

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DPHY-2026-03**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DPHY/ERS

Tél. : 0562252932

Responsable(s) du stage : Guillaume BERNOUX

Email. : guillaume.bernoux@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Modèles et mesures de l'environnement spatial

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

Intitulé : Application de méthodes de descente d'échelle spatiale à la modélisation des ceintures de radiations terrestres

Sujet :

Les ceintures de radiation terrestres constituent un environnement radiatif naturel très dynamique, hostile à la plupart des satellites artificiels, et dont la modélisation physique demeure aujourd'hui encore imparfaite. Cette dynamique est généralement décrite par des codes numériques résolvant une équation de diffusion. Du fait des forts gradients spatiaux et de l'intense dynamique des ceintures de radiation, la modélisation réalisée des interactions physiques doit être la plus précise possible. Le code Salammbô 3D électrons développé et perfectionné depuis de nombreuses années à l'ONERA / DPHY est reconnu internationalement. Il repose sur la résolution d'une équation de diffusion avec un schéma numérique de type implicite, volumes finis.

L'objectif de ce stage est de développer une méthode de descente d'échelle sur les dimensions spatiales pour la modélisation des ceintures de radiation terrestres avec le code Salammbô. La simulation climatologique (c'est-à-dire sur une période de plusieurs décennies) de ces ceintures impose un compromis entre le temps de calcul et la précision, forçant l'utilisation d'un maillage lâche qui omet des détails physiques importants. Ce projet vise à trouver une méthode permettant de reconstruire une information à haute résolution à partir de simulations rapides menées sur des grilles à basse résolution.

Le travail se déroulera en deux temps. D'abord, le/la stagiaire réalisera un ensemble de simulations de référence avec le code Salammbô en utilisant des mailles plus ou moins fines. Il/elle analysera les écarts entre les résultats et les comparera à des mesures in-situ afin de quantifier précisément l'information perdue lors de l'utilisation d'une grille grossière. Ensuite, le cœur du stage consistera à étudier et implémenter des techniques de descente d'échelle. Il pourra s'agir de méthodes basées sur la recherche de situations analogues dans un catalogue de simulations précalculées, ou de techniques plus modernes issues de l'apprentissage automatique, comme les réseaux de neurones (AutoEncoders, modèles de diffusion, etc.). Pour ces dernières, une attention particulière sera portée à l'évaluation de la cohérence physique des résultats générés afin d'éviter les "hallucinations" du modèle. L'étudiant(e) sera encouragé(e) à être force de proposition pour explorer d'autres pistes pertinentes.

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 : 4 mois Maximum : 5 mois
Période souhaitée : mars – septembre 2026	
PROFIL DU STAGIAIRE	
Connaissances et niveau requis : Master 2 et/ou diplôme d'ingénieur en sciences avec dominantes Mathématiques Appliquées, IA ou Physique des particules (plasma, nucléaire, ...). Une relative aisance en codage scientifique, notamment en langage Python est nécessaire. Une bonne connaissance en physique statistique et physique spatiale / des plasmas est un plus.	Ecoles ou établissements souhaités : Ecoles d'ingénieur avec spécialisation en aérospatial (ISAE, Ecole polytechnique, etc.) ENS Master 2 Physique des plasmas Master 2 Méthodes numériques Master 2 Physique spatiale