

PhD position at IFP Energies nouvelles (IFPEN) in physical science

Modelling wind farms in non-neutral atmospheric boundary layer using Lattice Boltzmann methods

Analytical wind farm flow models are used for the optimisation and design of wind farms due to their low computational cost. However, with constantly increasing rotor sizes, their interaction with the atmospheric boundary layer (ABL) increases, and high-fidelity simulations are needed to understand the ongoing flow physics and set up new analytical wake models. Typically, traditional Navier-Stokes-based solvers are too slow and do not allow the generation of the necessary simulation database to set up the analytical models.

An alternative is the Lattice Boltzmann method (LBM), for which we use the waLBerla-wind solver. LBM is very efficient, especially on GPUs. Preliminary work allowed accounting for wind turbines using actuator lines and/or disks in the solver. A dedicated wall law also allows the modelling of idealised neutral atmospheric boundary layers. This thesis aims to model atmospheric stability (turbulent heat transfers within the ABL) and complex terrain phenomena.

Atmospheric stability has a major impact: under stable conditions (negative heat flux at the ground), turbulence is damped, and wakes do not meander. They propagate very far downstream. Large eddies are emerging under unstable conditions (positive turbulent heat flux at the ground) and lead to strong wake meandering. Thus, they quickly dissipate. Furthermore, under stable atmospheric conditions, the ABL height is relatively low, inducing a blockage effect around wind farms, strongly impacting their performances. Gravity waves may also appear. Complex terrain allows for modelling the shore's impact on the wind farm flow. The presence of the shore may, for example, induce wind gusts, heterogeneous inflows, or other important phenomena.

Keywords: Wind energy, wind farms, atmospheric boundary layers, Lattice - Boltzmann methods.

Academic supervisor	Dr. Simon MARIÉ (HDR), CNAM, simon.marie@lecnam.net, ORCID: 0000-0002-4965-9987
Doctoral School	ED432 SMI, Université HESAM
IFPEN supervisor	Dr. Frédéric BLONDEL, frederic.blondel@ifpen.fr, ORCID: 0000-0002-3252-2781
PhD location	IFPEN, Rueil-Malmaison, France
Duration and start date	3 years, starting in the fourth quarter 2025 (November, 3 rd 2025)
Employer	IFPEN
Academic requirements	University Master degree in Fluid Mechanics
Language requirements	English level B2 (CEFR)

To apply, please send your cover letter and CV to the supervisors indicated here above.

About IFP Energies nouvelles

IFP Energies nouvelles is a French public-sector research, innovation and training center. Its mission is to develop efficient, economical, clean and sustainable technologies in the fields of energy, transport and the environment. For more information, see [our WEB site](#).

IFPEN offers a stimulating research environment, with access to first in class laboratory infrastructures and computing facilities. IFPEN offers competitive salary and benefits packages. All PhD students have access to dedicated seminars and training sessions.

Poste de thèse à IFP Energies nouvelles (IFPEN) en sciences physiques

Modélisation de fermes éoliennes en couches limites atmosphériques non-neutres par la méthode Lattice Boltzmann

Le design et l'optimisation de fermes éoliennes requiert l'utilisation de modèles analytiques permettant de décrire l'écoulement au sein de celles-ci sans nécessiter de longs temps de calcul. Du fait notamment de l'augmentation continue de la taille des rotors, ces derniers interagissent de plus en plus avec la couche limite atmosphérique (CLA). Des modèles « haute-fidélité » rapides mais prenant en compte ces interactions sont nécessaires pour mettre au point, améliorer et calibrer les approches analytiques. Les approches basées sur les équations de Navier-Stokes sont trop lentes et rendent trop coûteuse la génération de bases de données nécessaires pour la mise au point de ces modèles.

Afin de relever le défi de réalisation de simulations haute-fidélité avec des temps de calculs raisonnables, nous proposons dans ce travail de doctorat l'utilisation des méthodes Lattice - Boltzmann et le code waLBerla-wind. Ces méthodes sont très efficaces, notamment sur GPU. Des travaux préliminaires ont permis d'intégrer une modélisation d'éoliennes à l'aide de disques et/ou lignes actuatrices. De même, l'introduction de lois de parois adaptées a permis également la modélisation de couches limites neutres idéalisées. L'objectif de la présente thèse est d'enrichir les capacités de l'outil en prenant en compte la stabilité atmosphérique (transferts de chaleur dans la couche limite atmosphérique) et la modélisation de terrains complexes.

L'impact de la stabilité atmosphérique est primordial : en conditions stables (flux de chaleur turbulent négatif au sol), la turbulence est réduite et les sillages se propagent loin en aval des rotors. A l'inverse, en conditions instables (flux de chaleur turbulent positif au sol), de larges tourbillons se forment et engendrent de fortes ondulations du sillage, qui se dissipent alors rapidement. Par ailleurs, en conditions stables, le sommet de la CLA est relativement bas, créant un effet de blocage global de l'écoulement, impactant fortement les performances des fermes. Potentiellement, des ondes de gravité peuvent apparaître. La partie terrain complexe, quant à elle, permettra de prendre en compte l'effet des côtes sur les champs offshore, ou plus simplement de l'orographie dans le cas de fermes onshore.

Mots clefs : Eolien, fermes éoliennes, couches limites atmosphériques, méthodes Lattice Boltzmann.

Directeur de thèse	Dr. Simon MARIÉ (HDR), CNAM, simon.marie@lecnam.net, ORCID : 0000-0002-4965-9987
Ecole doctorale	ED432 SMI, Université HESAM
Encadrant IFPEN	Dr. Frédéric BLONDEL, frederic.blondel@ifpen.fr, ORCID : 0000-0002-3252-2781
Localisation du doctorant	IFPEN, Rueil-Malmaison, France
Durée et date de début	3 ans, début au cours du quatrième trimestre 2025 (3 novembre 2025)
Employeur	IFPEN
Qualifications	Master en Mécanique des Fluides.
Connaissances linguistiques	Anglais niveau B2 (CECR)

Pour postuler, merci d'envoyer votre lettre de motivation et votre CV aux encadrants indiqués ci-dessus.

IFP Energies nouvelles

IFP Energies nouvelles est un organisme public de recherche, d'innovation et de formation dont la mission est de développer des technologies performantes, économiques, propres et durables dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. Pour plus d'information, voir [notre site web](#).

IFPEN met à disposition de ses doctorants un environnement de recherche stimulant, avec des équipements de laboratoire et des moyens de calcul très performants. Outre une politique salariale et de couverture sociale compétitive, IFPEN propose à tous les doctorants de participer à des séminaires et des formations qui leur sont dédiés.