



## **Optimisation de la disposition des parcs d'éoliennes flottantes pour optimiser la production d'énergie**

### ***Floating wind farms layout optimization for energy production improvement***

Direction: Julien Thouboul, Mitra Fouladirad

Laboratoire: IRPHE, M2P2 à Aix Marseille Université-Ecole Centrale Marseille

Date du début: début 2024

Allocation doctorale: 1500/1800 euros net par mois

Dans un contexte de changement climatique global, la transition énergétique nationale et mondiale vise à maîtriser et exploiter plusieurs sources d'énergies renouvelables, notamment l'éolien offshore. Ce secteur industriel fait face à de nombreux défis scientifiques et technologiques, notamment dans la perspective du développement des technologies d'éoliennes flottantes. Plusieurs problématiques actuelles concernent l'optimisation de la récupération d'énergie. La production de l'éolienne d'un parc éolien flottant dépend essentiellement de son positionnement, du vent et de l'état de la mer. L'influence de l'état de la mer, en particulier, est mal connue, car elle n'a pas été un facteur influent dans le développement des parcs éoliens installés. L'influence du mouvement de la plateforme affecte directement la capacité de production de l'éolienne, en première approche. Mais au-delà, elle induit des modifications importantes du sillage, et dans un contexte de fermes commerciales, où les turbines ne sont pas très espacées, conduit à des interactions entre turbines encore inconnues.

Pour répondre à ces questions récentes, les stratégies actuellement proposées reposent principalement sur la tentative de simulation numérique directe du problème. Néanmoins, de telles approches sont extrêmement coûteuses, et ne permettent pas, pour des raisons de coût numérique, d'atteindre une compréhension, ou une caractérisation complète pour toutes les conditions environnementales requises (vent, état de mer, stratification thermique, humidité).

Pour contourner ce problème, à partir des données de simulation numérique ainsi que des données historiques, les conditions environnementales peuvent être modélisées par des modèles stochastiques plus rapide à simuler. Même si ces modèles ne permettent pas d'obtenir la précision des modèles physiques, le fait d'intégrer l'incertitude dans la modélisation leur permet de capturer les caractéristiques les plus importantes des phénomènes sous-jacents. Ainsi en combinant ces modèles stochastiques avec le modèle physique il est possible d'évaluer l'incertitude portant sur les paramètres clés (énergie extractible, topologie de sillage).

Suivant le profil du candidat, le travail de la thèse se déclinera sur deux ou trois des points suivants:

1. Modélisation Physique et expérimentale: modélisation (numérique) de la zone géographique (vent, vagues), de la réponse de la turbine à la houle, du sillage et de la conversion énergétique via un logiciel libre disponible.
2. Modélisation statistique: modélisation du vent, ainsi que des états de mer, de la stratification, de l'humidité, recherche de corrélations entre turbulence et état de

mer, propagation de l'incertitude..

3. Analyse de sensibilité: classification de la production de l'énergie dans le parc, analyse de sensibilité aux paramètres d'entrée.

Références:

Ma J., Fouladirad M., Grall A., Flexible wind speed generation model: Markov chain with an embedded diffusion process, *Energy*, Volume 164, 2018, Pages 316-328,

Scholz T., Lopes, V. V., and Estanqueiro A. A cyclic time-dependent Markov process to model daily patterns in wind turbine power production. *Energy*, 2014 , 67, 557-568.

Sullivan T. J. *Introduction to Uncertainty Quantification*, Springer, Cham, 2015.

Ghanem, R., Higdon, D., Owhadi, H. *Handbook of uncertainty quantification (Vol. 6)*. New York: Springer. 2017

In the context of global climate change, the national and global energy transition aims to control and exploit several renewable energy sources, in particular offshore wind power. This industrial sector faces many scientific and technological challenges, particularly in view of the floating wind turbine technologies development. Several current issues concern the optimization of energy production. The wind turbine production in a floating wind farm depends essentially on its position, the wind and the state of the sea. The influence of the state of the sea, in particular, is poorly known, because it has not been an influential factor in the development of installed wind farms. First of all, the influence of the movement of the platform directly affects the production capacity of the wind turbine. But beyond that, it induces significant modifications to the wake, and in the context of commercial farms, where the turbines are not widely spaced, leads to interactions between turbines which are still unknown.

To deal with these recent challenges, the currently proposed strategies are mainly based on the attempt of direct numerical simulation of the problem. Nevertheless, such approaches are extremely expensive, and do not allow, because of numerical cost, to reach an understanding, or a complete characterization for all the required environmental conditions (wind, sea state, thermal stratification, humidity).

To bypass this problem, from numerical simulation data as well as historical data, the environmental conditions can be modeled by stochastic models which are faster to simulate. Even if these models do not achieve the accuracy of physical models, the fact that they incorporate uncertainty into the modeling, it allows them to capture the most important characteristics of the underlying phenomena. Thus, by combining these stochastic models with the physical model, it is possible to evaluate the uncertainty relating to the key parameters (extractable energy, wake topology).

Depending on the candidate profile, the work of the Ph.D thesis will be based on two or three of the following points:

1. Physical and experimental modeling: (numerical) modeling of the geographical area (wind, waves), of the response of the turbine to the swell, of the wake and of the energy conversion via free software available.
2. Statistical modeling: modeling of the wind, the sea states, the stratification, the humidity, search for correlations between turbulence and the sea state, uncertainty propagation.
3. Sensitivity analysis: classification of energy production in the park, sensitivity analysis to input parameters.

