

## Soutenance de thèse

**Jawhar CHEBBI** soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA CSDV et intitulée «*Contrôle des drones multi-rotor sous-actionnés en conditions aérodynamiques perturbées. Contribution à la robustification des lois de commande dans le cadre d'une application industrielle*»

**Le 26 octobre 2021 à 14h00, Salle des thèses ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Eric CHAUMETTE	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Tarek HAMEL	Professeur Université Sophia Antipolis	Rapporteur
M. Pascal MORIN	Professeur Sorbonne Université	Rapporteur
M. Yves BRIERE	Professeur Associé ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. François DEFAY	Maître de Conférences IUT Tarbes	
Mme Anouck GIRARD	Associate Professor University of Michigan	
M. Antonio FRANCHI	Associate Professor University of Twente	

**Résumé :** Les drones multirotor ont un énorme potentiel d'application dans le milieu industriel. Un exemple pertinent est celui de la société Donecle, la première au monde à développer des drones d'inspection visuelle pour la maintenance aéronautique. Les freins au déploiement à plus grande échelle de ces drones (pour inspecter tout type de structure, et en toute condition) sont d'abord législatifs et ensuite technologiques. En effet, les interactions entre le vent, les hélices et le corps du drone créent des perturbations complexes qui peuvent dégrader la précision du suivi de trajectoire au point de rendre le vol à proximité des avions risqué et donc non certifiable. Cette thèse financée par Donecle vise à augmenter la capacité des contrôleurs de ses drones à résister aux perturbations aérodynamiques. L'approche adoptée pour répondre à ce problème a été motivée par l'objectif pratique de la thèse : fournir des techniques de contrôle qui peuvent être rapidement déployées sur des drones industriels existants sans apporter de modifications matérielles. L'idée fut alors de partir des contrôleurs PID, qui fonctionnent très bien dans la plupart des cas, de comprendre leurs limites en termes de rejet des perturbations et de les surpasser en apportant progressivement de nouvelles briques algorithmiques qui s'adaptent bien au cas d'utilisation de Donecle : un drone en configuration contrarotative coaxiale, des vols à basse vitesse et une carte autopilote à mémoire limitée. Deux contributions principales sont proposées : D'une part, une nouvelle stratégie d'allocation des commandes moteurs (mixage) qui ne néglige pas les interférences entre les hélices coaxiales. D'autre part, la généralisation d'une technique de contrôle robuste au cas d'un contrôleur avec un observateur de perturbations (à savoir le contrôle actif de rejet des perturbations ADRC) pour garantir que les incertitudes sur les paramètres du système (variant dans des plages préétablies) ne causeront pas de dégradation des performances ou ne conduiront pas à l'instabilité. Cette amélioration de l'ADRC permet de rendre le même algorithme, avec le même réglage initial, capable de gérer les changements de configurations et de régimes de vol. Les essais expérimentaux ont accompagné toutes les phases de cette thèse et forment de ce fait une part importante des contributions. Ils ont notamment permis d'orienter notre choix vers certaines techniques de contrôle..

**Mots-clés :** Filtrage, Identification, Systèmes embarqués, Modélisation, Estimation

**Summary:** Donecle has developed a unique laser positioning technology, which enables a UAV to position itself relative to an aircraft and to fly very close to the inspected surface, using on-board sensors only and no GPS or external system (cameras, beacons, etc.). Robustness and safety questions remain, in particular to address larger and more complex environments and harsher external conditions (wind, gusts, etc.). The latter constraint also represents a significant research challenge owing to the close proximity of the UAV to the surface of the inspected aircraft, which generate complex aerodynamic phenomena. You will be responsible for improving the robustness and precision of the UAV navigation system which relies on hybridation of several sources (dynamic models, laser

positioning, inertial systems, etc.), particularly in complex aerodynamic conditions. The control law structure may also be addressed. Two main research areas are envisaged:

1. Modelling of UAV dynamics Research of models closely representing dynamics far away, then close to inspected surfaces, with transition management Identification of pertinent models via tests in lab (6D acquisition systems, wind tunnel, etc.) and real conditions Creation of new models to predict and follow the UAV's behaviour close to inspected surfaces
2. Improving the navigation system in environments with disturbances Analysis of hybridation strategies providing the best precision, robustness and reliability Identification and tests of latest algorithms and techniques for fault detection and multi-source comparison Improving state estimation and control laws

**Keywords:** Embedded Systems, Filtering, Estimation, Modeling, Identification