

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Synthèse et validation de lois de contrôle d'attitude en présence d'incertitudes et de dynamiques complexes. Application aux systèmes de pointage sous ballon.

Référence : **TIS-DTIS-2026-03**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2026

Date limite de candidature : Mai 2026

Mots clés

Contrôle d'attitude, incertitudes, dynamiques complexes, validation, ballons

Profil et compétences recherchées

Etudiants en école d'ingénieur ou université reconnue, profil automatique (control theory), maîtrise de Matlab/Simulink (robust control), connaissances des systèmes spatiaux, anglais indispensable

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Qu'il s'agisse d'un système orbital ou d'un système de pointage sous ballon, la présence de dynamiques complexes et d'incertitudes multiples complique d'autant plus la synthèse et la validation des lois de contrôle d'attitude que les niveaux de performance recherchés (pour améliorer la précision, la disponibilité et l'autonomie des systèmes) sont toujours plus élevés. Dans le premier cas, ces dynamiques complexes sont souvent induites par des phénomènes de ballottement des ergols dans les réservoirs, ou encore par la présence de systèmes de déploiement embarqués à bord du satellite. Dans le deuxième cas, elles résultent des interactions entre les mouvements, non ou mal maîtrisés car soumis aux perturbations atmosphériques, du ballon et de la nacelle embarquant le système de pointage. Plus particulièrement, le pointage en azimut est limité par la souplesse de la chaîne de vol sur laquelle agit le moteur pivot, par les non-linéarités du moteur à faible amplitude, par l'inertie du ballon qui constraint les mouvements réalisables, ainsi que par la difficulté à prédire les perturbations générées, notamment celles dues à un ballon auxiliaire dans la chaîne de vol. Ces difficultés se cumulent avec divers autres effets (en particulier présence de souplesse dans la motorisation), ce qui pose également des problèmes de commande sur les autres axes et rend inopérantes les architectures de contrôle d'attitude trop simplifiées. D'autre part, dans les différents cas d'application évoqués ici, une modélisation précise des phénomènes reste inaccessible, ce qui conduit à utiliser des modélisations simplifiées introduisant de multiples incertitudes.

Dans ce contexte, après une phase importante de modélisation des systèmes spatiaux étudiés, on s'intéressera dans ce projet doctoral à la synthèse de lois de contrôle d'attitude par la combinaison de différentes techniques (commande robuste, LPV, adaptative...) prenant en compte les propriétés du système. La gestion des saturations et de la complémentarité des actionneurs (roues à inertie, actionneurs gyroscopiques, moteurs pivots, miroirs rapides...) sera réalisée par des stratégies d'adaptation en ligne des signaux de référence (Reference Governors) et d'allocation de commande, qui feront l'objet d'études spécifiques dans le cadre de la thèse.

On s'intéressera ensuite à la validation des lois de commande développées en présence notamment d'incertitudes qui n'auront pas été prises en compte dans la phase de synthèse. Pour cela, on mettra en œuvre et on adaptera des techniques d'analyse de robustesse avec des développements spécifiques pour prendre en compte le caractère instationnaire de la boucle fermée. Au cours de cette phase d'analyse, la recherche par optimisation de configurations pire cas pourra être utilisée pour améliorer la synthèse.

Un volet expérimental complètera ces travaux de thèse. La principale application envisagée visera à illustrer sur banc d'essais au CNES la maîtrise des interactions entre un ballon et un système de pointage fin, avec une attention particulière portée au pointage en azimut.

Collaborations envisagées

Thèse cofinancée CNES/ONERA rattachée au programme d'intérêt commun COSOR (phase 3)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contacts : Clément Roos et Jean-Marc Biannic

clement.roos@onera.fr

jean-marc.biannic@onera.fr

Directeur & co-directeur de thèse

- Clément Roos (DTIS/AEI)
- Jean-Marc Biannic (DTIS/IDCO)

Encadrement extérieur

- Charles-Antoine Chevrier (CNES)

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