

Vélocimétrie dans le régime de longueur de mélange de convection prédit par Spiegel : vitesse de chute libre et anomalie de dissipation

V. Bouillaut, S. Lepot, B. Miquel, S. Aumaître & B. Gallet

Service de Physique de l'Etat Condensé, CNRS UMR 3680, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, France.
vincent.bouillaut@cea.fr

Motivé par la convection stellaire, Spiegel a développé la théorie de longueur de mélange afin de déterminer le transport de chaleur par la convection thermique turbulente [1]. Il conclut que le nombre de Nusselt Nu (flux de chaleur adimensionné) augmente comme la racine carrée du nombre de Rayleigh Ra (gradient de température adimensionné). Les couches limites empêchant l'observation de ce régime dans la convection de Rayleigh-Bénard (RB) standard, nous avons récemment mis au point une expérience où la convection thermique turbulente est engendrée par une combinaison de chauffage radiatif et de refroidissement séculaire. Un tel chauffage/refroidissement interne court-circuite les couches limites, permettant ainsi au nombre de Nusselt d'augmenter comme la racine carrée du nombre de Rayleigh [2,3]. Nous souhaitons alors déterminer si l'écoulement obtenu satisfait les hypothèses émises par Spiegel : nous avons évalué la validité de la prévision de vitesse de chute libre énoncée par Spiegel, ainsi que l'anomalie de dissipation, i.e. le principe selon lequel les écoulements turbulents dissipent l'énergie cinétique à un taux indépendant de la viscosité moléculaire. À cette fin, nous avons mesuré le champ de vitesse sur la surface libre du fluide en la filmant à l'aide d'une caméra thermique, avant de suivre les fronts et extrema de température avec un algorithme de PIV. Nous avons ainsi étudié les lois d'échelle associées au nombre de Reynolds Re dans le régime où $Nu \sim Ra^{1/2}$, ainsi que dans la limite du régime de RB classique où le chauffage radiatif est confiné au voisinage proche de la plaque inférieure. Dans les deux cas les données valident l'anomalie de dissipation. Cependant, la prédiction de vitesse de chute libre est seulement vérifiée dans le régime ultime, alors que la circulation globale évolue comme $Re \sim Ra^{4/9}$ dans la configuration de RB.

Références

1. E.A. Spiegel, A generalization of the mixing-length theory of thermal convection, *ApJ* **138**, 216 (1963).
2. S. Lepot, S. Aumaître, B. Gallet, Radiative heating achieves the ultimate regime of thermal convection, *Proc. Nat. Acad. Sci. U S A*, **115**, 36 (2018).
3. V. Bouillaut, S. Lepot, S. Aumaître, B. Gallet, Transition to the ultimate regime in a radiatively driven convection experiment, *J. Fluid Mech.*, **861**, R5 (2019).