

RIC : Rhéologie Interfaciale et Coalescence : étude multi-échelle

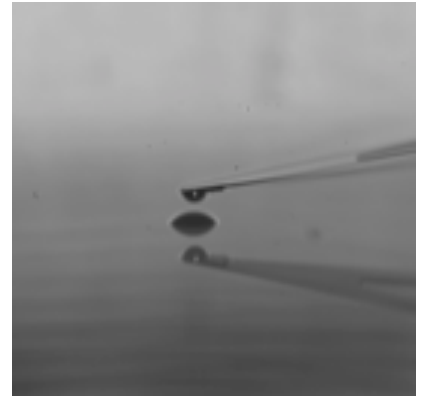


Contexte académique :

Nous proposons un sujet de postdoc en collaboration entre l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) et le Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFCR) à Pau dans le cadre de l'Institut Carnot ISIFOR. Le travail sera encadré par Ph. Tordjeman et F. Risso à l'IMFT et C. Dicharry et P. Bouriat au LFCR. Le postdoc est d'une durée d'un an et se déroulera sur les deux sites, mais majoritairement à Toulouse.

Résumé du projet :

Dans les procédés de production pétrolière, la maîtrise de la coalescence est, d'un point de vue industriel, fondamental pour intensifier les rendements de séparation huile/eau et de dépollution de l'eau ou simplement maîtriser la rhéologie de l'émulsion. La coalescence est caractérisée par un cycle en quatre étapes : une étape de rapprochement des gouttes sous l'effet de la pression suivie de la formation d'un film mince circulaire incluant en son centre une lentille plus épaisse que le film ; une étape d'expulsion de la lentille conditionnée par la rhéologie en cisaillement de l'interface et menant à la formation d'un film plan ; une étape d'amincissement du film sous l'effet de la pression de disjonction de van der Waals (négative) pouvant mettre en jeu les forces de déplétion, les effets de répulsion des doubles couches de Debye mais également des forces hydrodynamiques conditionnées par les forces de Marangoni et la rhéologie de l'interface eau/huile (E/H) ; enfin, une étape de rupture du film en champ proche suivie de la fusion des gouttes sous l'effet des forces moléculaires et/ou électrostatiques. A ce jour, nous ne disposons pas d'un modèle *global* de la coalescence prenant en compte les effets des forces moléculaires et de la rhéologie des interfaces. En revanche, un grand nombre d'expériences ont montré que la texturation des interfaces E/H par certains tensioactifs ou dispersants pouvait inhiber ou favoriser la coalescence (Coll. Surf. A 482, 2015). A titre d'exemple, la migration préférentielle et l'adsorption des asphaltènes aux interfaces sont des facteurs limitant de la coalescence.



L'étude systématique de plusieurs bruts au LFCR a montré que les mécanismes de coalescence de gouttes d'émulsion sont intimement liés à l'élasticité de l'interface E/H (Energy Fuels, 25, 3, 1118, 2011) ; Flésinski, thèse UPPA, 2011). Récemment (Medina-Ligiero, thèse UPPA en cours) des corrélations ont été obtenues en confrontant des expériences de rupture d'émulsions (réalisées en *bottle-tests*) à celles de rhéologie interfaciale. Ces dernières ont été réalisées sur un rhéomètre MCR 302 (Anton Paar) équipé d'une cellule de rhéologie interfaciale munie d'un système de mesure bicône positionné à l'interface E/H. Il a été mis en évidence que les émulsions formées étaient d'autant plus stables vis-à-vis de la coalescence que le module de conservation est élevé, que le module de perte est faible et que le temps à partir duquel le module de conservation devient plus grand que le module de perte est court.

En parallèle, des expériences de coalescence de gouttes dans l'air à l'aide d'un microscope à force atomique (AFM) ont été mises au point à l'IMFT. Elles ont permis d'étudier les effets des forces moléculaires sur la rupture du film d'air. Elles sont couplées à des observations par caméra rapide montée sur un microscope optique inversé. Nous avons modélisé l'interaction entre une pointe AFM et un liquide. Cette modélisation a permis de mettre en évidence les effets de la constante d'Hamaker et de la viscosité

sur la force d'interaction mesurée et sur la dynamique du mouillage de la pointe en champ proche. Cette modélisation a été validée par un grand nombre d'expériences AFM en modulation de fréquence pour une dizaine de liquides.

Le projet RIC a pour objectif l'étude des mécanismes de coalescence à l'échelle moléculaire d'huile dans l'eau. Il repose sur l'étude par rhéologie interfaciale et par AFM d'interfaces E/H modèles différentes en regard de leurs propriétés de coalescence. L'objectif est ici de découpler les effets des interactions moléculaires et électrostatiques des effets de l'élasticité et de la texturation des interfaces.

Ce projet est basé sur la mise au point d'expériences inédites de modulation de fréquence AFM en milieu liquide afin de mesurer les forces et gradients de force d'interaction entre les interfaces. Ces mesures seront couplées à des observations réalisées à l'aide d'un microscope optique relié à une caméra rapide. Dans ce projet, nous souhaitons transposer les expériences réalisées dans l'air aux milieux liquides. Les conditions d'asservissement PLL (*Phase Lock Loop*) pour la modulation de fréquence devront être optimisées aux milieux visqueux. Les trajets optiques devront être calculés et ajustés aux observations en cellule liquide.

En parallèle, les expériences de rhéologie interfaciale seront réalisées sur les interfaces modèles. La caractérisation de l'élasticité interfaciale et de la cinétique de migration de molécules amphiphiles à l'interface repose sur une modélisation fine de l'hydrodynamique dans les conditions de mesure qu'il faudra mener à bien. Cette étude devrait nous permettre de proposer un modèle multiéchelle de la coalescence tenant compte des effets moléculaires et de l'élasticité des interfaces.

Profil recherché :

Physicien ou mécanicien des fluides intéressé par le développement d'expériences fines à l'échelle nanométrique et la modélisation.

Contacts :

Philippe.Tordjeman@imft.fr, Frederic.Risso@imft.fr
christophe.dicharry@univ-pau.fr, patrick.bouriat@univ-pau.fr