

Proposition de thèse 2019 (projet ANR PIBE) : Caractérisation des phénomènes de modulation d'amplitude du bruit des éoliennes

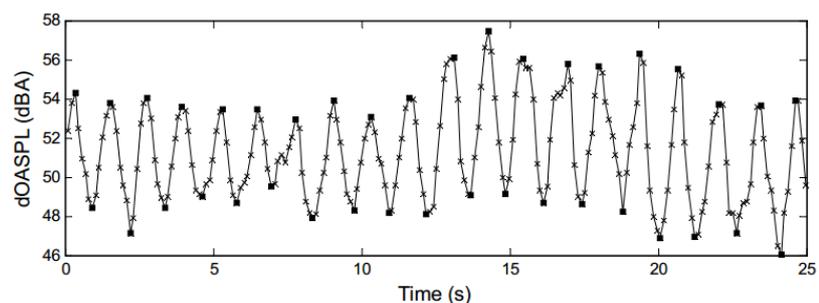
Contexte

Afin d'aider un développeur de parc à mieux optimiser un projet dès la phase de développement, il est nécessaire d'améliorer les méthodes de prévision de l'impact sonore des éoliennes. Ceci passe par une meilleure compréhension des phénomènes de génération de bruit en vue d'améliorer leur modélisation. C'est l'un des objectifs du projet ANR PIBE (Prévoir l'Impact du Bruit des Éoliennes - <https://www.anr-pibe.com>), qui associe trois laboratoires de recherche, UMRAE (CEREMA-IFSTTAR), IMSIA (ENSTA Paris-Tech), LMFA (École Centrale de Lyon), et deux industriels du domaine, EDF Renouvelables et EDF DTG.

Une des principales difficultés est de caractériser les phénomènes de modulation d'amplitude, qui sont liées à la gêne sonore rapportée par les riverains. En particulier, le décrochage dynamique sur les pales d'éoliennes constitue une source de bruit intense et intermittente qui contribue à la modulation. Il est primordial de comprendre le lien entre l'apparition du décrochage dynamique et les conditions météorologiques et opérationnelles de l'éolienne sur un site donné. L'objectif de la thèse proposée dans le cadre de ce projet est de caractériser les phénomènes de modulation d'amplitude du bruit des éoliennes à la fois en environnement contrôlé, à l'aide de mesures en soufflerie sur un profil d'aile en oscillation, et sur un site éolien, à partir de mesures acoustiques et météorologiques réalisées *in situ*.



(a)



(b)

Figure 1: (a) Mesure de bruit par antennerie (Oerlemans *et al.*, 2007), et (b) mesure de modulation d'amplitude par Dick Bowdler (www.dickbowdler.co.uk)

Description des travaux

Dans le cadre de cette thèse nous proposons de caractériser les variations cycliques du bruit de bord de fuite et le bruit de décrochage dynamique en environnement contrôlé à l'aide d'un dispositif expérimental original, constitué d'un profil d'aile oscillant dont le mouvement de rotation alternatif est piloté par un moteur. Ce dispositif sera installé dans un premier temps dans une soufflerie de l'IMSIA pour réaliser des études aérodynamiques (voir figure 2) : mesures d'efforts avec capteur 6 axes, mesures de pression pariétale à basses fréquences (≈ 200 Hz) à l'aide d'un scanner de pression, mesures de vitesse autour du profil par vélocimétrie par imagerie de particules (PIV). Dans un second temps, le dispositif sera installé dans la soufflerie anéchoïque du LMFA pour réaliser des études couplées aérodynamiques et acoustiques (figure 3) : mesures de pression pariétale à hautes fréquences (> 10 kHz) à l'aide de sondes à microphones déportés, mesures acoustiques en champ lointain à l'aide d'une antenne de microphones.



Figure 2: Mesure de décrochage dynamique dans la soufflerie à retour de l'IMSIA (gauche), et profil d'aile avec scanner de pression 32 voies embarqué (droite).

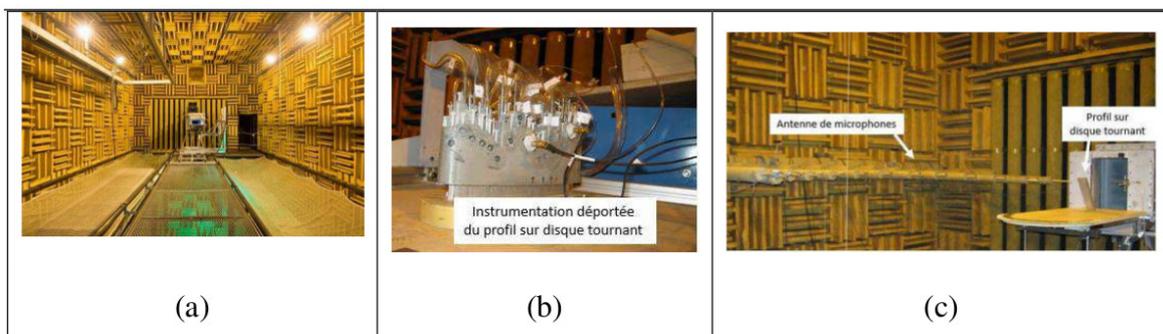


Figure 3: (a) Vue générale de la chambre anéchoïque du LMFA (10m x 9m x 8m), (b) bloc de sondes d'un profil instrumenté sur disque tournant, et (c) mesure du bruit rayonné par un profil à l'aide d'un arc de microphones.

L'originalité de cette base de données expérimentales sera de caractériser de façon très complète l'écoulement autour du profil et le bruit rayonné par le profil dans des configurations dynamiques réalistes, représentatives des éoliennes. Cette étude expérimentale sera complétée par des calculs d'écoulement effectués à l'aide du logiciel libre Code_Saturne (www.codesaturne.org) développé par EDF R&D en partenariat avec l'IMSIA. Des simulations URANS (*Unsteady Reynolds Averaged Navier-Stokes*) ou LES (*Large Eddy Simulation*) seront réalisées pour des profils oscillants à l'aide de maillages mobiles par la méthode ALE (*Arbitrary Lagrangian Eulerian*). Ces simulations permettront d'une part de visualiser des détails de l'écoulement non accessibles par la mesure, et d'autre part de tester d'autres

configurations que celles couvertes par la base de données expérimentales, afin de se rapprocher des configurations correspondant aux profils de pales d'éoliennes à échelle 1.

Le dernier volet de ce travail de thèse est de modéliser les modulations d'amplitude du bruit des éoliennes à l'aide de modèles analytiques (comme la théorie d'Amiet) ou analogiques (comme l'analogie de Ffocws-Williams Hawkins). Des analyses temps-fréquence seront réalisées afin de comparer le potentiel des approches temporelles et fréquentielles à paramètres lentement variables.

Modalités pratiques

- **Profil souhaité** : titulaire d'un M2 recherche ou d'un diplôme d'ingénieurs, avec une solide formation en mécanique des fluides et/ou acoustique.
- **Encadrement** : Benjamin Cotté et Romain Monchaux, enseignants-chercheurs à l'ENSTA ParisTech (IMSIA - <https://www.imsia.cnrs.fr/>).
- **Lieu et début de thèse** : la thèse se déroulera à l'IMSIA à Palaiseau, avec des séjours réguliers à prévoir au LMFA près de Lyon, avec un début prévu à l'automne 2019.
- **Rémunération** : 1750 euros nets par mois, avec possibilité de vacances d'enseignement.
- **Pour candidater** : envoyer CV, lettre de motivation et une liste de référents avant le 26 avril 2019 à benjamin.cotte@ensta-paristech.fr et romain.monchaux@ensta.fr.