



ECOLE DOCTORALE
ED 468
« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



Proposition de sujet de thèse- Contrats Doctoraux 2019-2022

Titre du sujet	Dissipation d'énergie dans un liquide confiné
Directeur de thèse*	Thierry ONDARÇUHU Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) thierry.ondarcuhu@imft.fr
Co-Directeur de thèse	Philippe TORDJEMAN IMFT philippe.tordjeman@imft.fr
Laboratoire	IMFT

Description du sujet

L'étude du comportement des liquides à l'échelle nanométrique est un domaine qui connaît un développement important ces dernières années [1]. Un grand nombre de questions restent ouvertes, principalement en raison d'une absence de modèle physique reliant l'hydrodynamique macroscopique aux effets moléculaires. Dans ce cadre, nous proposons un sujet de thèse sur l'étude des mécanismes de dissipation d'énergie dans un liquide confiné, à l'échelle du nanomètre. Nous nous concentrerons sur deux situations :

- (i) la dynamique de la ligne de contact qui conditionne le mouillage mais reste mal comprise, notamment en présence de défauts de surface ;
- (ii) la propagation d'une déformation induite en champ proche par une pointe AFM à la surface d'un film mince.

Ce projet repose sur la mise au point d'expériences de microscopie à force atomique (AFM) afin d'identifier et comprendre les mécanismes physiques qui gouvernent la dynamique des liquides à l'état confiné. Nous nous appuyerons sur des résultats récents de mesures par AFM de dissipation visqueuse [2,3] et de force d'interaction [4-6] entre des pointes spécifiques et une couche de liquide confiné.

Dans un premier temps, nous utiliserons des nanocylindres usinés par faisceau d'ions focalisé (FIB) sur lesquels sont déposés des défauts nanométriques (Fig. 1a) pour étudier la dissipation liée à un mouvement de la ligne de contact lorsque la pointe est partiellement immergée dans un liquide [7] (Fig. 1b). Nous étudierons ensuite la propagation de la déformation d'une couche liquide engendrée sans contact par les forces d'interactions de van der Waals induites par une pointe en déplacement à vitesse constante au-dessus de la surface [8] (Fig. 1c).

Les résultats seront analysés en collaboration avec M. Benzaquen (LadHyX) et D. Legendre (IMFT) à l'aide de modèles théoriques et de simulations avec le code JADIM.

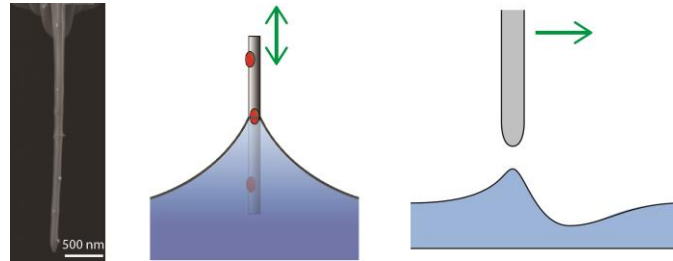


Fig. 1 : (a) image MEB d'une pointe AFM terminée par un nanocylindre de diamètre 100 nm sur laquelle sont déposés des défauts nanométriques par Electron Beam Induced Deposition (EBID) ; (b) représentation schématique de l'oscillation d'une pointe dans une interface liquide pour des mesures de dissipation à la ligne de contact ; (c) pointe déplacée au-dessus d'un film liquide entraînant une déformation de l'interface.

Mots-clés

Liquides confinés, nanohydrodynamique, mouillage, microscopie à force atomique, nanofabrication, modélisation et simulation numérique.

Profil recherché :

Formation en mécanique des fluides et/ou physique de la matière condensée.

Intérêt pour l'expérimentation à petite échelle et la modélisation et simulation numérique.

Références :

