

Transferts d'énergie anisotropes en turbulence en rotation

C. Lamriben, P.-P. Cortet, & F. Moisy

Laboratoire FAST, Université Paris Sud, Université Pierre et Marie Curie. Bâtiment 502, 91405 Orsay cedex
moisy@fast.u-psud.fr

Le transfert d'énergie vers les petites échelles est probablement le résultat le plus important de la turbulence 3D. En présence de rotation, ce transfert d'énergie devient anisotrope [1] : la force de Coriolis tend à privilégier un transfert vers le plan normal à l'axe de rotation, conduisant à des mouvements fluides invariants selon cet axe. Cette situation est de première importance pour les écoulements géophysiques (océan, atmosphère) et astrophysiques (étoiles, planètes gazeuses en rotation). Dans la limite de rotation très rapide, il en résulte un écoulement dit "3C-2D", c'est-à-dire à 3 composantes de vitesse selon 2 dimensions (théorème de Taylor-Proudman) [1,2].

Avec l'hypothèse d'homogénéité (mais pas nécessairement d'isotropie), les transferts d'énergie entre échelles peuvent être caractérisés dans l'espace physique par la densité de flux d'énergie

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}, t) = \langle \delta \mathbf{u} (\delta \mathbf{u})^2 \rangle, \quad (1)$$

où $\delta \mathbf{u} = \mathbf{u}(\mathbf{x} + \mathbf{r}, t) - \mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$ est l'incrément de vitesse *vectoriel* selon la séparation \mathbf{r} . Ce champ vérifie la relation exacte $\nabla \cdot \mathbf{F} = -4\epsilon$, où ϵ est le taux de dissipation d'énergie. Dans le cas "classique" de la turbulence homogène isotrope 3D, cette relation est équivalente à la célèbre loi des 4/5 de Kolmogorov. L'extension de cette loi fondamentale de la turbulence homogène au cas en rotation fait l'objet d'importants travaux actuellement [3,4].

Nous avons effectué pour la première fois des mesures directes du flux d'énergie $\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)$ dans l'espace physique, dans une expérience de turbulence en rotation. L'écoulement turbulent est généré par la translation rapide d'une grille dans un volume d'eau monté sur la plateforme tournante "Gyroflow" [5]. Les mesures de vitesse sont effectuées par un système de Vélocimétrie par Images de Particules (PIV) embarqué dans le référentiel tournant. Nos résultats montrent que, au fur et à mesure du déclin de la turbulence, la distribution d'énergie développe une anisotropie très marquée, mais que les transferts $\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)$ restent essentiellement *radiaux* dans l'espace des échelles (correspondant à une cascade vers les petites échelles), avec une composante azimutale très modérée. Ainsi, nous montrons que la contribution dominante des transferts anisotropes provient finalement très peu d'une composante azimutale de \mathbf{F} , mais bien plus d'une variation de l'amplitude de la composante radiale en fonction de l'angle des corrélations.

Ces résultats constituent les toutes premières données expérimentales des champs de flux d'énergie dans l'espace des échelle, aussi bien pour la turbulence isotrope qu'en rotation, et devraient motiver de nouveaux travaux théoriques.

Références

1. P. Sagaut et C. Cambon, Homogeneous Turbulence Dynamics (Cambridge University Press, 2008).
2. F. Moisy, C. Morize, M. Rabaud et J. Sommeria, J. Fluid Mech **666**, 5-35 (2011).
3. S. Galtier, Phys. Rev. E **80**, 046301 (2009).
4. C. Cambon, L. Danaïla, F.S. Godeferd, J.F. Scott, subm. to J. Fluid Mech (2010).
5. C. Lamriben, P.-P. Cortet, F. Moisy, and L. Maas, Phys. Fluids (in press, 2011).