

Transition turbulente dans les plasmas de fusion

Wesley Agoua¹, Wouter JT. Bos¹, Benjamin Favier³, Jorge Morales⁴

¹ CNRS, Univ Lyon, Ecole Centrale de Lyon, Univ Lyon 1 Claude Bernard, INSA Lyon, LMFA, UMR5509, 36, avenue Guy de Collongue, 69134 Ecully, France

² Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE UMR 7342, Marseille, France

³ CEA, IRFM, Centre de Cadarache, 13108 Saint-Paul-lez-Durance, France

wesley.agoua@ec-lyon.fr

La fusion nucléaire est une proposition prometteuse d'énergie propre. La technologie la plus étudiée est le tokamak, un tore dans lequel un plasma d'isotopes d'hydrogène est confiné à l'aide de puissants champs magnétique. La température élevée qui y règne permet la fusion du tritium et deutérium en hélium et la libération d'énergie. Nous travaillons sur l'un des problèmes majeurs de la fusion, les pertes de confinement du plasma. Plus précisément, les turbulences dans le plasma vont dégrader le confinement du plasma et le faire dériver vers les bords du tore, lui faisant perdre de l'énergie et dégradant le réacteur. Or en 1982 a été démontrée l'existence d'un état de confinement amélioré [1], nommé High confinement ou mode H, par rapport à l'état de confinement habituel nommé Low confinement ou mode L. Les études ultérieures [2] ont permis de comprendre empiriquement comment atteindre cet état permettant une meilleure conservation de la température du plasma et donc une fusion plus facile à réaliser, mais il manque encore une théorie générale expliquant la transition L-H entre le mode H et le mode L.

Nous proposons de montrer que la transition L-H est un cas de transition turbulente axisymétrique récemment étudiée [3], entre des états de turbulence 2D (pour le mode H) et 3D (pour le mode L). Cette transition est causée dans notre modèle par des fluctuations linéaires de vitesse toroïdale (dans le sens de l'écoulement du plasma). Le rapport des énergies toroïdale et poloïdale (perpendiculairement à l'écoulement) E_t/E_p détermine l'état de turbulence et donc de confinement avec $E_t/E_p > 0$ en mode L (donc turbulence 3D) lorsque le forçage toroïdal devient important. Nous avons pu montré par des simulations numériques utilisant le code Nek5000 (méthode des éléments spectraux) qu'on peut relier la transition entre ces deux états à une perte de confinement en introduisant un champ scalaire dont nous avons étudié la température. Nous avons pu constater une hausse de température en turbulence 2D similaire aux observations de mode H faites dans les tokamaks.

Références

1. F. WAGNER & AL., Regime of improved confinement and high beta in neutral-beam-heated divertor discharges of the ASDEX tokamak. *Phys. Rev. Lett.*, 49 :1408, (1982)
2. JW CONNOR & HR WILSON, A review of theories of the lh transition. *Plasma Physics and Controlled Fusion*, 42(1) :R1, (2000)
3. Z. QIN & AL., Transition from non-swirling to swirling axisymmetric turbulence, *Physical review Fluids* **5**, 064602 (2020)