



Sensibilité d'un système éolien flottant aux paramètres incertains & identification des variables observables pour l'assimilation de données

Dans un contexte énergétique en pleine mutation, les énergies marines, et l'éolien offshore flottant en particulier, constituent une source d'énergie prometteuse en France et à l'international. IFP Energies nouvelles intervient sur différents domaines de l'éolien flottant qui vont de l'estimation de la ressource vent au développement de supports flottants en passant par la définition de stratégie de contrôle des turbines et le développement de codes de calcul.

La conception de ces nouvelles technologies se fait dans un cadre réglementé spécifique à l'environnement dans lequel elles évoluent. En effet, les éoliennes offshore flottantes sont soumises à des chargements continus environnementaux (vent, houle, courant) générant des sollicitations qui conduisent à la fatigue de certains composants. La durée de vie en fatigue est estimée à l'aide de logiciels métiers qui permettent la simulation multi-physique du système via des modélisations couplées (hydrodynamique, aérodynamique, mécanique, contrôle), voir [1] et [2] par exemple. Ces simulations sont alimentées par des données qui sont inévitablement entachées d'incertitudes, que ce soit du point de vue du chargement environnemental ou bien des paramètres physiques des modèles. Ces incertitudes peuvent avoir un impact sur le comportement de la structure et doivent donc être réduites. Pour cela, l'instrumentation et la surveillance continue des éoliennes flottantes, couplées à des mesures environnementales, sont envisagées.

Le travail de stage proposé, s'inscrit dans le cadre d'un futur travail de thèse et vise à estimer la faisabilité de la mise en œuvre de techniques permettant d'estimer ces paramètres incertains. Celles-ci sont basées sur des approches dites d'assimilation de données, qui combinent de façon optimale les modèles numériques et les observations physiques. Pour cela, dans le cadre de ce stage, un cas d'étude sera tout d'abord défini (définition du système éolien flottant et des chargements) et les incertitudes seront précisées (lois des paramètres incertains du modèle, chargement environnementaux). Le cœur du travail consistera en la mise en œuvre de ce qu'on appelle une analyse de sensibilité, qui permet d'estimer de façon rigoureuse l'influence des différents paramètres d'entrée sur le fonctionnement du système. Les méthodes envisagées sont basées sur le principe de Monte-Carlo ou quasi-Monte Carlo pour le calcul d'indices de Sobol'. Ces indices permettent d'évaluer la part de variance de la sortie du modèle expliquée par une ou plusieurs variables d'entrée [3]. Les résultats de cette étude seront exploités afin de caractériser le problème étudié (impact des incertitudes, linéarité, coût calcul, quantité de mesures) et définir les mesures optimales qui pourraient être raisonnablement envisagées.

Le stage se déroulera à l'IFP Energies nouvelles à Lyon. L'étudiant sera régulièrement accueilli au sein de l'équipe AIRSEA (<https://team.inria.fr/airsea/en/>) sur Grenoble pour discuter des aspects méthodologiques.

[1] Le Cunff C. et al., *Fully coupled floating wind turbine simulator based on nonlinear finite element method - part I : methodology*, Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2013-10780.

[2] Perdrizet T. et al., *Fully coupled floating wind turbine simulator based on nonlinear finite element method - part II : validation results*, Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2013-10785.

[3] L. Gilquin, E. Arnaud, C. Prieur and H. Monod, *Recursive estimation procedure of Sobol' indices based on replicated designs*. Soumis pour publication, novembre 2016.

Caractéristiques du stage

- Niveau : 5^{ème} année école d'ingénieur, Master 2
- Prérequis :
Compétences en mathématiques appliquées (optimisation, analyse numérique, probabilités / statistiques)
Compétences en mécanique
Compétences en programmation (Matlab, python, C ou Fortran)
- Début du stage : 1^{er} semestre 2017
- Durée : 5 à 6 mois
- Lieu : IFP Energies nouvelles - Etablissement de Lyon

Contacts et encadrement

- Caleyron F. fabien.caleyron@ifpen.fr
- Arnaud E. elise.arnaud@imag.fr
- Prieur C. clementine.prieur@imag.fr

Entreprise - Laboratoire

IFP Energies nouvelles (IFPEN) est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de son action. Dans le cadre de la mission d'intérêt général confiée par les pouvoirs publics, IFPEN concentre ses efforts sur :

- l'apport de solutions aux défis sociétaux de l'énergie et du climat, en favorisant la transition vers une mobilité durable et l'émergence d'un mix énergétique plus diversifié ;
- la création de richesse et d'emplois, en soutenant l'activité économique française et européenne et la compétitivité des filières industrielles associées.

Ses programmes sont structurés autour de 3 priorités stratégiques :

- **Mobilité durable** : développer des solutions pour des transports efficaces et à faible impact environnemental
- **Energies nouvelles** : produire, à partir de sources renouvelables, des carburants, des intermédiaires chimiques et de l'énergie
- **Hydrocarbures responsables** : proposer des technologies visant à satisfaire la demande en énergie et en produits chimiques en consommant moins d'énergie et en réduisant l'impact environnemental

L'équipe de recherche AIRSEA est une équipe de INRIA et du laboratoire Jean Kuntzmann de l'Université Grenoble Alpes. Les membres de AIRSEA ont pour objectif le développement de méthodes mathématiques et numériques pour la modélisation des flux atmosphériques et océaniques. Ces méthodes peuvent faire appel à des outils déterministes ou stochastiques. Les domaines d'application vont de la modélisation du climat à la prédiction d'événements extrêmes.