



**Centres de Compétence Technique**

**CCT SCA – Systèmes de Commande  
et Automatique**



## Séminaire

# Méthodes de guidage en attitude

**Judi 3 avril 2008  
(9h15-12h30)**

Institut Aéronautique et Spatial (IAS)  
23 Avenue Edouard Belin, 31028 Toulouse, cedex 4

\*\*\*

*Ce séminaire propose un rapide tour d'horizon des problématiques liées au guidage en attitude pour les véhicules spatiaux. Au travers d'un échantillon d'applications assez diversifié (lanceur, satellite, grappe d'actionneurs gyroscopiques), on abordera les problèmes et solutions algorithmiques (méthodes et algorithmes d'optimisation de trajectoire en attitude) et leur utilisation (bord/sol).*

\*\*\*

Pour assister à ce séminaire, inscrivez-vous sur le site :  
<http://cnes.cborg.net/cct/bipublic.html>

## Programme

**09h15-09h30**

**Accueil**

**09h30-10h00**

**Méthodes de guidage en attitude développées au CNES pour les missions scientifiques et d'observation de la Terre**

Isabelle Sebbag (CNES/DCT)

*Cet exposé présente un tour d'horizon des principaux problèmes liés au guidage en attitude pour des missions scientifiques (PROTEUS, MYRIADE) et d'observation de la Terre (type SPOT, PLEIADES-HR). Certains problèmes sont liés au calcul de l'attitude de consigne qui peut varier dans le temps, d'autres au calcul de manœuvres d'attitude réalisées par des roues de réaction ou des actionneurs gyroscopiques (CMGs). On donnera les contraintes liées à ces missions, et on explicitera les solutions en terme d'algorithmie, de partage bord/sol et d'implémentation opérationnelle.*

**10h00-10h45**

**Génération de trajectoires optimales d'attitude : Approche par platitude différentielle et collocation**

Christophe Louembet (LAPS, Bordeaux)

*L'exposé abordera la thématique de guidage en attitude par résolution du problème de commande optimale dans le cadre particulier des systèmes non linéaires différentiellement plats. Après une brève introduction sur la platitude différentielle, nous qualifierons le modèle dynamique d'attitude de système plat. Le principal intérêt de la platitude différentielle est de formuler le problème classique de commande optimale en un problème d'optimisation géométrique. Nous présenterons une résolution de ce problème géométrique par discrétisation dite méthode de collocation. Nous mettrons l'accent sur les outils qui permettent cette discrétisation du problème, notamment la description des trajectoires par des B-splines. Enfin nous évaluerons l'intérêt technologique d'une telle approche vis-à-vis des outils de guidage déjà en place au CNES.*

**10h45-11h00**

**Pause**

**11h00-11h30**

**Application du guidage par platitude différentielle chez TAS**

Catherine Charbonnel (TAS)

*Les résultats d'application de cette technique à deux cas tests Thales Alenia Space seront présentés, avec comparaison par rapport aux profils de guidage standards.*

**11h30-12h00**

**Guidage d'une grappe de gyrodynes par programmation dynamique**

Michel Libre et Jean-Pierre Chrétien (ONERA/DCSD)

*La grappe tétraédrique de 4 gyrodynes est difficile à maîtriser du fait des singularités internes intraversables. Les méthodes d'évitement local modifiant l'inversion de la Jacobiennne dans le calcul des vitesses de précession se révélant inefficaces, nous avons développé un guidage direct dans l'espace des précessions par minimisation d'un critère (distance parcourue) par programmation dynamique directe. Le critère a peu d'influence sur les performances, c'est la gestion des contraintes (valeur min ou pénalisation du déterminant) qui rend cet algorithme apte à trouver des chemins évitant les singularités intraversables. On abordera également la question de l'embarquabilité d'un tel algorithme.*

**12h00-12h30**

**Approche stochastique pour l'optimisation de l'ensemble des paramètres trajectoire et guidage**

Amaya Espinosa, Julien Laurent-Varin et Benjamin Carpentier (CNES/DLA)

*Les lanceurs propulsés par des étages à propergols solides (SRM) induisent des problématiques particulières vis-à-vis de la définition de trajectoires et des algorithmes de guidage. En particulier, contrairement aux lanceurs à propulsion liquide, les incertitudes sur les caractéristiques propulsives ne sont pas compensables par la gestion de la durée de combustion des étages. Afin de répondre à ces problématiques spécifiques, la DLA a développé une méthode, basée sur une approche stochastique, permettant l'optimisation d'ensemble de paramètres de définition de la trajectoire et de réglage du guidage. Ces deux ensembles de paramètres sont classiquement établis séquentiellement, en configuration nominale, et la robustesse aux incertitudes des paramètres du lanceur et de sa mission est analysée a posteriori. Cette méthode a en particulier été appliquée au lanceur VEGA, pour le développement duquel le CNES assiste l'ESA dans la maîtrise d'ouvrage, entre autres pour les aspects trajectoires/performance et GNC. La méthode mise en place permet d'optimiser trajectoire et guidage vis-à-vis du domaine défini par la mission nominale et ses incertitudes, et les premiers résultats obtenus montrent son intérêt certain.*