

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

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

le 5 juillet 2019, à 14h00

à : Amphithéâtre 3, Centrale Marseille, Technopôle de Château-Gombert,
38 rue Frédéric Joliot-Curie 13451 MARSEILLE CEDEX 13

Titre : Modélisation numérique de la dynamique de particules molles en microcanaux

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, LIPhy, CNRS, Grenoble, France.

Monsieur Franck NICOUD, Professeur des Universités, Université de Montpellier, France.

Membres du Jury :

Monsieur Chaouqi MISBAH, Directeur de Recherche, LIPhy, CNRS, Grenoble, France.

Monsieur Franck NICOUD, Professeur des Universités, Université de Montpellier, France.

Monsieur Marc JAEGER, Professeur des Universités, École Centrale de Marseille, France.

Madame Annie VIALLAT, Directeur de Recherche, CINaM, CNRS, Marseille, France.

Monsieur Marc LEONETTI, Chargé de Recherche, LRP, CNRS, Grenoble, France.

Monsieur Paul Gang CHEN, Chargé de Recherche, M2P2, CNRS, Marseille, France.

Résumé :

Une vésicule est un système modèle utilisé pour comprendre le comportement dynamique en écoulement d'une particule molle fermée telle qu'un globule rouge. La membrane bicouche lipidique inextensible d'une vésicule admet une résistance d'élasticité en flexion. Lorsque dégonflée, c'est-à-dire pour un grand rapport surface sur volume, une vésicule présente des changements de formes remarquables. Des progrès significatifs ont été réalisés au cours des dernières décennies dans la compréhension de leur dynamique en milieu infini. Ce manuscrit s'intéresse à la transition de formes et à la migration latérale d'une vésicule dans des écoulements confinés. L'approche est numérique, basée sur une méthode aux éléments finis de frontière (BEM) isogéométrique. Partant d'une version existante pour les écoulements de Stokes non confiné, un code original est développé pour prendre en compte les parois de microcanaux de section transversale arbitraire. L'essentiel des études porte sur la dynamique d'une vésicule transportée par un écoulement de

Poiseuille dans une conduite de section circulaire. Tout d'abord, nous examinons les formes typiques des vésicules, les différents modes de migration latérale et la structure de l'écoulement des lipides dans la membrane, en fonction des trois paramètres sans dimension caractéristiques : le volume réduit, le confinement et le nombre capillaire (de flexion). Les transitions de forme et le diagramme de phase de formes stables pour plusieurs volumes réduits sont obtenus dans l'espace (confinement, nombre capillaire). Ils montrent une extension de l'ensemble des morphologies de la vésicule. L'interaction complexe entre la paroi du tube, les contraintes hydrodynamiques et l'élasticité de flexion de la membrane conduit à une dynamique bien plus riche. Nous étudions ensuite, via une version axisymétrique du modèle, le comportement de la vésicule lorsque des conditions de confinement deviennent sévères et imposent des formes de vésicule axisymétriques. Un accent particulier est mis sur la prédiction de la mobilité de la vésicule et de la perte de charge additionnelle induite par la présence de la vésicule. Cette dernière est importante pour comprendre la rhéologie d'une suspension diluée. De plus, sur la base des résultats numériques du comportement proche du confinement maximal, nous établissons plusieurs lois d'échelle portant sur la vitesse de la vésicule et sa longueur, ainsi que sur l'épaisseur du film de lubrification. Enfin, nous présentons un modèle hybride BEM-coarse-graining permettant d'adjoindre un cytosquelette à une vésicule pour étendre nos études au cas des globules rouges. La modélisation coarse-graining du cytosquelette repose sur un réseau de ressorts identifié à l'ensemble des arêtes du maillage d'éléments finis de la membrane de la vésicule. Les résultats numériques montrent que ce modèle à deux composants vésicule-cytosquelette est capable d'extraire les propriétés mécaniques des globules rouges et de prédire sa dynamique dans les écoulements de fluide.