

Offre de thèse, début en septembre ou octobre 2026 - Centrale Lyon

Simulation numérique de la propagation du bruit des éoliennes dans l'environnement et effets tridimensionnels

Directeur de thèse : Didier Dragna, Maître de conférences, LMFA UMR5509

Email : didier.dragna@ec-lyon.fr

Lieu : Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique,
Ecole Centrale de Lyon, 36 avenue Guy de Collongue, 69130 Ecully, France

Contexte

Le pacte vert pour l'Europe vise à rendre le continent neutre climatiquement en 2050. La production d'énergie renouvelable est un des enjeux majeurs pour atteindre cet objectif. Il est attendu que l'énergie éolienne atteigne 50 % du mix énergétique en 2050.

Un des freins importants au développement de parcs éoliens onshore est le bruit généré par les installations, qui est source de gêne chez les riverains [1] et qui impacte aussi la biodiversité [2]. Ainsi, la réglementation actuelle contraint les industriels à tourner à bas-régime sur certaines installations existantes, diminuant considérablement leur rendement, et rend complexe le choix de site pour de nouveaux parcs éoliens.

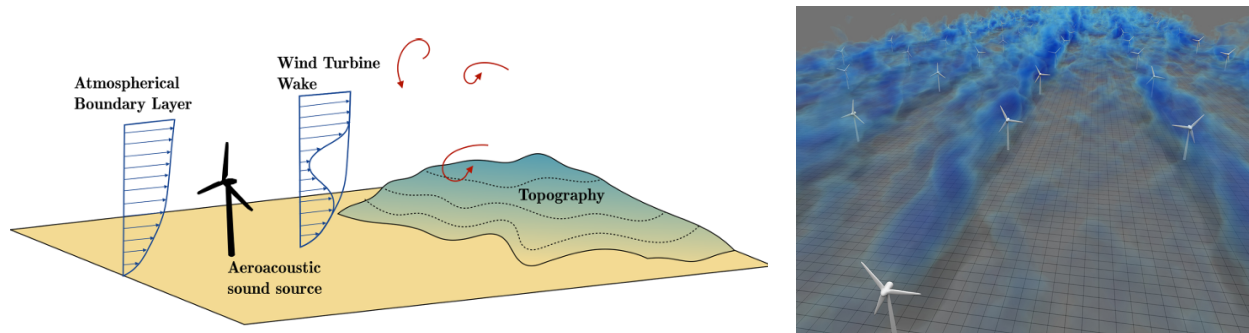


FIGURE 1 – (gauche) Schéma des mécanismes affectant l'écoulement atmosphérique et la propagation du bruit émis par une éolienne [3] et (droite) écoulement simulé par une approche LES dans un parc éolien, avec les régions basse vitesse en bleu [4].

Il est donc nécessaire de pouvoir correctement prédire la propagation du bruit généré par une éolienne dans l'atmosphère, afin de mieux comprendre les mécanismes physiques en jeu et de mener des études d'impact acoustique fiables lors de la conception de nouveaux parcs. Pour cela, plusieurs éléments doivent être pris en compte comme l'illustre la Fig. 1a. En effet, les effets météorologiques, tels que la variation du vent, de la turbulence ou de la température avec l'altitude, ont un impact important sur la propagation du son. La présence de l'éolienne affecte également l'écoulement atmosphérique, comme le montre la Fig. 1b. De plus, la topographie et l'impédance du sol peuvent avoir un effet significatif, à la fois sur l'écoulement et directement sur la réflexion des ondes acoustiques au sol.

Afin de prédire le bruit éolien, des simulations numériques sont donc nécessaires. De nombreuses méthodes numériques existent pour prédire la propagation acoustique dans l'atmosphère. L'état de l'art pour l'éolien [5, 6] se base sur l'utilisation de l'équation parabolique (EP), qui est une méthode efficace pour la prédiction de la propagation acoustique dans l'atmosphère suivant une direction privilégiée. Les modèles existants se limitent à une approche bidimensionnelle (2D), en calculant la propagation dans le plan vertical contenant la source et le récepteur. Cette approche néglige les effets de propagation transverse : c'est une hypothèse forte, car l'écoulement autour de l'éolienne présente un fort aspect tridimensionnel (3D). Récemment, nous avons réalisé une première étude limitée aux basses fréquences [7], illustrant l'importance des effets tridimensionnels dans le sillage d'une éolienne.

