

## Oscillations Prédateur-Proie dans les Plasmas Magnétisés

P. Morel<sup>1</sup>, S. Kobayashi<sup>1</sup>, P. Donnel<sup>1,2</sup>, C. Honoré<sup>1</sup>, V. Pisarev<sup>1</sup>, P. Hennequin<sup>1</sup> & Ö.D. Gürcan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique des Plasmas, Université Paris Sud, CNRS UMR7648, École Polytechnique, UPMC, Observatoire de Paris, route de Saclay 91128 Palaiseau Cedex

<sup>2</sup> École Normale Supérieure de Paris, 45 rue d'Ulm, 75005 Paris

`pierre.morel@lpp.polytechnique.fr`

Les systèmes Prédateur-Proie constituent un modèle fondamental sur lequel repose l'étude de systèmes dynamiques aux applications scientifiques variées [1,2,3,4]. Ce type de modèle a en particulier été largement appliqué à l'étude de la turbulence dans les plasmas [5,6]. Dans les plasmas magnétisés, la présence d'oscillations prédateur-proie trouve en effet sa source dans la compétition entre des structures à grand échelle et la turbulence à petite échelle, typiquement de l'ordre de quelques rayons de Larmor, habituellement dénommée *micro-turbulence*. Du fait de la nature complexe du plasma, les sources de micro-instabilité y sont nombreuses, et leur étude confine parfois à la zoologie. Ce travail s'intéresse plutôt à l'interaction entre les structures turbulentes à différentes échelles, et sur son origine profondément non -linéaire. Les structures à grande échelle ne peuvent en effet se développer que non-linéairement dans les plasmas magnétisés, et peuvent donc être vues comme des prédateurs pour la micro-turbulence considérée alors comme leur proie. L'interprétation de ces interactions en terme d'évolutions couplées de populations se traduit en particulier par l'observation d'oscillations prédateur-proie caractéristiques dans des stellarators [7] et des tokamaks [8].

Nous présenterons ici comment ce type de signature en temps peut être retrouvé dans nombre de plasmas magnétisés. En particulier, nous montrerons comment un modèle simple de Lotka-Volterra [1,2] permet de reproduire à la fois des données expérimentales de Tokamak, ainsi que des données de simulations gyrocinétiques [9]. Nous montrerons comment un modèle à deux populations, spatialement inhomogènes, couplées à une représentation de modèles en couche,s avec interactions entre échelles disparates, pour la turbulence [10,11], permet de décrire de manière satisfaisante la transition entre modes de confinement normal et avancé observé expérimentalement. Enfin, nous présenterons de récents résultats obtenus sur la machine ToriX, mettant clairement en évidence des oscillations prédateur-proie entre les réponses haute et basse fréquence du plasma.

### Références

1. A. J. Lotka, *Elements of Physical Biology*, Williams & Wilkins Company, 460 (1925).
2. V. Volterra, *Nature* **118**, 558-60 (1926).
3. M. L. Rosenzweig and R. H. MacArthur, *The American Naturalist* **97** (895), 209-223 (1963).
4. Goel N S, Maitra S C, and Montroll E W, *Rev. Mod. Phys.* **43**, 231(1971).
5. Malkov M A, Diamond P H, and Rosenbluth M N, *Phys. Plasmas* **8**, 5073 (2001).
6. Kim E J and Diamond P H, *Phys. Plasmas* **10**, 1698 (2003).
7. Estrada T, Happel T, Hidalgo C, Ascasibar E, and Blanco E, *Europhysics Letters* **92**, 35001 (2010).
8. Conway G D, Angioni C, Ryter F, Sauter P, and Vicente J (ASDEX Upgrade Team), *Phys. Rev. Lett.* **106**, 065001 (2011).
9. S. Kobayashi and Ö.D. Gürcan, *Phys. Plasmas* **22**, 050702 (2015).
10. Gürcan Ö D, Garbet X, Hennequin P, Diamond P H, Casati A, and Falchetto G L 2009 *Phys. Rev. Lett.* **102** 255002
11. Berionni V, and Gürcan Ö D 2011 *Phys. Plasmas* **18** 112301