



Contribution à l'aérodynamique et à l'aéroacoustique appliquées aux hélicoptères et hélices

Soutenance d'habilitation à diriger les recherches – Fabrice Falissard

Jeudi 23 janvier 2025 à 13 H 45
Salle AY-02-63 – ONERA Meudon

Jitsi : https://rdv.onera.fr/Soutenance_Fabrice_Falissard

Devant le jury composé de :

- Garant :
 - * Iraj Mortazavi, professeur des universités, Cnam, Paris, France

- Rapporteurs :
 - * Paola CINNELLA, professeure des universités, Sorbonne Université, Paris, France
 - * Marlène SANJOSÉ, professeure, École de Technologie Supérieure, Montréal, Canada
 - * Christophe BAILLY, professeur des universités, École Centrale de Lyon, Lyon, France

- Examineurs :
 - * Damiano CASALINO, professeur, Université de Technologie de Delft, Delft, Pays-Bas
 - * Christophe CORRE, professeur des universités, École Centrale de Lyon, Lyon, France
 - * Xavier GLOERFELT, professeur des universités, École nationale supérieure d'Arts et Métiers, Paris, France
 - * Denis SIPP, directeur de recherche de 1^{re} classe, ONERA, Palaiseau, France

---0---

Résumé / Abstract

Les travaux présentés portent essentiellement sur le développement de méthodes de calcul de haute précision pour la simulation en aérodynamique compressible et en aéroacoustique, ainsi que sur la prévision et l'analyse des performances aérodynamiques et acoustiques des hélices, des rotors principaux et des rotors anticouple d'hélicoptères.

Dans un premier temps, nous appliquons des schémas compacts d'ordre élevé basés sur le résidu à des cas test académiques et réalistes d'aérodynamique compressible et d'aéroacoustique. Les ordres de précision formelle des schémas sur les flux convectifs et diffusifs sont démontrés en pratique, même pour des problèmes non linéaires. Les résultats montrent également qu'une grande précision sur les flux convectifs est suffisante pour capturer la propagation des ondes acoustiques et la structure de la couche limite cinématique mais qu'une grande précision sur les flux diffusifs est aussi nécessaire pour capturer la couche limite thermique des écoulements compressibles en même temps que la couche limite cinématique. Pour la propagation de modes acoustiques tournants dans une entrée d'air de soufflante, les schémas de haute précision diminuent considérablement la résolution de maillage nécessaire.

Dans un deuxième temps, nous étendons le formalisme des filtres de Shapiro généralisés à la plupart des filtres utilisés pour stabiliser les solveurs aéroacoustiques reposant sur des approximations aux différences finies. Nous utilisons ensuite ce formalisme pour développer une nouvelle classe de filtres véritablement multidimensionnels. Nous analysons ensuite les filtres optimisés dans l'espace spectral puis nous proposons une nouvelle classe de filtres optimisés, similaires aux filtres Tchebychev de type 1 et de type 2, avec des oscillations d'amplitude contrôlée en bande passante ou en bande atténuée, et avec une fréquence de coupure variable.

On fera une synthèse de l'étude expérimentale et numérique du rotor anticouple caréné d'un hélicoptère SA 365 N Dauphin spécialement instrumenté. L'aérodynamique et l'acoustique du rotor anticouple ont été caractérisées grâce aux données mesurées en vol et au sol. La phénoménologie de l'écoulement dans le rotor anticouple a ensuite été corrélée au bruit rayonné en champ lointain. Les mesures expérimentales ont été spécifiquement post-traitées pour valider les simulations numériques basées sur la résolution des équations de Navier-Stokes avec modélisation de la turbulence pour simuler l'écoulement aérodynamique et les sources acoustiques en champ proche et sur l'analogie acoustique pour la propagation du bruit rayonné en champ lointain. Cette méthodologie a permis de reproduire le bruit émis par le rotor anticouple pour plusieurs conditions de vol réelles.

On abordera aussi l'aérodynamique et l'aéroacoustique des doublets d'hélices contrarotatives (CROR). Des simulations numériques tenant compte d'effets d'installation sur des bancs d'essai complexes ou bien de déformations aéroélastiques ont été effectuées pour analyser des essais en soufflerie. Nous avons également étudié des concepts passifs de réduction du bruit d'interaction qui est une source de bruit importante en décollage. Enfin, des cas simplifiés d'interaction orthogonale entre une pale en rotation et un sillage de rotor idéalisé ont été analysés en profondeur pour mieux comprendre les phénomènes responsables du bruit d'interaction en fonction des caractéristiques du sillage tourbillonnaire et de la géométrie de la pale.

Enfin, on présentera, si le temps le permet, des améliorations de méthodes multi-fidélité pour la prévision des performances aérodynamiques et acoustiques de rotors et d'hélices installés. Pour les méthodes ligne portante, les améliorations portent sur la modélisation de l'encastrement du pied de pale ainsi que sur le tourbillon attaché afin de mieux prévoir le chargement aérodynamique pour des pales avec de fortes variations de cordes. La modélisation des tourbillons marginaux de rotor d'hélicoptère est aussi abordée en vue d'améliorer les outils de prévision du bruit d'interaction. On montre que le solveur ligne portante donne un enroulement tourbillonnaire cohérent avec la théorie. Les résultats préliminaires très encourageants devraient permettre d'améliorer encore la précision de ces méthodes multi-fidélité pour de telles applications.

Mots clés / Key words

Méthodes numériques, méthodes expérimentales, aérodynamique, aéroacoustique, ordre élevé, ligne portante, CROR, hélice, hélicoptère, rotor anticouple, rotor principal, modélisation par terme source