IMSIA, ENSTA Paris
828, boulevard des Maréchaux
91120 Palaiseau

Offre de stage : Simulation et validation *in situ* de l'effet du sillage sur la propagation du bruit des éoliennes.

Contexte

Nous avons développé au laboratoire des modèles pour les sources de bruit des éoliennes et leur propagation dans l'atmosphère [1, 2]. Cependant, ces modèles n'incluent pas le sillage de l'éolienne, qui peut avoir un effet important sur la propagation du bruit à grande distance en aval de l'éolienne [3, 4, 5]. D'une part, le profil de vitesse présente un déficit en aval de l'éolienne ce qui crée un guide d'onde et favorise la propagation du son. D'autre part, le caractère instationnaire de l'écoulement de sillage conduit à une augmentation des modulations d'amplitude du bruit, ce qui est une cause potentielle de gêne pour les riverains de parcs éoliens.

Dans la littérature, l'écoulement dans le sillage de l'éolienne peut être calculé soit à l'aide de simulations des grandes échelles [3, 5] soit à l'aide de modèles analytiques [6]. Les modèles analytiques récents permettent de calculer de façon assez précise les déficits de vitesse dans le sillage ainsi que l'intensité turbulente ajoutée par le sillage. Voir figure 1.

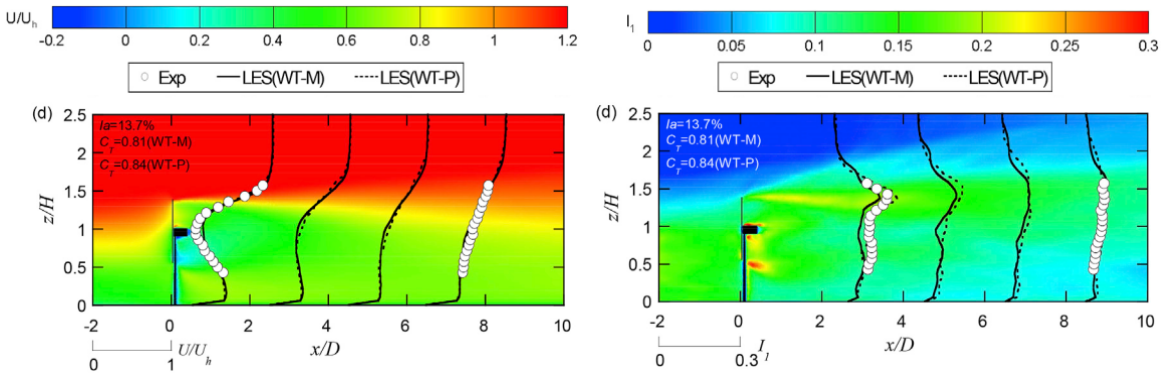

FIGURE 1 – Profils et contours de vitesse moyenne (gauche) et d'intensité turbulente (droite) . Tiré de Ref. [6].

Dans le cadre du projet ANR PIBE (Prévoir l'Impact du Bruit des Éoliennes - `https://www.anr-pibe.com`), une campagne expérimentale de grande ampleur a été réalisée pendant un an sur un parc comprenant 8 éoliennes de diamètre 90 m, comme le montre la figure 2. Des mesures météorologiques à l'aide d'un lidar et d'anémomètres soniques ont été réalisés au point L3-S1 situé près de l'éolienne WT6. Des mesures acoustiques ont également été réalisées à différentes distances des éoliennes.

Objectifs

L'objectif de ce stage est d'inclure un modèle de sillage analytique dans un modèle de propagation du bruit des éoliennes et de le valider par comparaison aux mesures du projet ANR PIBE. Plus précisément, le candidat réalisera les tâches suivantes :

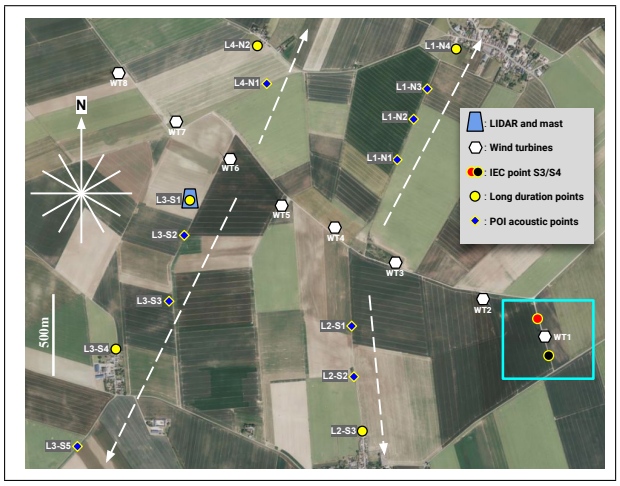

FIGURE 2 – Plan du parc éolien étudié lors de la campagne PIBE.

1. étudier les modèles de sillage analytiques de la littérature, et comparer les prédictions de ces modèles aux mesures météorologiques de la campagne PIBE ;
2. étudier l'effet du sillage sur la propagation du bruit des éoliennes à l'aide d'un code d'équation parabolique ;
3. comparer les résultats du modèle aux mesures acoustiques à différentes distances en termes de niveau moyen et de modulations d'amplitude.

Modalités pratiques

— **Profil souhaité** : 3ème année d'école d'ingénieurs et/ou M2 recherche (durée de 4 à 6 mois), avec une bonne formation en mécanique des fluides et en acoustique.
— **Encadrement** : Benjamin Cotté (Enseignant-chercheur ENSTA Paris).
— **Pour candidater** : envoyer CV, lettre de motivation et relevés de notes à benjamin.cotte@ensta-paris.fr .

Références

[1] B. Cotté (2019), Extended source models for wind turbine noise propagation, *Journal of the Acoustical Society of America* 145, 2019.

[2] D. Mascarenhas, B. Cotté, et O. Doaré (2023), Propagation effects in the synthesis of wind turbine noise, *Acta Acustica* 7, 2023.

[3] E. Barlas, W.J. Zhu, W.Z. Shen, K.O. Dag et P. Moriarty (2017), Consistent modelling of wind turbine noise propagation from source to receiver, *Journal of the Acoustical Society of America* 142, 2017.

[4] J. Cao, C.M. Nyborg, J. Feng, K.S. Hansen, F. Bertagnolio, A. Fischer, T. Sorensen et W.Z. Shen, A new multi-fidelity flow-acoustics simulation framework for wind farm applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 2022.

[5] J. Colas, A. Emmanuelli, D. Dragna, P. Blanc-Benon, B. Cotté, et R. Stevens (2023), Wind turbine sound propagation : Comparison of a linearized Euler equations model with parabolic equation methods, *Journal of the Acoustical Society of America* 154, 2023.

[6] T. Ishihara et G-W Qian, A new Gaussian-based analytical wake model for wind turbines considering ambient turbulence intensities and thrust coef?cient effects, *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 177, 2018.