

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS -2018-15**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DTIS/NGPA

Tél. : 01 80 38 66 64

Responsable(s) du stage : Elliot Brendel / Bruno Hérissé / Alexandre Chapoutot (ENSTA)

Email. : elliot.brendel@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Identification et commande

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

Intitulé : Guidage optimal et robuste - application à un lanceur spatial / un sous-marin

Sujet : Un problème de contrôle optimal consiste à minimiser un coût tout en satisfaisant des contraintes et une dynamique. Ce problème peut être résolu numériquement par l'application du Principe du Maximum de Pontryagin (PMP) [1] sans prise en compte des incertitudes liées au modèle (par exemple des coefficients aérodynamiques incertains) ou à la mission (par exemple les intempéries ou la position initiale). De plus, l'algorithme ainsi mis en œuvre utilise une intégration approchée de la dynamique du système (méthodes du type Runge-Kutta [2]), ce qui ajoute des incertitudes quant à la validité de notre solution.

Parallèlement, des méthodes innovantes d'intégration numérique garantie [4,5] faisant intervenir l'arithmétique par intervalles [3] ont été mises en œuvre dans d'autres problèmes de contrôle et ont permis une gestion des incertitudes liées tant au modèle et à la mission qu'à la méthode d'intégration. Il est alors prouvé que la solution réelle se trouve à l'intérieur d'un "tube" de solutions. Cette méthode déterministe permet ainsi de vérifier mathématiquement la validité et la sûreté d'une solution. Par exemple, concernant un véhicule autonome, l'intégration numérique garantie permettrait de prouver qu'il ne rencontrera jamais les obstacles qu'il doit éviter.

L'objectif du stage est d'étudier le couplage entre l'arithmétique par intervalles et le Principe du Maximum de Pontryagin. Trois axes sont envisagés :

- 1) Etude bibliographique et formalisation du problème
- 2) Mise en œuvre numérique : implémentation de l'arithmétique par intervalles et de l'intégration garantie à partir d'outils de résolution du PMP déjà existants.
- 3) Applications à différents systèmes présentant de fortes incertitudes (lanceur spatial réutilisable type Falcon 9 de SpaceX, torpille depuis un sous-marin, essaim de drones en présence d'obstacles, ...) et comparaison avec les méthodes existantes.

Idéalement, le candidat approfondira ce sujet (notamment les aspects théoriques) dans une thèse qui suivra le stage.

[1] E. Trélat. Optimal control and applications to aerospace: some results and challenges. Journal of Optimization Theory and Applications, Volume 154, Issue 3, pp 713-758, 2012.

[2] E. Hairer, S. Norsett, and G. Wanner. Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems, volume 8 of Computational Mathematics. Springer-Verlag, 2nd edition, 1993.

[3] L. Jaulin, M. Kieffer, O. Didrit, and E. Walter. Applied Interval Analysis. Springer, 2001.

[4] N. S. Nedialkov, K. R. Jackson, and G. F. Corliss. Validated solutions of initial value problems for ordinary differential equations. Applied Mathematics and Computation, 105(1):21 – 68, 1999.

[5] J. Alexandre dit Sandretto and A. Chapoutot. Validated Explicit and Implicit Runge-Kutta Methods. Reliable Computing, 22, 2016.

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

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input checked="" type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : **Oui**

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

Période souhaitée : à partir de janvier 2019

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

Connaissances en contrôle optimal, automatique, optimisation, méthodes d'intégration numérique

Maîtrise de Matlab, C++

Des connaissances en mécanique du vol seraient un plus

Ecoles ou établissements souhaités :

Grandes écoles (Ecole Polytechnique, Mines, Ponts, ENSTA ParisTech, Supaéro, ...) / Master 2 Recherche en Automatique ou Optimisation