

Etude numérique de la convection d'un liquide diélectrique sous l'effet de la force diélectrophorétique en géométrie annulaire

O. Crumeyrolle¹, S. Malik¹, M. Smieszek¹, Ch. Egbers², & I. Mutabazi¹

¹ LOMC, UMR 6294, CNRS-Université du Havre, BP 540, F-76058 Le Havre cedex

² LAS, Brandenburg Technical University, Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus, Germany

olivier.crumeyrolle@univ-lehavre.fr

En microgravité, l'absence de pesanteur rend impossible la convection naturelle, faute de poussée d'Archimède. Ceci complique la réalisation d'échangeurs thermiques, et une des pistes possible consiste à recréer une gravité artificielle à l'aide de l'effet diélectrophorétique. Celui-ci est observé par exemple quand, sous l'effet d'un gradient de température, la permittivité diélectrique varie dans l'espace. L'application d'un champ électrique haute tension permet alors de recréer une gravité dite électrique.

Nous étudions numériquement le cas où le liquide diélectrique est confiné dans un espace annulaire cylindrique d'entrefer $d = b - a$. Dans la formulation du problème nous employons les équations de la convection thermique couplées à une équation stationnaire du champ électrique. La permittivité électrique est traitée de manière similaire à la masse volumique dans l'approximation de Boussinesq. Nous veillons à inclure les effets rétroaction de la température sur le champs électrique contrairement aux travaux théoriques de [1], et n'employons pas l'hypothèse d'axisymétrie, précédemment supposée par [2]. On impose sur les cylindres un écart de température fixe, une différence de potentiel électrique, et le non-glissement du liquide aux parois. L'étude de stabilité linéaire (LSA) est conduite à l'aide d'un code pseudo-spectral pour quatre valeurs du rapport des rayons et de nombreuses valeurs du nombre de Prandtl Pr . Les simulations numériques directes instationnaires (DNS) sont conduites en 3D à l'aide du code industriel d'éléments finis COMSOL v3.5. Les frontières planes aux extrémités de l'espace annulaire y sont supposées adiabatiques et électriquement isolantes. Les paramètres sont $L = 10d$, $a/b = 0,5$ et $Pr = 65$, et sont issus des expériences qui sont menées en vol paraboliques [3]. Le paramètre de contrôle de l'étude est alors l'état de base/l'état initial d'une part, et d'autre part le nombre de Rayleigh électrique Ra_E , ratio entre le produit du temps de diffusion thermique par le temps de diffusion visqueux et le carré du temps de convection sous l'effet de la gravité électrique.

Avec un état de base/initial purement conducteur, la LSA et l'étude DNS montrent [4,5] que le système évolue vers un régime possédant à la fois un nombre d'onde axial et un nombre d'onde azimutal, soit une structure en hélice, les deux orientations étant également critique. Pour différents Pr , le seuil Ra_c relevé est toujours le même. La DNS montre que les hélices contraorientées peuvent entrer en compétition et se répartir dans le système. Avec un état initial plus réaliste dans le cadre d'un vol parabolique, à savoir un régime de convection naturel, et Ra très largement supérieur au seuil, il est possible d'observer le développement de motifs d'écoulement dans le temps imparti de microgravité (22 s), qui est très court par rapport au temps de diffusion thermique. La structure en hélice n'est que peu visible, supplantée par le développement de panaches localisés de convection. Ces structures favorisent un transfert transitoire très important près du cylindre intérieur - là où la gravité électrique est la plus élevée- mais le transfert près du cylindre extérieur est plus faible.

Références

1. B. Chandra, D.E. Smylie, *Geophys. Fluid Dyn.* **3**, 211 (1972)
2. M. Takashima, *Q. J. Mech. appl. Math.* **33**, 93 (1980).
3. N. Dahley, B. Fütterer, M. Smieszek, C. Egbers, O. Crumeyrolle, *38th COSPAR*, Bremen, 18-25 July 2010.
4. M. Smieszek, O. Crumeyrolle, I. Mutabazi, Ch. Egbers, *Proceedings of 16th International Couette-Taylor Workshop*, Princeton, 9-11 September 2009.
5. M. Satish, O. Crumeyrolle, I. Mutabazi, *17th International Couette-Taylor Workshop*, Leeds, 25-27 July 2011.