

Proposition de thèse/ PhD proposal ISAE-SUPAERO

Modélisation et contrôle des nacelles pointées stratosphériques

Directeurs de thèse : Daniel Alazard (ISAE-SUPAERO) – Johan Montel (CNES)

Contacts : daniel.alazard@isae.fr ; johan.montel@cnes.fr

Domaine scientifique : Dynamique et Automatique

Mots-clés : modèle dynamique, contrôle, pointage, ballons stratosphériques

Résumé :

Les nacelles sous ballons stratosphériques permettent d'emporter des instruments scientifiques dans les hautes couches de l'atmosphère pour des études dans des domaines variés : l'atmosphère, la géophysique mais aussi l'astronomie. Le CNES conçoit et opère des nacelles stratosphériques qui peuvent nécessiter des précisions de pointage élevées, malgré les dynamiques fortement oscillantes et les perturbations de nature aérodynamique et thermique [1].

Une modélisation dynamique précise du système ballon/nacelle serait un outil précieux pour le contrôle de la nacelle, et permettrait d'identifier des voies d'amélioration du système. La première phase de la thèse sera orientée vers une modélisation précise de la chaîne de vol, qui relie le ballon à la nacelle, et comporte des éléments non-linéaires. Une seconde phase consistera en l'analyse et la proposition de lois de commande intégrant le contrôle des flexibilités du système. Une phase de co-design mécanique/contrôle de la nacelle pourra alors être menée afin de trouver les meilleures architectures de commande pour la réjection de perturbation et des modes souples de l'ensemble de la chaîne de vol.

Les méthodologies de co-design mécanique/contrôle de systèmes flexibles sont des thèmes actuellement étudiés par la communauté scientifique et notamment lors de la thèse [2] qui a été cofinancée par le CNES et l'ONERA, et encadrée par D. Alazard. Le doctorant pourra contribuer à cette thématique, mais aussi appliquer des résultats de recherche dans les domaines du contrôle des structures flexibles à la problématique des nacelles pointées.

Lors du doctorat, il y aura des possibilités d'essais au sol sur les nacelles et de participation à des lancements de ballons, au suivi et à l'analyse des vols.

Les activités envisagées durant la thèse porteront sur les problématiques suivantes :

1. Réaliser une modélisation dynamique et mécanique de l'ensemble du système et analyser les modes propres. Une première approche basée sur des oscillateurs multiples pourra être développée afin de retrouver les oscillations observées lors des tests ou des vols. Une modélisation générique est recherchée afin de pouvoir ensuite réaliser une phase d'optimisation

des principaux paramètres du modèle. Pour améliorer la modélisation, des effets non-linéaires tels que les réponses des actionneurs et les frottements seront ajoutés. Des analyses seront alors à mener sur le système non-linéaire. Il sera possible pour le doctorant de préparer des essais expérimentaux au sol afin d'identifier les paramètres et phénomènes dynamiques non-linéaires difficilement accessibles par la théorie.

2. Etudier et proposer des lois de commande adaptées aux spécificités du système dynamique. Une bibliographie des différentes méthodes de contrôle des systèmes flexibles sera réalisée en tenant compte des contraintes inhérentes au système « ballon » tels que la bande passante des actionneurs actuellement embarqués. Une analyse de l'observabilité et de la commandabilité des différents modes est à réaliser. Le doctorant proposera une ou plusieurs architectures de commande pour le système.
3. Développer une technique de co-design mécanique/contrôle afin d'optimiser des paramètres structuraux et les lois de contrôle, en utilisant par exemple des techniques H-infini [2]. Des analyses de l'influence de paramètres pour la conception des nacelles en tenant compte des contraintes de contrôle (répartition des masses, raideurs) pourront être réalisées.
4. En cas de résultats probants, le doctorant pourra implanter et tester les algorithmes développés dans une nacelle pointée.
5. D'autres études complémentaires pourront être menées telles que l'estimation d'attitude, le développement ou l'amélioration de capteurs (senseur stellaire diurne...) et d'actionneurs.

[1] J. Montel et al., "*Design and Improvements of the Attitude Control System of the FIREBall balloon experiment*", SPIE, 2016

[2] J. A. Perez Gonzalez, "Commande Robuste Structurée : Application Co-Design Mécanique/Contrôle d'Attitude d'un Satellite Flexible », PhD Thesis, Université de Toulouse – ISAE SUPAERO, 2016