**Proposition de Thèse**

**Ecole doctorale SDU2E (UPS, Toulouse)**

**Rupture d’équilibre dans les structures magnétiques : une nouvelle théorie.**

**Encadrement : Gabriel Fruit (MCF) et Philippe Louarn (DR1) – IRAP**

**Contacts :** **gabriel.fruit@irap.omp.eu****,** **philippe.louarn@irap.omp.eu**

**Le financement est acquis.**

**Les candidatures (joindre un CV, lettre de motivation et relevé de notes) sont attendues avant le 15 Juin 2015.**

La reconnexion magnétique est classiquement invoquée pour expliquer les instabilités explosives observées régulièrement dans les structures magnétiques des environnements astro/géophysiques et qui conduisent à une reconfiguration globale du champ magnétique. Si son principe est connu, bien des aspects demeurent encore obscurs notamment pour comprendre ce brusque changement de topologie magnétique dans des plasmas sans collisions. Cela a justifié une reconsidération récente des théories de stabilité des couches de courant (Tur et al, 2010, Fruit et al. 2013) par un nouveau modèle cinétique. Ces calculs ont montré l'existence de modes d'oscillations électromagnétiques en résonance avec le mouvement de rebond des électrons piégés dans la couche de courant. Si la couche est suffisamment fine, ces modes peuvent devenir instables voire explosifs. Ils seraient donc possiblement à l'origine de ces instabilités magnétiques fortes. La forme électrostatique de cette instabilité est connue dans le contexte des plasmas de laboratoire mais elle a été peu exploitée dans le contexte géophysique. La théorie électromagnétique mise en œuvre (Tur et al. 2014) est entièrement nouvelle, avec à priori un vaste champ d’applications dans les plasmas naturels, astrophysiques et géophysiques. D’un point de vue général, le travail proposé peut être vu comme une exploration des effets potentiels des processus cinétiques dans la dynamique aux plus grandes échelles des systèmes magnétiques considérés, ce qui est typique des plasmas astrophysiques sans collision et non couvert par les théories MHD.

Le but de cette thèse consiste à explorer cette nouvelle voie théorique aux résultats prometteurs. Au-delà du modèle cinétique mathématique, il s'agira de comprendre plus précisément la physique de cette nouvelle forme d’instabilité, en calculant par exemple les grandeurs physiques impliquées (courant, champ magnétique et distribution de particules) et en s’interrogeant sur l’origine de l’énergie libre alimentant l’instabilité. Parallèlement, une validation expérimentale sera recherchée dans les observations in-situ de l’environnement terrestre. Grâce aux missions Cluster, Themis et MMS, de nombreux cas d’oscillations magnétiques ont été relevés juste avant la rupture de l’équilibre de la queue magnétosphérique. Alors que la théorie classique de la reconnexion magnétique n’explique pas l’existence de ces fluctuations, le modèle cinétique exploité dans cette thèse permet d’en proposer une interprétation. Enfin, on pourra envisager d’appliquer ce même modèle à d’autres structures magnétiques que la queue magnétosphérique terrestre, comme par exemple le magnéto-disque de Jupiter ou la couronne solaire.

Le candidat intéressé devra être à l’aise avec la théorie cinétique des plasmas et posséder un goût prononcé pour le calcul analytique. Il est souhaitable que le candidat maîtrise également un outil de programmation comme Matlab ou IDL.

*English version*

Magnetic structures in space plasmas are known to break up suddenly and periodically during spectacular events such as solar flares or magnetospheric substorms (aurorae). Magnetic reconnexion is the usual model for explaining those explosive instabilities. While its basic principle is known, many aspects remain still obscure, especially for understanding the rapid change of magnetic topology in collisionless plasmas. These conclusions motivated a new theoretical approach based on kinetic equations (see Tur et al, 2010 and Fruit et al. 2013). Magnetic stability of 2D current sheet is now addressed through a resonance process between trapped electrons and electromagnetic wave modes. If the current sheet is thin enough, these modes may become unstable with high growing rate (explosive modes). These modes could then initiate strong magnetic instabilities. The electrostatic version of this instability has been already investigated in the fusion plasma community but seldomly in space physics. The electromagnetic version in Tur et al. 2014 is completely new with potentially large applications in space plasmas. More generally the present work can be viewed as an exploration of the kinetic process in the large scale dynamics of magnetic structures, which cannot be achieved through MHD theories (collisionless plasmas, bounce resonance…).

 The aim of the PHD thesis consists in further investigating this new and promising theory. Beyond getting used with the kinetic model, the interested PHD student will have to understand more precisely the physical nature of the instability by computing the relevant physical quantities, and to identify the origin of the necessary free energy. Beside this theoretical investigation, in-situ observations of the terrestrial environment will also be analyzed in order to find some experimental support for the theoretical results. With spacecraft missions like Cluster, Themis and now MMS, numerous cases of magnetic oscillations have been recorded just before substorm onsets in the Earth magnetotail. While magnetic reconnexion theories do not explain usually the existence of these fluctuations, the kinetic model developed in this PHD provides a possible interpretation. Eventually this model could also be applied to other structures than the Earth magnetotail, such as the solar corona or the jovian magnetodisc.

The interested student should have some knowledge in plasma kinetic theory and should be confident with mathematics and analytic computation. It would be advisable if the candidate could also code in IDL or Matlab.