

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2025-50**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau (évent. Toulouse)

Département/Dir./Serv. : DTIS/MACI

Tél. : 01 80 38 66 10

Responsable(s) du stage : Louis Reboul, David  
Levadoux, Fabien Tholin (DPHY)

Email. : Louis.Reboul@onera.fr

### DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Mathématiques Appliquées et leurs Interactions, Calcul Scientifique

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

**Intitulé : Développement de méthodes de résolution de l'équation de Poisson pour la modélisation de plasmas.**

Sujet : La modélisation de plasmas intervient dans de nombreuses applications du secteur aérospatial, à l'instar de la formation d'arcs sur les équipements ou de la propulsion électrique pour satellite. Plusieurs manières de modéliser ces phénomènes, telles que les modèles multi-fluides, magnétohydrodynamique ou de dérive-diffusion, nécessitent la résolution de l'équation de Poisson afin d'obtenir des champs électriques, magnétiques ou radiatifs. L'étape correspondante dans les méthodes numériques concentre l'essentiel des coûts en temps de calculs, comparée à celles liées aux phénomènes de transport par exemple. Obtenir une méthode d'approximation efficace est donc un enjeu crucial pour réduire les temps de simulations.

L'objectif du stage est d'établir une comparaison entre les approches basées sur la résolution des EDP; telles que les solveurs FEM (Finite Element Methods), et les approches d'intégration aux frontières ou BEM (Boundary Element Methods). Il sera également question de comparer les déclinaisons directes et itératives de ces méthodes, telles que la méthode décomposition LU ou l'algorithme de Gauss-Seidel pour l'approche par FEM, ou bien les solveurs H-matrix et FMM (Fast Multipole Method) pour l'approche par BEM.

Un stage précédent a permis de développer une version de la FMM dédiée à l'opérateur de convolution intervenant dans la résolution d'un problème de Poisson par méthode intégrale. L'outil est intégré dans le code de calculs hautes performances Numworks, développé à l'ONERA pour les applications en électromagnétisme.

Le stage consistera dans un premier temps à finaliser le solveur Poisson 2D en combinant l'emploi de la FMM avec un solveur H-matrix, lequel est utilisé pour résoudre la partie équation aux frontières du problème complet. L'étape suivante sera l'implémentation des méthodes classiques (FEM+LU) dans Numworks pour comparaison avec la nouvelle méthode. Il sera ensuite question d'étendre la méthode FMM aux configurations 3D, avec le travail d'analyse numérique que cela implique. L'amélioration de l'architecture parallèle actuelle du code sera également un enjeu central du stage.

Selon l'avancement, il pourra également être question d'appliquer ces méthodes à des cas dont la complexité augmentera de manière graduelle; en commençant par la résolution de l'équation de Poisson classique sur maillages non-structurés puis en considérant des équations de Poisson modifiées à coefficients scalaires ou tensorielles.

Le gain potentiel de ce type de méthodes peut amener une rupture en termes des applications accessibles à la simulation pour les plasmas. Le stage permettra en outre de développer des compétences à la fois en mathématiques appliquées, en calcul hautes performances et en physique des plasmas.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ?  Non

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique            | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation                   |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input checked="" type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : A renseigner

**Durée du stage :** Minimum : 3 mois Maximum : 6 mois

Période souhaitée : Mars-Juillet 2025

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis :

Méthodes numériques pour les EDPs

Ecoles ou établissements souhaités :

Université, Ecole d'ingénieur