



Call for application
Master Thesis (M2) – (5 months)

Modelling of hybrid-electric powertrain and design of a robust control law for an Unmanned Aerial Vehicle

Supervisors (IMS): Jérôme CIESLAK, David HENRY, Mathieu CHEVRIE, Christophe COMBASTEL

Supervisors (Thales, AVS): Lionel CLARISSE, Éric GUILLOUET

Laboratory: IMS (CNRS UMR 5218) / Control system group / ARIA team

Context:

The subject is part of the **CoRAIL** project (*Flight Control Reconfiguration Challenges for the Autonomy of Hybrid Aerial Drones*), supported by the ALBATROS Scientific Interest Group (GIS). Thales AVS is developing a fixed-wing Unmanned Aerial Vehicle (UAV) [1] designed for civil missions involving the **inspection of industrial infrastructures**, or **monitoring** of areas. The aim of the **CoRAIL** project is to study and formulate a flight control law reconfiguration problem to meet THALES' requirements for its **hybrid aerial drone** [1]. The solution will have to be **robust to failures** of the UAV's components, and allow simultaneous and proportionate use of the vehicle's **electrical and thermal modes** (hybridisation of energy resources), as part of a global approach to **on-board energy management**.

Goal/methods:

To the targeted hybrid UAV configuration [1], a **single thermal engine** provides the main powertrain and **two electric motors** complete the architecture in order to be able to i) respond to a need for additional power (e.g. take-off) or ii) continue the mission in the event of failure of the thermal engine. **The objective is (A)** to become familiar with the configuration of the hybrid UAV and its flight models developed in Matlab/Simulink. The candidate will then have to **(B) model the hybrid powertrain chain** in the Matlab/Simulink environment [2,3,4]. After validation of step B, the candidate will **(C) design a robust control law** capable of mitigating the undesirable transients inherent in reconfiguration [5,6]. Particular attention will be paid to the possibility of **integrating predictive information** (remaining battery life [7], possible trajectories, etc.) into a control policy [8,9].

Profile: 1) Flight control, 2) Modelling and energy management, 3) Control engineering.

Requested skills: The candidate should have developed good knowledge and skills in control theory. A confirmed practice of Matlab programming will be necessary. All past experience of designing flight control laws for a hybrid aerial vehicle would be a plus.

Duration: 5 months, possibly starting with February-March 2025.

How to apply? Send to jerome.cieslak@u-bordeaux.fr, the following: CV + Cover letter + Academic results

References

- [1] THALES UAS100, <https://youtu.be/HuevXhivCdw>
- [2] Poiana, *Hybrid-electric aircraft powertrain modelling and simulation*, **Master of science**, Politecnico di Milano (2017)
- [3] Doff-sotta, et al., *Optimal energy management for hybrid electric aircraft*, **IFAC PapersOnLine** 53-2 (2020)
- [4] Dehesa & Menon, *Modeling of Hybrid-Electric Powertrain for Unmanned Aerial Systems*, **AIAA Propulsion and Energy** (2019)
- [5] Henry, *An Integral-based Control Allocation Algorithm for Optimal Spacecraft Actuator Selection under l_1 , l_2 , l_∞ Criteria for Fault Tolerance*, **IEEE MED** (2023)
- [6] Ossmann et al., *Flight Control Reconfiguration in Oscillatory Failure Case Scenarios*, **IFAC-PapersOnLine** (2023)
- [7] Lecroart et al., *Tight hybridization of long short-term memory neural networks and robust Kalman filter for remaining useful life estimation of proton exchange membrane fuel cells*, **EUSIPCO** (2024)
- [8] Cieslak et al., *Hybrid health-aware supervisory control framework with a prognostic decision-making*, (2020)
- [9] Combastel, *Functional sets with typed symbols: Mixed zonotopes and Polynotopes for hybrid nonlinear reachability and filtering*, **Automatica**, (2022).



