

Meudon, le 22 mai 2017

Proposition de reconduction d'une formation pour doctorants à l'École Doctorale
« Astronomie & Astrophysique d'Ile-deFrance »

Intitulé de la formation : Description fluide et cinétique des plasmas (module de 30h)

Responsable de la formation : Filippo Pantellini (LESIA, Observatoire de Paris),
email : Filippo.Pantellini @ obspm.fr

Rappel historique: Depuis plusieurs années nous proposons une formation d'une semaine en janvier dans les locaux du CIAS (Centre International d'Ateliers Scientifiques) de l'Observatoire de Meudon. La formation est dispensée par 4 chercheurs de l'Observatoire de Paris et du Laboratoire de Physique des Plasmas (LPP) à Palaiseau. Le nombre d'étudiants inscrits est généralement de l'ordre de la douzaine en provenance principalement (mais pas uniquement) de l'ED 127.

Objet de la formation: 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 sans collisions, comme, par exemple, le plasma du milieu interplanétaire. Les modélisations « cinétiques », qui sont valables dans tous les cas et qui décrivent finement l'évolution de la fonction de distribution des vitesses de particules, sont naturellement beaucoup plus complexes et beaucoup plus coûteuses en temps de calcul, si bien que leur utilisation n'est généralement possible que pour analyser des problèmes locaux à 1 ou 2 dimensions.

Deux codes pour des systèmes à deux dimensions spatiales seront utilisé pendant la formation. Un code « fluide » basée 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 de la formation est de familiariser les étudiants débutants avec les notions de base d'une simulation numérique (l'intégration des équations dans le temps, la définition des conditions initiales, le choix des conditions aux limites et des paramètres du problème, les normalisations, les techniques de dépouillement des résultats, etc). Les étudiants déjà compétents en simulation auront l'occasion de se rendre compte des possibilités et les limites des codes MHD et hybrides. L'activité de simulation est complétée par quelques 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.

Pré-requis : Il n'est pas nécessaire d'avoir un bon niveau en physique des plasmas ni d'avoir déjà fait de la simulation numérique pour suivre la formation. 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. Le dépouillement des simulations se fait principalement à l'aide de routines IDL clé en main, utilisables sans connaissances préalables du langage IDL.

Intervenants (année 2017-2018): Gérard Belmont (LPP) Lorenzo Matteini (LESIA-Obs Paris), Filippo Pantellini (LESIA-Obs Paris), Roch Smets (LPP).

Déroulement de la semaine (généralement la 3ème semaine de janvier):

1.**lundi** – Matin: accueil, cours d'introduction, présentation de quelques problèmes exemplaires, présentation des codes numériques et des sujets de travail . Après-midi: TP1 par binôme

2.**mardi** – Matin: TP1 & cours sur les descriptions fluide et cinétique d'un plasma. Après-midi: TP2

3.**mercredi** – Matin: séminaire (orateur à préciser). Après-midi: TP3

4.**jeudi** – Matin: cours sur les résonances ondes-particules. Après-midi: TP4

5.**vendredi** – Matin: TP4 & révision. Après-midi: à partir de 15h restitution du travail des groupes et conclusion de la semaine (enquête de satisfaction anonyme auprès des étudiants)

Logistique et informations pratiques:

- La formation a lieu dans les locaux du CIAS qui sont situés dans le « Château » (bâtiment 9) de l'observatoire de Paris à Meudon. Les repas du midi des participants hors-Observatoire de Paris sont payés par le CIAS. Des aides financières pour des étudiants hors Ile-de-France peuvent être attribuées.

- Les expériences numériques se font sur des serveurs locaux. Les étudiants sont cependant invités à venir avec un ordinateur portable afin de l'utiliser comme terminal. Nous demandons aux étudiants qui n'auront pas de portable de le mentionner lors de leur inscription, afin que nous puissions prévoir le nombre de terminaux nécessaires.

- L'accès aux serveurs locaux se fait via le protocole ssh qui est généralement installé par défaut sur les machines Linux et Mac. Sous windows nous préconisons l'installation de PuTTY et Xming qui pourra éventuellement se faire sur place.