

Dualité onde corpuscule macroscopique à 2 corps : source du chaos.

Loïc Tadrict¹, Naresh Sampara¹, Peter Schlagheck² & Tristan Gilet¹

¹ Laboratoire de Microfluidique, Université de Liège, allée de la découverte 9, 4000 Liège, Belgique

² IPNAS, CESAM research unit, Université de Liège, Allée du 6 Août 15, Université de Liège, 4000 Liège, Belgique.

loic.tadrict@uliege.be

En 2005, Yves Couder [1] mettait en évidence une expérience peu commune : une goutte d'huile silicone déposée sur un bain du même liquide vibré verticalement peut être maintenue indéfiniment en lévitation. Plus surprenant encore, dans une certaine gamme de paramètres la gouttelette se met à avancer spontanément à la surface du bain, en ligne droite. Les impacts réguliers de la goutte à la surface du bain créent des ondes quasi-stationnaires de type ondes de Faraday [2] ; ondes qui elles-même « guident » la goutte. Cet objet constitué de la gouttelette et du champ d'onde, ni totalement particule, ni totalement onde, s'appelle par métonymie un marcheur : les rebonds successifs de la gouttelette sont tels les pas réguliers d'un marcheur et l'on dit ainsi que la goutte marche sur le bain. Cette expérience déclenchait des interrogations sur la nature de l'interaction entre la goutte et le champ d'onde, autrement dit sur la nature corpusculaire ou ondulatoire d'un marcheur. Ces objets sont, depuis, étudiés en tant qu'analogues hydrodynamiques à la mécanique quantique (HQA, Hydrodynamic Quantum Analogue)[3].

Ici, nous tentons de comprendre les différences de nature entre un objet classique fortement couplé onde et corpuscule (ici un marcheur) et les propriétés ondes/corpuscules au niveau quantique. Les interactions à deux corps sont particulièrement révélatrices du comportement dual des marcheurs. Les marcheurs interagissent entre eux via le champ d'onde à la surface du bain. Les ondes générées par le premier créent une force sur le second marcheur : les marcheurs sont déviés de leur marche en ligne droite. L'interaction est purement ondulatoire.

Le plus souvent, les marcheurs sont simplement déviés, on dit qu'ils sont diffusés. D'autre fois, des états liés apparaissent avec des orbites ou des promenades où les marcheurs se rapprochent puis s'éloignent à intervalles réguliers l'un de l'autre tout en progressant dans la même direction. Enfin de plus rares mais aussi plus complexes interactions sont observées.

Nous avons mis en évidence expérimentalement la nature chaotique de cette interaction. Les trajectoires finales des marcheurs, bien que déterministes, sont extrêmement sensibles aux paramètres initiaux. La nature chaotique de cette interaction est due à la dynamique verticale de rebond de la gouttelette. Pour étudier numériquement l'effet de la dynamique verticale de rebond, nous avons bâti deux modèles simples, le premier dit modèle *strobé* où les gouttes rebondissent à intervalle de temps fixé et le second un modèle de balle inélastique, où la goutte est éjectée du bain lorsque l'accélération de ce dernier est inférieure à $-g$. Ces modèles numériques permettent de comprendre quels sont les paramètres cruciaux influant sur le comportement chaotique ou non observé chez les marcheurs.

Références

1. Couder, Y., Protiere, S., Fort, E., & Boudaoud, A. (2005). Dynamical phenomena : Walking and orbiting droplets. **Nature**, 437(7056), 208.
2. Tadrict, L., Shim, J.-B., Gilet, T. & Schlagheck, P. (2018). **Faraday instability and subthreshold Faraday waves : surface waves emitted by walkers**, submitted to Journal of Fluid Mechanics.
3. Bush, J. W. (2015). Pilot-wave hydrodynamics. **Annual Review of Fluid Mechanics**, 47, 269-292.