Appel à candidature Sujet de Master – (5 mois)

Modélisation de la chaîne de propulsion thermique/électrique et synthèse d'une commande robuste pour un drone aérien hybride

Encadrants (IMS) : Jérôme CIESLAK, David HENRY, Mathieu CHEVRIE, Christophe COMBASTEL

Industriels (Thales, AVS) : Lionel CLARISSE, Éric GUILLOUET

Laboratoire d'accueil : IMS (CNRS UMR 5218) / groupe Automatique / équipe ARIA

Contexte :

Le sujet s'inscrit dans le cadre du projet **CoRAIL** (*Flight Control Reconfiguration Challenges for the Autonomy of Hybrid Aerial Drones*), soutenu par le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) ALBATROS. Thales AVS développe un drone à voilure fixe [1] qui est destiné à des missions civiles **d'inspection d'infrastructures industrielles**, ou de **surveillance et d'observations de zones**. Le projet **CoRAIL** vise à étudier et formuler un problème de reconfiguration de loi de commande de vol pour répondre aux expressions de besoins de THALES liées à son **drone aérien hybride** [1]. La solution devra être **robuste aux pannes** des éléments de ce dernier, et permettre une utilisation simultanée et proportionnée des **modes électrique et thermique** du véhicule (hybridation des ressources énergétiques), dans une approche globale de la **gestion de l'énergie à bord**.

Objectifs/méthodes :

Dans la définition du système de propulsion, **un seul moteur thermique** assure la **propulsion principale** et **deux moteurs électriques** viennent compléter l'architecture afin d'être capable i) de répondre à un besoin de puissance supplémentaire (e.g. décollage) ou ii) de pouvoir poursuivre la mission en cas de panne du moteur thermique. **L'objectif est (A)** de s'approprier la configuration du drone hybride et de son modèle de vol développé sous Matlab/Simulink. Le(la) candidat(e) devra alors **(B) modéliser la chaîne de propulsion hybride** dans l'environnement Matlab/Simulink [2,3,4]. Après validation de l'étape B, le(la) candidat(e) devra **(C) concevoir une loi de commande** robuste et capable de minimiser **les transitoires indésirables** inhérents à une reconfiguration [5,6]. Une attention particulière sera portée sur la possibilité d'intégrer des informations prédictives (temps de vie restant d'une batterie [7], trajectoires possibles, ...) dans une politique de commande [8,9].

Profil recherché : 1) Commande de vol, 2) Modélisation et gestion de l'énergie, 3) Automatique.

Compétences requises : Le candidat devra avoir de bonnes connaissances et compétences en automatique. Une pratique confirmée de la programmation sous Matlab sera nécessaire. Une expérience sur la synthèse de loi de commande de vol d'un véhicule hybride sera un plus.

Durée du stage : 5 mois, éventuellement à partir de février-mars 2025.

Pour postuler? Envoyez CV + Lettre de motivation + Résultats académiques à jerome.cieslak@u-bordeaux.fr

References

- [1] THALES UAS100, <https://youtu.be/HuevXhvjCdw>
- [2] Poiana, *Hybrid-electric aircraft powertrain modelling and simulation*, **Master of science**, Politecnico di Milano (2017)
- [3] Doff-sotta, et al., *Optimal energy management for hybrid electric aircraft*, **IFAC PapersOnLine** 53-2 (2020)
- [4] Dehesa & Menon, *Modeling of Hybrid-Electric Powertrain for Unmanned Aerial Systems*, **AIAA Propulsion and Energy** (2019)
- [5] Henry, *An Integral-based Control Allocation Algorithm for Optimal Spacecraft Actuator Selection under I1, I2, I∞ Criteria for Fault Tolerance*, **IEEE MED** (2023)
- [6] Ossmann et al., *Flight Control Reconfiguration in Oscillatory Failure Case Scenarios*, **IFAC-PapersOnLine** (2023)
- [7] Lecroart et al., *Tight hybridization of long short-term memory neural networks and robust Kalman filter for remaining useful life estimation of proton exchange membrane fuel cells*, **EUSIPCO** (2024)
- [8] Cieslak et al., *Hybrid health-aware supervisory control framework with a prognostic decision-making*, (2020)
- [9] Combastel, *Functional sets with typed symbols: Mixed zonotopes and Polynotopes for hybrid nonlinear reachability and filtering*, **Automatica**, (2022).