

Interactions entre les ondes internes de gravité et les tourbillons en turbulence stratifiée bidimensionnelle

Romain Vallon¹, Jakob Albert², Alexandre Delache^{1,3}, Fabien Godefert¹

¹ École Centrale Lyon, CNRS, Univ. C. Bernard Lyon 1, INSA Lyon, LMFA UMR 5509, 69130, Écully, France

² Chair of Fluid Dynamics, TU Darmstadt, Otto-Berndt-Str. 2, 64287 Darmstadt, Germany

³ Université Jean Monnet, 42100, Saint-Étienne, France

romain.vallon@ec-lyon.fr

Les océans et certaines parties de l’atmosphère sont caractérisés par des écoulements pouvant être turbulents et par une stratification stable, où les ondes internes de gravité peuvent se développer. En turbulence stratifiée, ces ondes interagissent avec les tourbillons sur une large gamme d’échelles [1]. La signature de celles-ci a été observée expérimentalement [2] et numériquement [3]. En revanche, l’interaction mutuelle onde–tourbillons reste mal comprise. Une vue d’ensemble de ces interactions en termes d’échelles est-elle possible? Notre étude se focalise d’abord sur des écoulements 2D stratifiés, proches de ceux obtenus expérimentalement dans des films de savons [4]. Une campagne de simulations numériques directes (DNS) a été menée pour étudier une stratification forte dans la zone de transition entre le régime de la turbulence d’onde et le régime turbulent fortement stratifié. Les grandes échelles, les ondes internes et les tourbillons sont extraits de l’écoulement principal [5], ce qui permet l’étude quantitative de leurs interactions. La décomposition de nos données bidimensionnelles est illustrée en Fig. 1. Les PDF jointes en norme et orientation du vecteur vitesse montrent une orientation préférentielle suivant l’horizontale pour les champs total et ondulatoire. Avec une forte stratification, le champ turbulent suit la même orientation mais ne montre pas d’angle préférentiel avec une stratification plus faible, à l’instar de la turbulence isotrope. D’autre part, nous discuterons des incréments de vitesse d’ordre 2, 3 et 4 qui représentent respectivement la distribution d’énergie, la direction de la cascade d’énergie et le degré d’intermittence en fonction des échelles, et ce pour les parties ondulatoire et tourbillonnaire.

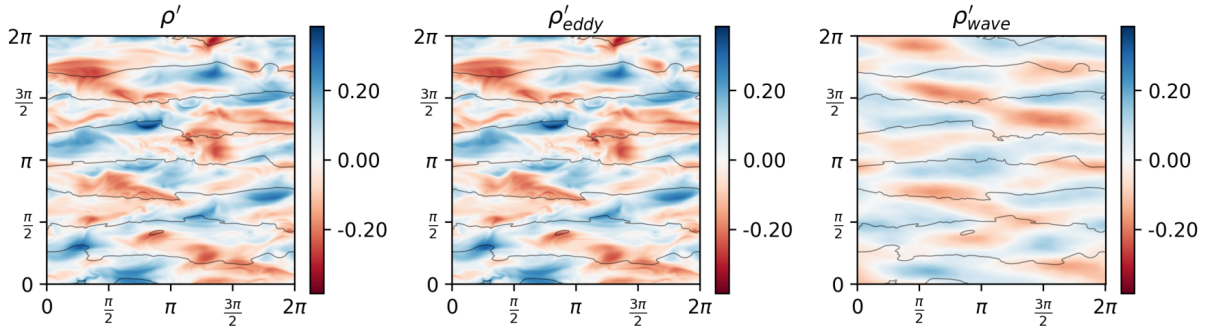


Figure 1. Visualisation du champ de flottabilité ρ' total (gauche), tourbillonnaire (milieu) et ondulatoire (droite) pour une stratification plus faible (fréquence de Brunt-Väisälä égale à 1 Hz).

Références

1. M. C. GREGG, *J. Phys. Oceano.*, **7**, 436–454 (1977).
2. C. SAVARO ET AL., *Phys. Rev. Fluids*, **5**, 073801 (2020).
3. P. C. DI LEONI, P. D. MININNI, *Phys. Rev. E*, **91**, 033015 (2015).
4. A. MONIER ET AL., *Phys. Rev. Fluids*, **9**, 124001 (2024).
5. H. LAM ET AL., *J. Fluid Mech.*, **923**, A31 (2021).