

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Analyse et reconstruction d'un écoulement urbain pour la navigation de petits drones en milieu non-homogène

Référence : **MFE-DAAA-2018-010**
(à rappeler dans toute correspondance)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA :

Domaine : Mécanique des Fluides et Energétique et Lieu (centre ONERA) : Lille

Département : Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique

Unité : Expérimentations et Limite de Vol Tél. : 03 20 49 69 18

Responsable ONERA : L. Planckaert Email : laurent.planckaert@onera.fr

Directeur de thèse envisagé :

Nom : Thomas Gomez (LMFL), Julien Dandois (DAAA/ACI)

Co-encadrant : Laurent Perret (LHEEA)

Adresse :

Tél. : Email : thomas.gomez@univ-lille1.fr

Sujet :

Le déploiement d'objets volants autonomes de taille réduite se révèle utile pour de nombreuses applications de surveillance, inspection, intervention... notamment en milieu urbain à proximité d'édifices et en intérieur. Ces engins sont souvent amenés à évoluer dans des environnements mal connus, en terme de configuration géométrique/géographique (par exemple absence de signal GPS ou de cartographie détaillée) d'une part, en terme d'environnement aérologique d'autre part. La problématique de l'évitement des obstacles « fluides » que représentent les perturbations aérologiques se rajoute à celle du contournement/évitement d'obstacles physiques.

Des travaux actuels au sein du laboratoire de l'ONERA-Lille s'attachent à minimiser l'impact de l'aérologie sur le minidrone en étudiant la possibilité d'utiliser le drone lui-même comme capteur de mesure du vent ; celle-ci, seule ou associée à d'autres mesures et à des modèles d'écoulement permettrait d'adapter le comportement de l'engin en temps réel via des lois de guidage et de commande optimisées.

Une thèse est actuellement en cours en collaboration avec l'INRIA de Lille et l'appui de l'ONERA/DTIS afin de proposer une commande robuste adaptée pour un quadrotère sur un horizon de vol à court terme.

L'objectif est de faire en sorte que le drone réponde avec une dynamique de référence prescrite malgré une variation possible de sa vitesse par rapport au vent. Intuitivement, une insensibilité à une forte variation du paramètre vent imposera de fortes dégradations de performance du drone. C'est pourquoi, la démarche suivie est d'estimer en vol la composante basse fréquence du vent afin de pouvoir limiter le conservatisme lié à l'incertitude sur la situation aérologique dans la bande de fréquence potentiellement problématique pour le contrôle du drone.

En parallèle, pour des situations aérologiques où l'amélioration des lois de commande n'est pas la solution adaptée (le modèle dynamique du drone représentatif n'existe pas et/ou la contrôlabilité du drone n'est pas assurée) des travaux portent sur la définition et le calcul d'une métrique de risque au niveau du drone lui-même : quel niveau de vent ascendant est dangereux ? quelles sont les zones "fluidiques" à éviter par le drone ?... Ces métriques permettront alors la conception de lois de navigation permettant de ne pas traverser des zones délicates à traiter proprement.

On voit donc tout l'intérêt qu'on aurait à disposer d'une cartographie vent actualisable (via des mesures drone ou via des capteur déportés). D'une part la cartographie permet d'évaluer une borne de variation paramétrique raisonnable pour la commande robuste garantissant le comportement en vol du drone sur un voisinage connu de sa trajectoire, d'autre part une description plus fine des zones à risque réduit le volume de l'espace de vol interdit.

La cartographie du vent actuelle se fait sur la base de données numériques issues de simulation en Lattice Boltzmann. Ces simulations instationnaires sont prometteuses pour étudier l'aérodynamique dans la basse couche atmosphérique.

L'objet de la thèse est de proposer une brique technologique visant à la réduction des cartographies d'écoulement 3D pour pouvoir être assimilée par le petit drone. La réduction du modèle sera ensuite accompagnée d'une reconstruction, basée sur les besoins du drone. A ce titre, un travail en amont a déjà été mené afin de définir les grandeurs caractéristiques utiles de l'écoulement à reconstruire.

La thèse s'appuiera sur les travaux en cours et sur la collaboration des encadrants apportant leur expertise à cette thématique pluri-disciplinaire. L'expertise aérodynamique urbaine est apportée par L. Perret du LHEEA à Nantes, spécialisé dans l'étude de l'aérodynamique urbaine. L'expertise assimilation/reconstruction est apportée par T. Gomez du LMFL, spécialiste des modélisations en mécanique des fluides turbulente et par Julien Dandois (DAAA/ACI), spécialiste dans les outils de modèles réduits. La finalité applicative est apportée par le DAAA/ELV avec les expérimentations possibles dans les installations de l'ONERA-Lille (B20 et soufflerie L2).

La thèse comportera les volets suivants :

- Une étude bibliographique sur les outils de reconstruction applicable à la thématique envisagée. Ce choix se fera en fonction de la finalité : doit-on préserver l'information sur l'aérodynamique et/ou doit-on seulement préserver l'information sur les zones à risques à éviter ? Des outils de décompression des données tels que la POD, la DMD, des outils stochastiques ou des méthodes de réductions de modèles entrée/sortie LTI de grande dimension pourront être ainsi envisager.
- Mise en oeuvre de simulations LBM à partir de cas tests expérimentaux existants. Les validations se feront à partir d'une bases de données existantes au LHEEA.
- Analyse de stabilité des écoulements, reconnaissance de la situation aérodynamique (levée d'ambiguïté)
- Mise en œuvre d'outils de réduction de modèle puis de reconstruction à partir de la base de données numérique, on s'intéressera notamment à la qualité de la reconstruction du modèle dans la bande de fréquence correspondant à la dynamique du drone (utilisation de critère basé sur une norme H2 limitée en fréquence ...).
- Développement d'une stratégie de reconstruction en fonction du capteur vent local : utilisation du drone lui-même, d'un ensemble de drones collaboratifs (on s'appuiera pour cela sur l'expertise du DTIS) ou déploiement de capteurs au sol, etc.
- Fusion du modèle de reconstruction de l'environnement aérodynamique avec le modèle aéromécanique du petit drone.

Note : La thèse se déroulera sur le site de l'ONERA Lille. Le candidat sera amené à résider pour une durée de 6 mois maximum sur le site de l'ONERA Meudon (IdF) afin de bénéficier des compétences de l'encadrement local.

Collaborations extérieures : LHEEA Nantes, LMFL, INRIA Lille

PROFIL DU CANDIDAT

Formation : Master 2 ou ingénieur grande école

Spécificités souhaitées : compétences solides en mécanique des fluides, simulation numérique et outils d'analyse ; goût pour le travail en équipe ; aptitude à communiquer

