amont. La plateforme spécifique permettra de mettre en place des études expérimentales complétées par une approche analytique, destinées à relier clairement la dynamique (globale, mais aussi locale – à une certaine échelle de la turbulence) de l'écoulement sur la pale d'éolienne aux événements amont (SC par exemple) via la prise en compte de leur propre dynamique temporelle.

Plus spécifiquement, dans ce stage, on se propose d'étudier l'influence d'une structure cohérente, ou d'une famille de structures cohérentes, sur l'écoulement turbulent autour d'un obstacle de type pale d'éolienne. Deux cas seront considérés :

- 1) La caractérisation des structures cohérentes dans le sillage d'un cylindre.
- 2) Dans un second temps, un profil de type d'une pale d'éolienne sera positionné dans le sillage du cylindre.

La méthodologie sera théorique et expérimentale. Des interactions avec d'autres partenaires de l'ANR DYNEOL (Lille et Poitiers) sont prévues.

Résultats attendus pour la rédaction du rapport de stage :

Les mesures seront effectuées dans la soufflerie aérodynamique du CORIA. La caractérisation des champs dynamiques en aval des configurations 1 et 2 portera sur le **bilan d'énergie cinétique de la turbulence**, mais aussi sur le **bilan d'énergie cinétique du mouvement cohérent**. Ces équations mettent en évidence la quantité d'énergie créée par le mouvement cohérent et transmis aux fluctuations turbulentes, que ce soit à une échelle particulière, ou alors pour toutes les échelles.

Pour cela, des mesures de différentes composantes de vitesse seront réalisées et des moyennes à chaque phase du mouvement cohérent seront calculées. Cette étude sera possible par l'utilisation simultanée d'un fil chaud et de la PIV. Par ailleurs, dans la configuration 2, on s'intéressera à identifier l'énergie issue de l'obstacle 1, en utilisant une méthode de soustraction de la contribution du mouvement cohérent.

Moyens utilisés : Nous utiliserons les moyens techniques du laboratoire : Pole métrologie : Laser PIV, Camera PIV, Fil Chaud
Atelier : montage

Travaux Développés sur le sujet au laboratoire
ANR DYNEOL, travaux de l'équipe 'Turbulence'.

Références bibliographiques de l'équipe en rapport avec le sujet :

- 1) Cambon C., Danaila L., Godefert F., Scott J., 2013, 'Third-order statistics and the dynamics of strongly anisotropic turbulent flows', *J. of Turbulence*, Vol. 14, Issue 3, p. 121-160.
- 2) Thiesset F., Danaila L. and Antonia R.A., 2014, Dynamical interactions between the coherent motion and small scales in a cylinder wake. *J. Fluid Mech.*, 749, 201-226.
- 3) L. Danaila, L. Voivenel, E. Varea, 2017, Self-similarity criteria in anisotropic flows with viscosity stratification, **Physics of Fluids**, Vol.29, Issue 2, 020705, DOI: 10.1063/1.4974520.
- 4) Gauding, L. Danaila, E. Varea, 2017, High-order structure functions for passive scalar fed by a mean gradient, **International Journal of Heat and Fluid Flow**, Vol. 67, Part B, pp. 86-93.
- 5) M. Bourgoïn, C. Baudet, S. Kharche, N. Mordant, T. Vandenberghe, A. Bouha, L. Danaila, et al., 2017, Investigation of the small-scale statistics of turbulence in the Modane S1 MA wind tunnel, **CEAS Aeronautical Journal**, 1-13.
- 6) C.R. Meyer, L. Mydlarski, and L. Danaila, "Statistics of incremental averages of passive scalar fluctuations", **Phys. Rev. Fluids** 3, 094603, 7 September 2018.
- 7) M. Gauding, J. Goebbert, L. Danaila, E. Varea, L. Wang, M. Bode, "On the self-similarity of line segments in decaying homogeneous isotropic turbulence", 2018, **Computers and Fluids**.
- 8) M. Gauding, L. Danaila and E. Varea, 'One-point and two-point statistics of homogeneous isotropic decaying turbulence with variable viscosity', 2018, **International Journal of Heat and Fluid Flow** 72:143-150, DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2018.05.013
- 9) S. Tang, R.A. Antonia, L. Djenidi, L. Danaila, Y. Zhou, 'Reappraisal of the velocity derivative flatness factor in various turbulent flows', 2018, **J. Fluid Mech.**, 847:244-265, DOI: 10.1017/jfm.2018.307

Références bibliographiques :

- Hand M.M., Kelley N.D. and Balas M.J., 'Identification of wind turbine response to turbulent inflow structures', 4th ASME/JSME Joint Fluids Engineering Conference, June 2003.
- Cal R., Lebron J., Castillo L., Kang S.H. and Meneveau C., 'Experimental study of the horizontally averaged flow structure in a model wind-turbine array boundary layer', *J. of Renewable and Sustainable Energy*, 2, 013106, 2010.
- Selig M.S., Deters R.W. and Williamson G.A., 'Wind tunnel testing airfoils at low Reynolds numbers', 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Orlando, 2011.
- Lebron J.R., Castillo L., Cal R.B., Kang H.S. and Meneveau C., 'Interaction between a wind turbine array and a turbulent boundary layer', 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the news horizons forum and aerospace exposition, Orlando, 2010.
- Chowdhury S., Zhang J., Messac A. and Castillo L, 'Unrestricted wind farm layout optimization (UWFLO): Investigating key factors influencing the maximum power generation', *Renewable Energy* 38, 16-30, 2012.
- Kat, R & van Oudheusden, B. (2012), 'Instantaneous planar pressure determination from PIV in turbulent flow', *Experiments in Fluids* 52(5), 1089-1106.