

COMMANDE BOUCLE FERMEE 6 AXES POUR LE VOL EN FORMATION

Sebastian GAULOCHER*

Directeurs de thèse : Daniel ALAZARD, Jean-Pierre CHRETIEN et Christelle PITTET-MECHIN

Laboratoires d'accueil :

ONERA-CERT

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol
2, avenue Edouard Belin
31055 Toulouse Cedex 4

CNES

Service Pilotage SCAO
18, avenue Edouard Belin
31401 Toulouse Cedex 4

Etablissement d'inscription :

SUPAERO-ENSAE

Ecole Doctorale Systèmes
10, avenue Edouard Belin
31055 Toulouse Cedex 4

1 INTRODUCTION

Pour les futures missions spatiales, on envisage de mettre en oeuvre des essaims de satellites sur lesquels la charge utile sera distribuée. Voici deux missions typiques qui auraient recours à plusieurs véhicules spatiaux :

1. Darwin/IRSI (Infrared Space Interferometry Mission, projet de l'ESA)

Cette mission a pour but de détecter des planètes appartenant aux systèmes solaires voisins par des méthodes d'interférométrie, tout en pénétrant le nuage de poussière interplanétaire (cf. les références [1] et [4]). Comme la Fig. 1 le montre, la constellation, qui sera située au point de Lagrange L2, consiste en six télescopes, avec un satellite central et un satellite maître.



FIG. 1: Vue d'artiste de la mission Darwin. Source : [1]

*Sebastian.Gaulocher@cert.fr

2. Romulus (Radars Orbitaux MULTIsatellites à Usage de Surveillance, projet de l'ONERA)
L'objectif de cette mission est de réaliser un radar spatial distribué en orbite basse pour observer des cibles mobiles. Ce radar est capable de remplacer une grande antenne monolithique, dont la faisabilité serait aléatoire, par un essaim de plusieurs de satellites, qui réaliseront un assemblage immatériel d'antennes élémentaires.

Dès qu'on sera capable de maîtriser les défis technologiques par rapport aux essais de satellites, cette nouvelle architecture de missions spatiales révolutionnera l'exploration de l'espace et l'observation de la terre, tout en baissant les coûts de manière significative.

2 SUJET DE THÈSE

Le sujet de thèse a été proposé par le CNES (Service « Pilotage Systèmes de Contrôle d'Attitude et d'Orbite »), et le laboratoire d'accueil est l'ONERA (Département « Commande des Systèmes et Dynamique du vol »). Les travaux seront conduits dans chacun des établissements et seront fondés sur les expériences acquises : du côté de l'ONERA, on peut citer les études « Gyrodynes » (pilotage agile d'un satellite d'observation de la terre, cf. [2]) ou des travaux réalisés dans le cadre du pôle CNES-ONERA « Pirola » (Pilotage ROBuste des LAnceurs) ; au CNES, le département est en charge de différentes missions spatiales qui utilisent la commande six axes (p.ex. « Microscope », cf. [3]) ou plusieurs satellites (p.ex. « SIMBOL-X »). Un simulateur pour le vol en formation en orbite non perturbée a été mis en oeuvre pendant un projet de fin d'étude ([5]).

Dans un premier temps, on va exploiter des résultats bibliographiques afin de définir un cadre formel pour l'expression des problèmes de la commande boucle fermée de plusieurs satellites avec 6 degrés de liberté (dont 3 pour la position et 3 pour l'attitude). Après avoir traité les différents repères, il faudra modéliser les cinématiques et les dynamiques des satellites. La mise sous forme d'état du modèle, qui est nécessaire afin de mettre en oeuvre les méthodes de commande multivariable (méthodes de Lyapunov, programmation convexe, commande à paramètres variants), requiert la définition de vecteurs d'état, de mesure, de commande, de consigne et de perturbations. La connaissance précise des actionneurs à faible résolution (FEEPS, gaz froids, propulseurs à plasma), ainsi que des capteurs de distance inter-satellite (radiofréquence et optique), sera indispensable.

Le but sera de garantir la performance et la stabilité en boucle fermée, tout en tenant compte des paramètres mal connus du système. On va d'abord s'intéresser à un ensemble bi-satellite en considérant les problématiques induites par les différents types de missions (orbite basse ou orbite élevée voir interplanétaire). Ceci permettra en même temps d'identifier la généricité des concepts proposés. Puis, des formations plus complexes seront traitées, ce qui va rajouter des contraintes supplémentaires (déploiement, reconfiguration, répartition de l'intelligence).

Références

- [1] ESA mission home Darwin, November 2003. <http://sci.esa.int/darwin>.
- [2] J.-P. Chrétien and M. Llibre. *Modélisation et commande des systèmes dynamiquement complexes - Pilotage du corps rigide*. Notes de cours. Supaéro, March 2000.
- [3] M. Faucon. Pilotage six axes d'un satellite à traînée compensée à l'aide de micropropulseurs électriques. Master's thesis, ENAC, June 2003.
- [4] M. Landgraf, R. Jehn, W. Flury, M. Fridlund, A. Karlsson, and A. Léger. IRSI/Darwin : Peering through the interplanetary dust cloud. *ESA Bulletin*, 105 :60–63, February 2001.
- [5] M. Michaux. Réalisation d'un outil de prédimensionnement SCAO de phase 0/A pour le vol en formation. Master's thesis, Supaéro, September 2003.