

Fiche de proposition de sujet de thèse en technologie des Systèmes Orbitaux pour 2011

Titre du sujet : Commande robuste saturante pour le contrôle d'attitude

Nom, prénom du proposant CNES : Christelle PITTET

Sigle du proposant : DCT/SB/PS Email du proposant : christelle.pittet@cnes.fr

Lien avec une proposition d'idée externe : ~~oui~~, non (rayer la mention inutile)

Si oui, indiquer le numéro de sujet, le sujet et le nom du proposant externe :

Lien avec un CCT : ~~oui~~, non, (rayer la mention inutile),

Si oui, indiquer le sigle du CCT :

Proposition de R&T associée :

~~oui, sur R&T en cours~~ : précisez le titre

~~oui, sur proposition de R&T 2011~~ : précisez le titre

non

Cofinanceur : région midi-pyrénées

Laboratoire d'accueil envisagé : LAAS-CNRS

Directeur de Recherche envisagé : Sophie Tarbouriech

Profil du candidat (préciser la spécialité de Master) : MASTER RECHERCHE en automatique

Descriptif du sujet (une page maximum) :

Ce sujet de thèse fait suite à la thèse « Pilotage d'un satellite à commande saturante », cofinancée par le CNES et TAS, et réalisée au LAAS-CNRS dans le groupe MAC (Méthode et Algorithmes de Commande) et qui s'achève en 2010. Cette étude a permis de mettre en place un cadre de travail adapté à la commande en attitude et position relative ou accélération, des satellites seuls (mission de type Microscope) ou en vol en formation à partir de tuyères à poussée continue. Deux problématiques majeures ont été abordées. La première est la symétrisation de la commande : en effet, pour être appliquée à un système propulsif, la commande en couple et force doit être répartie sur les actionneurs, avec la contrainte de poussée positive. Cette contrainte est très délicate à satisfaire et nécessite souvent des algorithmes itératifs complexes. L'originalité des résultats consiste à l'introduction d'un noyau symétrisant variable, qui permet d'utiliser une matrice de répartition simple (type pseudo-inverse) en ayant de plus des garanties de positivité, de stabilité avec ou sans saturation de la commande et un coût minimisé en consommation. La seconde problématique est la stabilisation et l'augmentation du domaine de stabilité de la boucle en cas de saturation des tuyères, par l'ajout d'un filtre « anti-windup » qui vient modifier le correcteur existant et permet de ramener le système dans la zone linéaire. Les résultats sont particulièrement intéressants sur les systèmes couplés, et donnent des résultats comparables aux solutions de filtres non-linéaires à saturation d'intégrateurs proposées pour des applications simplifiées.

Le sujet 2011 concerne la poursuite de ces travaux avec trois objectifs :

- Un objectif applicatif : pour appliquer les résultats, il serait nécessaire d'analyser la robustesse de la symétrisation et de la commande en cas d'incertitudes sur la matrice de répartition (défauts d'alignement, erreurs de direction et d'amplitude de poussée). De même, le cas de panne d'un propulseur et de réallocation de la poussée pourrait être étudié. Etant donnée la complexité du problème de symétrisation et de positivité associé, on peut s'attendre à ce que ces cas d'application génèrent des développements théoriques intéressants.
- Deux objectifs théoriques :

- Afin de mieux évaluer l'intérêt des lois de type anti-windup, il serait intéressant de pouvoir considérer la loi non-linéaire avec saturation et/ ou une remise à zéro de l'intégrateur lors de la conception de l'anti-windup. Une boucle anti-windup sur ce type de systèmes permettrait certainement d'agrandir le domaine de stabilité admissible, d'améliorer les performances et/ou la robustesse aux incertitudes apparaissant sur le répartiteur des efforts à produire par les différents actionneurs. Pour cette piste de recherche, les connections avec les systèmes à réinitialisation [2], et avec les systèmes comportant des saturations emboîtées [3], peuvent être fructueuses.
- Une des structures originales des compensateurs anti-windup proposés dans la thèse utilise la connaissance sur le système et ressemble ainsi à une structure « estimateur ». Il serait intéressant d'étudier les connections possibles avec des estimateurs synthétisés par ailleurs. Dans ce contexte, l'étude de la robustesse de ces schémas anti-windup sera primordiale.

Dans chacun des points théoriques évoqués précédemment, l'idée sera aussi d'élargir la classe des fonctions de Lyapunov considérées pour développer les conditions de stabilité [1].

Références

- [1] T. Hu, T. Thibodeau, A.R. Teel. A unified Lyapunov approach to analysis of oscillations and stability for systems with piecewise linear elements, IEEE Transactions on Automatic Control, à paraître.
- [2] D. Nesic, L. Zaccarian, and A.R. Teel. Stability properties of reset systems. Automatica (B), 44(8):2019–2026, 2008.
- [3] S. Tarbouriech, C. Prieur, J.M. Gomes da Silva Jr. Stability analysis and stabilization of systems presenting nested saturations, IEEE Transactions on Automatic Control, Volume: 51, Issue: 8, pp.1364-1371, 2006