

1 Convection turbulente forcée radiativement : du régime de Rayleigh-Bénard au régime ultime.

S. Lepot¹, S. Aumaître¹ & B. Gallet¹

Service de Physique de l'Etat Condensé - CNRS/UMR 3680, CEA Saclay.
simon.lepot@cea.fr

L'efficacité du transport de chaleur par la convection thermique turbulente est un problème central de la dynamique des écoulements géophysiques, astrophysiques et industriels. On caractérise l'efficacité de ce transport par une loi d'échelle entre les nombres adimensionnés de Nusselt Nu et de Rayleigh Ra , où Nu représente le flux de chaleur et Ra les gradients de température : $Nu \sim Ra^\alpha$. La plupart des études ont porté sur le système de Rayleigh-Bénard (RB), pour lequel le fluide est confiné entre deux plaques rigides maintenues à des températures différentes. Dans cette géométrie, des phénomènes de couches limites aux voisinages des plaques rigides limitent fortement le transport de chaleur : on mesure $\alpha \simeq 0.3$ [1,2]. Ce résultat contraste avec la prédiction d'un régime "ultime" de convection, pour lequel le flux de chaleur est indépendant des coefficients de viscosité et de diffusion thermique du fluide : on obtiendrait alors $\alpha = 0.5$ [3,4].

Pour s'affranchir des phénomènes de couches limites et observer ce régime ultime, nous avons développé une expérience de convection turbulente engendrée par forçage radiatif : un mélange d'eau et de colorant chauffe par absorption d'un intense flux lumineux, dirigé de bas en haut. En modifiant la concentration de colorant, nous pouvons passer continûment d'un chauffage localisé au voisinage des parois rigides (cas de RB) à un chauffage dans une fraction significative de la cuve. Nous montrerons que ce dispositif nous permet ainsi de passer continûment du régime de Rayleigh-Bénard au régime ultime de convection turbulente : l'exposant α varie de 0,3 lorsque la concentration de colorant est élevée à 0,5 pour des concentrations de colorant faibles. Nous avons confirmé quantitativement ces résultats expérimentaux par des simulations numériques directes.

Références

1. W.V.R. Malkus, *The heat transport and spectrum of thermal turbulence*, Proc. Royal Soc. A, **225**, 0080-4630, (1954).
2. B. Castaing, *et al.*, *Scaling of hard thermal turbulence in Rayleigh-Bénard convection*, J. Fluid Mech., **204**, 1-30, (1989).
3. R.H. Kraichnan, *Turbulent Thermal Convection at Arbitrary Prandtl Number*, The Physics of Fluids, **5**, 1374-1389, (1962)
4. L.N. Howard, *Convection at high Rayleigh number*, Görtler H. (eds) Applied Mechanics. Springer, Berlin, Heidelberg, 1109-1115, (1966)