

Génération et renversement d'un écoulement moyen dans un verre de bière en translation circulaire

Frédéric Moisy¹ & Wietze Herreman²

¹ FAST, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, CNRS, Bât. 502, 91440 Orsay

² LIMSI, CNRS, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Bât. 508, 91440 Orsay
moisy@fast.u-psud.fr

Pour aérer un vin avant de le déguster, on imprime au verre un mouvement de translation circulaire [1]. En plus de créer une onde de surface se propageant circulairement (onde de ballonnement, ou *sloshing* [2,3]), il est bien connu que ce mouvement engendre une rotation du fluide, en général dans la même direction que la vitesse de phase de l'onde. A ce mouvement de rotation s'ajoute un mouvement de recirculation vertical qui amène le vin vers la surface, le mettant ainsi en contact avec l'air. Ces recirculations sont également mises à profit dans les mélangeurs industriels ou dans les bioréacteurs pour la culture de cellules.

La génération d'un tel écoulement moyen, ou redressé (*steady streaming*), induit par un écoulement oscillant d'amplitude finie est un effet non-linéaire classique mais subtil [4]. De façon surprenante, bien qu'un tel écoulement redressé dans un verre en translation circulaire puisse être observé quotidiennement, son amplitude et sa structure n'ont pas encore été décrits théoriquement ou expérimentalement à notre connaissance.

Si l'on réalise maintenant cette expérience simple avec un verre de bière, surprise : sous certaines conditions, la couche de mousse à la surface se met à tourner en sens inverse du liquide ! En plus de la dissipation accrue par la présence de la mousse [5], la friction entre la couche rigide de mousse entraînée par l'onde et la paroi du verre peut conduire à un phénomène de roulement de type train épicycloïdal, similaire à celui observé dans un ensemble de bille dans un récipient en translation circulaire [6]. La vitesse angulaire de la couche de mousse, et en particulier son sens de rotation, résultent alors d'une compétition entre l'entraînement par l'écoulement moyen (le plus souvent prograde) et la friction avec le bord (rétrograde).

Cet exposé long pourra faire l'objet d'une démonstration en direct.

Références

1. C. NAVARRE, L'oenologie (Lavoisier, 2010)
2. R.A. IBRAHIM, Liquid sloshing dynamics : theory and applications (Cambridge University Press, 2005).
3. M. RECLARI, M. DREYER, S. TISSOT, D. OBRESCHKOW, F. M. WURM, AND M. FARHAT, Surface wave dynamics in orbital shaken cylindrical containers, *Phys. Fluids*, **26**, 052104 (2014).
4. N. RILEY, Steady Streaming, *Annu. Rev. Fluid Mech.*, **33**, 43–65 (2001).
5. A. SAURET, F. BOULOGNE, J. CAPPELLO, E. DRESSAIRE, AND H. A. STONE, Damping of liquid sloshing by foam, *Phys. Fluids*, **27**, 022103 (2015).
6. A. FELTRUP, K. HUANG, C.A. KRÜLLE, I. REHBERG, The rotation-reptation transition under broken rotational symmetry, *Eur. Phys. J. Special Topics*, **179**, 19–24 (2009).