



DEPARTEMENT MULTI-PHYSIQUE POUR L'ENERGETIQUE (DMPE)

Soutenance de thèse de Thibault DESERT

jeudi 17 janvier 2019 à 10 h 00 – Auditorium de l'ONERA/TOULOUSE

Titre : Etude aéropulsive d'un micro-drone à voilure tournante pour l'exploration martienne.

Composition du jury :

- Jean-Yves BILLARD, Professeur à l'Ecole Navale de Lanvéoc-Poulmic
- Thomas LEWEKE, Directeur de Recherche à l'IRPHE Marseille
- Muriel SACCOCCIO, Ingénieur au CNES de Toulouse
- Arnaud LEPAPE, Ingénieur à l'ONERA / Meudon
- Jean-Marc MOSCHETTA, Professeur et Directeur de thèse de l'ISAE-SUPAERO / Toulouse
- Hervé BEZARD, Ingénieur et co-directeur de thèse de l'ONERA-DMPE / Toulouse

Résumé :

Un micro-drone à voilure tournante est l'appareil aérien optimal pour assister un rover d'exploration à la navigation sur la planète Mars. Toutefois, les écoulements qu'il rencontre sont compressibles à très faible nombre de Reynolds, ce qui constitue un domaine de l'aérodynamique inédit et quasiment inexploré à ce jour. L'objectif de la thèse est de comprendre, simuler et recréer expérimentalement les phénomènes aérodynamiques liés au régime inédit des écoulements martiens pour concevoir un système propulsif performant.

Après avoir validé les outils de simulation numérique, le comportement instationnaire des écoulements est étudié sur des géométries 2D et 3D. L'écoulement est dominé par la viscosité : les couches limites laminaires sont épaisses et le décollement a beaucoup d'influence sur son comportement très instationnaire. Par la suite, plusieurs millions de géométries de profil sont évaluées par un processus d'optimisation basé sur un code 2D stationnaire. Les profils optimisés sont fortement cambrés (entre 5.5% et 7%) et de faible épaisseur relative ($e/c \sim 2\%$). Le bord d'attaque et le bord de fuite sont très cambrés pour permettre respectivement l'adaptation à l'écoulement incident et la fixation du point de décollement de la couche limite. À partir des géométries de profils, l'ensemble du système propulsif est optimisé par intégration des polaires 2D. La théorie des éléments de pale permet de déterminer rapidement les configurations les plus performantes aérodynamiquement. Et une méthode de sillage libre permet l'optimisation de rotors isolés et de systèmes propulsifs coaxiaux. Les rotors ont des solidités et des vrillages importants, ce qui rappelle les formes d'hélices marines. Les simulations Navier-Stokes 3D mettent en évidence la tridimensionnalité des écoulements sur la pale, elle est fortement corrélée avec la solidité du rotor et le vrillage de bout de pale. La rotation stabilise la couche limite et donne lieu à un décollement stable au bord d'attaque pour certaines géométries. Le dévrillage en bout de pale permet de stabiliser le tourbillon et de diminuer la perte induite.

Un banc de mesure est placé dans un caisson dépressurisé pour estimer les efforts de poussée et de couple générés par les rotors optimisés en conditions aérodynamiques martiennes. Les essais permettent de valider les tendances d'estimation des codes de simulation ainsi que les processus d'optimisation. La configuration bi-rotors coaxiaux, en comparaison avec une configuration à deux rotors adjacents, permet un gain d'encombrement de moitié pour une perte sur la puissance de seulement 15%. C'est la configuration la plus adaptée pour un micro-drone en atmosphère ténue. Un système propulsif coaxial optimisé (de diamètre 30 cm) permettrait de sustenter un micro-drone d'environ 400 grammes en conditions nominales sur la planète Mars.

Mots-clés : Aérodynamique, Micro-drone, Mars, Bas-Reynolds, Transsonique, Optimisation, Expérience