



5 to 6 month Internship LHEEA – SGRE
(French version below)

Evaluation of the use of wind tunnel data as inflow conditions for wind turbine load simulations

Context

The [Research Laboratory in Hydrodynamics, Energetics and Atmospheric Environment at Centrale Nantes](#) is a CNRS joint research unit (UMR 6598). The LHEEA is tasked with both advancing theoretical knowledge and resolving concrete problems around four scientific themes: free-surface hydrodynamics, fluid-structure interactions, dynamics of the atmosphere and systems approach for ground and marine propulsion systems. The internship will be performed in collaboration with the LHEEA's research group [Dynamics of Urban and Coastal Atmosphere \(DAUC\)](#) whose main research interest consists in investigating the dynamic and thermodynamic processes that take place in the lower atmosphere in urban and coastal environment, and their interaction with surfaces. The research efforts of the DAUC group have the common objective of providing decision support for sustainable urban planning to face the issues of climate change and the evolution of coastal and continental cities. They aim to address societal and environmental challenges related to urban micro-climate, air quality or optimizing wind energy production.

Siemens Gamesa Renewable Energy is a wind turbine manufacturer and the current market leader in Offshore Wind Energy. Inside SGRE Technology Loads&Control, a wide range of methods and tools are developed to predict loads by numerical simulation of a wind turbine under different atmospheric conditions. One critical part inside this tool chain is the realistic representation of the velocity field approaching the turbine, under practical constraints of a limited number of samples and, in general, without detailed knowledge about the atmospheric conditions. Extending the validity of the inflow models is therefore one focus of R&D at SGRE, attempting to integrate higher-fidelity approaches into the numerical loads computation tool chain and thereby improving the accuracy and reliability of numerical loads predictions.

Internship description:

Accounting for the correct characteristics of the upcoming wind is crucial for the accuracy of aeroelastic simulations. If current methods proved able to generate unsteady inflow conditions representative of the atmospheric boundary layer, there is a clear lack when the upcoming wind is perturbed by one or several wind turbines. Taking into account the flow modification by the presence of the wake is however crucial when studying wind turbine performance operating in farms. To tackle this challenge, the goal of the present project is to interface an aeroelastic code with wind tunnel measurements performed in a cross-section of an offshore atmospheric boundary layer (ABL) or in the wake of a wind turbine scale model ($\sim 1/700$) immersed in the ABL.

Wind tunnel experiments using Stereoscopic Particle Image Velocimetry combined with hot-wire anemometry have been run at LHEEA, allowing for the generation of different databases with different types of modeling for the temporal evolution of the flow.

Based on the experimental databases available at LHEEA, the objectives of the internship are to:

- Extrapolate and upscale the experimental data onto the simulation grid
- Analyze the statistical characteristics of the generated data and compare them to those obtained via standard procedure
- Run simulations with the SGRE load-simulation code (BhawC)
- Assess the influence of the type inflow conditions on the output of the load simulations
- using spatially dense PIV data, test of kriging methods to interpolate sparse velocity fields

Study levels: Master's or 2nd or 3rd year engineer student

Skills required:

- Knowledge in fluid mechanics and turbulence
- Python/Matlab programming
- English

Duration: 5 to 6 months

Location: LHEEA, Nantes

Supervision:

- Laurent PERRET (Centrale Nantes): laurent.perret@ec-nantes.fr
- Norbert WARNCKE (SGRE): NORBERT.WARNCKE@siemensgamesa.com



Stage de 5 à 6 mois LHEEA – SGRE

Evaluation de l'utilisation de données de soufflerie comme conditions d'entrée pour les simulations de chargement d'éoliennes

