

Matériaux de Pickering pour le génie civil

Laboratoire NAVIER

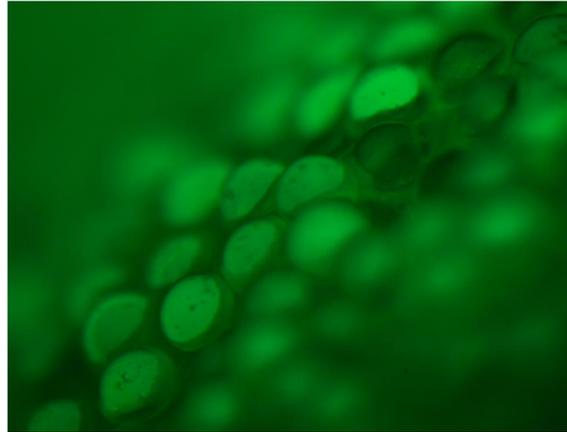
(IFSSTAR, CNRS, ENPC),

UNIVERSITE PARIS-EST

Directeur de thèse prévu :

ROUYER Florence

florence.rouyer@ifsttar.fr



Résumé

Les agents tensioactifs, issus de l'industrie pétrochimique, participent à la stabilisation des mousses et des émulsions, en s'accumulant à l'interface entre les phases air/eau pour les mousses et huile/eau pour les émulsions. Depuis Ramsden [1] et Pickering [2], il est connu que ces tensioactifs peuvent être remplacés par des particules solides hydrophobes. Il y a plusieurs raisons pour lesquelles ce remplacement peut s'avérer intéressant. Les particules ainsi adsorbées assurent aux bulles/gouttes une stabilité beaucoup plus importante que celle procurée par les tensioactifs.

Par exemple, elles peuvent empêcher des bulles de se vider de leur air dans le liquide [3-6], ou de coalescer (fusionner) avec d'autres bulles/gouttes avec lesquelles elles entrent en contact. Par ailleurs, les particules peuvent permettre d'élaborer des matériaux « verts » à base de matériaux renouvelables. En effets, les dernières années ont vu se développer des particules solides biosourcées et plus respectueuses de l'environnement, telles que celles issues des fibres cellulosiques, alors que certains produits tensioactifs sont référencés comme nocifs, voire dangereux pour l'environnement, et la possibilité de leurs utilisations pourrait être remise en cause (réglementation REACH). Ces raisons ont encouragé différents secteurs d'activité à développer des systèmes de Pickering, comme l'industrie alimentaire ou encore par exemple l'industrie pharmaceutique. Ce sujet de thèse s'inscrit dans une démarche visant à développer des matériaux de Pickering pour le secteur du génie civil. Certaines particules peuvent s'avérer si efficaces pour stabiliser des bulles d'air en solution, qu'il devient possible de les utiliser pour produire des matériaux poreux. Dans ce cas, les particules qui entouraient les bulles deviennent la matrice solide de ce matériau, les bulles devenant la porosité. L'avantage de cette méthode est que le volume final de matrice peut être très fortement réduit, suivant les tailles choisies pour les bulles et les particules. Ces matériaux très poreux et très légers possèdent entre autres d'intéressantes propriétés d'isolation thermique, ce qui pourrait permettre leur utilisation dans le domaine de la construction et de l'habitat. Par ailleurs, si les particules utilisées sont minérales, les matériaux obtenus seront naturellement incombustibles, ce qui constitue un atout sérieux, face aux mousses plastiques par exemple. Dans cette thèse, nous évaluerons la capacité de particules minérales à jouer le rôle de particules de Pickering à l'interface solution aqueuse/air et à stabiliser des bulles d'air en solution. Plusieurs types de particules seront étudiés, entres autres : des particules naturellement hydrophobes, des particules rendues hydrophobes en solution par l'ajout d'une

très faible quantité de tensioactifs [7,8], des particules issues du recyclage de matériaux traités hydrophobes dans leur première utilisation.

Méthodologie

Nous mettrons en oeuvre des méthodes expérimentales permettant d'étudier ces systèmes à l'échelle d'une bulle, ou d'une goutte, recouverte de particules. Il s'agira d'outils classiques, comme la tensiométrie de goutte ou de bulle, en modes quasistatique et dynamique, ou comme la compression de monocouche de particules en cuve de Langmuir. Nous utiliserons également des dispositifs dédiés, réalisés au laboratoire, permettant de solliciter mécaniquement ces interfaces, en cisaillement ou en compression. Dans un second temps, les méthodes micro-/milli-fluidiques développées au laboratoire, pour générer des suspensions contrôlées de bulles ou de gouttes [9,10], seront employées pour produire de petits échantillons d'émulsion ou de mousse de Pickering. Ces échantillons contrôlés seront étudiés du point de vue de leur stabilité dans le temps (évolution de la taille des gouttes/bulles) en fonctions des paramètres de leur formulation. La stabilité sous cisaillement et la rhéologie seront également étudiées.

