

Proposition de contrat doctoral (F/H)

Titre	Modélisation du sillage d'une éolienne dans un environnement turbulent	
Durée	3 ans, plein temps, démarrage automne 2023	
Contacts	<p>Nicolas MAZELLIER +33 2 38 49 43 87 nicolas.mazellier@univ-orleans.fr</p> <p>Pierre BENARD +33 2 32 95 37 47 pierre.benard@coria.fr</p>	<p>Cédric RAIBAUDO +33 2 38 49 24 59 cedric.raibaud@univ-orleans.fr</p>
Lieu	<p>PRISME (UPRES 4229) 8 rue Léonard de Vinci 45072 Orléans Cedex 2 FRANCE http://www.univ-orleans.fr/fr/prisme</p> <p>CNRS UMR 6614 - CORIA Université de Rouen - Site Universitaire du Madrillet 675, avenue de l'Université - BP 12 76801 Saint Etienne du Rouvray Cedex France https://www.coria.fr/</p>	 

Contexte

Le développement de sources d'énergie décarbonée à l'échelle planétaire est un enjeu sociétal et environnemental majeur. Parmi les solutions les plus prometteuses, l'énergie éolienne occupe une place de premier choix comme le soulignent les propositions du GIEC pour lutter contre le réchauffement climatique. Bien que ce secteur soit entré dans une phase plus mature, de nombreux problèmes se posent encore quant à la fiabilité des prédictions de performance des parcs éoliens. Ce problème est étroitement lié à la façon dont les sillages des éoliennes se développent et interagissent avec leur environnement. Par conséquent, la modélisation de ces écoulements est cruciale pour prédire, voire améliorer, l'efficacité de la production d'énergie éolienne. En conditions de terrain, les sillages des éoliennes sont soumis à des perturbations externes du fait que l'écoulement ambiant est lui-même turbulent. Si plusieurs études ont montré que la turbulence ambiante affecte le développement des sillages, peu de modèles fiables ont été proposés jusqu'à présent pour prendre en compte l'influence de la turbulence extérieure. Cela montre que la modélisation des sillages éoliens dans un environnement turbulent reste encore fragile et que des études fondamentales de ces écoulements sont nécessaires pour combler ce manque de compréhension.

Cette thèse de doctorat vise à apporter des éléments de réponse à cette problématique en étudiant finement les mécanismes physiques pilotant l'expansion d'un sillage éolien dans un environnement turbulent. Pour y parvenir, le travail s'appuiera sur une approche couplée entre des expérimentations de haute qualité et des simulations haute-fidélité. Une attention toute particulière sera portée à l'influence des grandeurs caractéristiques de la turbulence extérieure sur les performances aérodynamiques de l'éolienne, sur l'expansion de son sillage ainsi que sa dynamique. L'analyse physique des données expérimentales et numériques permettra, in fine,

de proposer des nouveaux modèles de sillages plus pertinents que ceux actuellement utilisés pour la conception des fermes éoliennes.

Pour comprendre la physique du sillage éolien dans un environnement turbulent, le travail de thèse s'appuiera sur deux approches complémentaires :

- ❖ Le **travail expérimental** sera effectué au sein du **laboratoire PRISME** de l'Université d'Orléans qui travaillent depuis plusieurs années sur l'étude des sillages éoliens. Dans la continuité de travaux récents menés au sein de l'équipe d'accueil, des essais en soufflerie seront réalisés. En particulier, des méthodes optiques couplées à des mesures ponctuelles seront mises en œuvre pour étudier l'impact de la turbulence environnante sur le développement du sillage d'une éolienne à échelle réduite.
- ❖ Les **simulations numériques** seront réalisées au sein du **laboratoire CORIA** de l'Université et INSA de Rouen Normandie et du CNRS. Elles utiliseront la plateforme massivement parallèle [YALES2](#) dédiée aux Simulations aux Grandes Echelles (LES) haute-fidélité. Dans cette partie, on s'attachera à comprendre les mécanismes d'interactions locales entre le sillage éolien et son environnement. Les données expérimentales seront utilisées pour paramétrer les calculs numériques. Ces derniers serviront à formuler un nouveau modèle d'épanouissement de sillage dont les performances seront validées par confrontation avec les résultats expérimentaux.

Les connaissances qui seront acquises au cours de ce travail de thèse permettront de prédire plus précisément l'interaction de l'éolienne avec son environnement. A terme, cette compréhension fine sera précieuse pour optimiser à la fois la production d'énergie éolienne mais également pour concevoir des dispositifs de contrôle permettant d'améliorer le rendement et de réduire le coût d'exploitation.

