

Fragmentation d'agrégats de particules magnétiques en turbulence

De La Rosa Zambrano Hector, Verhille Gautier & Le Gal Patrice

Aix-Marseille Université, CNRS, Centrale Marseille, Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre, UMR 6594, 49 rue F. Joliot Curie, 13384 Marseille, Cédex 13, France
delarosa@irphe.univ-mrs.fr

L'étude de la formation et de la fragmentation d'agrégats dans les écoulements turbulents est d'une importance capitale pour les procédés d'ingénierie tels ceux rencontrés dans l'industrie du papier ou du textile où l'agrégation des particules ou des fibres est généralement difficilement contrôlée [1]. L'agrégation est également très fréquemment observée dans les systèmes naturels où elle concerne une vaste gamme d'échelles depuis les nanoparticules, ou les micro-particules organiques qui peuvent être transportées par les vents ou les courants marins [2] jusqu'aux grains de poussière et grosses particules s'agrégant dans les disques d'accrétion stellaires lors de la formation des planètes [3]. De plus, comme on peut le voir dans les exemples précédents, les forces impliquées dans la cohésion des agrégats peuvent avoir des origines très diverses impliquant des interactions à faible (de type Van der Waals) ou longue (gravitation ou électromagnétisme) portée. Si les effets de la turbulence sur l'agrégation et la fragmentation ont déjà été largement étudiés pour les particules dont la taille se situe dans la plage visqueuse de la turbulence [4], les effets de la turbulence sur les particules de taille appartenant à la gamme inertielle sont encore peu étudiés.

Dans cette étude, nous analysons les effets d'un écoulement turbulent de type von Kármán à nombre de Reynolds élevé ($Re \sim 10^6$, échelle dissipative de Kolmogorov $\eta \sim 10\mu m$) agissant sur des agrégats de billes magnétiques dont les tailles se situent dans la plage inertielle de la turbulence. Ces particules ont été réalisées par nos propres soins à partir d'aimants au néodyme sphériques de diamètre 1 mm que nous avons recouverts de cire afin de les rendre isodenses et ainsi éviter leur sédimentation dans l'eau. Nous avons choisi d'utiliser des particules magnétiques parce que la force de séparation entre deux aimants adjacents est relativement simple et uniforme sur le millier de particules utilisées. Nous avons alors effectué une analyse d'image vidéo tridimensionnelle originale pour détecter les agrégats formés au sein de l'écoulement turbulent et mesurer leurs volumes. Nous montrons que le nombre moyen de particules regroupées dans chaque agrégat est directement lié à l'intensité de la turbulence. Comme pressenti, alors que la turbulence de faible intensité permet l'existence de grands agrégats, une turbulence forte favorise les petits amas : une taille moyenne d'équilibre est atteinte lorsque la fragmentation par la turbulence est équilibrée par l'agrégation de particules individuelles sur des agrégats existants ou bien par la fusion de petits agrégats. Finalement, une description utilisant un modèle fractal des formes agrégées associée à des arguments d'échelle à la Kolmogorov pour les fluctuations turbulentes, permet de prédire la taille moyenne des agrégats en fonction de l'intensité de la turbulence. Les prédictions de notre modèle théorique sont validées par nos expériences.

Références

1. F. LUNDELL, L. D. SÖDERBERG AND P. H. ALFREDSSON, Fluid mechanics of papermaking *Annual Review of Fluid Mechanics* **43**, 195–217 (2011)
2. C. B. MILLER, *Biological Oceanography*. Blackwell Science Ltd. **45**, 94–5, 266–7 (2004)
3. J. BLUM AND G. WURM, The Growth Mechanisms of Macroscopic Bodies in Protoplanetary Disks *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **46** (1), 21–56 (2008)
4. D. H. BACHE, Floc rupture and turbulence : a framework for analysis *Chemical Engineering Science* **59**, 2521 (2004)