

## **Proposition de thèse :**

### **Titre de la thèse :**

Interaction des éjections de matière solaire avec les environnements terrestre et planétaires : observations et simulations hybrides 3D.

### **Encadrants :**

Dominique Fontaine et Philippe Savoini

**Laboratoire de physique des plasmas**

Ecole polytechnique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau

Email : [philippe.savoini@upmc.fr](mailto:philippe.savoini@upmc.fr)

[dominique.fontaine@lpp.polytechnique.fr](mailto:dominique.fontaine@lpp.polytechnique.fr)

### **Résumé :**

Thèse expérimentale et numérique concernant l'interaction d'une CME (éjection de masse coronale) venant du Soleil avec l'environnement terrestre. Elle nécessitera deux approches distinctes : (i) une approche expérimentale mettant en œuvre des outils pour sélectionner dans la base de données CLUSTER les événements où cette interaction a lieu et (ii) une approche numérique grâce à l'utilisation d'un code hybride (avec les ions sous forme de particules individuelles et les électrons sous forme d'un fluide neutralisant), écrit en fortran 2003 et parallélisé sous MPI. Le doctorant devra donc implémenter l'onde de choc du nuage magnétique en contrôlant rigoureusement les conditions de Rankine-Hugoniot attendues en amont de la CME.

### **Sujet :**

Le soleil est le siège d'éruptions et d'événements impulsifs qui peuvent donner naissance à des éjections de masse coronale dans l'espace interplanétaire qui se propagent à des vitesses supersoniques et interagissent de plein fouet avec les environnements planétaires. Les observations de leur interaction avec l'environnement terrestre montrent qu'elles perturbent aussi bien la configuration magnétique de la magnétosphère lointaine que les liaisons GPS ou les installations à haute tension au sol. Cependant leurs mécanismes d'interaction ne sont pas complètement compris et on n'est pas actuellement capable de prédire les effets des éjections de masse coronale sur les environnements planétaires. L'objectif de cette thèse est d'étudier l'un de ces effets, à savoir l'impact sur l'environnement planétaire de l'onde choc générée par la propagation supersonique des éjections de masse coronale.

Des missions futures de l'ESA comme Solar Orbiter et Bepi Colombo permettront d'observer in situ la propagation des éjections de masse coronales et leur impact sur un environnement proche du Soleil (Mercure). En amont de ces missions et pour en préparer l'exploitation future, le travail de thèse comportera une partie expérimentale et une partie de modélisation :

- La partie expérimentale s'appuiera sur des observations *in situ* de plasmas d'origine solaire ou terrestre (densité, vitesse, température, champ magnétique). Le satellite ACE observe en permanence le milieu interplanétaire en amont de l'environnement terrestre. Au cours de leur orbite, les missions spatiales CLUSTER et la nouvelle mission MMS (2015) traversent l'environnement terrestre et ses frontières : la magnétopause et le choc d'étrave de la Terre qui se forme juste en amont. Le doctorant mettra en œuvre des outils disponibles au laboratoire et dans les bases de données pour sélectionner les événements où l'onde de choc interplanétaire interagit avec ces frontières. L'objectif sera d'identifier les caractéristiques de cette interaction et ses conséquences, notamment la modification des paramètres du plasma, de la configuration magnétique et leur dynamique.

- La partie modélisation reposera sur l'exploitation d'un code hybride, avec les ions décrits sous forme de particules individuelles et les électrons sous forme d'un fluide neutralisant. Ce code est écrit en fortran 2003 parallélisé sous MPI. Pour l'instant, il simule la formation des frontières de l'environnement terrestre, y compris son choc d'étrave. Le doctorant implémentera l'initialisation et la propagation d'une onde de choc interplanétaire en contrôlant rigoureusement les conditions de saut (conditions de Rankine-Hugoniot) attendues au choc. Il étudiera ensuite son interaction avec les frontières de l'environnement terrestre et la modification des paramètres du plasma qui en résultera.

Les conséquences de l'interaction de ces deux ondes de choc ne sont pour l'instant pas connues mais permettraient de mieux comprendre l'impact d'un nuage magnétique sur la dynamique du choc d'étrave et de l'environnement terrestre.

Enfin, ce travail nécessitera le développement de diagnostics spécifiques permettant une comparaison des résultats numériques avec l'expérience dans le but de donner une interprétation physique aux processus à l'œuvre dans l'interaction d'un choc interplanétaire avec un environnement planétaire.