

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Monsieur XIE Kaili est autorisé à présenter ses travaux en vue de l'obtention du diplôme national de DOCTORAT délivré par l'école CENTRALE MARSEILLE

le 13 septembre 2019, à 14h00

à : Salle de conférences (RDC) du bâtiment NANOBIO DCM, 570 rue de la Chimie
38400 Saint Martin d'Hères

Titre : Instabilité de microcapsules en écoulement : rupture et rides

Ecole doctorale : ED 353 SCIENCES POUR L'INGENIEUR : Mécanique, Physique, Micro et Nanoélectronique

Spécialité : Mécanique et Physique des Fluides

Rapporteurs :

Monsieur Chaouqi MISBAH, Directeur de Recherche, CNRS / Laboratoire Interdisciplinaire de Physique, Grenoble, France.

Monsieur Christian LIGOURE, Professeur, Laboratoire Charles Coulomb, Montpellier, France.

Membres du Jury :

Madame Anke LINDNER, Professeur, PMMH-ESPCI Sorbonne Université, Paris, France.

Monsieur Chaouqi MISBAH, Directeur de Recherche, CNRS / Laboratoire Interdisciplinaire de Physique, Grenoble, France.

Monsieur Christian LIGOURE, Professeur, Laboratoire Charles Coulomb, Montpellier, France.

Monsieur Dominic VELLA, Professeur, University of Oxford / Mathematical Institute, Royaume-Uni.

Monsieur Clément DE LOUBENS, Chargé de Recherche, CNRS / Laboratoire Rhéologie et Procédés, Grenoble, France.

Monsieur Marc LEONETTI, Chargé de Recherche, CNRS / Laboratoire Rhéologie et Procédés, Grenoble, France.

Monsieur Marc JAEGGER, Professeur, M2P2/ École Centrale de Marseille, France.

Résumé :

Les particules déformables telles que les cellules biologiques, les vésicules ou encore les capsules présentent une grande richesse de dynamiques sous écoulement. Ces dynamiques, telles que des oscillations de la forme, résultent du couplage fluide-structure entre la réponse mécanique de la membrane et la contrainte hydrodynamique appliquée. La résistance de la membrane au cisaillement et à la flexion induit une nouvelle classe d'instabilités conduisant à une modulation de la membrane qui apparaissent comme des plis. L'objectif de cette thèse est de comprendre l'émergence de tels instabilités sur des microcapsules. Nous avons développé une nouvelle méthode de fabrication qui permet de varier les propriétés mécaniques et l'épaisseur de la membrane dans une grande gamme. Un montage expérimental original a été développé pour visualiser la formation de motifs et la longueur d'ondes des plis. L'instabilité de plissement est caractérisée par plusieurs lois d'échelle permettant d'établir les nombres sans dimension pertinents. En particulier, la

forme est instable quand le nombre capillaire est plus grand qu'une valeur unique indépendantes des propriétés mécaniques membranaires. A un plus grand nombre capillaire, la transition plis-creux (ou plis profonds localisés) est observée et caractérisée. Au-delà d'un nombre capillaire, la forme redevient stable. A plus grand nombre capillaire, la transition vers la fragmentation ou la fracture de la capsule est caractérisée par un diagramme de phase et comparé à celui d'une goutte.

Mots-clés: microcapsule, instabilités mécanique, rides, rupture, rhéologie interfaciale, écoulement de Stokes

Abstract:

Deformable particles such as cells, vesicles and microcapsules exhibit abundant spatiotemporal dynamics in flows. In particular, it is commonly accepted that the membrane mechanical properties and flow types govern these dynamics, for example global deformation and shape oscillation. There also exist locally self-organized shape modulations in response to the flows, for example wrinkling and breakup instabilities. The objective of this thesis is to understand the emergence of such instabilities on microcapsules. The challenge comes to the tunability and control of the membrane rheological properties. We first develop a new formulation of assembling microcapsules made of a thin membrane with widely tunable properties. We describe an original visualization set-up that images microcapsules in orthogonal views, allowing a 3D characterization of pattern formation and the first measurement of wrinkles wavelength. The wrinkling instability is characterized by various scaling laws to highlight the salient parameters. Especially, wrinkling pattern appears above a unique critical capillary number regardless of membrane properties. Wrinkles-to-folds transition is observed if the capillary number is greater than the second critical capillary number. However, under extremely high capillary number, microcapsules surface become stable again, prior to breakup. A phase diagram of capsules breakup in extensional flow is also established and compared to the case of droplets.

Keywords: microcapsule, mechanical instabilities, wrinkles, breakup, interfacial rheology, Stokes flow.