

Les dessous d'une goutte en Leidenfrost sur un bain chauffé

Maquet¹, Duchesne¹, Sobac² & Dorbolo¹

¹ GRASP, CESAM, Université de Liège, Liège, Belgium

² TIPs, Université libre de Bruxelles, C.P. 165/67, Brussels, Belgium
alexisd@fysik.dtu.dk

Depuis quelques années on assiste à un renouveau d'intérêt pour l'effet Leidenfrost, *i.e.* la lévitation d'un objet sur un film de sa propre vapeur [1]. Un substrat de température plus élevée que la température d'ébullition (ou de sublimation dans le cas d'un solide) de l'objet est nécessaire pour entretenir ce film. Toutefois, même dans ces conditions, on constate un seuil en température en dessous duquel le film de vapeur n'est pas suffisamment stable pour maintenir l'objet en lévitation : la température de Leidenfrost.

Si l'effet Leidenfrost a reçu jusqu'ici beaucoup d'attention dans le cas d'un substrat solide (conduisant d'ailleurs à d'étonnants résultats en matière d'auto-propulsion [2] et de nano-fabrication [3]) il n'en a pas été de même pour le cas d'un substrat liquide (c'est à dire un substrat déformable et lisse à l'échelle moléculaire).

Nous nous sommes intéressés à un tel système en utilisant des gouttes d'éthanol et de HFE déposées sur un bain d'huile silicone chauffée. Notre principal résultat est la quasi disparition du seuil de température. En effet, sur un bain dont la température de surface n'est que d'un degré supérieure à la température d'ébullition de l'éthanol, il est possible de maintenir en lévitation une goutte de ce liquide [4].

Nous avons également abordé la question de l'écoulement créé par la goutte dans le bain. A l'aide d'un dispositif de PIV, nous avons observé l'écoulement dans un plan vertical sous la goutte. Nous avons découvert que, de manière inattendue, le choix du liquide composant la goutte avait une influence importante sur l'écoulement dans le bain alors qu'à aucun moment goutte et bain n'entrent en contact.

Nous avons pu observer que sous une goutte d'éthanol un panache se forme, le liquide étant entraîné vers le bas. L'écoulement est radicalement différent lorsque l'on considère une goutte de HFE puisque l'on constate l'absence de panache et un écoulement vers l'extérieur de la goutte.

Ces résultats peuvent être interprétés comme des équilibres entre les forces agissant sur le bain :

(i) La poussée d'Archimède : la goutte refroidit localement le liquide du bain, il est donc plus dense et "coule".

(ii) La force de Marangoni thermique : la goutte refroidissant localement le liquide, un gradient thermique s'établit en surface du bain et donc un gradient de tension de surface. Une force de surface en direction de la goutte apparait et tend à entrainer vers le bas le liquide situé sous la goutte.

(iii) L'entraînement dû à la friction du film de vapeur : le film de vapeur étant sous pression en raison du poids de la goutte il est en mouvement vers l'extérieur, ce film de vapeur exerce donc une friction sur la surface du bain. Ce phénomène est donc responsable d'une force qui tend à entrainer le liquide vers l'extérieur, à l'opposé de la force de Marangoni.

Les densités et propriétés thermiques des deux liquides étant différentes, il est donc raisonnable de considérer que dans le cas d'une goutte d'éthanol la poussée d'Archimède et/ou la force de Marangoni dominant tandis que dans le cas d'une goutte de HFE, un liquide nettement plus volatile, l'entraînement dû au film de vapeur l'emporte.

Références

1. J. G. LEIDENFROST, *De Aquae Communis Nonnullis Qualitatibus Tractatus* Duisburg (1756).
2. H. LINKE *et al.*, Self-Propelled Leidenfrost Droplets, *Phys. Rev. Lett.*, **96**, 154502 (2006).
3. R. ABDELAZIZ *et al.*, Green chemistry and nanofabrication in a levitated Leidenfrost drop *Nat. Commun.*, **4**, 2400 (2013).
4. L. MAQUET *et al.*, Leidenfrost drops on a heated liquid pool, *Phys. Rev. Fluid*, **1**, 5, 053902 (2016).