

# Convection thermique turbulente en présence de rugosités contrôlées : influence sur la couche limite et l'écoulement moyen

Olivier Liot<sup>1</sup>, Julien Salort<sup>1</sup>, Éléonore Rusaoüen<sup>1,3</sup>, Quentin Ehlinger<sup>1</sup>, Thibault Coudarchet<sup>1</sup>, Ronald du Puits<sup>2</sup>, Bernard Castaing<sup>1</sup> & Francesca Chillà<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique, ENS de Lyon, 46 allée d'Italie, 69364 Lyon Cedex 7

<sup>2</sup> TU Ilmenau, Ehrenbergstrasse 29, 98693 Ilmenau, Allemagne

olivier.liot@ens-lyon.fr

Bien que présente partout dans notre environnement, la convection thermique turbulente reste encore largement incomprise et nécessite de nouvelles pistes d'investigation [1]. En laboratoire, on se place dans la configuration de Rayleigh-Bénard où une couche de fluide est confinée entre deux plaques : celle du bas est chauffée tandis que celle du haut est refroidie. Le forçage thermique, représenté par le nombre de Rayleigh, est choisi suffisant pour obtenir un écoulement turbulent. L'écoulement induit ainsi que le transfert thermique sont pilotés par les couches limites thermiques et visqueuses près des plaques ainsi que par leur interaction avec l'écoulement de cœur. C'est pourquoi des rugosités ont été introduites sur une ou les deux plaques horizontales afin de déstabiliser ces couches limites. Il a été observé un changement de régime de transfert induisant une forte augmentation du flux de chaleur mesuré par le nombre de Nusselt [2,3].

Nous nous intéressons ici à l'écoulement dans une expérience où des rugosités contrôlées en forme de parallélépipède sont disposées sur la plaque du bas. De précédentes mesures thermiques [4] ont permis de proposer un modèle phénoménologique pour expliquer l'augmentation de transfert. Pour étudier l'écoulement en lui-même, deux expériences homothétiques ont été utilisées permettant chacune d'accéder à des nombres de Rayleigh de l'ordre de  $10^{10}$ . La première, installée dans le *Barrel of Ilmenau* grâce à la collaboration EuHIT et remplie d'air, a été utilisée pour visualiser le champ de vitesse près des rugosités par Particle Image Velocimetry (PIV) avant et après la transition de régime. La seconde, six fois plus petite, installée à Lyon et remplie d'eau nous a permis d'étudier l'écoulement grande échelle toujours par PIV.

Les mesures que nous obtenons sont complémentaires. Dans le cas de la cellule d'Ilmenau, on observe des changements importants dans la structure de la couche limite (qui est de l'ordre du centimètre), en particulier l'apparition d'une couche limite turbulente au-dessus des rugosités, en accord avec les observations thermiques [4]. Les mesures effectuées à Lyon ont pu être comparées à celles dans une cellule avec les deux plaques lisses. Elles mettent en évidence une forte augmentation des fluctuations de vitesse ainsi que l'apparition d'une dissymétrie haut-bas sans doute due à l'augmentation du nombre et/ou de l'intensité des panaches thermiques émis par la plaque rugueuse.

## Références

1. F. CHILLÀ & J. SCHUMACHER, "New perspectives in turbulent Rayleigh-Bénard convection", *The European Physical Journal E*, **35**, 58 (2012).
2. S. CILIBERTO & C. LAROCHE, "Random roughness of boundary increases the turbulent scaling exponent", *Physical Review Letters*, **82**, 58 (1999).
3. J.-C. TISSERAND, M. CREYSSELS, Y. GASTEUIL, H. PABIOU, M. GIBERT, B. CASTAING & F. CHILLÀ, "Comparison between rough and smooth plates within the same Rayleigh-Bénard cell", *Physics of Fluids*, **23**, 015105 (2011).
4. J. SALORT, O. LIOT, É. RUSAOÛEN, F. SEYCHELLES, J.-C. TISSERAND, M. CREYSSELS, B. CASTAING & F. CHILLÀ, "Thermal boundary layer near roughnesses in turbulent Rayleigh-Bénard convection : flow structure and multistability", *Physics of Fluids*, **26**, 015112 (2014).