En pratique, le travail s'organisera autour des points suivants :

- ❖ Veille bibliographique et état de l'art.
- ❖ Etude d'un sillage sans turbulence extérieure : expériences vs simulations.
- ❖ Etude de l'influence de la turbulence extérieure : expériences vs simulations.
- ❖ Dissémination et valorisation des résultats.

Environnement de travail

Ce travail de thèse bénéficiera d'un environnement de travail extrêmement favorable en termes de ressources et de savoir-faire. La personne qui sera recrutée intégrera l'axe thématique Ecoulements et Systèmes Aérodynamiques (ESA) du laboratoire PRISME à l'Université d'Orléans. Les activités de recherche de cet axe portent sur la compréhension, la modélisation et le contrôle d'écoulements de sillages représentatifs d'applications industrielles. En particulier, le travail s'appuiera sur un savoir-faire développé depuis plusieurs années sur l'étude des sillages éoliens. Le laboratoire PRISME dispose de grands moyens d'essais dont des souffleries qui seront mises à disposition. Un travail spécifique sur la génération de turbulence extérieure et sur l'identification matérielle des frontières du sillage sera réalisé dans un premier temps. Une fois validé, le montage expérimental sera utilisé pour réaliser une campagne d'essais paramétriques. La base de données générée sera ensuite post-traitée et analysée.

Bien que la thèse se déroulera majoritairement au laboratoire PRISME, des séjours au sein du laboratoire CORIA, qui travaille depuis plusieurs années sur des problématiques en lien direct avec le sujet de thèse, seront organisés tout au long de la thèse. L'objectif est ici de prendre en main les outils numériques pour la simulation haute-fidélité et de mener une étude des

mécanismes physiques gouvernant l'expansion du sillage dans un environnement turbulent. Là aussi, la plupart des outils à mettre en œuvre sont déjà opérationnels.

La personne recrutée sera accompagnée par des chercheurs des deux laboratoires pour la prise en main et l'utilisation de ces outils.

Par ailleurs, le/la doctorant/e bénéficiera des échanges avec des chercheurs de renommée internationale et avec des industriels majeurs du secteur au travers de collaborations initiées par les 2 laboratoires impliqués.

Compétences attendues

Nous recherchons une personne fortement motivée (F/H), titulaire d'un Master ou d'un diplôme d'ingénieur avec de solides connaissances en mécanique des fluides et en turbulence. La personne retenue devra pouvoir être à l'aise à la fois avec les approches expérimentale et numérique, dans un objectif de modélisation physique du sillage. La doctorante ou le doctorant sera fortement impliqué dans la diffusion des résultats au travers des rapports d'avancement, des publications dans des revues à comité de lecture et des présentations lors de conférences internationales. Par conséquent, une grande capacité de communication et d'écriture en anglais est exigée.

Rémunération

Salaire brut : environ 24 500 €/ an incluant la cotisation liée à la Sécurité Sociale.

Début du contrat doctoral prévu en Octobre 2023.

Comment postuler

Envoyez votre CV, votre lettre de motivation, votre relevé de notes ainsi que les coordonnées de deux référents scientifiques avant le **26/04/2023** à nicolas.mazellier@univ-orleans.fr, cedric.raibaud@univ-orleans.fr et pierre.benard@coria.fr. Les candidatures incomplètes ne seront pas examinées.

PhD proposal (F/M)

Title	Physical modelling of a wind turbine wake in a turbulent background	
Duration	3 years, full time, starting Fall 2023	
Contacts	<p>Nicolas MAZELLIER +33 2 38 49 43 87 nicolas.mazellier@univ-orleans.fr</p> <p>Pierre BENARD +33 2 32 95 37 47 pierre.benard@coria.fr</p>	<p>Cédric RAIBAUDO +33 2 38 49 24 59 cedric.raibaud@univ-orleans.fr</p>
Location	<p>PRISME (UPRES 4229) 8 rue Léonard de Vinci 45072 Orléans Cedex 2 FRANCE http://www.univ-orleans.fr/fr/prisme</p> <p>CNRS UMR 6614 - CORIA Université de Rouen - Site Universitaire du Madrillet 675, avenue de l'Université - BP 12 76801 Saint Etienne du Rouvray Cedex France https://www.coria.fr/</p>	 

Context and motivations

Development of carbon-free energy production is a major societal and environmental issue. Among the most attractive solutions, wind energy occupies a particularly important place as emphasized in the IPCC proposals to combat global warming. Although this sector has entered a more mature phase, there are still many issues that arise regarding the reliability of wind farm performance predictions. These issues are closely linked to the way in which wind turbine wakes develop and interact with their environment. Consequently, the modelling of these flows is crucial to predict, or even improve, the efficiency of wind energy production. In field conditions, wind turbine wakes are subject to external disturbances because the ambient flow is itself turbulent. While several studies have shown that background turbulence affects wake development, few reliable models have been proposed so far to take into account the influence of external turbulence. This shows that the modelling of wind turbine wakes in realistic conditions is still fragile and that fundamental studies of these flows are necessary to fill this lack of understanding.

