

Étude expérimentale et numérique des écoulements induits par l'absorption d'une onde laser continue

D. Rivière¹, H. Chraïbi¹, U. Delabre¹, J-P. Delville¹

Univ. Bordeaux, LOMA, UMR5798, F-33400 Talence, France, CNRS, LOMA, UMR5798, F-33400 Talence, France

david.riviere@u-bordeaux.fr

Depuis quelques années, on sait induire thermiquement des écoulements contrôlés par laser dans des systèmes fluides. En plus de constituer un chauffage sans contact, l'utilisation d'un laser présente deux avantages majeurs. D'une part, le laser permet d'induire de forts gradients de température sans avoir besoin d'injecter beaucoup d'énergie dans le fluide. D'autre part, la géométrie de chauffage peut être aisément modifiée en modulant la distribution d'intensité. En utilisant un laser infrarouge, il a été montré que les écoulements induits par laser pouvaient permettre de contrôler macroscopiquement le dépôt de particules [1]. Afin de contrôler de tels dépôts à l'échelle microscopique, nous avons effectué une étude expérimentale et numérique détaillée sur les écoulements induits par laser.

Un premier type d'écoulement peut être généré par effet thermogravitaire due à l'absorption en volume du laser infrarouge : ce qui induit dans le fluide un gradient de masse volumique. Il en résulte un gradient de pression qui met en mouvement le fluide et par conservation de la masse des rouleaux de convection sont générés. Des écoulements induits par effet thermocapillaire peuvent également exister. Ils résultent alors de la modification de la tension de surface due au gradient de température. Cette variation de la tension de surface induit des contraintes tangentielles qui génèrent des écoulements. Bien que ces effets aient été beaucoup étudiés de façon indépendante, la compétition entre les effets thermocapillaires et thermogravitaires, schématisée sur la Figure 1a), reste peu comprise.

Pour comprendre ces effets à l'échelle microscopique, nous avons d'une part étudié expérimentalement le champ de température, en utilisant les propriétés thermosensibles de la Rhodamine-B, ainsi que le champ de vitesse avec une technique de PIV (Particle Image Velocimetry). D'autre part, en se basant sur la méthode numérique des éléments de frontières [2], nous avons également réalisé des simulations en considérant les effets thermogravitaires (Figure 1b)) et les effets thermocapillaires (Figure 1c)). Ces simulations décrivent bien les modèles analytiques [3-4] avec lesquels elles ont été comparées. La combinaison entre l'étude expérimentale et les simulations numériques permet une description quantitative des écoulements induits par l'absorption d'une onde laser continue.

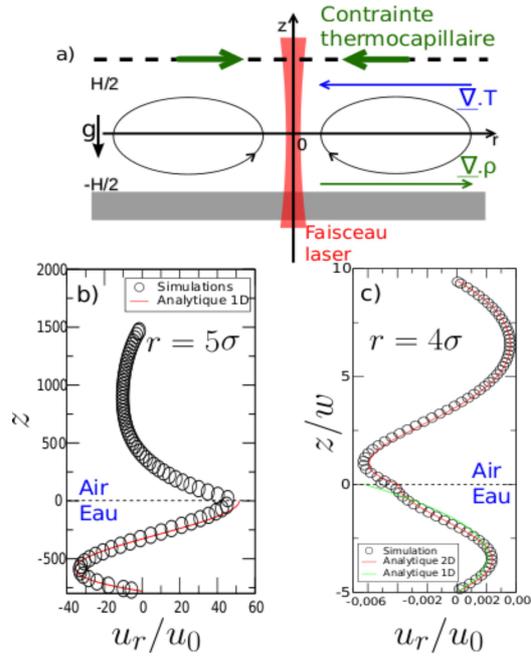


Figure 1 : (a) Zoom sur l'échantillon et représentation schématique des rouleaux de convection résultant du gradient de température $\nabla \cdot T$. Le point de coordonnées $(r=0, z=0)$ représente le milieu de l'échantillon où le faisceau est focalisé. (b) Simulations numériques du champ de vitesse $u_r(r=5\sigma, z)$ dans le cas d'un effet thermogravitaire seul (symboles) comparé avec un modèle analytique 1D (trait plein) où σ est la largeur du champ de température. (c) Simulations numériques du champ de vitesse $u_r(r=5\sigma, z)$ dans le cas d'un effet thermocapillaire seul (symboles) comparé avec un modèle analytique 2D et 1D (trait plein rouge et vert respectivement).

[1] J. A. Vieyra Salas, J. M. van der Veen, J. J. Michels, A. A. Darhuber, *Active control of evaporative solution deposition by modulated infrared illumination*, The journal of Physical Chemistry C 116, 12038 (2012)

[2] H. Chraïbi, R. Wunenburger, D. Lasseux, J. Petit, J-P. Delville, *Eddies and interface deformations induced by optical straming*, J. Fluid Mech., 688, 1951 (2011)

[3] R. V. Birikh, *Thermocapillary convection in a horizontal layer of liquid*, Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 7, 43 (1966)

[4] H. Chraïbi, J-P. Delville, *Thermocapillary flows and interface deformations produced by a localized laser heating in a confined environment*, Physics of Fluids, 24, 032102 (2012)

[5] D. Riviere, B. Selva, H.Chraïbi, U. Delabre, J-P. Delville, *Convection flows driven by laser heating of a liquid layer*; submitted