www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Commande optimale robuste de véhicules aérospatiaux à actionneurs tout-ou-rien

Référence : **TIS-DTIS-2024-43**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2023	**Date limite de candidature :** Fin Juin 2023

Mots clés

Commande optimale, Robustesse, Actionneurs tout-ou-rien, Lanceurs réutilisables, Docking

Profil et compétences recherchées

Formation en Automatique et Commande optimale

Programmation et simulation Matlab/Python

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les systèmes à actionnement tout-ou-rien sont fréquemment employés dans le domaine aérospatial. Par exemple, pour gérer le basculement d'un étage de lanceur réutilisable, des systèmes de pilotage par jets de gaz peuvent être utilisés. Ce même type d'actionnement est également utilisé pour des missions de rendez-vous orbitaux.

Les lois de commandes classiquement utilisées pour la commande de systèmes à contrôle continu ne s'appliquent pas aux systèmes actionnés tout-ou-rien. Diverses méthodes existent pour commander les systèmes tout-ou-rien : contrôles Bang-Bang, *Pulse Width Modulation*, logique floue, etc. [1]. Ces techniques s'appliquent bien à des problèmes de stabilisation (commande à horizon infini) pour lesquels l'optimisation d'un critère n'est pas prioritaire. Pour des problèmes de rendez-vous (commande à horizon fini), elles ne sont pas utilisables sans adaptations.

Toutefois, certains contrôleurs optimaux génèrent des contrôles de type Bang-Bang qui sont compatibles avec le mode d'actionnement considéré. C'est le cas par exemple lorsqu'on cherche à minimiser la consommation de carburant [2,3]. Cependant, ceux-ci sont généralement sous forme de boucle ouverte et sont très peu robustes pour une utilisation pratique nécessitant de la précision en présence d'incertitudes.

Pour traiter la robustesse des commandes optimales exhibant des structures Bang-Bang, la plupart des techniques existantes consistent à ajouter des temps de commutations supplémentaires dans la séquence de contrôles [4,5,6]. D'autres part, certains contrôleurs optimaux (comme ceux minimisant un coût quadratique type LQ) exhibe une robustesse intrinsèque intéressante à transposer dans le cadre d'un actionnement tout-ou-rien.

L'objectif général de la thèse est d'inclure de la robustesse dans les lois de commandes optimales pour les sytèmes à actionnement tout-ou-rien. La robustesse effective des méthodes existantes est difficile à analyser et celles-ci sont souvent inadaptées à une utilisation embarquée. Le but est donc d'explorer de nouvelles méthodes, en s'insipirant des approches existantes pour le contrôle des systèmes à actionnement continu.

Après une revue de l'état de l'art des méthodes applicables, une analyse de la robustesse des lois de commandes optimales existantes pour les systèmes à actionnement tout-ou-rien est attendue. Par la suite, les travaux de thèse consisteront en la formulation et la résolution d'un problème de commande optimale garantissant un certain degré de robustesse à différents types d'incertitudes (méconnaissances sur les paramètres, bruits de modèle, etc.). L'application des méthodes développées à un problème de contrôle de l'attitude d'un étage de lanceur réutilisable, ou un problème de rendez-vous orbital, est envisagée.

[1] Sidi, M.J., 1997. Spacecraft dynamics and control: a practical engineering approach (Vol. 7). Cambridge university press

[2] Leparoux, C., Hérissé, B. and Jean, F., 2022. Structure of optimal control for planetary landing with control and state constraints. arXiv preprint arXiv:2204.06794.

[3] Bonnans, F., Martinon, P. and Trélat, E., 2008. Singular arcs in the generalized Goddard's problem. Journal of optimization theory and applications, 139(2), pp.439-461.

[4] Olivier, A., Haberkorn, T., Trélat, E., Bourgeois, E. and Handschuh, D.A., 2019. Redundancy implies robustness for bang-bang strategies. Optimal Control Applications and Methods, 40(1), pp.85-104.

[5] Singh T, Vadali SR. Robust time-optimal control - frequency domain approach. J Guid Control Dyn. 1994;17(2):346-353. https://doi.org/10.2514/3.21204

[6] You KH, Lee EB. Robust, near time-optimal control of nonlinear second order systems with model uncertainty. In: Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Control Applications; 2000; Anchorage, AK.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA	**Directeur de thèse**
Département : Traitement de l'Information et Systèmes	Nom : Bruno Hérissé
Lieu (centre ONERA) : Palaiseau	Laboratoire : ONERA
Contact : Florian Dietrich	Tél. : 01 80 38 66 93
Tél. : 01 80 38 66 36 Email : florian.dietrich@onera.fr	Email : bruno.herisse@onera.fr

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