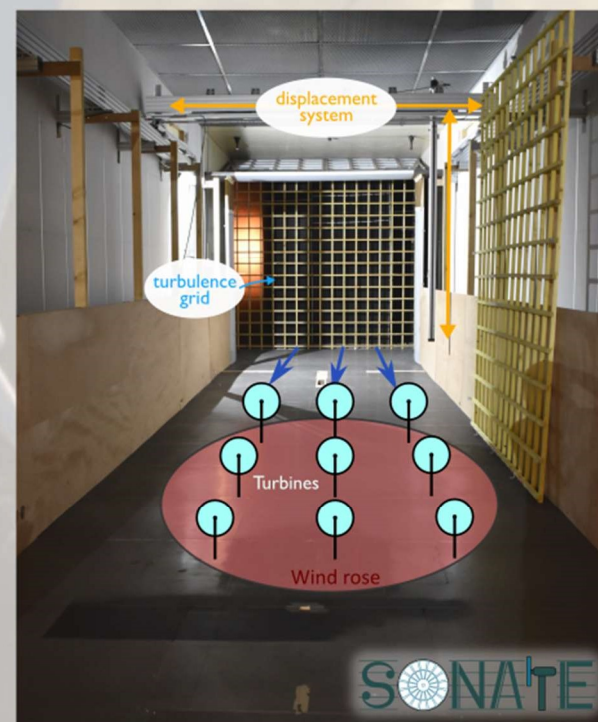


# PhD proposal

## Aerodynamics of wind farms: experimental and reduced order modelling approaches

### Topic

Fully funded by the French ANR Young Researcher project called SONATE, the aim of the thesis is to understand the aerodynamics, performance and losses of a wind farm at different scales and under inlet flows that correspond to realistic conditions of a real wind farm. The PhD student will carry out large-scale experiments in the atmospheric section of the PRISME wind tunnel, using various measurement tools (pressure, hot-wire, PIV). From these measurements, the project will focus on building representative physics-based reduced order models, capable of predicting the performance of the wind farms with different inputs depending on the flow conditions (yaw, turbulence, angular momentum added by the blades, etc.).



### 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, experimental techniques and turbulence.


### Period

Starting scheduled for Fall 2025 (October ideally), for 3 years

### How to apply

Send your CV, motivation letter, transcript of marks (even partial) of Master, and the contact details of two scientific referees before March, 7<sup>th</sup>, 2025 to [cedric.raibaud@univ-orleans.fr](mailto:cedric.raibaud@univ-orleans.fr).

## PhD proposal (F/M)

<b>Title</b>	<b>Aerodynamics of wind farms: experimental and reduced-order modelling approaches</b>	
<b>Duration</b>	3 years, full time, starting Fall 2025	
<b>Contacts</b>	Cédric RAIBAUDE +33 2 38 49 24 59 <a href="mailto:cedric.raibaud@univ-orleans.fr">cedric.raibaud@univ-orleans.fr</a>	Nicolas MAZELLIER +33 2 38 49 43 87 <a href="mailto:nicolas.mazellier@univ-orleans.fr">nicolas.mazellier@univ-orleans.fr</a>
<b>Location</b>	PRISME (UR 4229) 8 rue Léonard de Vinci 45072 Orléans Cedex 2 FRANCE <a href="https://www.univ-orleans.fr/fr/prisme">https://www.univ-orleans.fr/fr/prisme</a>	

### 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. **Understanding the collective aerodynamics of wind turbines** is therefore crucial to predicting, improving, and optimising the performance and lifetime of individual wind turbines operating in wind farms. Wake interaction between turbines in close proximity in a wind farm causes power loss and aeroelastic phenomena leading to mechanical fatigue. Wind farms cause also **flow blockage** and disturb their surroundings or a subsequent farm downstream, resulting in up to 30-40% of production compared to their nominal operation.

The doctoral thesis is part of a full project of the French ANR Young Researcher programme called SONATE (details on [windfarms-aero.org](http://windfarms-aero.org)). The SONATE project aims to understand the **aerodynamics, performance and losses of a wind farm** at different scales and under inlet flows that correspond to realistic conditions of a real wind farm. Monitoring the farm's performances in real-time is indeed of substantial benefit for its control and optimisation. Consequently, an accurate model of the losses and the flow inside the farm is necessary to improve existing farm models and allow realistic calculations at an affordable cost. Therefore, from these measurements, the SONATE project aims to design **physics-based and data-driven reduced order models** for a simpler but accurate representation of the farm.

This doctoral thesis aims to understanding in depth the physical mechanisms of the wake interactions in the wind farms at different scales, under realistic inflow conditions that can be generated upstream the farm. The **experimental approach** will be used for the thesis, using the environmental section of the large wind tunnel of the PRISME laboratory of the University of Orléans. The thesis will be in the continuity of recent works and thesis carried out within the host team. In particular, optical methods coupled with point measurements will be implemented to study the development of the flow inside the wind farm.

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

- ❖ State of the art.
- ❖ Study of the wind farm aerodynamics at three scales: turbine, line / row of turbines, farm.
- ❖ Study of the influence of inflow conditions (yaw, turbulence, angular momentum added by the blades, etc.) on the wind farm.
- ❖ Modelling of the farm blockage and wake using reduced order models.
- ❖ 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. In particular, the return section of the Malavard wind tunnel dedicated for environmental studies will be the main region of interest for this project. 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.

