

L'intermittence dans les modèles de dynamo turbulente, quel moment prédit le seuil de l'instabilité ?

Kannabiran SESHASAYANAN¹ & François Pétrélis²

¹ Service de Physique de l'État Condensé, CEA, CNRS UMR 3680, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France

² Laboratoire de Physique Statistique, École Normale Supérieure, CNRS UMR 8550, Université Paris Diderot, Université Pierre et Marie Curie, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France

kannabiran.seshasayanan@cea.fr

L'effet dynamo est responsable de la formation du champ magnétique (B) dans la terre et dans d'autres objets astrophysiques. Dans le cas de la terre, l'instabilité dynamo est créée par le mouvement d'un fluide conducteur situé à l'intérieur du noyau. La plupart des modèles théoriques de dynamo considèrent un écoulement laminaire. Mais les dynamos de laboratoires et dans la nature sont engendrées par un écoulement fortement turbulent.

Un modèle analytique qui prend en compte les fluctuations turbulentes a été proposé par Kazantsev [1]. A la même époque Kraichnan [2] a développé un modèle similaire pour le problème de l'advection d'un scalaire passif. Le modèle de Kazantsev considère un champ de vitesse qui est un bruit blanc et a une distribution Gaussienne. Avec cette hypothèse l'équation d'induction qui gouverne l'évolution du champ magnétique peut être résolue. Le problème est linéaire en B et la rétroaction sur la vitesse n'est pas considérée (on parle du problème de dynamo cinématique). Le champ magnétique créé par ce champ de vitesse croît de manière fluctuante, c'est-à-dire que la croissance du champ magnétique n'est pas monotone. Le taux de croissance du n -ième moment du champ magnétique est une fonction nonlinéaire de n . Cela implique que chaque moment de B prédit un seuil différent pour l'instabilité. La question qui se pose est donc : quel moment prédit le seuil de l'instabilité quand on regarde le système nonlinéaire d'équations (avec la rétroaction) ?

Pour répondre à cette question nous avons développé une approche analytique utilisant des résultats de la théorie des grandes déviations [3]. Cela nous permet de trouver la distribution du champ magnétique pour le problème linéaire. On montre que le taux de croissance est une fonction nonlinéaire du moment considéré n . On peut ainsi calculer le seuil prédit par chaque moment du champ magnétique.

Ensuite, nous avons utilisé des simulations numériques pour résoudre le problème nonlinéaire. Nous avons montré que c'est le seuil prédit par la croissance du moment d'ordre 0 (le log de B) du problème linéaire qui donne le vrai seuil pour le problème nonlinéaire complet. Nous avons vérifié ce résultat pour différents exemples d'écoulements turbulents.

Références

1. Kazantsev, A. P. *Enhancement of a magnetic field by a conducting fluid*. Sov. Phys. JETP, 26, 1031–1034, (1968).
2. Kraichnan, R. H., *Small-Scale Structure of a Scalar Field Convected by Turbulence*. Phys. Fluids, 11, 5, 945–953, (1968).
3. Farago J., *Injected Power Fluctuations in Langevin Equation*. J. Stat. Phys., 107, 781, (2002).