

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Etude expérimentale d'interactions multi-rotor

Référence : **MFE-DAAA-2024-08**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2024

Date limite de candidature : Mai 2024

Mots clés

Voilure tournante, Interaction aérodynamique, Expérimentation, Drone

Profil et compétences recherchées

Connaissance dans les écoulements tournants et les hélices

Notion de programmation (Python, Labview, C++)

Goût pour l'expérimentation avec une expérience dans l'instrumentation, les capteurs et les méthodes de mesures (Balance, Fils chauds, PIV)

Des connaissances dans le domaine du calcul numérique serait un plus

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

La plupart des nouvelles formules d'appareils à décollage et atterrissage vertical basés sur une propulsion électriques (e-VTOL) sont caractérisées par la présence de plusieurs rotors ou hélices.

La multiplication du nombre des rotors (rotor principal ou hélice) nécessite de bien comprendre les phénomènes d'interaction aérodynamique entre toutes ces parties tournantes, et l'impact de ces interactions sur les performances aérodynamiques (traction, puissance consommée), les qualités de vol, les vibrations et le bruit rayonné. Il est aujourd'hui quasiment acquis que ces interactions aérodynamiques sont pénalisantes en vol stationnaire (performances) mais aussi et surtout dans les conditions de vol à basse vitesse. Or, la maîtrise des phénomènes d'interaction basse vitesse est essentielle pour la viabilité et l'optimisation de ces formules combinées.

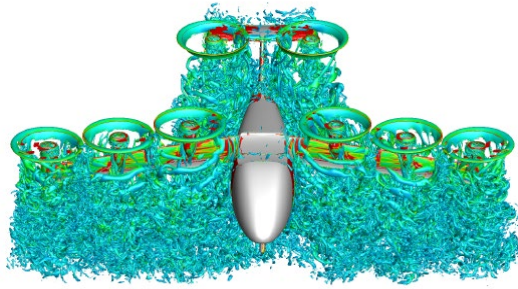


Joby : 6 rotors tiltables



Volocopter : 18 rotors

Sur le plan de la modélisation numérique, l'approche CFD (Computational Fluid Dynamics) permet d'étudier dans le détail ce type d'interaction aérodynamique, avec toutefois certaines restrictions et au prix de temps de restitution très élevés. Pour pallier à ce dernier point, des méthodes plus simples sont explorées, comme par exemple des méthodes tourbillonnaires basées sur une approche lagrangienne. Des bases de données de référence manquent aujourd'hui pour valider les capacités prédictives de ces outils dans des conditions d'interaction fortes.



Actuator disk model, Garcia Perez, NASA, VFS 2023

Dans le cadre d'un projet de recherche nommé VOLVER, un banc dédié aux interactions multi-rotors est en cours de conception pour répondre à ces questions grâce à sa capacité de restituer un grand nombre de configurations différentes. En effet, ce banc est conçu pour permettre l'intégration de plusieurs hélices avec variation de :

- Espacement latéral et longitudinal
- Hauteur du plan d'une hélice par rapport à une autre
- Inclinaison latérale et longitudinale des hélices

Pour chacune des configurations, ce banc permettra de mesurer la traction, le couple et la vitesse de rotation pour chaque hélice. Des mesures du champ de vitesse dans l'écoulement seront également réalisées à l'aide de méthodes de type PIV (Particule Image Velocimetry), stationnaires et instationnaires, LDV (Laser Doppler Velocimetry) et/ou fils chaud. Ces mesures permettront d'identifier les phénomènes d'interaction mis en jeu pour chacune des configurations et ainsi aider à comprendre les variations d'efforts observées.

Afin de simuler une vitesse d'avancement, ce banc est conçu pour permettre son utilisation dans la soufflerie basse vitesse L2 de Lille.

L'objectif de la thèse est de procéder à une étude expérimentale exhaustive de l'impact sur les performances de chaque hélice dans des configurations multi-rotors fortement modulables.

Ainsi, la thèse comprendra les volets suivants :

- Étude bibliographique sur l'aérodynamique des voilures tournantes et les interactions, tant d'un point de vue expérimental que numérique
- Définition et conduite d'une campagne d'essais dédiée à la mesure des efforts (traction et couple) et analyse des résultats
- Définition et conduite d'une campagne d'essais "mesures dans le champ" et analyse des résultats
- Interprétation physique des résultats, synthèse et émission de recommandations pour la modélisation
- Contribution à la validation des simulations numériques réalisées dans l'unité H2T de l'ONERA avec des méthodes tourbillonnaires et des méthodes CFD URANS par confrontation aux mesures expérimentales réalisées

Le doctorant pourra également contribuer à l'amélioration des modèles d'interactions aérodynamiques permettant d'enrichir les outils de simulation numérique existants.

Les expérimentations s'appuieront sur les équipes techniques de l'unité ELV, notamment sur l'équipe dédiée en métrologie optique; néanmoins, une contribution active du doctorant aux essais et à l'analyse est indispensable

Références

- [1] Experimental velocity fields evaluation of the rotor/propeller interactions for high-speed helicopters with different propeller positions- L. Lefevre, V. Nowinski, J. Delva & A. Dazin, Experiments in Fluids 2022
- [2] Experimental and numerical investigation of the aerodynamic interactions between a hovering helicopter and surrounding obstacles- G. Gallas, R. Boisard, J.-C. Monnier, J. Pruvost, A. Gilliot, ERF 2017
- [3] The Multirotor Test Bed – A New NASA Test Capability for Advanced VTOL Rotorcraft Configurations- C. Russel S. Conley
- [4] Experimental investigation of UAV Rotor aeroacoustics and aerodynamics with computational cross-validation- A. Kostek et al., ERF 2022
- [5] Experimental and Computational Investigation of Aerodynamic Interactions in Quadrotor Configurations, A. Kostek et al., Journal of the AHS, 2024

- [6] Aerodynamics of small rotor in hover and forward flight- F. Lössle and all., ERF 2022
- [7] Development of finite state inflow models for multi-rotor configurations using analytical approach- F.Guner, Y.B Kong, J.V.R Parsad et al., AHS 2018
- [8] Mission Oriented Multi-prop UAV Analysis using Statistical Design Trends- O. Rand, V. Khromov, VFS 2020
- [9] Multicopter configuration trades informed by handling qualities for urban air mobility application- S. Withrow-Maser, C. Malpoca, K. Nagami, VFS 2020
- [10] High-Fidelity Multicopter Unmanned Aircraft System Simulation Development for Trajectory Prediction Under Off-Nominal Flight Dynamics, J.V. Foster, D.C. Hartman, AIAA 2017

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique

Lieu (centre ONERA) : Lille

Contact : Vianney Nowinski

Tél. : 03 20 49 69 46

vianney.nowinski@onera.fr

Email :

Directeur de thèse

Nom : Jean-Marc Foucaut

Laboratoire : Centrale Lille

Tél. : 03 74 95 41 33

Email : jean-marc.foucaut@centralelille.fr

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