

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation avancée d'hélice et rotor pour l'évaluation des performances aérodynamiques et acoustiques en conditions installées

Référence : **MFE-DAAA-2025-15**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : septembre/octobre 2025

Date limite de candidature : 30/04/2025

Mots clés

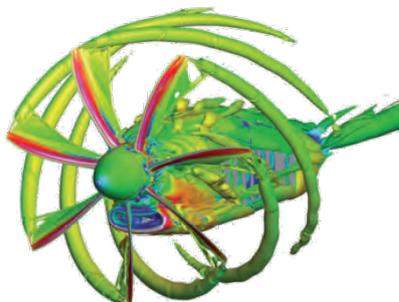
Aérodynamique, Aéroacoustique, CFD, Hélice, Rotor, Bodyforce

Profil et compétences recherchées

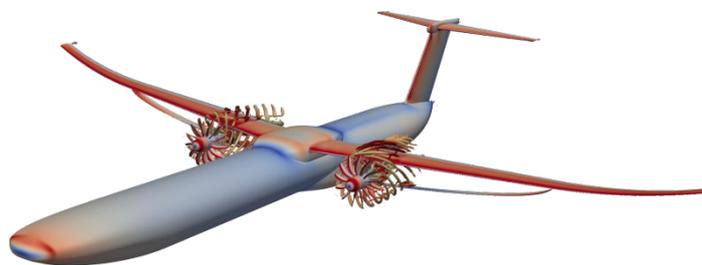
École d'ingénieur ou Master de recherche 2 ayant suivi une formation en : Mécanique des fluides - Aérodynamique - Aéroacoustique - Méthodes numériques - Bonne qualité rédactionnelle

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

De nombreux avions sont propulsés et sustentés par des hélices et des rotors, du drone de petite taille au transporteur lourd de type A400M en passant par les hélicoptères et les ULMs de loisir. Bien que la conception des hélices et rotors se fasse en considérant les différentes phases de vol de l'appareil (décollage, croisière, atterrissage), l'évaluation des performances aérodynamiques et acoustiques se fait le plus souvent dans une configuration isolée, sans prise en compte des interactions avec la cellule de l'appareil (fuselage, ailes, empennages). L'évaluation dite "installée" n'est faite que dans la phase finale de conception et il arrive que les performances globales du système propulsif ou de la cellule soient dégradées. L'étude des effets d'installation des hélices et rotors sur un appareil, comme illustrée sur la figure 1, doit donc être réalisée le plus tôt possible dans la phase de conception.



a) Interaction aérodynamique hélice - nacelle



b) Interaction aérodynamique open fan - voilure

Fig. 1 : Exemples de simulations numériques d'interactions aérodynamiques.

Pour évaluer les effets d'installation, on utilise des méthodes de simulation numérique des écoulements avec des modélisations plus ou moins fines du système propulsif : pales d'hélice ou de rotor entièrement discrétisées avec prise en compte de la cinématique instationnaire (Fig. 2-a), pales modélisées avec résolution d'un écoulement instationnaire (Fig. 2-b), disque rotor ou disque hélice modélisé avec résolution d'un écoulement stationnaire (Fig. 2-c). Le bruit rayonné par le système propulsif est ensuite calculé par une méthode intégrale basée sur l'analogie acoustique en considérant les différents types de source acoustique (bruit d'épaisseur, bruit de charge stationnaire et instationnaire, bruit quadripolaire). Le niveau de fidélité de la modélisation retenue dépend du degré de précision et de la finalité désirés (équilibre de l'appareil, efforts aérodynamiques, rayonnement acoustique).

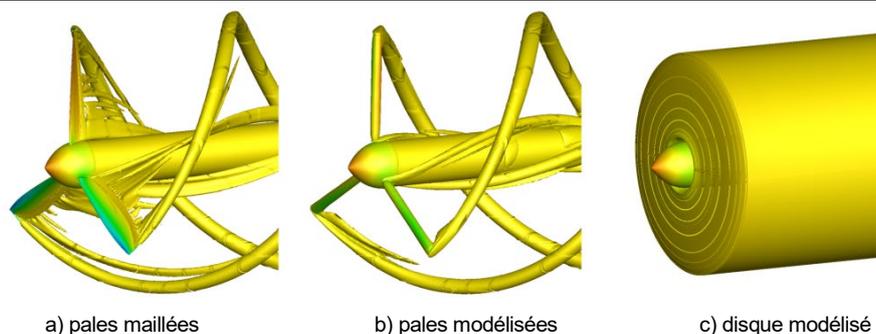


Fig. 2 : Différentes manières de prendre en compte le système propulsif dans une simulation.

L'objectif de la thèse est d'analyser, évaluer et étendre le domaine de validité des méthodes existantes à l'ONERA permettant de modéliser l'aérodynamique et l'acoustique des rotors et des hélices en s'affranchissant de sa géométrie (méthode de type body-force stationnaire et instationnaire [4,5,6], ligne portante, méthode particulière lagrangienne [7]). En particulier, on s'intéressera à :

- la prise en compte des effets géométriques de second ordre comme la flèche et le dièdre des pales ;
- l'extension des différentes modélisations aux régimes de fonctionnement éloignés du point de design ;
- la dépendance de la modélisation au nombre de pales, chargement aérodynamique, effets de compressibilité ;
- l'évaluation des méthodes sur une configuration d'hélice installée sur voilure pour quantification des performances aérodynamiques et acoustique de l'hélice et de la voilure.

Les travaux de thèse seront réalisés par voie de simulation numérique au moyen des codes aérodynamiques et acoustiques développés par l'ONERA. L'extension des modèles existants nécessitera une analyse bibliographique et une bonne compréhension des différentes modélisations.

Références :

[1] Rapport annuel 2022. ONERA.

[2] Les pépites de l'ONERA.

[3] Rapport annuel 2019. ONERA.

[4] G. Reboul, et al. "Multi-fidelity Aeroacoustic Prediction of an eVTOL Rotor", Vertical Flight Society 79th Annual Forum & Technology Display, 2023.

[5] Pantel, H., Falissard, F., & Dufour, G. (2023). Assessment of a RANS/BET Body Force Method for Propeller Modeling. In AIAA AVIATION 2023 Forum (p. 3668).

[6] Pantel, H., Falissard, F., & Dufour, G. (2024). Assessment of Reynolds-Averaged Navier–Stokes/Blade Element Theory Body Force Method for Propeller Modeling. AIAA Journal, 62(2), 758-775

[7] J. Valentin, L. Bernardos. "Validation of a new solver based on the vortex particle method for wings, propellers and rotors", 49th European Rotorcraft Forum, 2023.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique

Lieu (centre ONERA) : Meudon

Contact : F. Falissard

Tél. : 01 46 73 49 81

Email :

Fabrice.Falissard@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Fabrice Falissard

Laboratoire : ONERA

Tél. : 01 46 73 49 81

Email : Fabrice.Falissard@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>