

# Un nouveau modèle de striations des plasmas radio-fréquence

Victor Désangles<sup>1</sup>, Jean-Luc Raimbault<sup>2</sup>, Alexandre Poyé<sup>1</sup>, Pascal Chabert<sup>2</sup> & Nicolas Plihon<sup>1</sup>

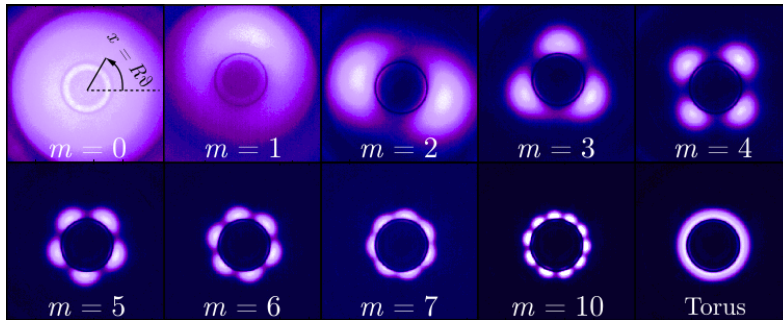
<sup>1</sup> Laboratoire de Physique, ENS de Lyon, Univ Lyon, Univ Claude Bernard, CNRS

<sup>2</sup> Laboratoire de Physique des Plasmas, CNRS, Sorbonne U., U. Paris Sud, École Polytechnique  
nicolas.plihon@ens-lyon.fr

L'auto-organisation des décharges plasma continues a été observée dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle. Elle se traduit par des modulations régulières de l'intensité lumineuse émise, dues à une instabilité d'ionisation liée à des non-linéarités de la fréquence d'ionisation en fonction de la densité électronique [1]. Des modulations analogues ont aussi été observées depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle dans des décharges radio-fréquence (RF), mais dont l'origine restait inexplicée [2].

Nous proposons un nouveau mécanisme d'instabilité permettant l'explication de cette auto-organisation grâce à un modèle fluide pour le plasma, dont les coefficients de transport électronique sont calculés par un modèle cinétique [3]. Pour un plasma quasi-neutre, le flux d'électrons  $\Gamma_e$  et le flux d'énergie  $H_e$  peuvent être exprimés en fonction des gradients de densité électronique  $\nabla n_e$  et de température électronique  $\nabla T_e$  en fonction de paramètres de transport  $D_a, \mu_e, \chi_e$  et  $\kappa_e$  selon :  $\begin{pmatrix} \Gamma_e \\ H_e \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} D_a & \mu_e \\ \chi_e & \kappa_e \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \nabla n_e \\ \nabla T_e \end{pmatrix}$ . Lorsque la fonction de distribution est non-Maxwellienne - usuellement le cas à basse pression - les termes non-diagonaux sont non nuls. Lorsque ceux-ci sont négatifs, le système devient instable, et des modulations de densité électronique peuvent se développer, conduisant à des modulations d'intensité lumineuse.

En utilisant un modèle cinétique pour un plasma d'argon à basse pression, nous avons montré que les termes non-diagonaux peuvent être suffisamment négatifs pour déstabiliser les effets de diffusion classique pour des pressions inférieures à 150 Pascal. Ces résultats expliquent un ensemble d'observations expérimentales dans un plasma RF d'argon à basse pression (entre 0 et 300 Pascal) en géométrie annulaire : (1) une brisure de l'axisymétrie est observée au delà d'une pression seuil, (2) des modulations azimutales de l'intensité lumineuse sont observées, dont le nombre d'onde augmente avec la pression, (3) l'axisymétrie est restaurée pour les pressions les plus élevées (voir Figure 1).



**Figure 1.** Intensité lumineuse d'un plasma annulaire, pressions croissantes de gauche à droite et de haut en bas. Le nombre d'onde  $m$  des modulations  $e^{im\theta}$  augmente avec la pression ; l'axisymétrie est restaurée à haute pression.

## Références

1. V. I. Kolobov, *J. Phys. D* **39**, R487 (2006).
2. A. S. Penfold, J. A. Thornton, and R. C. Warder, *Czech. J. Phys. B* **23**, 431 (1973).
3. V. Désangles, J.-L. Raimbault, A. Poyé, P. Chabert, and N. Plihon *Phys. Rev. Lett.* **123**, 265001 (2019)