

# Dynamique de fusion de billes de glace en écoulement turbulent.

N. Machicoane<sup>1</sup>, J. Bonaventure<sup>1</sup>, & R. Volk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique - ENS Lyon - 46, allée d'Italie, 69007 LYON.

nathanael.machicoane@ens-lyon.org

Le transfert de masse ou de chaleur entre une particule et l'écoulement turbulent qui la transporte est un problème rencontré dans beaucoup de situations naturelles ou industrielles, telles que la dissolution de particules solides dans des liquides, la vaporisation de gouttelettes dans les moteurs ou encore les particules de glace en fusion dans les échangeurs thermiques. Ce problème est complexe car il dépend du mouvement relatif entre la particule et l'écoulement, une fonction non seulement des paramètres de l'écoulement, mais aussi des caractéristiques de la particule. En effet, les particules matérielles, de densité différente de celle du fluide, ou de taille plus grande que les plus petites échelles de l'écoulement (échelle de Kolmogorov), ne suivent pas le mouvement du fluide [1,2]. Chaque particule advectée va explorer l'écoulement de manière différente et va fondre ou se dissoudre à une certaine vitesse dépendant de sa trajectoire. Le cas où l'écoulement est laminaire à l'échelle de la particule est quant à lui beaucoup plus simple et le flux de masse ou de chaleur adimensionné (nombre de Sherwood ou de Nusselt respectivement) dépend alors de la racine carré du nombre de Reynolds [3].

Nous étudions la dynamique de fusion de grosses billes de glace dans un écoulement turbulent de von Kármán à hauts nombres de Reynolds basés sur l'échelle de Taylor :  $Re_\lambda = [300 - 600]$ . Le fluide utilisé est de l'eau pure, maintenue à température constante pendant les expériences. Un montage optique d'ombroscopie afocale nous permet de mesurer l'évolution temporelle de la taille des particules, sans biais de profondeur. Dans le cas de glaçons préalablement thermalisés à leur température de fusion, la variation du rayon  $R(t)$  permet alors une mesure directe du flux surfacique  $\Phi$  au travers de la relation de Stephan  $L_f dR/dt = \Phi$ ,  $L_f$  étant la chaleur latente de fusion de la glace. Nous étudions le transfert thermique en fonction du nombre de Reynolds à l'échelle de la particule  $Re_p$  pour 3 cas : (i) glaçons fixes en fusion dans une zone de fortes fluctuations turbulentes et sans écoulement moyen ; (ii) glaçons fixes fondant sous l'action d'un fort écoulement moyen et des fluctuations plus faibles, et (iii) glaçons librement advectés dans tout le volume de l'expérience. Pour les 3 configurations, la fusion de glaçons de différentes tailles, dans une gamme de l'ordre de grandeur de l'échelle intégrale de l'écoulement turbulent, a été étudiée, à différentes vitesses de rotation.

Pour les cas des particules fixes (i et ii), nous observons un transfert thermique bien plus fort que dans un cas laminaire, le nombre de Nusselt évoluant selon une loi de puissance en fonction du nombre de Reynolds :  $Nu \propto Re_p^{0.8}$ . Pour les billes de glace librement advectées (iii), l'exposant de la loi de puissance est encore plus grand puisque le nombre de Nusselt devient proportionnel au nombre de Reynolds  $Nu \propto Re_p$ . Cette loi d'échelle correspond au régime ultime de convection forcée pour lequel la couche limite thermique est pleinement développée à la surface du glaçon. Dans ce régime, le flux de chaleur surfacique est indépendant de la taille des particules.

## Références

1. N. M. QURESHI, U. ARRIETA, C. BAUDET, A. CARTELLIER, Y. GAGNE, AND M. BOURGOIN, Acceleration statistics of inertial particles in turbulent flows, *European Physical Journal B* **66**, 531 (2008).
2. R. VOLK, E. CALZAVARINI, E. LEVEQUE, AND J.-F. PINTON, Dynamics of inertial particle in a turbulent von Karman flow, *Journal of Fluid Mechanics* **668**, 223 (2011).
3. W. RANZ AND W. MARSHALL, Evaporation from drops, *Chemical Engineering Progress* **48**, 173 (1952).