

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2024-47**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DTIS/NGPA

Tél. : 01 80 38 66 36

Responsable(s) du stage : F. Dietrich, I. Sarras

Email : [florian.dietrich@onera.fr](mailto:florian.dietrich@onera.fr)  
[ioannis.sarras@onera.fr](mailto:ioannis.sarras@onera.fr)

## DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Identification et Commande des Systèmes

Type de stage :  Fin d'études bac+5  Master 2  Bac+2 à bac+4  Autres

**Intitulé : Guidage optimal de véhicules aérospatiaux par perturbations singulières**

Sujet : Les équations régissant la dynamique des systèmes aérospatiaux sont par nature fortement non-linéaires, principalement à cause des forces aéro-propulsives qui dépendent du point de vol.

Classiquement, des modèles approximatifs sont utilisés pour analyser les performances et pour concevoir des lois de commande. Par exemple, la dynamique est linéarisée autour des points de vols, les variables d'état du système sont séparées en fonction de leurs échelles de temps, la dynamique des actionneurs est négligée, les termes de faibles amplitudes dans la dynamique sont négligés ou bien considérés comme des perturbations...

Ces simplifications a priori empiriques peuvent se justifier mathématiquement en utilisant la théorie des perturbations singulières [1-3]. Cette technique a été très utilisée dans les années 60-70 lorsque les moyens informatiques ne permettaient pas d'utiliser des algorithmes d'optimisation non-linéaires comme c'est le cas actuellement. Cependant, les méthodes de perturbations singulières restent pertinentes pour l'utilisation de méthodes de contrôle optimal [4] en vol, où les capacités de calcul sont limitées, et puisqu'elles permettent l'obtention de lois de commandes quasi-optimales en boucle fermée.

L'objectif du stage est d'appliquer la méthode des perturbations singulières au problème de rentrée atmosphérique pour des véhicules de type navette spatiale afin de générer des trajectoires optimales.

Le déroulement du stage sera le suivant : étude bibliographique des méthodes de perturbations singulières et leurs applications au guidage des véhicules aérospatiaux, modélisation du problème de rentrée atmosphérique pour un véhicule d'intérêt, résolution analytique et numérique du problème, rédaction d'un rapport de synthèse.

Un dossier de candidature contenant CV, lettre de motivation et relevés de notes récents est à envoyer à tous les responsables du stage aux adresses mails indiquées.

[1] Naidu, D. S., & Calise, A. J. (2001). Singular perturbations and time scales in guidance and control of aerospace systems: A survey. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*

[2] Kokotović, P., Khalil, H. K., & O'Reilly, J. (1999). *Singular perturbation methods in control: analysis and design*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

[3] Kokotovic P. (1984). Applications of singular perturbation techniques to control problems. *SIAM Review*, 26 (4), pp. 501 - 550

[4] Trélat, E. (2005). *Contrôle optimal: théorie & applications* (Vol. 36). Paris: Vuibert.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? **Non**

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

Recherche théorique

Travail de synthèse

Recherche appliquée

Travail de documentation

Recherche expérimentale

Participation à une réalisation

Possibilité de prolongation en thèse : **Non**

**Durée du stage :** Minimum : 5 Maximum : 6

Période souhaitée : Février - Septembre 2023

### PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

Analyse et contrôle de systèmes non-linéaires

Commande optimale non-linéaire

Systemes aérospatiaux

Matlab

Ecoles ou établissements souhaités :

École d'ingénieur ou Master spécialisé en Automatique  
ou Maths appliquées