

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2026-01**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Salon-de-Provence

Département/Dir./Serv. : DOTA/MVA

Tél. : 07 81 59 73 90

Responsable(s) du stage : Ugo Tricoli

Email : ugo.tricoli@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : signature optique

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

Intitulé : Inversion de l'attitude des satellites à partir des courbes de lumière mesurées par un télescope

Sujet :

La prolifération des objets dans l'espace est un sujet de préoccupation croissant, et il devient crucial de disposer d'informations fiables sur ces objets pour être en mesure de les localiser et les identifier.

Une information essentielle pour comprendre le type d'activité d'un satellite est de connaître son attitude (rotation propre ou spin). Il existe différentes méthodes basées sur l'utilisation de la partie visible du spectre à haute résolution spatiale (pour une imagerie directe par comparaison d'images) ou à basse résolution spatiale (comparaison des courbes de lumière c'est à dire de la luminance intégrée sur l'ensemble du capteur).

En particulier, une méthode a récemment été développée à l'ONERA pour inverser les courbes de lumière [1] et a été testée sur des données synthétiques générées avec le code SIRIUS. Le moteur de rendu SIRIUS développé à l'ONERA, est utilisé pour générer des images hyperspectrales afin de calculer la signature optique des satellites [2, 3] dans le visible et donc peut être utilisé pour simuler des courbes de lumière.

L'objectif du stage est d'appliquer la méthode d'inversion à des courbes de lumière réelles, mesurées par différentes campagnes de mesures avec les télescopes CICLOPE et/ou FEELINGS selon leurs disponibilités respectives. Le code SIRIUS sera utilisé pour les simulations d'images hyperspectrales et les courbes de lumière. Le code d'inversion sera utilisé pour inverser l'attitude sous forme de trois vitesses de rotation angulaires. S'il est possible d'obtenir des observations du même satellite avec les deux télescopes, nous évaluerons le gain d'information (par rapport à une seule courbe de lumière) lié à la prise en compte des différentes courbes de lumière détectées à différents endroits.

Les différentes étapes du stage seront les suivantes :

- Etude bibliographique sur l'inversion de l'attitude des satellites à partir des courbes de lumière visible,
- Evaluation des satellites pouvant être suivis par CICLOPE/FEELINGS (ou présents dans la BDD) et pour lesquels il existe une connaissance suffisante des paramètres orbitaux et géométriques pour les simulations (orbitographie, la géométrie du satellite plus, si possible, des informations sur les matériaux de surface)
- Traitement des données de campagnes de mesure (images à basse résolution)
- Estimation de l'attitude des satellites retenus par inversion des courbes de lumière dans le visible,
- Estimation d'attitude par inversion des multiples courbes de lumière visible détectés par des sites différents (stéréoscopie non-résolue),
- Validation des différentes stratégies d'inversion à partir des données expérimentales disponibles pour un satellite dont l'attitude est connue (ex. ENVISAT),
- Intégration dans l'IHM de SIRIUS de la méthode d'inversion.

Les codes développés en Python seront intégrés dans l'IHM de SIRIUS de manière itérative tout au long du stage selon l'avancement des travaux. L'étudiant(e) sera amené(e) à travailler avec des ingénieurs de l'unité de recherche ainsi qu'un doctorant. L'étudiant(e) pourra être impliqué(e) dans les campagnes de mesure mais l'objectif principal du stage est le traitement des données obtenues auprès des membres de l'équipe.

[1] Mercier, Cèdre, Ugo Tricoli, Eric Coiro, Yannick Abautret, Jean-François Sauvage, and Cyril Petit. "Theoretical study of ENVISAT's thermal IR light curves." In 9th European Conference on Space Debris. 2025.

[2] tel-02918973

[3] hal-03540727

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 : Oui

Durée du stage :

Minimum : 5 mois

Maximum : 5 mois (6 mois sur
dérogation uniquement)

Période souhaitée : 2026

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

Notions en optique géométrique classique.

Rendu graphique et programmation en
langage Python.

Notions en mécanique des satellites.

Ecoles ou établissements souhaités :

Masters ou écoles en informatique, développement
logiciel, Ecoles d'ingénieur ou Master recherche
(optique, physique, mathématiques appliquées et
informatique)