

Déformations d'une bulle par un écoulement turbulent

Aliénor Rivière¹, Wouter Mostert², Luc Deike^{2,3} & Stéphane Perrard¹

¹ LPENS, ENS Paris, PSL Université, 24 rue Lhomond, 75005 Paris

² Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Princeton University

³ Princeton Environmental institute, Princeton University

alienor.riviere@ens.fr

Environ 40% des échanges de CO₂ entre l'atmosphère et les océans sont permis par les bulles générées par les vagues déferlantes [1]. Cependant, l'efficacité de l'échange de gaz dépend de la taille des bulles par rapport aux échelles caractéristiques de l'écoulement turbulent induit sous les vagues. Ainsi, lier la dynamique de déformation et de cassure d'une bulle aux propriétés du milieu turbulent environnant permettrait de quantifier finement les échanges de gaz à la surface des océans. En utilisant des simulations numériques directes, nous étudions ici les déformations d'une bulle par un écoulement turbulent homogène et isotrope en fonction du nombre de Weber We , défini comme le ratio entre les forces inertielles et celles de tension de surface. Un Weber élevé induit une plus grande déformation de la bulle. Il existe un Weber critique, $We_c = 3$ dans notre cas, au delà duquel une bulle devient instable et se fragmente [2].

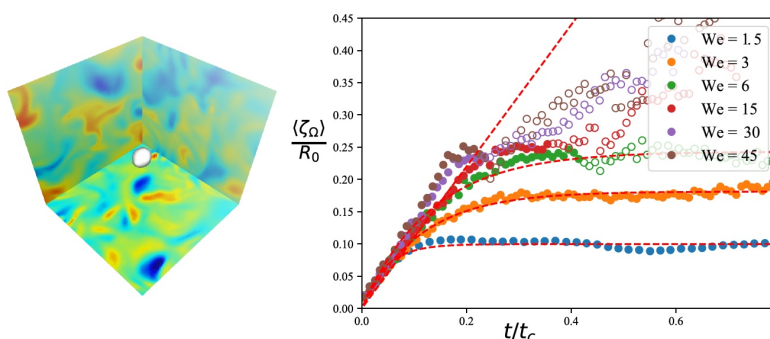


Figure 1. a) Simulation numérique directe d'une bulle dans un écoulement turbulent homogène et isotrope. La position de l'interface est représentée en blanc. Chaque plan coloré représente une composante de la vitesse sur les faces du cube. b) Déformation moyenne de l'interface d'une bulle, définie comme l'écart-type du rayon ζ_Ω divisé par le rayon initial R_0 , pour différent We en fonction du temps divisé par le temps caractéristique des tourbillons à l'échelle de la bulle. La croissance initiale est linéaire et indépendante du Weber. Nous montrons que la pente est donnée par les fluctuations moyennes de vitesse à l'échelle de la bulle.

L'évolution temporelle de la déformation est calculée numériquement et présente deux régimes (Fig. 1) : à temps court la déformation croît linéairement et est contrôlée par les forces inertielles. Nous montrons que la statistique des pentes initiales est donnée par celle des fluctuations de vitesse à l'échelle de la bulle. A temps long, pour $We \leq We_c$, les déformations saturent. La valeur du plateau et le temps de transition dépendent du Weber. A haut Weber, $We \gg We_c$, la bulle casse avant l'apparition du second régime. En introduisant une valeur critique de déformation au delà de laquelle la bulle casse on retrouve la statistique de temps de vie à haut Weber à partir de la statistique de l'écoulement turbulent.

Références

1. B. G. REICHL & L. DEIKE, Contribution of Sea-State Dependent Bubbles to Air-Sea Carbon Dioxide Fluxes, *Geoph. Res. Let.*, (2020).
2. J. O. HINZE, Fundamentals of the hydrodynamic mechanism of splitting in dispersion processes, *AIChE journal*, **1**, 3 (1955).