

Turbulence anisotrope des ondes pseudo-alfvéniqes en deux dimensions.

Tronko Natalia¹, Sébastien Galtier², & Sergey Nazarenko³

¹ Centre for Fusion Space and Astrophysics, University of Warwick, Gibbet Hill road, CV4 7AL Coventry, UK

² Institut d'Astrophysique Spatiale UMR 8617 - Université Paris-Sud Bât. 121, F-91405 Orsay Cedex, France

³ Department of Mathematics, University of Warwick, Gibbet Hill road, CV4 7AL Coventry, UK

nathalie.tronko@gmail.com

La Magnéto-Hydro-Dynamique (MHD) représente un outil de travail unique pour l'étude du comportement turbulent des plasmas astrophysiques (comme le vent solaire) ou de laboratoire.

Notre travail s'est focalisé sur le régime de la turbulence faible, appelé aussi turbulence d'ondes, pour le système MHD incompressible en deux dimensions (2D). On considère la présence d'un fort champ magnétique ambiant \mathbf{B}_0 appartenant au même plan que les champs fluctuants : $(\tilde{\mathbf{b}}, \tilde{\mathbf{v}})$ et on met en évidence des différences importantes avec le cas à trois dimensions (3D) où le champ \mathbf{B}_0 est perpendiculaire au plan des perturbations [1]. L'objectif de ce travail est aussi de mettre en garde contre l'utilisation parfois abusive de modèles ou de simulations 2D pour décrire le cas 3D très anisotrope.

Il est bien connu que le comportement de la turbulence MHD 3D est qualitativement différent de la turbulence classique. Dans le cas qui nous intéresse, la turbulence MHD tend vers un état très anisotrope tel que $k_{\parallel} \gg k_{\perp}$: en présence d'un fort champ magnétique ambiant, la cascade d'énergie se fait essentiellement, voire exclusivement, dans la direction perpendiculaire au champ.

L'outil principal de notre travail est le formalisme ondulatoire-cinétique résumé dans les ouvrages de Zakharov et al.[2] et Nazarenko [3].

Deux types d'ondes d'Alfvén sont possibles en MHD 3D. Celles dont les fluctuations sont transverses au fort champ magnétique ambiant (ondes d'Alfvén de cisaillement) et celles dont les fluctuations sont le long du champ ambiant (pseudo-ondes d'Alfvén). Ces dernières sont souvent négligées en 3D car elles ont une dynamique esclave des premières. En revanche en 2D, ce sont elles qui gèrent la dynamique de la MHD.

Dans notre étude, nous montrons que le comportement de la turbulence MHD 2D est totalement différent du cas 3D présenté par [1]. Par exemple, dans le cas 2D on observe l'absence de solutions de type Kolmogorov, une absence de cascade d'énergie et donc une absence d'universalité de la turbulence. Ceci est essentiellement dû au fait que le transfert de l'énergie en 2D est donné uniquement par l'interaction des pseudo-ondes d'Alfvén avec elles-mêmes.

On montre que l'interaction triadique des pseudo-ondes d'Alfvén est non nulle et mène à une dérivation de l'équation cinétique pour le spectre de l'énergie. Un des points intéressants de cette équation est sa simplicité qui permet un traitement analytique rigoureux dans le cas d'une dissipation donnée par un frottement uniforme, et de manière qualitative dans le cas d'un frottement visqueux. Afin de compléter notre étude et mettre en évidence les principales particularités du cas 2D, le traitement numérique de l'équation cinétique de spectre d'énergie est réalisé pour le cas de frottement visqueux.

L'article qui résume les résultats de ce travail est en préparation ; il sera soumis au journal " *Physica D* ".

Références

1. Galtier S., Nazarenko S.V., et al, *A weak turbulence theory for incompressible magnetohydrodynamics*, Journal of Plasma Physics, 2000, vol.63, part.5, pp. 447-488.
2. Zakharov V.E., L'vov V.S, Falkovich, G., *Kolmogorov spectra of turbulence 1. Wave turbulence*. Springer 1992, ISBN 3-540-54533-6.
3. Nazarenko S.V. *Wave turbulence*, The Lecture Notes in Physics, Springer 2010, ISBN 978-3-642-15942-8.