

Phénomènes non linéaires dans les plasmas poussiéreux : Apparition d'oscillations multimodales

Maxime Mikikian¹, Hagop Tawidian¹, Thomas Lecas¹, & Olivier Vallée²

¹ GREMI, Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés, UMR7344, CNRS/Université d'Orléans, 14 rue d'Issoudun, BP6744, 45067 Orléans Cedex 2, France

² GREMI, Rue G. Berger, BP4043, 18028 Bourges Cedex, France

maxime.mikikian@univ-orleans.fr

Les plasmas sont des gaz ionisés que l'on rencontre aussi bien à l'état naturel que dans l'industrie. En plus des atomes, molécules, ions et électrons, ils contiennent fréquemment des objets solides (poussières) dont la taille peut varier du nanomètre au centimètre. Ces plasmas, que l'on nomme alors plasmas poussiéreux[1], sont très répandus en astrophysique (queues de comètes, atmosphères planétaires,...), dans l'industrie (notamment en microélectronique et nanotechnologie) et au bord des plasmas de fusion thermonucléaire. Ces milieux ont de fortes similitudes avec les milieux granulaires et les colloïdes.

La présence des poussières peut affecter considérablement l'équilibre du plasma. En effet, les poussières captent les électrons libres qui assurent l'ionisation. De nombreuses instabilités basse fréquence (< quelques kHz) peuvent alors apparaître[2]. Elles ont le plus souvent un caractère fortement non linéaire et c'est notamment le cas de l'instabilité nommée "heartbeat" qui affecte une zone vide de poussières au centre du plasma. La taille de cette zone se met à osciller dans le temps dans une suite de contractions et d'expansions faisant penser au battement d'un coeur[3]. Une mesure des caractéristiques du plasma pendant ces oscillations, révèle une dynamique complexe qui se traduit notamment par l'apparition d'oscillations multimodales (mixed-mode oscillations ou MMOs)[4]. Ces résultats ont été les premiers mettant en évidence des MMOs dans les plasmas poussiéreux. Les MMOs consistent en une alternance d'oscillations de petite et grande amplitude, ces dernières étant le plus souvent des phénomènes de relaxation du système. Ce type particulier d'oscillations se rencontre dans certaines réactions chimiques oscillantes (réaction de Belousov-Zhabotinskii) et dans l'activité neuronale (modèles de Hodgkin-Huxley ou FitzHugh-Nagumo). De nombreuses théories des systèmes dynamiques sont utilisées pour étudier ces comportements (canards, bifurcations de Hopf, orbites homoclines, ...).

Dans ce travail, sont présentés des résultats expérimentaux mettant en évidence la présence de MMOs dans les plasmas poussiéreux. Des analyses préliminaires concernent notamment le nombre de petites oscillations apparaissant entre les grandes. Ces premiers résultats montrent que les plasmas poussiéreux sont le siège de nombreux phénomènes dynamiques complexes. Ces milieux peuvent ainsi devenir de nouveaux domaines d'application des théories des systèmes dynamiques.

Références

1. M. Mikikian, L. Couédel, M. Cavarroc, Y. Tessier, L. Boufendi, "Dusty Plasmas : Synthesis, Structure and Dynamics of a Dust Cloud in a Plasma", Eur. Phys. J. Appl. Phys. **49**, 13106 (2010)
2. H. Tawidian, M. Mikikian, L. Couédel, T. Lecas, "Plasma inhomogeneities near the electrodes of a capacitively-coupled radio-frequency discharge containing dust particles", Eur. Phys. J. Appl. Phys. **56**, 24018 (2011)
3. M. Mikikian, L. Couédel, M. Cavarroc, Y. Tessier, L. Boufendi, "Threshold phenomena in a throbbing complex plasma", Phys. Rev. Lett. **105**, 075002 (2010)
4. M. Mikikian, M. Cavarroc, L. Couédel, Y. Tessier, L. Boufendi, "Mixed-Mode Oscillations in Complex Plasma Instabilities", Phys. Rev. Lett. **100**, 225005 (2008)