Travail proposé

La thèse a trois objectifs principaux :

1. Elle vise à développer un modèle numérique de référence pour la propagation du bruit des éoliennes dans l'atmosphère. Ce modèle sera basé sur une équation parabolique 3D utilisant une formulation

adaptée à la propagation acoustique dans une atmosphère en mouvement et inhomogène récemment proposée dans la littérature [8]. Il intégrera un modèle de source aéroacoustique pour l'éolienne [9] ainsi que des données issues de simulations aux grandes échelles (LES) pour l'écoulement atmosphérique [4].

2. Une fois le modèle validé sur des cas tests, des comparaisons seront réalisées avec des mesures in situ provenant d'un parc éolien, en collaboration avec le CEREMA [10].
3. Enfin, le modèle sera appliqué à l'étude des effets de propagation tridimensionnels dans le contexte du bruit des éoliennes, notamment en considérant l'influence de l'écoulement tridimensionnel autour de l'éolienne.

Environnement de travail

Cette thèse s'inscrit dans le projet ADEME EOPE (Évaluation des modèles Opérationnels pour la Prédiction du bruit des Éoliennes en environnement réaliste) entre Centrale Lyon, le CEREMA et l'Université de Twente aux Pays-Bas. Celui-ci vise à développer un modèle numérique de référence pour la propagation du bruit des éoliennes et à proposer des recommandations pour améliorer les modèles opérationnels utilisés dans les bureaux d'étude.

La thèse se déroulera au LMFA (Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique) sur le campus de l'Ecole Centrale de Lyon à Ecully. Elle sera coencadrée avec R.J.A.M. Stevens, professeur à l'Université de Twente.

Profil recherché

Étudiant en dernière année d'école-ingénieur ou de Master 2 avec une spécialisation en acoustique et/ou en mécanique des fluides ou diplômé de ces formations. Des compétences et un intérêt pour la programmation sont appréciés.

Candidature

La candidature doit se faire via le site web <https://ecolecentraledelyon.recruitee.com/>. Elle doit contenir un CV, une lettre de motivation, ainsi que le relevé de notes de M2 ou d'école d'ingénieur.

Références

- [1] M. Pawlaczyk-Łuszczczyńska, K. Zaborowski, A. Dudarewicz, M. Zamojska-Daniszewska, and M. Waszkowska. Response to noise emitted by wind farms in people living in nearby areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018.
- [2] L. Hanna, L. Feinberg, J. Brown-Saracino, F. Bennet, R. May, and J. Köppel. Results of IEA wind adaptive management white paper. Technical report, International Energy Agency Wind Implementing Agreement, 2016.
- [3] J. Colas, A. Emmanuelli, D. Dragna, P. Blanc-Benon, B. Cotté, and R. J. A. M. Stevens. Impact of a two-dimensional steep hill on wind turbine noise propagation. *Wind Energy Science*, 9(10) :1869–1884, 2024.
- [4] R. J. A. M. Stevens, D. F. Gayme, and C. Meneveau. Effects of turbine spacing on the power output of extended wind-farms. *Wind Energy*, 19(2) :359–370, 2015.
- [5] W. Z. Shen, W. J. Zhu, E. Barlas, and Y. Li. Advanced flow and noise simulation method for wind farm assessment in complex terrain. *Renewable Energy*, 143 :1812–1825, 2019.
- [6] B. Kayser, Gauvreau B, and D. Ecotièrre. Sensitivity analysis of a parabolic equation model to ground impedance and surface roughness for wind turbine noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 146(5) :3222–3231, 2019.
- [7] H. Bommidala, J. Colas, A. Emmanuelli, D. Dragna, C. Khodr, B. Cotté, and R. J.A.M. Stevens. Three-dimensional effects of the wake on wind turbine sound propagation using parabolic equation. *Journal of Sound and Vibration*, 608 :119036, 2025.

- [8] V. E. Ostashev, J. Colas, D. Dragna, and D. K. Wilson. Phase-preserving narrow- and wide-angle parabolic equations for sound propagation in moving media. *Journal of the Acoustical Society of America*, 155(2) :1086–1102, 2024.
- [9] Y. Tian and B. Cotté. Wind turbine noise modeling based on Amiet’s theory : Effects of wind shear and atmospheric turbulence. *Acta Acust. united Ac.*, 102 :626–639, 2016.
- [10] PIBE project, Database from the long-term measurement campaign. <https://cerema-med.shinyapps.io/pibe-app/>.