

Soutenance de thèse

Thomas JAROSLAWSKI soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Croissance des perturbations dans les bulles de séparation laminaire*»

Le 6 février 2023 à 14h00, salle des thèses ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Jean-Marc MOSCHETTA	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Jens FRANSSON	Professor KTH Royal Institute of Technology	Rapporteur
Mme Taraneh SAYADI	Chargée de recherche Institut Jean le Rond d'Alembert	Rapporteuse
Mme Sandrine AUBRUN	Professeure Ecole Centrale de Nantes	Examinatrice
M. Maxime FORTE	Ingénieur de recherche ONERA	Co-encadrant de thèse
M. Erwin GOWREE	Professeur associé ISAE-SUPAERO	Examineur
Mme Estelle PIOT	Directrice de recherche ONERA	Examinatrice
M. Ulrich RIST	Professeur Université de Stuttgart	Examineur

Résumé : Les micro-véhicules aériens modernes utilisent des surfaces portantes fixes et rotatives, qui fonctionnent à des nombres de Reynolds qui rendent la couche limite sensible à la séparation et aux bulles de séparation laminaire (LSB). Ces bulles peuvent notamment nuire aux performances de la surface portante et laisser l'écoulement dans une configuration instable, où de petits changements dans l'écoulement libre peuvent provoquer un début soudain de décrochage. Les avions modernes opèrent dans des environnements urbains avec de fortes perturbations, telles que la turbulence. Par conséquent, cette thèse se concentre sur les mécanismes de transition entre les ailes fixes et rotatives, en mettant l'accent sur les effets de la turbulence et de la rugosité sur l'instabilité de l'écoulement. Cette thèse vise à mieux comprendre les mécanismes physiques qui régissent le processus de transition de l'écoulement en utilisant une combinaison de méthodes expérimentales telles que l'anémométrie à fil chaud (HWA), la thermographie infrarouge (IRT) et l'analyse de stabilité linéaire. Des expériences utilisant la thermographie infrarouge et des mesures de force ont été menées sur des rotors fonctionnant à de faibles nombres de Reynolds, la faisabilité d'expériences de transition laminaire à turbulent sur de petits rotors ayant été démontrée. Dans la configuration de base du vol stationnaire, une région d'écoulement séparée, similaire à un LSB, est observée se formant sur de l'aile du rotor. La rugosité au bord d'attaque du côté aspiration a montré un effet double sur la performance aérodynamique, la hauteur de la rugosité étant un paramètre critique. L'augmentation de la performance était liée à une réduction de la région d'écoulement séparée en raison de la transition plus précoce de la couche limite. De plus, lorsque le rotor est dans une configuration de montée/avancée, la présence de turbulence entraîne également une augmentation des performances, ce qui pourrait être dû à la turbulence interagissant avec la couche limite et réduisant la région d'écoulement séparé. Le HWA est utilisé pour étudier le développement et la transition de l'écoulement d'une LSB formée sur un profil aérodynamique bidimensionnel. La bulle est soumise à une large gamme de niveaux de turbulence, et la coexistence de l'instabilité modale due à la LSB et de l'instabilité non modale causée par les stries générées par la turbulence est observée. La présence de stries induites par la turbulence entraîne une modification de l'écoulement

moyen, où une augmentation de l'intensité de la turbulence réduit la taille du LSB et atténue la croissance des perturbations de l'instabilité modale. Les données expérimentales montrent que la croissance de l'énergie de perturbation dans le sens de l'écoulement est exponentielle pour les niveaux les plus bas de turbulence de courant libre et devient progressivement algébrique à mesure que le niveau de turbulence extérieure augmente. Une fois qu'une intensité de turbulence critique est atteinte, il y a suffisamment d'énergie dans la couche limite pour supprimer le LSB, ce qui fait que l'instabilité non modale prend le dessus sur le processus de transition. En outre, une étude exploratoire de suivi, où les stries ont été générées par des éléments de rugosité cylindriques, montre la réduction de la taille des LSB et la coexistence possible d'instabilités non modales induites par la rugosité et modales.

Mots-clés : turbulence, Micro-Drones, transition, bas nombres de Reynolds, bulle de séparation laminaire

Summary: Unmanned Aerial Vehicles have encouraged us to rethink the way conventional aerodynamic design is conducted. The low speed, size of aerodynamics surfaces, lifting or propulsive, and altitude of operation reduces significantly the Reynolds number (Re) regime at which they operate. On the other hand, Micro Air Vehicles (MAVs) are subject to high turbulence intensity levels due to perturbed atmospheric conditions in the urban environment. In this low Re (103- 105) and high turbulence intensity regime, the behaviour of the flow over the aerodynamic surface is more complex to predict although it has been hardly addressed by the scientific community so far. In a laminar state, the flow is more prone to separate causing considerable deterioration in performance, stability of the overall vehicle or in worst case scenarios with more severe consequences such as massive stall or control loss. In a turbulent state the boundary layer (BL) is more resilient to separation, therefore it is important to predict when the flow will transition. This doctoral campaign aims at assessing the transition prediction capability as applied to MAVs, including fixed-wing and rotary-wing aerodynamics subjected to the surface curvature and roughness, the turbulence characteristic of the ambient region of operation and background noise. Wind tunnel campaigns will be conducted with varying turbulence intensities and numerical methods will be assessed based on the experimental findings.

Keywords: Micro-Drones, transition, freestream turbulence, low Reynolds number, laminar separation bubble

