



Offre de stage niveau Master 2 ou Projet de Fin d'Étude :

## **Étude du système de contrôle d'attitude du CubeSat NICEcube**

---

### **Description de l'employeur**

Université Côte d'Azur (UCA) est une communauté d'universités et d'établissements (COMUE) à vocation Recherche créée en 2015, formée de 13 membres et regroupant plus de 30 000 étudiants. Elle réunit l'Université Nice Sophia Antipolis, des EPST et d'autres acteurs concourant à la formation supérieure et à la recherche dans le département des Alpes- Maritimes.

Lauréate de l'appel à projet IDEX en 2016 avec le projet UCA JEDI, elle a pour ambition d'accroître la visibilité du site et son rayonnement national et international et de figurer à terme parmi les 10 universités françaises de recherche comparables aux meilleures universités du monde.

Le projet UCA JEDI est piloté par une équipe de direction composée du Président d'Université Côte d'Azur également président de l'IDEX et de 4 Directeurs de Programme (Formation, Recherche, Innovation, International). Le Président est assisté pour UCA JEDI par une Directrice Exécutive Adjointe (DEA) et chaque Directeur de Programme est assisté par un Directeur Opérationnel de Programme (DOP).

---

### **Descriptif du poste**

#### **Contexte de la mission**

Le Centre Spatial Universitaire Côte d'Azur (CSU Côte d'Azur) propose un stage de niveau Master 2 ou stage d'application d'école d'ingénieur.

Le Centre Spatial Universitaire a pour finalité de permettre à des étudiants de mener une partie d'un projet spatial complet - segment sol et satellite. Le

développement portera sur des satellites au format “CubeSat”. Le CSUCA est hébergé par le laboratoire Lagrange, à Nice, campus de Valrose.

Les “CubeSat” sont des satellites de petite taille (nanosatellites), définis par une unité de base de 10cm de côté, 1kg, 1W de puissance disponible. Ils sont mis en orbite terrestre pour réaliser des expérimentations scientifiques et technologiques. Leur petite taille et le coût réduit de développement permet d’envisager leur réalisation par des étudiants motivés.

Le projet de CubeSat “NICE<sup>cube</sup>” a pour objectif technologique la démonstration de la transmission de données du satellite vers le sol via un faisceau optique.

## **Mission principale**

L'objectif principal de ce stage est l'analyse du système de contrôle d'attitude du CubeSat NICE<sup>cube</sup>. Cette étude devra montrer si la configuration envisagée est capable de satisfaire les contraintes de pointage demandées par la mission. Dans le cas contraire, de nouvelles configurations devront être proposées.

## **Description détaillée du sujet**

Le principe retenu pour la transmission de données par voie optique est assez simple : un faisceau optique (LASER) est envoyé depuis le sol vers le satellite. Ce faisceau est modulé sur le satellite pour transmettre des informations, puis retourné vers le sol à l’aide d’un rétro-réflecteur. Cela permet notamment de s’affranchir du problème de la puissance disponible à bord du satellite, la source lumineuse étant au sol.

L’utilisation d’un rétro-réflecteur dans le satellite permet de réduire les contraintes d’orientation du satellite. Cependant, les fortes contraintes de poids et volume d’un CubeSat (unité simple) vont drastiquement limiter le choix des détecteurs et actionneurs pour la détermination et le contrôle d’attitude du satellite. La solution envisagée prévoit l’exploitation de boucles magnétiques pour le contrôle (magnetotorquers) et des magnétomètres pour la détermination. Cela conduit à un système de contrôle temps-périodique sous-actionné qui ne sera pas nécessairement capable de satisfaire les contraintes de mission.

Les objectifs détaillés du projet seront donc :

1. Une étude bibliographique sur le contrôle d'attitude des CubeSats avec focus sur (1) les manœuvres de ré-positionnement avec magnetotorquers

(système périodique sous-actionné) (2) la précision de pointage obtenue avec ces systèmes.

2. La formulation du problème de contrôle optimal (temps minimal) et la résolution numérique, par exemple à l'aide d'une méthode de tir.
3. L'implémentation d'un simulateur de la dynamique orbitale et d'attitude : si la partie orbitale peut être assez simplifiée, il sera nécessaire de tenir compte des variations du champ magnétique terrestre. Un modèle basique pour la boucle de contrôle (actuateurs, capteurs et incertitudes) devra aussi être implémenté.
4. Une étude de faisabilité pour la mission NICE<sup>cube</sup> devra être conduite et aborder les points suivants : réalisation des manœuvres de pointage (boucle de contrôle basée sur la linéarisation autour de la solution optimale trouvée au point 2) ainsi que phase de régulation une fois que l'attitude désirée est obtenue.

L'étudiant travaillera dans une équipe où divers aspects du projet seront abordés par d'autres étudiants (système, charge utile, plate-forme, etc.), et il interagira aussi avec de nombreux acteurs à l'extérieur. Les échanges et le travail en équipe sont donc deux aspects importants de ce stage.

---

## Profil du candidat

### Compétences et qualités requises

- Études en ingénierie ou automation de niveau Master 2.
- Maîtrise d'un logiciel de calcul scientifique (matlab, python ou autre).
- Connaissances générales en physique.
- Notions de gestion de projet.

---

## Conditions particulières

Le stage se déroulera à l'Inria dans l'équipe McTAO, à Sophia Antipolis. Le stagiaire sera encadré par J.-B. Pomet, J.-B. Caillau, et L. Dell'Elce.

Il échangera avec les scientifiques et ingénieurs de plusieurs laboratoires impliqués dans le projet.

Le stage durera de 4 à 6 mois et sera indemnisé selon la réglementation en vigueur.