

Laboratoire Colloïdes et Matériaux Divisés

Projet de thèse:

*Fabrication et propriétés d'émulsions concentrées étudiées par la microfluidique***Résumé**

La technologie microfluidique a permis de revisiter les processus d'émulsification et offre désormais un outil efficace pour produire des gouttelettes d'émulsion calibrées [1]. De plus, la capacité d'encapsuler divers composants, d'ajouter des étapes de transformation de la composition des gouttelettes a ouvert une nouvelle voie pour créer des microsphères fonctionnelles [2]. Ces microsphères sont bien adaptées pour des applications dans le domaine des sciences de la vie où un contrôle précis de leurs caractéristiques, telles que la taille ou les propriétés de surface, est requis. Le laboratoire a développé de nouveaux systèmes microfluidiques permettant la production en masse de gouttelettes d'émulsion monodisperses et d'une taille de quelques micromètres, impossible à obtenir par des méthodes conventionnelles. Le procédé d'émulsification est gouverné par la géométrie des microcanaux (figure 1 (a)) [3], néanmoins, les mécanismes physicochimiques impliqués lors de la parallélisation du procédé restent encore à être explorés. De plus, la possibilité de créer de telles émulsions modèles ouvrent la voie vers un champ d'investigations des processus de déstabilisation sous différentes contraintes, mécaniques ou bien thermodynamiques, mais aussi lors du transport d'un des solvants entre gouttes ou bien vers l'atmosphère.

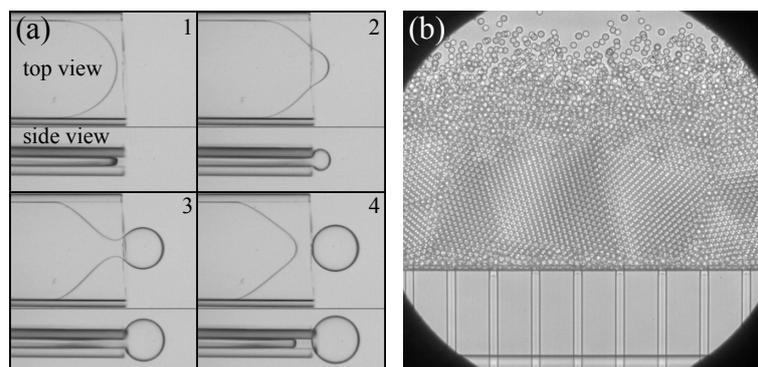


Figure 1: (a) Principe du procédé d'émulsification géométrique, la taille de la goutte est de $400 \mu\text{m}$ (d'après [3]). (b) Parallélisation du procédé dans un microsystème, la taille des gouttes est de $8 \mu\text{m}$.

Objectifs

Un premier axe du projet de thèse est donc d'explorer les caractéristiques d'émulsification dans les systèmes microfluidiques dédiés en fonction de la formulation, c'est-à-dire liées à la viscosité des liquides et aux tensions interfaciales modulées par les tensioactifs ou bien en présence de particules solides. Comme le montre la figure 1 (b), les générateurs de gouttelettes sont disposés le long d'un réseau unidimensionnel et forment ainsi

une émulsion compacte qui est déplacée latéralement par un écoulement transversal de la phase continue. L'un des objectifs est de comprendre comment l'ordre structural des gouttelettes, c'est-à-dire la cristallinité, ou la présence de défauts affecte le mécanisme de fragmentation. Aussi, l'agencement spécifique des générateurs de gouttelettes permettra d'étudier le lien entre le transfert de masse des molécules de tensioactif, leurs propriétés et la stabilité de l'émulsion. Enfin, à partir de cette compréhension, de nouveaux microsystèmes seront conçus.

Un deuxième axe fort de ce projet concerne l'exploration des mécanismes de déstabilisation d'une émulsion modèle, c'est-à-dire constituée de gouttes micrométriques et calibrées, en lien avec la formulation. Le laboratoire a récemment fait l'acquisition d'un instrument permettant de centrifuger un échantillon tout en mesurant la densité optique le long de l'échantillon. Cela permettra de compresser des émulsions afin d'évaluer les interactions entre gouttes, la nucléation de la coalescence entre gouttes et peut être la propagation de la coalescence. Cette étude sera également réalisée sous cisaillement à l'aide d'un rhéomètre. Deux phénomènes seront alors à l'étude. Le premier concerne la fragmentation des gouttes dans une émulsion concentrée présentant des propriétés viscoélastiques. Le deuxième correspond à la possibilité d'induire une inversion de phase sous cisaillement. Enfin, une dernière étude porte sur la dynamique d'extraction d'un solvant présent dans la phase dispersée, elle même contenant des particules solides, au sein d'une émulsion concentrée et le lien avec la morphologie de l'assemblage des particules induit par l'extraction.

Contexte

Le projet de thèse se déroulera au sein du laboratoire Colloïdes et Matériaux Divisés qui est rattaché à l'Institut Chimie Biologie et Innovation. Ce laboratoire a construit ses axes de recherche avec comme point de départ la physique et la chimie des colloïdes et de leur interfaces. Aujourd'hui, le laboratoire découvre, invente et innove aux croisements des disciplines entre chimie, physique et biologie. Il crée de nouvelles approches et de nouveaux matériaux pour la biologie, il revisite des procédés anciens de fabrication de matériaux pour les moderniser et se passionne tout autant par les recherches et développements qui émanent de ses spin off.

Profil

Nous recherchons un candidat ayant un fort intérêt et de l'expérience en microfluidique, mécanique des fluides et physico-chimie de la science des colloïdes. Mis à part une réelle motivation pour mener à bien des expériences en physicochimie, mariant formulation et mesures physiques, une aptitude à analyser et à rationaliser les phénomènes mis en jeu à partir de modèles mathématiques simplifiés est recherchée. Outre l'apprentissage approfondi de notions en science des émulsions, l'étudiant acquerra ou consolidera des compétences dans les techniques de caractérisation physico-chimique et mécanique, comme la tensiométrie ou la rhéologie, dans le traitement d'images mais aussi dans la conception et la microfabrication de microsystèmes, de la technique de lithographie douce à celle d'impression 3D.

References

- [1] Zhu, P. and Wang, L. Passive and active droplet generation with microfluidics: a review. *Lab Chip* **17**(1), 34–75 (2017).
- [2] Li, W., Zhang, L., Ge, X., Xu, B., Zhang, W., Qu, L., Choi, C.-H., Xu, J., Zhang, A., Lee, H., and Weitz, D. A. Microfluidic fabrication of microparticles for biomedical applications. *Chem. Soc. Rev.* **47**(15), 5646–5683 (2018).

- [3] Crestel, E., Derzsi, L., Bartolomei, H., Bibette, J., and Bremond, N. Emulsification with rectangular tubes. *Phys. Rev. Fluids* **4**(7), 073602–, 07 (2019).