



Proposition de thèse financée au LEGI, Grenoble, France.
Ecole Doctorale IMEP 2

Cavitation dans des microsystèmes fluidiques

Contact : F. AVELA frederic.ayela@legi.grenoble-inp.fr

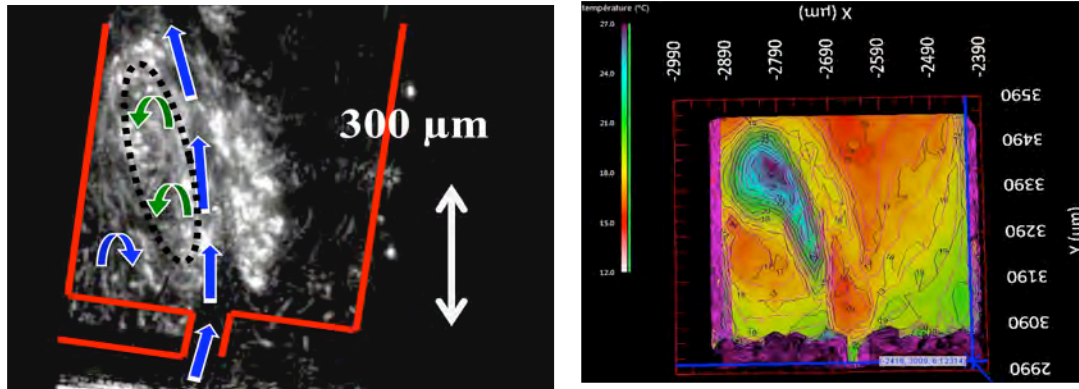
Début : septembre 2015

Laboratoire des Écoulements Géophysiques & Industriels, Université de Grenoble.

Les effets thermiques associés aux phénomènes de cavitation hydrodynamique ou acoustique (que ceux ci soient associés aux dissipations visqueuses, aux chaleurs latentes de vaporisation et de condensation des bulles, ainsi qu'à la sonoluminescence de bulles) sont encore mal évalués et leur importance est probablement sous estimée. Connaître les champs de température serait une étape importante pour accéder, à terme, au flux de chaleur du au changement de phase et à ses corrélations avec les distributions de vitesse (pour le transport turbulent). Cette démarche peut permettre dans un futur proche de clarifier et de sélectionner ensuite les meilleurs modèles en vue d'améliorer la simulation numérique des écoulements cavitants au sein des machines tournantes telles que celles rencontrées dans les industries hydroélectriques ou spatiales. Une approche expérimentale nouvelle sur une géométrie d'écoulement conventionnelle est nécessaire afin de mieux comprendre les mécanismes fondamentaux présents au sein des écoulements cavitants. Pour progresser dans une orientation de métrologie locale non intrusive, nous avons développé un protocole expérimental inédit associant microscopie confocale, microsytème fluide et nanoparticules [1, 2, 3, 4].

De par leurs nombreux avantages, les microsystèmes fluidiques constituent des systèmes incontournables afin d'accéder à certaines données clés jusqu'à présent difficilement accessibles. La maîtrise de la cavitation hydrodynamique dans des microdiaphragmes dont le diamètre hydraulique est égal à quelques dizaines de microns nous a permis d'une part de travailler avec de faibles quantités de nanofluide dilué chargé en nanoparticules thermofluorescentes, et d'autre part d'inclure ces microsystèmes fluidiques dans un dispositif optique de microscopie confocale qui a permis d'obtenir une cartographie thermique tridimensionnelle au cœur de l'écoulement. Ces premiers résultats ont démontré l'existence d'un gradient thermique de 10^5 K/m, inhérent à la cavitation, mais dont l'origine physique n'est pas encore clairement déterminée.

Il s'agit maintenant de confirmer ces premiers résultats en multipliant les investigations sur d'autres configurations : micro venturis, profils de marche descendante, etc, et d'élargir la métrologie en corrélant l'intensité émise par les fluorophores à leur vitesse, afin d'établir le champ de vitesse (par PLIF et PIV). Dans un deuxième temps, il s'agira d'étudier, à l'échelle d'une bulle isolée, les cinétiques de changement de phase. On se focalisera alors sur une bulle unique oscillante piégée dans un champ de pression acoustique.



Imagerie par caméra rapide d'un écoulement cavitant en aval d'un microdiaphragme de hauteur $105\mu\text{m}$ et de largeur $80\mu\text{m}$ (à gauche). Cartographie thermique par microscopie confocale à l'aide de nanoparticules fluorescentes (à droite, attention ce sont les zones les plus bleues qui sont les plus chaudes).

Les nanotraccurs fluorescents, utilisés avec succès dans les expériences de cavitation microhydrodynamique, seront alors employés pour mesurer localement la variation de température autour d'une bulle. L'originalité sera d'exploiter pour la première fois la lumière émise par la bulle en phase de condensation comme source d'excitation des fluorophores dispersés dans le liquide environnant. Couplées à des mesures de volume de bulle, la détermination du champ de température permettra de mesurer et de comparer le flux de chaleur au flux de masse. Ces investigations fondamentales auront des applications dans le contrôle des performances de la cavitation en micro réacteur pour des applications en génie des procédés.

Pour ce **travail essentiellement expérimental**, l'étudiant recruté aura à concevoir, tester et caractériser différentes configurations de microsystèmes pour la cavitation hydrodynamique. Il s'investira dans l'apprentissage des techniques de microfabrication sur la plateforme 'nanofab' du CNRS Grenoble. Il aura à collaborer avec nos partenaires lyonnais de l'**Institut Lumière Matière** pour les expériences de microscopie confocale, et à réfléchir à des schémas théoriques susceptibles d'expliquer rigoureusement les résultats obtenus. Il développera le banc expérimental nécessaire pour réaliser les expériences de sonoluminescence à bulle unique en présence de nanosondes thermosensibles, procédera aux mesures et à leur analyse. Les connaissances et compétences requises sont celles correspondant au niveau M2R et/ou 3^{ème} année d'école d'ingénieur en énergétique, mécanique des fluides, physique générale.

[1]: M. MEDRANO, P.J. ZERMATTEN, C. PELLONE, J.P. FRANC & F. AVELA : *Hydrodynamic cavitation in microsystems. I. Experiments with DI water and nanofluids*. *Physics of Fluids* **23**, 127103 (2011)

[2]: M. MEDRANO, C. PELLONE, P.J. ZERMATTEN & F. AVELA : *Hydrodynamic cavitation in microsystems. II. Simulation and optical observations*. *Physics of Fluids* **24**, 047101 (2012)

[3]: F. AVELA, M. MEDRANO, D. AMANS, C. DUJARDIN, T. BRICHART, M. MARTINI, O. TILLEMENT and G. LEDOUX : *Experimental evidence of temperature gradients in cavitating microflows seeded with thermosensitive nanoprobos*. *Phys. Rev. E* **88**, 043016 (2013)

[4]: F. AVELA, D. COLOMBET, G. LEDOUX, O. TILLEMENT : *Cartographie thermique au sein d'écoulements cavitants*. *La Houille Blanche*, (1), 102-108 (2015)