

## Commande d'un drone en vue de la conversion vol rapide - vol stationnaire

A l'heure actuelle, de nombreux projets d'utilisation de drones s'intéressent à la capacité des véhicules à alterner des phases de vols lentes et des phases de vol rapides. Cela permet entre autre, de traiter une plus grande diversité de missions que celles pouvant être accomplies par des avions conventionnels (approche de bâtiments, évolution en milieu urbain, prises de vue). Cette thèse s'intéresse à la commande de ce type de vecteur, avec l'application au VERTIGO, drone de type VTOL a rotors contrarotatifs et volets défecteurs de flux. Sur la base d'une campagne en soufflerie, un modèle dynamique et cinématique a été développé. Les modèles obtenus ont permis d'étudier et de piloter l'engin sur un large domaine de vol (du vol stationnaire au vol d'avancement rapide). L'observation du comportement dynamique a conduit au choix de deux structures de pilotages pour couvrir toute l'enveloppe de vol ; une structure de pilotage à gains statiques auto-séquenceés de type retour d'états longitudinaux et latéraux pour le vol d'avancement ; et une structure hiérarchique axe par axe pour le vol stationnaire et pseudo stationnaire, proche de ce qui peut être utilisé pour le pilotage des hélicoptères. Des outils d'analyse de robustesse (tel que la  $\mu$ - analyse) sont utilisés pour prouver la stabilité de la boucle fermée tout au long des trajectoires en vol d'avancement. Un simulateur non linéaire a été développé pour implémenter les lois, analyser le comportement de l'engin durant la phase de transition et a permis une étude sur la génération de trajectoire optimale. Les algorithmes de pilotages ont été implantés sur le calculateur embarqué et une campagne d'essais en vol indoor est également présentée.

**Mots clés** : automatique - systèmes embarqués - DRONE - UAV - dynamique du vol - commande - pilotage - optimisation

### Mini UAV VTOL control design

The present work describes the development of an automatic control system and the investigation of the flight dynamics of fixed-wing micro air vehicles (MAVs) with vertical take-off and landing (VTOL) capabilities. After describing the flight dynamics model including the prop wash effect over control surfaces, a control strategy is presented to achieve autonomous transition between forward flight and hover flight. Both hardware and software architectures necessary to perform real flight are presented.

**Keywords** : control design - embedded system - UAV - VTOL - flight dynamic - trajectory optimization



# THÈSE

En vue de l'obtention du

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par l'Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace  
Spécialité : Systèmes automatiques et systèmes embarqués

Présentée et soutenue par **Damien POINSOT**  
le 25 novembre 2008

## Commande d'un drone en vue de la conversion vol rapide - vol stationnaire

### JURY

M. Nouredine Manamanni, président du jury  
Mme Caroline Bérard, directrice de thèse  
Mme Yasmina Bestaoui-Sebbane, rapporteur  
M. Rogelio Lozano, rapporteur  
M. Alain Piquereau, co-directeur de thèse  
M. Daniel Trouchet

École doctorale : **Systèmes**

Unité de recherche : **Équipe d'accueil ISAE-ONERA CSDV**

Directrice de thèse : **Mme Caroline Bérard**  
Co-directeur de thèse : **M. Alain Piquereau**