Informations concernant le candidat et l'encadrement :

Le/La candidat(e) devrait disposer d'une formation dans le domaine de la physico-chimie et avoir un goût prononcé pour l'expérimentation. Une connaissance des systèmes colloïdaux et de la rhéologie serait un plus. La thèse se déroulera au laboratoire Navier/Ifsttar (Champs-sur-Marne). Les encadrants seront, à Navier : Florence Rouyer et Olivier Pitois, tous deux spécialisés dans le domaine des mousses [11].

Références bibliographiques :

- [1] W. Ramsden, Proc. R. Soc. London 72, 156 (1903).
- [2] Pickering S. U., J. Chem. Soc. Trans. 912001–2021 (1907).
- [3] M. Abkarian, A. B. Subramaniam, S.-H. Kim, R. J. Larsen, S.-M. Yang, and H. A. Stone, Physical review letters 99, 188301 (2007).
- [4] O. Pitois, M. Buisson, and X. Chateau, The European Physical Journal E 38, 48 (2015).
- [5] N. Taccoen, F. Lequeux, D. Z. Gunes, and C. N. Baroud, Physical Review X 6, 011010 (2016).
- [6] Y. Timounay, O. Pitois, F. Rouyer, Physical Review Letters 118, 228001 (2017).
- [7] P. Petit, I. Javierre, P.-H. Jézéquel, A.-L. Biance, Cem. Concr. Res. 60, 37–44 (2014).
- [8] B. Feneuil, O. Pitois, N. Roussel, Cement and Concrete Research 100, 32–39 (2017).
- [9] B. Haffner, Y. Khidas, O. Pitois, Soft Matter 10, 3277-3283 (2014).
- [10] B. Laborie, F. Rouyer, D. Angelescu, E. Lorenceau, Soft Matter 12, 9355-9363 (2016).
- [11] « Les mousses – Structure et dynamique », aux Editions Belin, collection Echelles (2010) - ISBN 978-2-7011-4284-5.
- [12] L. Boucard, V. Gaudefroy, E. Chailleux, F. Farcas, V. Schmitt, Langmuir, 33 (38), 9740-9749 (2017)

Mots-clefs: mousses ; matériaux aérés ; particules ; cellulose ; interfaces ; rhéologie

Abstract

Surfactants, from petrochemicals, are used to stabilize foams and emulsions, by adsorption at the air/water interfaces for foams and at the oil/water interfaces for emulsion. Since Ramsden [1] and Pickering [2], it is known that surfactants can be replaced by hydrophobic solid particles. Several advantages for such replacement can be listed. Adsorbed particles provide a larger stability to bubbles and drops than surfactants molecules. As an example, they can inhibit gas from bubble to dissolve into surrounding fluid [3-6], or to coalesce with other bubbles/drops they are in contact with. Besides, particles can be a tool to produce “green” materials with recyclable constituents. Indeed, bio-sourced and environmentally-friendly solid particles has been developed in recent years like cellulose fiber in opposition to surfactant molecules are registered as toxic even dangerous for the environment and their use can be questionable (REACH regulation). All these reasons have encouraged various industries to develop Pickering systems like food industries or pharmaceutical industries. This PhD project aims to develop such Pickering systems for civil engineering. We will focus on two systems: bitumen emulsions and thermal insulation material. Adding particles to stabilize air bubbles can be so efficient that it possible to use them to create porous materials. In that case, particles that surround the bubbles are the solid matrix and the bubble are the porosity. The advantage of such material is that the volume of the matrix can be considerably reduce depending on particles and bubbles size. Such highly porous and light materials are of interest for thermal insulation and thus can be very useful for building purposes. Moreover, if the particle are mineral, the material will be incombustible which is a big advantage compare to plastic foam insulation. During this PhD project, we will study the ability of mineral material to act like Pickering particles at aqueous solution/air interfaces to stabilize air bubbles. Various particles will be tested, from inherently hydrophobic particles, particles made hydrophobic and to particles obtained from recycling material.

Dedicated experiments will be realized to study the two formerly systems at the scale of the bubble or the drop laden with particles. We will use usual tools like drop/bubble tensionmetry in quasistatic and dynamic regime and Langmuir balance. In addition, we will use and improve set-up developed in the lab to study mechanical properties of the interfaces under compression and shear. Afterward, micro/milli-fluidic processes developped in the lab to generate suspensions of drops and bubbles will be used to produce samples of Pickering emulsions and foams. The stability and the rheology of the samples will be studied for different formulations.

The candidat should have skills in physico-chemistry and have a taste of experiments. Knowledges on colloids and rheology will be appreciated. The PhD thesis will be conducted in Navier Lab (Ifsttar, at Champs-sur-Marne). The supervisors will be at Navier : Florence Rouyer et Olivier Pitois (specialists of foams and aerated materials)

Keywords : foams ; aerated materials ; particles ; cellulose ; interfaces ; rheology