

Un modèle d'approximation différentielle pour la turbulence bidimensionnelle

P. Morel¹, Shaokang Xu¹, Yang Li¹ & Ö. D. Gürcan¹

Laboratoire de Physique des Plasmas, École polytechnique, route de Saclay, 91128 alaiseau Cedex
pierre.morel@lpp.polytechnique.fr

Dans l'hypothèse d'une turbulence bidimensionnelle locale et isotrope, un modèle d'approximation différentielle est proposé, basé sur la structure en crochet de Poisson du terme non-linéaire, ainsi que sur des arguments dimensionnels[1]. Ce même modèle peut également être obtenu en prenant la limite continue de modèles en couches. Cette approximation différentielle permet de reformuler les termes non-linéaires d'une grande variété de systèmes turbulents, sous la forme de la divergence d'un flux non-linéaire d'énergie dans l'espace de Fourier[2].

Appliqué à l'équation de Navier-Stokes, le modèle obtenu se confond avec le modèle de Leith[3], et permet donc de capturer la cascade directe d'entrophie ainsi que la cascade inverse d'énergie. La résolution numérique sur une grille logarithmique en nombre d'onde permet de couvrir six décades d'échelles turbulentes pour un coût numérique modique.

Dans le cas couplant l'évolution d'une quantité scalaire passive à l'équation de Navier-Stokes, nous montrons comment le spectre turbulent de l'énergie du scalaire passif peut être affecté par la localisation en nombre d'onde de l'injection choisie, et la grande variété de spectres en découlant, parmi lesquels ceux de Batchelor[4] et de Corrsin-Obukhov[5,6] sont retrouvés.

Enfin, une dernière application s'intéresse à la turbulence de Nastrom-Gage[7], pour laquelle l'énergie présente une cascade duale inversée spectralement, avec une cascade directe d'entrophie des grandes échelles vers les échelles intermédiaires à laquelle se superpose une cascade inverse prenant source aux petites échelles et remontant vers les échelles intermédiaires. Le cas d'un scalaire passif sera finalement discuté dans cette configuration.

Références

1. P. Morel, Shaokang Xu, and Ö. D. Gürcan, *A Differential Approximation Model For Passive Scalar Turbulence*, arXiv :1910.02868
2. L. S. G. Kovasznay, *J. Aero. Sci.* **15** (12), 745-753 (1948).
3. C. E. Leith, *Phys. Fluids* **11**, 671 (1968).
4. G. K. Batchelor, *J. Fluid Mech.* **5**, 113-133 (1959).
5. A. M. Obukhov, *Izv. Akad. Nauk SSSR, Geogr. Geofiz.* **13**, 58 (1949).
6. S. Corrsin, *J. Appl. Phys.* **22**, 469 (1951).
7. G. D. Nastrom, K. S. Gage, and W. H. Jasperson, *Nature* **310**, 36-38 (1984).