

Mesures de l'accélération de particules inertielles en écoulement turbulent par vélocimétrie Laser Doppler étendue

R.Volk¹, G. Verhille¹, N. Mordant², & J.-F. Pinton¹

¹ École normale supérieure de Lyon 46 Allée d'Italie, 69364, Lyon cedex 07

² Laboratoire de physique statistique de l'École Normale Supérieure de Paris, 24 rue Lhomond 75005 Paris, France

romain.volk@ens-lyon.fr

Les écoulements turbulents jouent un grand rôle dans le mélange et le transport de polluants dans l'atmosphère. Dans ce contexte, même si le point de vue lagrangien qui s'intéresse aux propriétés du fluide le long des trajectoires, est le plus naturel, les mesures lagrangiennes sont rares du fait de la résolution nécessaire pour suivre le mouvement de petites particules à haut nombre de Reynolds. En effet, ce suivi demande de pouvoir détecter de petites particules solides (10-100 μm) en mouvement dans des écoulements turbulents avec une résolution temporelle de l'ordre de la fréquence la plus rapide de l'écoulement $f_K = \sqrt{\epsilon/\nu} \sim 1 - 10$ kHz, ϵ étant la puissance mécanique injectée par unité de masse, et ν la viscosité du fluide. Les premières mesures ont été réalisées dans des écoulements de type von Kármán par en utilisant une technique acoustique à l'ENS de Lyon [1], ou par PTV stéréoscopique en utilisant plusieurs caméras rapides synchronisées à l'université de Cornell [2,3].

Nous avons développé une nouvelle technique optique pour mesurer la vitesse des particules le long de leurs trajectoires. Elle est basée sur la technique de vélocimétrie Laser Doppler, et utilise donc deux faisceaux Laser pour créer des franges d'interférence dans un volume $V \sim 1 \text{ cm}^3$ situé au centre d'un écoulement. Lorsqu'une particule traverse les franges, elle diffuse alors une intensité lumineuse enregistrée avec un photomultiplicateur, qui est modulée à une fréquence proportionnelle à sa vitesse. Une fois démodulés, les signaux donnent donc accès à l'évolution d'une composante de la vitesse des particules le long de leur trajectoires. Comme les faisceaux sont larges (au contraire de la LDV classique), les particules sont suivies en moyenne durant 10 temps de Kolmogorov $\tau_\eta = \sqrt{\nu/\epsilon} \sim 0.1$ ms, ce qui est suffisant pour obtenir à la fois la statistique de l'accélération lagrangienne des particules, ainsi que sa fonction d'autocorrélation jusqu'à des nombres de Reynolds $R_\lambda \sim 850$.

Cette technique a été appliquée à l'étude de l'accélération de traceurs fluides et de microbulles en mouvement dans un écoulement de von Kármán d'eau à des nombres de Reynolds à l'échelle de Taylor $450 \leq R_\lambda \leq 850$. La dynamique dépend très fortement de la densité des particules : les bulles ont une dynamique beaucoup plus rapide, et subissent des accélérations beaucoup plus violentes que celle des traceurs [4]. Bien que les dynamiques observées soient très différentes, les distributions de probabilité de l'accélération des différentes particules sont toujours très proches une fois l'accélération normalisée par sa variance.

Références

1. N. MORDANT, O. MICHEL, P. METZ, J.-F. PINTON, Measurement of Lagrangian velocity in fully developed turbulence, *Physical Review Letters*, **87**, (2001).
2. G. A. VOHT, A. LA PORTA, A. M. CRAWFORD, J. ALEXANDER AND E. BODENSCHATZ, *J. Fluid Mech.*, **469** 121, (2002)
3. N. T. OUELLETTE, H. XU, M. BOURGOIN AND E. BODENSCHATZ, Small-scale anisotropy in Lagrangian turbulence, *New J. Phys.*, **8**, p. 102 (2006).
4. R.Volk, G. Verhille, N. Mordant, and J.-F. Pinton, Laser Doppler measurement of inertial particle and bubble accelerations in turbulence, à paraître dans *EPL*