

PROPOSITION DE STAGE – MASTER 2 DET

Dynamique des fluides, Énergétique et transferts

Université Toulouse 3 Paul Sabatier - Toulouse INP - INSA Toulouse - ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

Titre : Modélisation aéroacoustique d'un rotor à pales souples en flottement

Responsable(s) : DOUE Nicolas, Ingénieur-Chercheur, ISAE-Supaéro / DAEP, nicolas.doue@isae-superaero.fr
GOJON Romain, Ingénieur-Chercheur, ISAE-Supaéro / DAEP, romain.gojon@isae-superaero.fr
PROTHIN Sébastien, Ingénieur-Chercheur, ISAE-Supaéro / DAEP, sebastien.prothin@isae-superaero.fr

Lieu du stage : ISAE-Supaéro / DAEP

Durée / période : 6 mois

Candidature [CV, lettre de motivation, références] à envoyer à : nicolas.doue@isae-superaero.fr

Mots clés : Interaction Fluide-Structures, Aéroacoustique, Modélisation numérique, CFD

Sujet

Les pales de rotors souples sont le siège de nombreux phénomènes couplant l'aérodynamique et la dynamique des structures. Pour certains points de fonctionnement (vitesses d'avancement des voilures, perturbations aérologiques), ces phénomènes peuvent faire entrer en coalescence les modes de flexion et de torsion liés à la structure des pales et conduire à une instabilité de type flottement. Des mouvements de grandes amplitudes apparaissent alors, pouvant mener à la destruction des pales sous certaines conditions. Avant même d'arriver à ce cas extrême, les rotors voient leurs performances aérodynamiques dégradées et leurs niveaux acoustiques augmentés, nuisant ainsi à la psychoacoustique (perception du bruit par l'être humain) et à la furtivité des drones.

Il est donc essentiel de comprendre, prédire et contrôler ces phénomènes. Pour ce faire, il est nécessaire de développer des outils numériques fiables, validés par des campagnes expérimentales, afin de simuler différentes géométries ou développer des solutions de contrôle du flottement (ex : systèmes d'amortissement, actionneurs piézo-électriques), et/ou d'absorption acoustique.

Depuis plusieurs années, l'équipe Interaction Fluide-Structures (IFS) du Département Aérodynamique Énergétique et Propulsion (DAEP) à l'ISAE-Supaéro étudie expérimentalement et numériquement (Theodorsen, CFD ...) le phénomène de flottement pour des voilures et rotors aéroélastiques, permettant ainsi de mieux comprendre ces phénomènes et de développer des solutions de contrôle [1-2].

L'équipe aéroacoustique travaille quant à elle sur plusieurs projets visant à comprendre l'aéroacoustique des rotors rigides et réduire leurs niveaux acoustiques, au moyen de dispositifs expérimentaux (chambre anéchoïque) et numériques (Theodorsen, CFD, Fowcs Williams-Hawkings (FWH)...) [3-5].

Ces deux équipes souhaitent désormais mettre en commun leurs moyens et compétences afin d'étudier l'aéroacoustique de rotors à pales souples en flottement.

L'objectif du stage est donc de mettre en place les premiers outils numériques couplant les modèles IFS et de propagation acoustique, afin de mieux comprendre le lien entre le phénomène de flottement des pales de rotor et les niveaux acoustiques qui en résultent.

Pour ce faire, des simulations IFS en URANS 2D avec maillages mobiles seront réalisées dans un premier temps pour simuler le phénomène de flottement d'un profil 2D type profil d'aile ou plaque plane. Les répartitions de pression ainsi calculées sur les pales serviront d'entrée pour le module de propagation acoustique FWH développé dans notre département.

Dans un second temps, une modélisation bas-ordre sera réalisée en combinant Theodorsen (pour connaître les efforts aérodynamiques) avec une modélisation utilisant des dipôles acoustiques (pour modéliser les sources acoustiques).

Le stage se déroulera en plusieurs phases :

- 1) Familiarisation avec l'utilisation du logiciel CFD Star CCM+ (des tutoriels existent) pour la réalisation des simulations IFS, puis mise en place des simulations 2D ;
- 2) Adaptation du code FWH maison pour prise en compte des résultats de simulation 2D ;
- 3) Réalisation des simulations couplant IFS et propagation acoustique, et analyse des résultats ;

4) Suivant l'avancement du stage, mise en place de la combinaison des modèles bas-ordre (Theodorsen + dipôles).

Profil recherché :

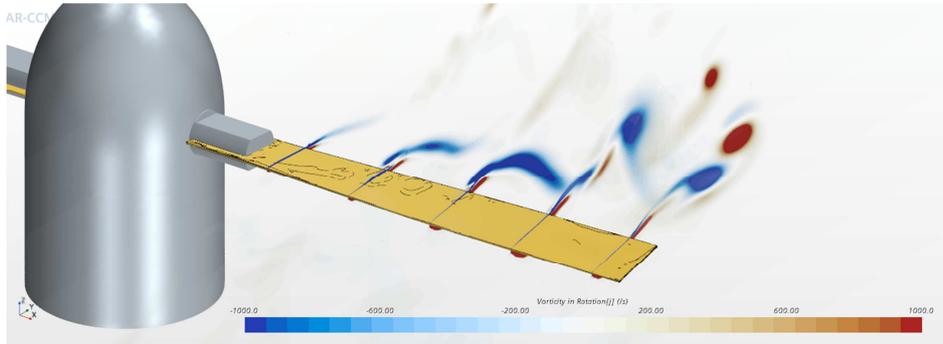
Elève ingénieur ou master recherche de formation mécanique des fluides avec une expérience en CFD (idéalement avec le logiciel Star CCM+).

Des compétences de programmation en Python et Matlab sont également requises.

Des connaissances en mécanique des structures et en aéroacoustique seraient également appréciées.



*Bancs d'essais expérimentaux de l'ISAE-Supaéro, Toulouse.
A gauche : Banc EmPEROR, mesures de déformations de pales souples en flottement.
A droite : Chambre anéchoïque, mesures acoustiques de bruits de rotors*



Exemple de simulation IFS en URANS 3D d'un rotor à pales souples en flottement.

Bibliographie

- [1] Fernandez-Escudero, C., Gagnon, M., Laurendeau, E., Prothin, S., Guilhem, M., Ross, A., Comparison of low, medium and high fidelity numerical methods for unsteady aerodynamics and non linear aeroelasticity. Journal of Fluids and Structures 91 (2019) 102744.
- [2] Chambon, A., Sanches, L., Prothin, S., Eloy, C., Michon, G., Experimental aeroelastic analysis of flexible rotating blades with optical laser vibrometer, International Forum on Aeroelasticity and Structural Dynamics IFASD 2022, 13-17 June 2022, Madrid, Spain.
- [3] Gojon, R., Jardin, T., & Parisot-Dupuis, H. (2021). Experimental investigation of low Reynolds number rotor noise. J. Acou. Soc. Am., 149(6), 3813-3829.
- [4] Li Volsi, P., Gomez-Ariza, D., Gojon, R., Jardin, T., & Moschetta, J. M. (2022). Aeroacoustic optimization of MAV rotors. Int. J. Micro Air Veh., 14, 17568293211070827.
- [5] Gojon, R., Doué, N., Parisot-Dupuis, H., Mellot, B., & Jardin, T. (2022). Aeroacoustic radiation of a low Reynolds number two-bladed rotor in interaction with a cylindrical beam. In 28th AIAA/CEAS Aeroacoustics 2022 Conference (p. 2972).