



PROPOSITION DE STAGE 2019

Titre : Simulation des grandes échelles d'un rotor électrique caréné

Responsable(s): Romain Gojon (romain.gojon@isae-superaero.fr, 05 61 33 84 60)
Sébastien Duplaa (sebastien.duplaa@isae-superaero.fr, 05 61 33 89 26)

Laboratoire : Département d'aérodynamique, Energétique et Propulsion (DAEP), ISAE-Supaéro

Sujet

La réduction des émissions polluantes (sonores et chimique) imposée par les consortiums aéronautiques européen et américain impose le développement de systèmes propulsifs innovants qui pourraient être hybrides (couplage électrique et thermique), tout électrique et/ou distribués. Dans ce cadre, nous sommes amenés à étudier au département des rotors faiblement chargés et carénés, entraînés électriquement, de dimensions inférieures à celle des moteurs conventionnels et adaptés à des Mach de vol intermédiaires (~0.4-0.6). Une thèse est actuellement en cours au département afin de cerner les paramètres physiques qui pilotent le comportement aérodynamique de ces systèmes [1,2] très peu référencés dans la littérature. Outre l'aspect aérodynamique, un défi important à relever pour la viabilité de ces systèmes est la caractérisation du bruit qu'ils génèrent et leur contrôle. Il convient donc de s'intéresser rapidement à la réduction de la signature aéroacoustique des hélices/rotors du système propulsif.

Le Département d'Aérodynamique et Propulsion (DAEP) de l'ISAE-SUPAERO travaille depuis quelques années déjà sur la réduction du bruit rayonné par les rotors électriques libres de drone et de propulsion distribuée. Dans ce cadre, un premier design de rotor 'furtif' a été obtenu sur la base d'une optimisation aéroacoustique basse-fidélité (faible coût de calcul). Cela a permis de développer des outils de calculs de bruit rayonné par les pales puis de les coupler aux sources estimées par une approche Blade Element Momentum Theory (BEMT) en les intégrant dans une boucle d'optimisation. Une telle optimisation (basse-fidélité) se limite principalement à une réduction du bruit de charge stationnaire et ne permet pas d'agir sur le bruit rayonné par les mécanismes instationnaires caractéristiques des rotors. En vue d'agir efficacement sur ce dernier, il convient d'identifier les mécanismes instationnaires associés, les comprendre, les modéliser pour ensuite les hiérarchiser : en effet, à ce jour les mécanismes aéroacoustiques dominants ne sont pas clairement identifiés car les connaissances acquises depuis les années 60 sur les hélices et les pales d'hélicoptères ne sont pas directement applicables aux drones et aux futurs rotors électriques distribués des avions commerciaux. La raison est que ceux-ci opèrent à de plus faibles nombres de Mach et de Reynolds, dans des configurations de vol différentes. Le principal enjeu de ce stage est de caractériser les sources de bruits pour un rotor caréné représentatif d'un futur système de propulsion distribué.

Programme du stage

Pour répondre à cet objectif, des simulations numériques haute-fidélité de type Large Eddy Simulations (LES) seront effectuées. Un code de résolution résolvant les équations de Navier-Stokes instationnaire développé au laboratoire sera utilisé. Ce code a récemment évolué et est maintenant capable d'effectuer des simulations avec des maillages tournants, permettant de résoudre des rotors carénés, et non plus seulement des rotors libres.

Ces simulations seront effectuées sur un rotor électrique caréné dessiné au laboratoire et étudié dans le cadre d'une thèse. L'analyse des résultats permettra donc d'identifier, de comprendre et de hiérarchiser les principales sources de bruit et fournira des données pour la modélisation à ordre réduit de la signature aéroacoustique des rotors électriques carénés.

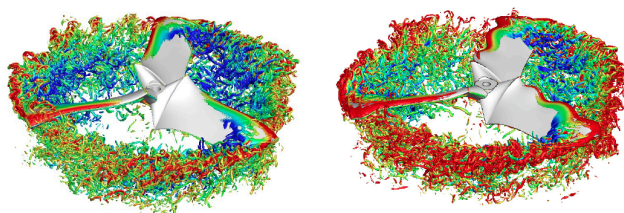


Figure 1 : Exemples de simulations numériques LES réalisées par approche LBM avec application à l'aéroacoustique de rotors de drones.

Bibliographie

- [1] Lagha M., Duplaa S., Binder N., « Mise en relation analytique de la cinématique de l'écoulement et des performances d'un rotor caréné à Mach de vol intermédiaire », (2017), Congrès Français de Mécanique, August 28-1 september 2017, Lille, France.
- [2] Lagha M., Duplaa S., Binder and Carbonneau, X., « Similarity Study of Lightly Loaded Shrouded Rotors For Distributed Propulsion », Turbomachinery Technical Conference and Exposition (Turbo Expo), 17-21 June 2019, Phoenix, Arizona, United States.
- [3] Lamouroux, R., Gressier J., and Grondin G. « *A High-Order Compact Limiter Based on Spatially Weighted Projections for the Spectral Volume and the Spectral Differences Method* », Journal of Scientific Computing, 67.1 (2016): 375-403.
- [4] Lamouroux, R. « *Méthodes compactes d'ordre élevé pour les écoulements présentant des discontinuités.* » PhD Thesis, ISAE-SUPAERO, 2016.