

---

# Brisure de l'invariant adiabatique à l'équilibre thermique de plasmas de fusion

Aurélien Cordonnier<sup>1</sup>, Yohann Lebouazda\*<sup>1</sup>, Xavier Leoncini<sup>1</sup>, and Guilhem Dif-Pradalier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre de Physique Théorique - UMR 7332 – Aix Marseille Université, Université de Toulon, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>2</sup>Institut de Recherche sur la Fusion par confinement Magnétique – Direction de Recherche Fondamentale (CEA) – France

## Résumé

La communication présente les travaux faisant l'objet de (2). En traitant la limite du tokamak toroïdal comme une perturbation des solutions analytiques en géométrie cylindrique, des équilibres de Vlasov thermodynamiques d'un plasma de fusion dans un cylindre sont construits dans un cadre de théorie cinétique à entropie maximale (2). Le cadre théorique est alors proche de la mécanique statistique classique dans l'ensemble canonique, avec trois paramètres thermodynamiques (température + un pour chaque symétrie) au lieu de la température seulement. Ces profils dits thermodynamiques ou isothermes engendrent des profils de densité raides (localement rapidement décroissants) et arborant un point fixe instable dans la dynamique hamiltonienne des trajectoires. Nous montrons que ces équilibres peuvent correspondre à des équivalents en magnétohydrodynamique inviscide. En utilisant le rapport d'aspect comme paramètre de perturbation, nous calculons dans une géométrie toroïdale les trajectoires de particules échantillonnées depuis la distribution cinétique à l'équilibre thermodynamique, permettant de confirmer la stabilité de ces solutions. Tandis que des trajectoires chaotiques émergent dans de telles conditions, celles-ci invalident l'invariance adiabatique du moment magnétique pour des particules à énergie thermique et plus. Les conséquences physiques directes doivent encore être éclaircies, mais ces résultats vont à l'encontre d'aspects fondamentaux des modèles gyrocinétiques communs dans la description des plasmas de fusion. Ils suggèrent néanmoins la possibilité de pertes de transport jusque-là non prises en compte.

1. A. Cordonnier et al., Magnetically confined charged particles: From steep density profiles to the breaking of the adiabatic invariant, actuellement soumis à *Europhysics Letters* (2026).

2. A. Cordonnier et al., Full Self-Consistent Vlasov-Maxwell Solution, *Physical Review E*, 106.6, p. 064209 (Dec. 2022).

---

\*Intervenant