Contexte

Le [Laboratoire de Recherches en Hydrodynamique, Énergétique et Environnements Atmosphériques de Centrale Nantes](#) est une unité mixte de recherche Centrale Nantes / CNRS (UMR 6598). Les missions du LHEEA concernent autant l'avancée de connaissances théoriques que la résolution de problématiques concrètes autour de 4 thématiques scientifiques: hydrodynamique à surface libre, interactions fluide-structure, dynamique de l'atmosphère, approche système pour les systèmes propulsifs terrestres et marins. Le stage proposé sera effectué dans le cadre d'une collaboration entre SGRE et l'équipe [Dynamique de l'Atmosphère Urbaine et Côtière \(DAUC\)](#) du LHEEA dont le principal objectif de recherche est l'étude des processus dynamiques et thermodynamiques existant dans la basse atmosphère dans les environnements urbains et côtiers, ainsi que leur interaction avec les surfaces. Les recherches menées dans l'équipe DAUC ont pour objectif d'apporter une aide à la décision pour un aménagement urbain durable dans la perspective du changement climatique et de l'évolution des villes côtières et continentales. Elles visent à répondre à des enjeux sociétaux et environnementaux concernant le microclimat des villes, la qualité de l'air ou encore l'optimisation de la production d'énergie éolienne.

Siemens Gamesa Renewable Energy est un fabricant d'éolienne et actuellement le leader de l'énergie éolienne off-shore. Au sein de SGRE Technology Loads&Control, un large éventail de méthodes et d'outils sont développés pour prédire les charges par simulation numérique d'une éolienne pour différentes conditions atmosphériques. Une partie essentielle de cette chaîne d'outils est la représentation réaliste du champ de vitesse à l'approche de la turbine, sous des contraintes pratiques d'un nombre limité d'échantillons et, en général, sans connaissance détaillée des conditions atmosphériques. L'extension de la validité des modèles de conditions d'entrée est donc un axe de recherche de R&D de SGRE, en tentant d'intégrer des approches plus fidèles dans la chaîne d'outils de calcul des charges numériques et d'améliorer ainsi la précision et la fiabilité des prédictions numériques des charges.

Description du stage:

La prise en compte des caractéristiques correctes du vent amont à la turbine est cruciale pour la précision des simulations aéroélastiques. Si les méthodes actuelles se sont avérées capables de générer des conditions d'entrée instationnaires représentatives de la couche limite atmosphérique, il y a un manque évident lorsque le vent amont est perturbé par une ou plusieurs éoliennes. La prise en compte de la modification des écoulements par la présence du sillage est pourtant cruciale lors de l'étude des performances des éoliennes en exploitation dans les parcs. Pour relever ce défi, l'objectif du présent projet est d'interfacer un code aéroélastique avec des mesures en soufflerie effectuées dans un plan transversal d'un écoulement de couche limite atmosphérique offshore (ABL) ou dans le sillage d'un modèle réduit d'éolienne ($\sim 1/700$) immergé dans l'ABL.

Des expériences en soufflerie utilisant la vélocimétrie par images de particules stéréoscopiques combinées à l'anémométrie à fil chaud ont été menées au LHEEA, permettant la génération de différentes bases de données avec différents types de modélisation pour l'évolution temporelle de l'écoulement.

Sur la base des bases de données expérimentales disponibles au LHEEA, les objectifs du stage sont :

- Extrapoler et mettre à l'échelle les données expérimentales sur la grille de simulation
- Analyser les caractéristiques statistiques des données générées et les comparer à celles obtenues via la procédure standard
- Exécuter des simulations avec le code de simulation de charge SGRE (BhawC)
- Évaluer l'influence du type de conditions d'entrée sur la sortie des simulations de charge
- à l'aide de données PIV spatialement denses, test de méthodes de krigeage pour interpoler des champs de vitesse peu denses

Niveau requis: Master ou 2^{ème} / 3^{ème} année d'école d'ingénieur

Compétences demandées:

- Connaissances en mécanique des fluides et turbulence
- Programmation en Python/Matlab
- Langue anglaise

Durée: 5 à 6 mois

Lieu: LHEEA, Nantes

Encadrement:

- Laurent PERRET (Centrale Nantes): laurent.perret@ec-nantes.fr
- Norbert WARNCKE (SGRE): NORBERT.WARNCKE@siemensgamesa.com