www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation multi-fidélité pour l'aérodynamiques et l'acoustiques des hélices et rotors en conditions installées

Référence : **MFE-DAAA-2024-10**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : septembre/octobre 2024	**Date limite de candidature :** 30/04/2024

Mots clés

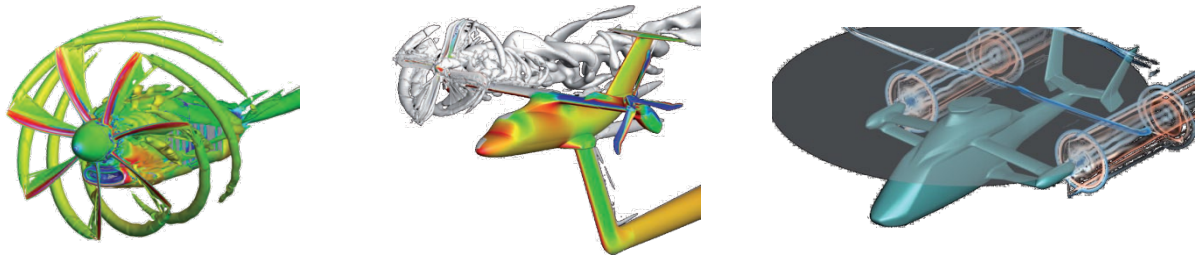
Aérodynamique, Aéroacoustique, CFD, Hélice, Rotor

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 aéronefs sont propulsés et sustentés par des hélices et des rotors, du drone au transporteur lourd de type A400M en passant par les hélicoptères. 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 aérodynamiques globales et l'acoustique du système propulsif ou de la cellule soient dégradées [1]. Si les performances aérodynamiques sont moins bonnes que prévues, cela implique un rayon d'action ou une charge d'emport réduite. Si l'acoustique est dégradée, cela se traduit par des limitations d'opération pour un appareil civil et une plus grande détectabilité pour un appareil militaire. 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, entée d'air [2]

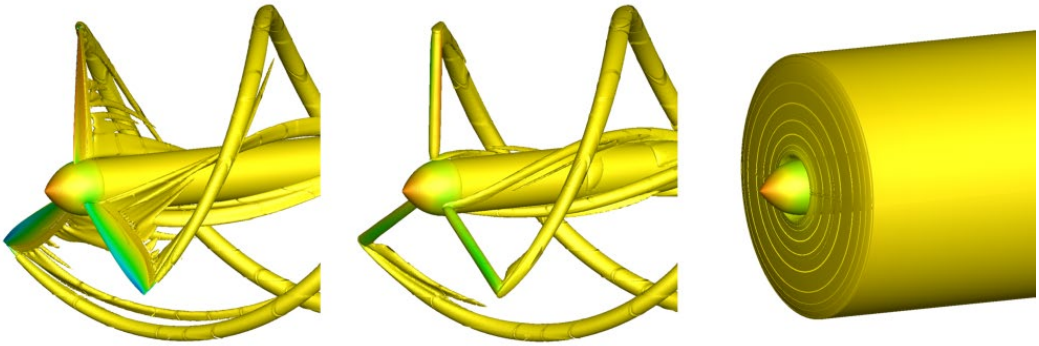
b) Interaction aérodynamique rotor, voilure, fuselage, empennage [3]

c) Interaction aérodynamique rotor principal, hélices propulsives, fuselage [4]

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 retenu dépend du degré de précision et de la finalité désiré (équilibre de l'appareil, efforts aérodynamiques, rayonnement acoustique).



a) pales maillées b) pales modélisées c) disque modélisé

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 simulations CFD avec maillages mobiles (méthode de type body-force stationnaire et instationnaire [5,6], ligne portante [7], méthode particulaire lagrangienne [8]). En particulier, on s'intéressera à :

- La prise en compte des effets géométriques de second ordre (flèche, dièdre) des pales ;
- l'extension des différentes modélisations aux régimes de fonctionnement off-design ;
- la dépendance au nombre de pales, chargement aérodynamique, effets de compressibilité ;
- la modélisation des sources de bruit liées aux effets d'installation (interactions aérodynamiques et acoustiques entre les parties tournantes et les parties fixes) et leur propagation en champ lointain.

Les méthodes seront ensuite appliquées sur des configurations d'hélices et rotors avec différents effets d'installation (hélice + nacelle avec entrée d'air, hélice + nacelle + voilure, rotors de drone avec bras support) pour quantification des performances aérodynamiques et acoustiques du système propulsif et de la cellule.

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] J. Decours, S. Burguburu and F. Falissard. "Performance Assessment of the Erica Tilt-Rotor in Cruise", *36th European Rotorcraft Forum*, Paris, September 7-9, 2010.

[2] Rapport annuel 2022. ONERA. Téléchargeable ici.

[3] Les pépites de l'ONERA. Téléchargeable ici.

[4] Rapport annuel 2019. ONERA. Téléchargeable ici.

[5] G. Reboul, D. Lewis, M. Balmaseda, J. Bailly, F. Falissard, F. Guntzer, C. Lienard. "Multi-fidelity Aeroacoustic Prediction of an eVTOL Rotor", *Vertical Flight Society 79th Annual Forum & Technology Display*, 2023, https://doi.org/10.4050/F-0079-2023-17940

[6] H. Pantel, F. Falissard, G. Dufour. "Assessment of Reynolds-Averaged Navier-Stokes/Blade Element Theory Body Force Method for Propeller Modeling", *AIAA Journal*, 2023, https://doi.org/10.2514/1.J063302

[7] G. Reboul, F. Falissard. "On the use of CFD for improvement of Low-Fidelity Blade-Vortex Interaction Prediction Code", *Vertical Flight Society 75th Annual Forum & Technology Display*, 2019, https://doi.org/10.4050/F-0075-2019-14448

[8] 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	**Directeur de thèse**
Département : Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique	Nom : I. Mortazavi
Lieu (centre ONERA) : Meudon	Laboratoire : Cnam
Contact : F. Falissard	
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