

Mélanger son thé avec une cuillère flexible

Benjamin Apffel¹, Romain Fleury²

Laboratory of Wave Engineering (LWE), STI, EPFL, 1015 Lausanne, Suisse
benjamin.apffel@epfl.ch

Lorsque l'on mélange du thé avec une cuillère, on observe l'agrégation des feuilles de thé posées au fond de la tasse vers le centre de rotation. Cet effet, opposé à l'expulsion attendue vers l'extérieur du fait des effets inertiels, est souvent désigné par le "paradoxe des feuilles de thé". La solution à ce paradoxe apparent se trouve dans la génération d'écoulements tri-dimensionnels par les couches limites proches des parois de la tasse. Ce type d'écoulements se retrouve à de nombreuses échelles, depuis la séparation sang-plasma en microfluidique [1] jusqu'au transport de sédiments dans les méandres de rivières [2].

Dans cette présentation, je propose de remplacer la cuillère rigide par un mélangeur flexible (Fig. 1). Dans ce cas, la trajectoire du mélangeur peut être impactée par l'écoulement généré lors de son mouvement passé. Cette "cuillère flexible" est constituée d'une sphère flottant à la surface de l'eau attachée à une corde déformable tirée selon des cercles. La sphère suit alors des trajectoires circulaires dont le rayon dépend de la vitesse de rotation. On montre alors que le rayon de la trajectoire diminue lorsque la vitesse de rotation augmente. A haute vitesse, la trajectoire peut de plus brutalement bifurquer, et la balle tourne alors sur elle-même au centre de rotation ou est au contraire expulsée vers l'extérieur. L'existence de cycles d'hystérèse, et donc d'effet mémoire, autour de cette bifurcation est également démontrée expérimentalement.

Nous avons développé un modèle complet pour expliquer ces observations. Nous montrons en particulier qu'une force de Magnus apparaît et doit être prise en compte pour expliquer quantitativement les observations. Celle-ci est mesurée de deux manières indépendantes : par mesure directe des écoulements en surface (Fig. 1) ou par observation des trajectoires de l'objet déformable. La combinaison de l'analyse des forces et des déformations de la corde permet d'expliquer toutes les observations. Nous discuterons finalement le 'paradoxe des feuilles de thé' dans cette configuration expérimentale, et on démontrera que l'augmentation de la vitesse de rotation ne mène pas toujours à un mélange plus efficace [3].

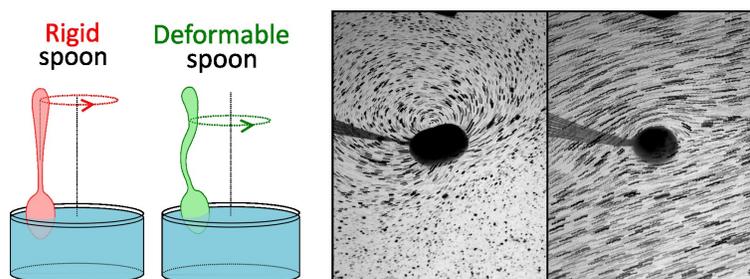


Figure 1. (gauche) Que se passe-t-il lorsqu'on tente de mélanger un liquide avec une cuillère flexible sensible à l'écoulement généré par son mouvement passé? (droite) écoulements en surface dans le référentiel du laboratoire et dans le référentiel de la balle montrant l'existence d'une force Magnus.

Références

1. J. THOMSON, *Proceedings of the Royal Society of London*, **25**, 171-178 (1878).
2. D. ARIFIN, L. YEO AND J. FRIEND, *Biomicrofluidics*, **1**, 014103 (2006).
3. B. APFFEL, R. FLEURY, *Physics of Fluids*, **37**, (1) : 017127 (2025).