

Soutenance de thèse

Jordan MABBOUX soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISA-ONERA ACDC et intitulée «*Méthodologie de conception intégrée d'une chaîne propulsive et contrôle robuste d'un multicoptère électrique*»

Le 11 janvier 2023 à 10h00, salle des thèses ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

Mme Valérie POMMIER-BUDINGER	Professeure ISAE-SUPAERO	Directrice de thèse
Mme Brigitte D'ANDREA-NOVEL	Professeure IRCAM	Examinatrice
M. Scott DELBECQ	Enseignant-Chercheur ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Joël BORDENEUVE GUIBE	Enseignant-Chercheur ISAE-SUPAERO	Co-encadrant de thèse
M. Franck CAZAURANG	Professeur Université Bordeaux	Rapporteur
M. Laurent GERBAUD	Professeur Université Grenoble	Rapporteur

Résumé : Au cours des dernières décennies, les multicoptères sont devenus très populaires en raison des diverses applications que cette architecture offre. Cependant, les multicoptères souffrent de performance énergétique (autonomie) limitée par rapport à d'autres configurations d'aéronefs disposant de surfaces portantes telles que les voilures fixes. Cette thèse de doctorat présente une approche de conception intégrée "co-design" portant sur la structure (bras), la source électrique (batterie) et le système propulsif (moteur, rotor) du multicoptère. Les applications visées sont exigeantes avec des charges utiles de l'ordre de la centaine de kilos et possiblement dans des environnements urbains. L'objectif est d'améliorer l'efficacité énergétique du véhicule, tout en respectant des exigences de pilotabilité. Dans le cadre des travaux de cette thèse, l'approche proposée utilise une formulation bi-niveaux (ou imbriquée) pour optimiser simultanément les paramètres de dimensionnement et les lois de contrôle. Cette thèse a permis le développement de modèles de dimensionnement paramétrés par les grandeurs dimensionnantes structurelles et de la chaîne propulsive du véhicule. Ces modèles ont été développés en s'appuyant sur des lois d'échelle et des expressions de comportement physique des composants du multicoptère et sont intégrés dans la méthodologie de co-design. Les lois de contrôle sont réglées par une synthèse H-infini. Cette commande assure une robustesse aux perturbations extérieures telles que les rafales et les vents constants, ainsi qu'une robustesse face aux incertitudes paramétriques. De plus, la commande H-infini facilite la prise en compte des exigences de pilotabilité du multicoptère et a été synthétisée dans le cadre de cette thèse sur des cas de défaillance du système propulsif afin de proposer un contrôle tolérant aux pannes. Contrairement aux approches de conceptions traditionnelles qui considèrent séquentiellement chaque partie, l'approche de co-design conduit à une solution optimale en raison de la prise en compte des interactions et des couplages entre le dimensionnement et le contrôle. Les résultats des travaux de thèse montrent la solidité de la méthodologie de conception proposée et une amélioration significative de la performance énergétique du véhicule par rapport à une conception non optimale de référence, tout en respectant des exigences de pilotabilité et de qualités de vol propres au multicoptère.

Mots-clés : contrôle robuste, multicoptère, co-design, synthèse H-infini, qualité de vol

Summary: Objectives of the thesis Vertical take off and landing (VTOL) aircraft are currently attracting considerable interest. These aircraft can eliminate the need for a long runway infrastructure while ensuring the speed and endurance performance required for various types of applications and missions. The potential applications of VTOLs are on the one hand military, and on the other commercial in the movement of urban mobility on demand or for surveillance. This subject is part of the control-command studies of a VTOL multicopter initiated by Safran Tech within the Energy & Propulsion division as well as in the implementation of an integrated multidisciplinary design approach. The aim of this thesis is to jointly explore and evaluate the effect of different control strategies of these multivariable systems as well as the effect of the propulsion chain and flight control system specifications on a set of criteria. These criteria may be, for example, energy performance objectives and controllability-type constraints, certifiability, real-time capability, integration of equipment into the cell, etc.

Keywords: robust control, multicopter, co-design, H-infinity synthesis, handling quality