



Contrôle Acoustique Semi-actif d'un système Propulsif de drone

Directeurs de thèse : Frank Simon (ONERA) & Thierry Jardin (ISAE)

Sujet de thèse :

Conjointement au développement des micro-technologies, l'émergence récente des micro-drones a permis d'entrevoir de nouvelles perspectives dans maintes applications, allant de l'exploration martienne au sondage atmosphérique, en passant par l'exploration archéologique ou militaire. Dans certains cas, la furtivité de l'engin peut s'avérer indispensable. La furtivité peut être visuelle, caractéristique intrinsèque aux micro-drones (assurée par leurs faibles dimensions), et/ou acoustique. S'agissant de la furtivité acoustique, il est en premier lieu déterminant de s'intéresser à la réduction de la signature aéroacoustique des hélices/rotors du système propulsif.

Le Département d'Aérodynamique, Énergétique et Propulsion (DAEP) de l'ISAE-SUPAERO travaille depuis plusieurs années déjà sur la réduction du bruit rayonné par les systèmes propulsifs de drone. Dans ce cadre, un design de rotor 'furtif' et efficace a été obtenu sur la base d'une optimisation aéroacoustique [1]. Au-delà de cette optimisation, généralement réalisée sur une plage de points de fonctionnement restreinte, il peut être envisagé d'avoir recours à des méthodes de contrôle. Un contrôle passif peut-être adjoint au système propulsif de drone mais il est par définition efficace sur une plage de fonctionnement restreinte également (pour laquelle il a été conçu). Au contraire, un contrôle actif permet de rendre le contrôle adaptable aux conditions de vol mais les tentatives réalisées ces dernières années n'ont pas été concluantes. Une alternative possible est le contrôle semi-actif qui consiste en un contrôle passif dont le design peut être modifié (« morphing ») en fonction du point de fonctionnement. On parle de contrôle semi-actif au sens où le « morphing » intervient sur des échelles de temps bien supérieures aux phénomènes physiques que l'on cherche à contrôler et caractéristiques du contrôle actif. L'enjeu de cette thèse est de développer un tel dispositif de contrôle de bruit semi-actif et d'éprouver son efficacité sur un système propulsif de drone.

Pour répondre à cet objectif, l'étude s'appuiera dans un premier temps sur les travaux du Département Multi-Physique pour l'Énergétique (DMPE) de l'ONERA Toulouse et portant sur le contrôle passif de bruit par matériaux absorbants (liners). De façon classique, les liners employés en aéronautique dans les nacelles moteur pour réduire, par exemple, le bruit de fan, ont un comportement en résonateur d'Helmholtz grâce à des parois perforées collées à un nid d'abeille placé sur un fond réfléchissant. Les systèmes peuvent être de type SDOF (simple degré de liberté) ou DDOF (double degré de liberté) c'est-à-dire dans une configuration simple ou double couches de "paroi perforée /nid d'abeille". Leurs performances acoustiques sont naturellement limitées aux moyennes et hautes fréquences en raison de la contrainte d'épaisseur du nid d'abeille. De fait, il apparaît que le type de configuration employé généralement ne permet pas une absorption en deçà de 500 Hz, ce qui serait nécessaire, par exemple, pour les systèmes propulsifs de drone. Le concept LEONAR (Long Elastic Open Neck Acoustic Resonator) breveté à l'ONERA permet de pallier à ce problème en reliant la paroi perforée à des tubes débouchant

dans la cavité de façon à réduire les fréquences d'absorption par une augmentation de longueur de propagation des ondes acoustiques au sein des tubes [2]. Il s'agira donc en premier lieu de rendre adaptable selon les conditions de vol un liner acoustique de type LEONAR par effet de « morphing » de la cavité (pour procurer une absorption sur une bande de fréquence variable). Cette étape consistera en une étude numérique de l'efficacité et de la robustesse de configurations avec cavités de forme et dimension variables, par quantification des incertitudes dimensionnelles. Cela conduira à un design de prototypes hybrides à tester en écoulement (via une approche d'optimisation), puis à la fabrication d'éprouvettes pour tests sur tube à impédance et sur banc aéroacoustique.

Dans un second temps, le contrôle semi-actif sera implémenté sur un système propulsif de drone. On cherchera en particulier à contrôler le bruit généré par l'interaction du rotor et de son bras support, identifié récemment comme étant une contribution importante du bruit généré par le système propulsif du drone [3]. Les mesures acoustiques seront conduites en chambre anechoïque pour différents points de fonctionnement (ex : vitesse de rotation du rotor) et selon différentes approches permettant d'évaluer avec précision le fonctionnement pratique et l'efficacité du système de contrôle (ex : localisation de source). L'efficacité du contrôle sera comparée à celle d'autres dispositifs de contrôle passif plus classiques à grande échelle mais inexplorés sur les systèmes propulsifs de drone, comme notamment l'utilisation de matériaux poreux qui seront également testés en chambre anechoïque.

Références :

- [1] Li Volsi, P., Gomez-Ariza, D., Gojon, R., Jardin, T., & Moschetta, J. M. (2022). Aeroacoustic optimization of MAV rotors. *International Journal of Micro Air Vehicles*, 14, 17568293211070827.
- [2] Simon, F. (2018). Long elastic open neck acoustic resonator for low frequency absorption. *Journal of Sound and Vibration*, 421, 1-16.
- [3] Gojon, R., Doué, N., Parisot-Dupuis, H., Mellot, B., & Jardin, T. (2022). Aeroacoustic radiation of a low Reynolds number two-bladed rotor in interaction with a cylindrical beam. In *28th AIAA/CEAS Aeroacoustics 2022 Conference* (p. 2972).