

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

Kannabiran Seshasayanan^{a*}, François Pétrélis^b

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

b. 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 explique l'existence du champ magnétique (B) dans la terre et d'autres objets astrophysiques. L'instabilité dynamo est engendrée par le mouvement d'un fluide conducteur. La plupart des théories sur l'effet dynamo sont faites pour un écoulement laminaire. Mais les dynamos de laboratoire ou 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]. Au même moment 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. Les études sur ce modèle considèrent uniquement les prédictions pour le moment d'ordre 2 (l'énergie du champ magnétique).

On revisite ce problème en supposant une séparation d'échelle entre l'écoulement et le champ magnétique, ce qui permet d'écrire une équation pour le champ magnétique à grande échelle. Les équations sont analogues à celles d'une particule brownienne et il apparaît naturellement la puissance injectée par la force aléatoire sur la particule. A l'aide de résultats de la théorie des grandes déviations obtenus dans le problème de particule brownienne [3] on peut trouver la distribution du champ magnétique pour le problème linéaire. On montre que le taux de croissance des différents moments $\langle B^n \rangle$ est une fonction nonlinéaire de n . Cela implique que différents moments du champ magnétique prédisent un seuil différent.

Ensuite, on utilise les simulations numériques pour résoudre le problème nonlinéaire. On montre 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. En particulier, le moment d'ordre 2 sous-estime le seuil. On a vérifié ce résultat pour différents exemples d'écoulements.

[1] A. P. Kazantsev, Enhancement of a magnetic field by a conducting fluid, Sov. Phys. JETP, 26, 1031–1034, (1968).

[2] R. H. Kraichnan, Small-Scale Structure of a Scalar Field Convected by Turbulence, Phys. Fluids, 11, 5, 945–953, (1968).

[3] J. Farago, Injected Power Fluctuations in Langevin Equation, J. Stat. Phys., 107, 781, (2002).