

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Nouvelles stratégies d'allocation de commande pour le pilotage sûr d'un multicoptère à élingue**

Référence : **TIS-DTIS-2022-22**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse : 01/10/2022**

**Date limite de candidature : 01/05/2022**

### Mots clés

Allocation de commande, tolérance aux pannes, pilotage-guidage, drone multirotor à élingue.

### Profil et compétences recherchées

Diplôme d'ingénieur ou master. Excellentes compétences en automatique, algèbre linéaire, Matlab-Simulink. Une bonne connaissance des drones multi-rotors (conception, intégration, expérimentation) est un plus. Excellent niveau d'anglais.

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les mini-drones, et en particulier les multicoptères, sont des systèmes de plus en plus répandus dans la vie quotidienne. Ils offrent des solutions innovantes et à bas coût dans des domaines aussi divers que l'agriculture, l'aménagement du territoire, la surveillance de sites sensibles, la sécurité civile, la logistique, ou encore l'acheminement de colis. Le transport de charge sous élingue constitue notamment une solution facilement configurable et parfaitement adaptée à certaines missions comme l'envoi de kits de premiers secours aux victimes de catastrophes ou la livraison à domicile. La construction de plates-formes dans des environnements dangereux est également envisagée dans le futur. Cependant, les études concernant ce mode de transport sont encore peu nombreuses. Si le problème de la synthèse de lois de pilotage/guidage commence à être abordé, celui de leur fiabilité l'est beaucoup moins. C'est d'autant plus étonnant que pour toutes les nouvelles applications citées précédemment, la capacité des multicoptères à mener à bien leur mission en présence d'une ou plusieurs pannes au niveau des actionneurs est l'un des points clefs dans l'optique de leur mise en œuvre à grande échelle.

Deux options principales sont envisageables pour améliorer la fiabilité et permettre de poursuivre les opérations même en cas de défaillance. La première consiste à utiliser une configuration géométrique classique (quadrirotor ou hélicoptère), et à associer plusieurs appareils volant en formation et reliés chacun à la charge par un câble. Cette approche est intéressante, car elle offre de la flexibilité et permet de transporter des charges plus lourdes qu'avec un seul appareil. Elle pose cependant des problèmes de taille la rendant inadaptée à des missions dans un environnement exigeant. La seconde option, privilégiée dans le cadre de cette thèse, consiste à utiliser un unique drone suractionné, i.e. possédant des actionneurs redondants, afin de le rendre tolérant aux pannes. Si les charges transportées sont nécessairement moins lourdes et encombrantes que dans le cas précédent, cette approche est la seule possible lorsque l'espace de vol est très contraint (cavité, zone sinistrée, environnement urbain dense...). Les travaux dans cette direction sont encore très rares à l'heure actuelle, et l'objectif général de la thèse est d'étudier des configurations innovantes de multicoptères à élingue permettant de garder le contrôle de l'appareil malgré des défaillances multiples au niveau des actionneurs, ce que ne permettent pas les configurations classiques de type quadricoptère ou hélicoptère. D'un point de vue technique, le défi principal réside dans le développement d'une architecture de pilotage sûre et facilement reconfigurable intégrant notamment des algorithmes d'allocation de commande performants.

Après une étude bibliographique, les travaux s'articuleront autour de trois axes. Tout d'abord, une ou plusieurs configurations de multicoptères (nombre d'actionneurs, disposition dans un ou plusieurs plans...) seront sélectionnées, pour lesquelles des lois de pilotage/guidage assurant de bonnes propriétés de robustesse et de performance en l'absence de panne seront synthétisées. Des algorithmes d'allocation de commande permettant de mener à bien la mission malgré la perte d'un ou plusieurs actionneurs seront ensuite développés, et la géométrie des multicoptères considérés pourra si besoin être optimisée pour maximiser les performances en fonctionnement dégradé. Enfin, l'architecture de commande sûre obtenue sera implémentée sur un ou plusieurs prototypes, et des expérimentations en conditions réalistes (pannes, vent, obstacles...) seront menées dans la volière drones Toulouse Occitanie située dans l'enceinte de l'École

Nationale de l'Aviation Civile (ENAC). Cette volière offre une zone de vol de grande taille (9 x 11 x 8 mètres) et est équipée d'instruments de localisation et de mesure à haut niveau de précision.

#### **Collaborations envisagées**

Thèse co-dirigée par Thierry Miquel, Ecole Nationale de l'Aviation Civile, 7 avenue Edouard Belin, CS 54005, 31055 Toulouse Cedex 4, France, thierry.miquel@enac.fr, 05 62 17 43 61

#### **Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Traitement de l'Information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

**Contact** : Clément ROOS

Tél. : +33 5 62 25 27 69      Email : clement.roos@onera.fr

#### **Directeur de thèse**

Nom : Clément ROOS

Laboratoire : ONERA/DTIS

Tél. : +33 5 62 25 27 69

Email : clement.roos@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>