

**Thèse ID FOAM
RFI Cap Aliment
GEPEA – BIA INRA**

**Proposition et caractérisation d'un équipement innovant pour l'obtention
de mousses à base de matrices alimentaires.**

Julian SEPULVEDA

Résumé au 13 mars 2018

La fabrication d'une mousse, qu'elle soit vouée à être éphémère telle une mousse de capuccino ou avoir une durée de vie plus importante comme une mousse solide, nécessite initialement la réalisation d'une opération unitaire dite de « foisonnement » consistant à incorporer et disperser le gaz au sein d'un liquide. Le contrôle de la structure de la mousse lors de sa formation, est basé sur la maîtrise de son taux d'aération et notamment de la taille des bulles en son sein. Ce contrôle est un objectif impératif pour la maîtrise des propriétés d'usage finales, i.e., leur texture et leur stabilité.

Ces dernières années, l'utilisation de microcanaux est apparue comme une alternative intéressante pour la fabrication en continu des émulsions et des mousses avec une distribution uniforme et contrôlée de la taille des bulles et des gouttelettes [1]. D'une manière générale, l'utilisation des technologies milli- et microfluidiques a pris de plus en plus d'importance [2] en raison des coûts de fabrication et d'exploitation moins élevés, des performances de transfert thermique et massique plus élevées [3] et du mélange amélioré [4,5].

Ce projet de recherche a comme objectif la production des mousses avec des microcanaux. Son originalité porte sur l'utilisation des débits d'injection liquide beaucoup plus élevés que ceux couramment rencontrés dans les applications classiques de cette technologie. Cette étude s'appuie sur les résultats d'une thèse précédente menée au sein de l'équipe de recherche [6]. Il a été observé au sein du procédé une évolution très rapide des trains de bulles formés ce qui a suscité des questions sur les mécanismes régissant ces changements. La caractérisation de ces mécanismes est l'un des objectifs principaux de cette thèse, puisque leur connaissance est l'une des clés permettant l'amélioration du design d'un tel procédé.

La présente étude comporte deux parties. Un travail préliminaire consiste à déterminer pour différentes configurations du procédé (géométrie des microcanaux, dimensionnement du profil de détente), les limites entre les régimes d'écoulement dispersé-poches afin d'établir les paramètres du procédé qui permettent une incorporation totale du gaz et donc le contrôle de la fraction de vide des mousses. Ensuite, l'étude porte sur la production des mousses dans le régime dispersé et la caractérisation de leurs propriétés structurales et d'usage dans le but de déterminer l'impact des différentes configurations géométriques des microcanaux sur ces propriétés. En parallèle, cette étude s'intéressera de manière approfondie à la caractérisation

de la genèse des trains de bulles dans les microsystèmes ainsi qu'à l'incidence de singularités géométriques (coudes, élargissement des canaux) sur ces l'évolution de ces trains de bulles.

Au stade actuel de l'étude, un banc expérimental *ad hoc* a été monté et testé. Les premiers essais expérimentaux réalisés ont permis de montrer que la présence de singularités géométriques dans les dispositifs n'a pas, jusqu'à présent, induit d'effet significatif sur la limite entre les régimes d'écoulement dispersé-poches. Cependant, les caractérisations des mousses finales ont montré un impact apparent des singularités sur les propriétés structurales (granulométrie) et d'usage de la mousse (rhéologie) ainsi que sur la typologie du train de bulles. En particulier, la présence d'un élargissement a conduit à la production de mousses avec des tailles de bulles plus petites et un degré accru de rigidité.

L'objectif pour les mois à venir est d'établir les explications physiques sous-jacentes aux phénomènes de fractionnement des bulles dans le procédé. Les futurs travaux se focaliseront donc sur le lien entre les observations à l'intérieur des microcanaux et la caractérisation des propriétés des mousses en sortie du procédé. Les mécanismes conduisant aux phénomènes observés seront établis en analysant les interactions des différentes forces impliquées à ces échelles.

- [1] Anna, S. L. (2016). Droplets and Bubbles in Microfluidic Devices. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 48(1), 285–309.
- [2] Kandlikar, S. G., Garimella, S., Li, D., Colin, S., King, M. R. (2006). *Heat Transfer and Fluid Flow in Minichannels and Microchannels*. NY, USA: Elsevier.
- [3] Bandara, T., Nguyen, N.-T., & Rosengarten, G. (2015). Slug flow heat transfer without phase change in microchannels: A review. *Chemical Engineering Science*, 126, 283–295.
- [4] Afzal, A., & Kim, K. Y. (2014). Flow and mixing analysis of non-Newtonian fluids in straight and serpentine microchannels. *Chemical Engineering Science*, 116, 263–274.
- [5] Laporte, M., Montillet, A., Della Valle, D., Loisel, C., & Riaublanc, A. (2016). Characteristics of foams produced with viscous shear thinning fluids using microchannels at high throughput. *Journal of Food Engineering*, 173, 25–33.
- [6] Laporte, M. (2014) Étude de l'écoulement diphasique à l'échelle millimétrique et micrométrique : application aux mousses. PhD Thesis. Faculté des sciences et des techniques, Université de Nantes, France.