The thesis will also benefit from the means of the ANR SONATE project. The material and means for the large-scale experiments will be funded by the SONATE project, with which part of the budget will be dedicated for dissemination in international conferences and peer-reviewed papers, communication and scientific mediation.

### 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, experimental techniques and turbulence. 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 €26 400/year including basic health insurance.

If interested (not compulsory), the student can teach engineering students at Polytech Orléans (tutorials, practices) for additional paid hours.

Starting scheduled **Fall 2025** (October ideally).


### How to apply

Send your CV, motivation letter, transcript of marks (even partial) of Master and the contact details of two scientific referees before **March 7<sup>th</sup>, 2025** to [cedric.raibaudo@univ-orleans.fr](mailto:cedric.raibaudo@univ-orleans.fr).

Incomplete applications will not be considered.



## Proposition de contrat doctoral (F/H)

<b>Titre</b>	<b>Aérodynamique de fermes d'éoliennes : approches expérimentale et modélisation d'ordre réduit</b>	
<b>Durée</b>	3 ans, plein temps, démarrage automne 2025	
<b>Contacts</b>	Cédric RAIBAUDE +33 2 38 49 24 59 <a href="mailto:cedric.raibaud@univ-orleans.fr">cedric.raibaud@univ-orleans.fr</a>	Nicolas MAZELLIER +33 2 38 49 43 87 <a href="mailto:nicolas.mazellier@univ-orleans.fr">nicolas.mazellier@univ-orleans.fr</a>
<b>Lieu</b>	PRISME (UR 4229) 8 rue Léonard de Vinci 45072 Orléans Cedex 2 FRANCE <a href="https://www.univ-orleans.fr/fr/prisme">https://www.univ-orleans.fr/fr/prisme</a>	

### 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. Il est donc essentiel de **comprendre l'aérodynamique collective des éoliennes** pour prédire, améliorer et optimiser les performances et la durée de vie des éoliennes individuelles exploitées dans les parcs éoliens. L'interaction de sillages entre les éoliennes situées à proximité les unes des autres dans un parc éolien entraîne une perte de puissance et des phénomènes aéroélastiques conduisant à une fatigue mécanique. Les parcs éoliens provoquent également **des blocages d'écoulements** et perturbent leur environnement ou une autre ferme en aval, ce qui entraîne une baisse de production pouvant aller jusqu'à 30-40% par rapport à leur fonctionnement nominal.

La thèse de doctorat fait partie d'un projet Jeunes Chercheurs de l'ANR appelé SONATE (détails sur [windfarms-aero.org](http://windfarms-aero.org)). Le projet SONATE vise à **comprendre l'aérodynamique, les performances et les pertes** d'une ferme éolienne à différentes échelles et sous des écoulements incidents qui correspondent à des conditions réalistes d'un vrai parc éolien. Le suivi des performances de la ferme en temps réel est en effet d'une grande importance pour son contrôle et son optimisation. Par conséquent, un modèle précis des pertes et des écoulements à l'intérieur de la ferme est nécessaire pour améliorer les modèles existants et permettre des calculs réalistes à un coût abordable. Ainsi, à partir de ces mesures, le projet SONATE vise à concevoir **des modèles d'ordre réduit basés sur la physique et sur les données** pour une représentation plus simple mais précise de la ferme.

Cette thèse de doctorat vise à comprendre précisément les mécanismes physiques des interactions de sillage dans les fermes éoliennes à différentes échelles, dans des conditions d'écoulement réalistes qui peuvent être générées en amont du parc. **L'approche expérimentale** sera considérée ici, en utilisant la section environnementale de la grande soufflerie du laboratoire PRISME de l'Université d'Orléans. La thèse s'inscrit dans la continuité des travaux récents et des thèses réalisées au sein de l'équipe. En particulier, des méthodes optiques couplées à des mesures ponctuelles seront mises en œuvre pour étudier le développement de l'écoulement à l'intérieur de la ferme.

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

- ❖ Veille bibliographique et état de l'art.
- ❖ Etude de l'aérodynamique de la ferme éolienne à trois échelles : éolienne, ligne et rangée d'éoliennes, ferme.
- ❖ Etude de l'influence des conditions d'écoulement amont (lacet, turbulence, moment angulaire ajouté par les pales, etc.).
- ❖ Modélisation du blocage et du sillage de fermes avec des modèles d'ordre réduit.
- ❖ 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. En particulier, la section de retour de la soufflerie Malavard consacrée aux études environnementales sera la zone d'intérêt principale du projet. 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.

La thèse bénéficiera également des moyens financiers et humains du projet SONATE (matériel et moyens pour des expériences à grande échelle, budget pour la dissémination dans des conférences internationales et des articles à comité de lecture, communication et médiation scientifique).

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 le laboratoire d'accueil.

### **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, en méthodes expérimentales et en turbulence. 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 26 400 € / an incluant la cotisation liée à la Sécurité Sociale.

Si intéressé (mais pas obligatoire), l'étudiante ou l'étudiant pourra enseigner aux élèves ingénieurs de Polytech Orléans (travaux dirigés, travaux pratiques) pour des heures rémunérées supplémentaires.

Début du contrat doctoral prévu en **Automne 2025** (Octobre idéalement).

### **Comment postuler**

Envoyez votre CV, votre lettre de motivation, votre relevé de notes ainsi que les coordonnées de deux référents scientifiques avant le **7 Mars 2025** à [cedric.raibaudo@univ-orleans.fr](mailto:cedric.raibaudo@univ-orleans.fr).

Les candidatures incomplètes ne seront pas examinées.