This doctoral thesis aims to tackle this issue by studying in depth the physical mechanisms governing the expansion of a wind turbine wake within a turbulent background. To this end, the work will be based on the combination of high-quality experiments and high-fidelity simulations. Particular attention will be paid to the influence of the characteristic quantities of the external turbulence on the aerodynamic performance of the wind turbine, on the expansion of its wake and its dynamics. The physical analysis of experimental and numerical data will ultimately make it possible to propose new models of wake expansion that are more relevant than those currently used for the design of wind farms.

To understand the physics of the wind wake in a turbulent environment, the work will be based on two complementary approaches:

- ❖ The **experimental work** will be carried out within the **PRISME laboratory** of the University of Orléans, which has been working for several years on the study of wind turbine wakes. In the continuity of recent work carried out within the host team, wind tunnel tests will be carried out. In particular, optical methods coupled with point measurements will be implemented to study the impact of background turbulence on the development of the wake of a scale-down wind turbine.
- ❖ The **numerical simulations** will be carried out within the **CORIA laboratory** of the University and INSA Rouen Normandie and CNRS. They will be performed using the massively parallel platform [YALES2](#) dedicated to high-fidelity Large-Eddy Simulations (LES). In this part, we will focus on understanding the mechanisms of local interactions between the wind turbine wake and its environment. The experimental data will be used to parameterize the numerical simulations. The latter will be used to formulate a new model of wake expansion whose performance will be assessed against the experimental results.

The new insights that will be raised during this PhD will enable to predict more precisely the interaction of the wind turbine with its environment. Ultimately, this detailed understanding will be valuable for optimizing both wind energy production and also for designing control devices to improve performance and reduce operating costs.

In practice, the work will be organized around the following points:

- ❖ State of the art.
- ❖ Study of a wake without external turbulence: experiments vs simulations.
- ❖ Study of the influence of external turbulence: experiments vs simulations.
- ❖ Dissemination and exploitation of results.

Working environment

This PhD will benefit from an extremely favourable working environment in terms of resources and know-how. The candidate who will be recruited will integrate the Flows and Aerodynamic Systems (ESA) group of the PRISME laboratory at the University of Orléans. The research activities of this group relate to the understanding, modelling and control of wake flows representative of industrial applications. In particular, the work will be based on know-how developed over several years on the study of wind turbine wakes. The PRISME laboratory has large test facilities including wind tunnels which will be used during the project. A specific work on the generation of the background turbulence and on the identification of the wake's boundaries will be carried out initially. Once validated, the experimental setup will be used to carry out a parametric test campaign. The generated database will then be post-processed and analysed.

Although the thesis will mainly take place in the PRISME laboratory, short stays in the CORIA laboratory of the University of Rouen, which has been working for several years on issues directly related to the PhD subject, will be organized regularly. The objective here is to practice on the numerical tools for high-fidelity simulation and to conduct an investigation of the physical mechanisms governing the expansion of the wake in a turbulent environment. Here too, most of the tools to be used are already operational.

The PhD student will be accompanied by researchers from both laboratories for the handling and use of these tools.

In addition, the PhD student will benefit from exchanges with internationally renowned researchers as well as major industrials in the wind energy sector through collaborations initiated by the 2 laboratories involved.

Expected skills

We are looking for a highly motivated PhD student (F/M), holding a Master degree in physics or mechanical engineering with strong background in fluid mechanics and turbulence. The successful applicant should have a pronounced interest in both experiments and simulations. The PhD student will be deeply involved in dissemination of the results in project reports, peer-reviewed journals, and presentations in international conferences. Therefore, high communication and writing skills in English are mandatory.

Salary

Gross salary: around €24 500/year including basic health insurance.

Starting scheduled October 2023.

How to apply

Send your CV, motivation letter, transcript of marks (even partial) of Master and the contact details of two scientific referees before **April, 26th, 2023** to nicolas.mazellier@univ-orleans.fr, cedric.raibaudo@univ-orleans.fr. et pierre.benard@coria.fr.

Incomplete applications will not be considered.