- [1] Nanoscale liquid interfaces, Pan Stanford Publishing (2013) , T. Ondarçuhu et JP Aimé.
- [2] C. Mortagne, K. Lippera, P. Tordjeman, M. Benzaquen and T. Ondarçuhu, **Phys. Rev. Fluids. Rapid Comm.**, 2 (2017) 102201(R).
- [3] J. Dupré de Baubigny, M. Benzaquen, C. Mortagne, C. Devailly, J. Laurent, A. Steinberger, J.-P. Salvétat, J.-P. Aimé, T. Ondarçuhu, **Phys. Rev. Fluids**, 1 (2016) 044104
- [4] V. Chireux, M. Protat, F. Risso, T. Ondarçuhu, P. Tordjeman, **Phys. Rev. Fluids Rapid Comm.**, 3 (2018) 102001(R).
- [5] C. Mortagne, V. Chireux, R. Ledesma-Alonso, M. Ogier, F. Risso, T. Ondarçuhu, D. Legendre, and Ph. Tordjeman, **Phys. Rev. E**, 96 (2017) 012802.
- [6] R. Ledesma-Alonso, D. Legendre, Ph. Tordjeman, **Phys. Rev. Lett.**, 108, 106104 (2012).
- [7] M. Delmas, M. Monthieux, T. Ondarçuhu*, **Phys. Rev. Lett.** 106 136102 (2011).
- [8] R. Ledesma-Alonso, E. Raphael, T. Salez, Ph. Tordjeman, D. Legendre , **Soft Matter**, 13 (2017) 3822-3830.



Thesis proposal for a Doctoral position 2019-2022

Title	Energy dissipation in confined liquids
Supervisor*	Thierry ONDARÇUHU Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) thierry.ondarcuhu@imft.fr
Second Supervisor	Philippe TORDJEMAN IMFT philippe.tordjeman@imft.fr
Laboratory	IMFT

Research project description :

The behaviour of liquids at the nanometer scale has attracted a lot of attention during the last years [1]. A large number of issues remains unanswered, mainly due to a lack of physical models bridging the gap between hydrodynamics and molecular effects. In this framework, we propose to study energy dissipation mechanisms in confined liquids, at the nanometer scale. We will focus on two situations :

- (i) the dynamics of contact line which controls wetting dynamics, in particular in the presence of surface defects.
- (ii) the propagation of a deformation induced in near field by an AFM tip at the surface of a thin liquid film.

This project is based on new experiments using atomic force microscopy (AFM) with the aim to identify and understand the physical mechanisms that governs fluid dynamics in confined state. It will rely on recent AFM studies of viscous dissipation [2,3] and of interaction force [4-6] between specific tips and a confined liquid layer.

In a first step, we will use nanocylinders, milled by focused ion beam (FIB) with artificial nanometric defects (Fig. 1a) to study the dissipation caused by a motion of the contact line on the tip [7] (Fig. 1b). We will then investigate the propagation of a deformation of a liquid interface resulting from van der Waals interaction forces induced by a moving tip above the surface. The data will be analysed in collaboration with M. Benzaquen (LadHyX) and D. Legendre (IMFT) using theoretical models and simulations using the JADIM code.

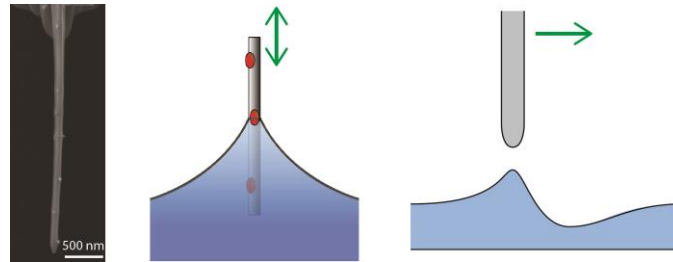


Fig. 1 : (a) SEM image of and AFM tip terminated by a nanocylinder with diameter 100 nm on which nanometric defects have been deposited by Electron Beam Induced Deposition (EBID) (b) Sketch of the oscillation of a tip at a liquid interface for dissipation measurements ;(c) Tip moved above a thin film inducing a deformation of the interface.

Keywords

Confined liquids, nanohydrodynamics, wetting, atomic force microscopy, nanofabrication, modelisation and numerical simulation.

Required profile :

Formation in fluid mechanics and/or physics of condensed matter.

Interest for experimentation at small scale and for modelisation and numerical simulations.

Références :

- [1] Nanoscale liquid interfaces, Pan Stanford Publishing (2013) , T. Ondarçuhu et JP Aimé.
- [2] C. Mortagne, K. Lippera, P. Tordjeman, M. Benzaquen and T. Ondarçuhu, **Phys. Rev. Fluids. Rapid Comm.**, 2 (2017) 102201(R).
- [3] J. Dupré de Baubigny, M. Benzaquen, C. Mortagne, C. Devailly, J. Laurent, A. Steinberger, J.-P. Salvétat, J.-P. Aimé, T. Ondarçuhu, **Phys. Rev. Fluids**, 1 (2016) 044104
- [4] V. Chireux, M. Protat, F. Risso, T. Ondarçuhu, P. Tordjeman, **Phys. Rev. