IMSIA, ENSTA Paris
828, boulevard des Maréchaux
91120 Palaiseau

Offre de stage : étude numérique de l'effet de la rugosité sur les performances aérodynamique et acoustique d'une hélice en vol stationnaire

Contexte

Les systèmes multi-propulseurs sont utilisés de façon croissante dans le contexte des véhicules aériens à décollage et atterrissage vertical (drones, taxis volants). Différents systèmes de propulsion sont à l'étude chez les constructeurs, avec des niveaux de bruit émis qui varient significativement selon le type de propulseur, la configuration choisie et les phases de vol. L'objectif du projet "Aéroacoustique des systèmes multi-PROpulseurs pour les drones" (APRO), dont les partenaires sont l'Unité de Mécanique (UME) et l'Unité d'Informatique et d'Ingénierie des Systèmes (U2IS) de l'ENSTA Paris, est d'améliorer la compréhension et la modélisation des phénomènes de génération de bruit dans les systèmes multi-propulseurs, afin de limiter les nuisances sonores pour permettre une meilleure acceptation du public et une meilleure maîtrise des objectifs de réglementation acoustique.

Dans la première phase du projet, on cherche à optimiser les performances aérodynamique et acoustique d'une hélice isolée à bas nombre de Reynolds. On s'intéresse en particulier à l'effet de la rugosité de surface, qui influe sur la transition laminaire-turbulent de la couche limite. D'un point de vue aérodynamique, les forces aérodynamiques peuvent être modifiées selon le type de transition rencontré, en particulier en présence d'une bulle de séparation laminaire [1, 2]. D'un point de vue acoustique, la présence de couches limites laminaires peut être la source d'un bruit tonal associé aux instabilités qui se développent dans la couche limite et sont diffractées par le bord de fuite du profil [3].

(a) (b)

FIGURE 1 – (a) Banc d'essais dans la chambre aénchoïque de l'UME, et (b) hélices de rugosité différentes testées dans le cadre du projet.

Des expériences ont été réalisés dans la chambre anéchoïque de l'ENSTA Paris avec différentes hélices de diamètre 33 cm ; voir figure 1. Les hélices ont des rugosités variant

entre 1 micron pour celle en bois et 20 microns pour celle imprimée en PLA. Les performances aérodynamique et acoustique de ces hélices diffèrent, en particulier du point de vue du bruit large bande.

Objectifs

L'objectif de ce stage est de prédire les performances aérodynamique et acoustique d'une hélice en fonction de sa rugosité de surface en conditions de vol stationnaire. Plus précisément, le candidat réalisera les tâches suivantes :

1. étudier la sensibilité des paramètres de couche limite (épaisseur de déplacement, coefficient de friction, ...) à la rugosité de surface sur un profil d'aile à l'aide d'une méthode de panneaux aérodynamiques (Xfoil) et/ou d'une simulation RANS.
2. sur la base de ces paramètres de couche limite, réaliser des calculs aérodynamiques d'une l'hélice avec un modèle de type *Blade Element Momentum Method* (BEMT) et/ou *Vortex Lattice Method* (VLM avec logiciel DUST - `www.dust-project.org/`) pour différentes rugosités de surface, et valider les résultats numériques à l'aide de mesures ;
3. calculer les composantes tonales et large bande à l'aide de modèles fréquentiels de la littérature pour ces mêmes cas-tests [4, 5, 6, 3] ;
4. proposer un type de rugosité (épaisseur, position sur l'hélice) qui permette d'obtenir le meilleur compromis entre performances aérodynamiques et acoustiques.

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 acoustique.
— **Encadrement** : Benjamin Cotté (Enseignant-chercheur) et Yoann Beausse (Post-doctorant) de l'UME à l'ENSTA Paris à Palaiseau.
— **Pour candidater** : envoyer CV, lettre de motivation et relevés de notes à benjamin.cotte@ensta-paris.fr et yoann.beausse@ensta-paris.fr .

Références

[1] T. Jaroslawski, M. Forte, J.M. Moschetta, G. Delattre, E.R. Gowree (2022). Characterisation of boundary layer transition over a low Reynolds number rotor, *Experimental Thermal and Fluid Science* 130.

[2] G. Romani, E. Grande, F. Avallone, D. Ragni, D. Casalino (2022). Performance and noise prediction of low-Reynolds number propellers using the Lattice-Boltzmann method, *Aerospace Science and Technology* 125.

[3] G. Yakhina, M. Roger, S. Moreau, L. Nguyen et V. Goluev (2020). Experimental and Analytical Investigation of the Tonal Trailing-Edge Noise Radiated by Low Reynolds Number Aerofoils, *Acoustics* 2.

[4] D.B. Hanson and D.J. Parzych (1993), Theory for noise of propellers in angular inflow with parametric studies and experimental verification, rapport NASA 4499.

[5] M. Roger and S. Moreau (2010). Extensions and limitations of analytical airfoil broadband noise models *International Journal of Aeroacoustics* 9, pp. 273–305.

[6] Y. Tian et B. Cotté, Wind Turbine Noise Modeling Based on Amiet's Theory : Effects of Wind Shear and Atmospheric Turbulence, *Acta Acustica united with Acustica* vol. 102(4), pp. 626-639, 2016.