

Description fluide et cinétique des plasmas (formation doctorale, ED 127)

Objectif:

Les plasmas de l'astrophysique, comme ceux de la physique de laboratoire, sont souvent modélisés par des théories de type "fluide", c'est à dire basées sur des équations qui relient entre eux les paramètres macroscopiques (densité, vitesse fluide, pression, ...). C'est le cas en particulier lorsqu'on utilise la MHD (MagnétoHydroDynamique) pour les plasmas magnétisés, très répandus dans l'univers. La justification de ces modèles simples est assurée lorsque les plasmas sont collisionnels, mais elle est beaucoup plus difficile lorsque ceux-ci sont peu ou non collisionnels, comme, par exemple, dans la couronne solaire, le vent solaire ou les magnétosphères planétaires. Les modélisations "cinétiques", qui décrivent finement l'évolution de la fonction de distribution des vitesses de particules, sont naturellement beaucoup plus lourdes (pour un même système physique) en terme de ressources de calcul. Par conséquent, la modélisation "cinétique" d'un plasma non collisionnel est souvent impossible aux échelles beaucoup plus grandes que les échelles dites cinétiques, comme par exemple, le rayon de giration des ions. Les modèles "fluides" restant un outil incontournable dans la description des plasmas non collisionnels aux grandes échelles, il est instructif d'en entrevoir les limites en comparant les deux modèles dans des cas simples.

Deux codes pour des systèmes à deux dimensions spatiales seront utilisé pendant la formation. Un code "fluide" basé sur les équations de la MHD et un code dit "hybride" dans lequel les ions du plasma sont traités comme des particules et les électrons comme un fluide.

Esprit de la formation:

La formation proposée n'est pas une formation classique, où l'on apprendrait à écrire les deux types de codes ou à les utiliser pour une application astrophysique particulière. Elle est davantage conçue dans un esprit "recherche" où les participants manipulent les deux codes sur des exemples élémentaires variés qui leur seront proposés. L'objectif est de se familiariser avec les possibilités et les limites du code MHD et du code hybride. Cette activité de simulation est complétée par des cours et un séminaire montrant des résultats de recherche astrophysique où la dualité "fluide-cinétique" se pose de façon cruciale et où on pourra retrouver des équivalents aux problèmes élémentaires étudiés en TP. Chaque TP est suivi d'une séance de "debriefing" très appréciée des participants.

Niveau requis:

Il n'est pas nécessaire d'avoir un bon niveau en physique des plasmas ni en simulations numériques. Néanmoins, un certain intérêt pour l'un et l'autre sont naturellement recommandés pour en tirer un profit plus complet. Dans l'esprit de la formation, les interactions entre participants, même de niveaux hétérogènes, ainsi que les initiatives personnelles, sont aussi essentiels pour bien bénéficier de la semaine que les interactions avec les encadrants.

Langue

En principe la formation est en français mais nous nous adaptons aux inscrits et pouvons faire les cours et les TP en anglais.

Durée de la formation: 30h sur 5 jours (1 semaine en mai 2020, à préciser)

Nombre de participants: 10 max

Planning indicatif:

- lundi
 - Matin: accueil, cours d'introduction, présentation de quelques problèmes exemplaires, présentation des codes numériques et des sujets de travail .
 - Après-midi: TP1
- mardi
 - Matin: TP1 & cours sur les descriptions fluide et cinétique d'un plasma.
 - Après-midi: TP2
- mercredi
 - Matin: séminaire (orateur à préciser)
 - Après-midi: TP3
- jeudi
 - Matin: cours sur les résonances ondes-particules.
 - Après-midi: TP4
- vendredi
 - Matin: TP4
 - Après-midi: à partir de 15h restitution du travail des groupes et conclusion de la semaine

Lieu de la formation

Salles du Centre International d'Ateliers Scientifiques (CIAS) sur le site de Meudon de l'Observatoire de Paris.

Enseignants prévus

Roch Smets (LPP), Gérard Belmont (LPP), Filippo Pantellini (LESIA, Obs. de Paris)