
Instabilité thermoélectrique dans un anneau cylindrique en condition de microgravité

Antoine Meyer^{*1}, Martin Meier², Harunori Yoshikawa³, Peter Szabo², Changwoo Kang⁴,
Christoph Egbers², Vasyl Motuz², and Innocent Mutabazi¹

¹Laboratoire Ondes et Milieux Complexes – CNRS : UMR6294, Université du Havre – France

²Laboratory of Aerodynamics and Fluid Mechanics, BTU Cottbus-Senftenberg, Cottbus, Allemagne –
Allemagne

³Department of Electrical Engineering, Doshisha University, Kyoto, Japon – Japon

⁴Department of Mechanical Engineering, Jeonbuk National University, Jeollabuk-do, Corée du Sud –
Corée du Sud

Résumé

Dans un contexte de miniaturisation des systèmes électroniques, dont la consommation énergétique ne cesse d'augmenter, les échangeurs thermiques requièrent l'utilisation de nouveaux mécanismes afin d'assurer leur efficacité. On utilise ici un champ électrique appliqué à un fluide diélectrique pour générer de la convection thermique dans des cavités de petite taille, où la gravité terrestre ne joue plus un rôle significatif. En effet, la force diélectrophorétique (DEP) peut générer une instabilité de type "Rayleigh Bénard" dans une anneau cylindrique en condition de microgravité. Pour cela, le fluide est confiné entre deux électrodes cylindriques maintenues à des températures différentes. L'application d'un champ électrique radial polarise les particules de fluides, alors que la constante diélectrique est stratifiée par le gradient de température. La force DEP peut alors être vue comme une poussée thermique due à une gravité électrique centripète, et à ce titre, elle peut remplacer la poussée d'Archimède pour générer de la convection thermique. Dans le cas où le cylindre intérieur est plus chaud que le cylindre extérieur, la stratification de la densité est instable au regard de la gravité électrique. On définit un nombre de Rayleigh électrique dépendant à la fois de la tension électrique appliquée et de l'écart de température entre les deux cylindres. La stabilité linéaire (Yoshikawa *et al.*, PoF 2013) et la modélisation DNS prédisent des modes critiques hélicoïdaux stationnaires et l'augmentation du nombre de Nusselt avec (Kang *et al.* 2025). L'étude expérimentale de la convection thermoélectrique est réalisée lors de campagnes de vols paraboliques (phase de microgravité de 22 s), ainsi que lors d'un vol en fusée sonde (phase de microgravité de 6 min). Les résultats expérimentaux sont en très bon accord avec les résultats théoriques et numériques, ce qui renforce la compréhension des mécanismes physiques de ce phénomène de convection (Meyer *et al.* JFM 2023).

H.N. Yoshikawa, O. Crumeyrolle & I. Mutabazi, *Phys. Fluids* **25**, 024106 (2013).

C.Kang, I. Mutabazi & H.N. Yoshikawa, *J. Fluid Mech.* **991**, A7 (2024).

A. Meyer, M. Meier, V. Motuz & C. Egbers, *J. Fluid Mech.* **973**, A26 (2023).

*Intervenant