

À la recherche de l'origine de l'intermittence dans les écoulements turbulents.

H. Faller¹, P. Debue¹, T. Chaabo², D. Geneste¹, V. Valori¹, A. Cheminet¹, Y. Ostovan², J-P Laval² & C. Nore³

¹ SPEC, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, Gif-sur-Yvette, France

² Univ. Lille, CNRS, ONERA, Arts et Métiers ParisTech, Centrale Lille, FRE 2017-LMFL-Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille-Kampé de Fériet, F-59000, Lille, France

³ LIMSI, CNRS, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Orsay, France

hugues.faller@normalesup.org

Les limites de la théorie de turbulence de Kolmogorov 1941 ont vite émergées : les mesures d'écartement des distributions des dérivées de la vitesse $\alpha(n) = \frac{(\frac{\partial^n u}{\partial x^n})^4}{[(\frac{\partial^n u}{\partial x^n})^2]^2}$ illustrent une croissance de α avec n ou bien le Reynolds Re . Ceci vient du fait que l'énergie associée aux grands nombres d'ondes n'est pas répartie de manière homogène, l'hétérogénéité étant maintenue par les transferts d'énergie.

Ce premier résultat ne concernant que les échelles dissipatives, la théorie plus générale de Kolmogorov 1962 implique une nouvelle loi d'échelle pour les fonctions de structures de la vitesse liée aux fluctuations de la dissipation locale d'énergie. Une interdépendance forte entre régions de forte dissipation et modification des lois d'échelles pour les fonctions de structures est ainsi établie. Les zones de grande dissipation étant observées proche des filaments ou nappes de vorticité, de nombreux travaux [1,2] ont essayé de mettre en rapport les structures cohérentes de vorticité avec les exposants d'intermittence. Les conclusions sont que la vorticité impacte les exposants d'intermittence via son action sur le développement de la cascade énergétique. Ainsi les transferts d'énergie doivent être pris en compte.

Pour ce faire nous utilisons un bilan d'énergie inter-échelle proposé par Duchon & Robert [3] :

$$\partial_t E^\ell(\mathbf{x}, t) + \nabla \cdot \mathbf{j}^\ell(\mathbf{x}, t) = -\Pi_{DR}^\ell(\mathbf{x}, t) - \Pi_\nu^\ell(\mathbf{x}, t). \quad (1)$$

L'énergie cinétique à l'échelle ℓ E^ℓ est transportée par \mathbf{j}^ℓ , et varie selon Π_{DR}^ℓ qui modélise les interactions non-linéaire envoyant de l'énergie vers des échelles plus petites et Π_ν^ℓ qui représente les effets visqueux.

Des observations dans un écoulement turbulent expérimental [4] montrent un lien direct entre les exposants d'intermittence et le terme de transfert inter-échelle d'énergie. Les mesures n'ont été prises que dans un plan, et ne permettent qu'une mesure partielle du terme non linéaire, sans mesurer la vorticité. De nouvelles mesures et simulations numériques nous permettent désormais de disposer de données tri-dimensionnelles. Les mesures expérimentales de vélocimétrie par image de particules sont limitées à un petit volume et légèrement bruitées mais permettent de bonnes statistiques. Les données numériques donnent accès à de bonnes résolutions en espace mais sont limitées en temps, ce qui limite l'analyse statistique, mais permet un calcul fiable des de quantités comme l'hélicité ou la vorticité.

Mêler mesures expérimentales et simulations numériques permet de profiter des avantages de chaque méthode. Le but de cette présentation est de présenter les résultats et examiner en détail les corrélations entre l'intermittence, le transfert d'énergie inter-échelle, et la vorticité.

Références

1. Chainais P. et al. *Intermittency and coherent structures in a swirling flow : A wavelet analysis of joint pressure and velocity measurements*. Phys. Fluids **11-11** :3524-3539, 1999.
2. Paret J. *Intermittency in the two-dimensional inverse cascade of energy : Experimental observations*. Phys. Fluids **10-12** :3126-3136, 1998.
3. Duchon, J. and Robert, R. *Inertial energy dissipation for weak solutions of incompressible Euler and Navier-Stokes equations*. Nonlinearity **13-1** : 249-255, 2000.
4. Dubrulle, B. *Beyond Kolmogorov cascades*. J. Fluid Mech, **867** :1, 2019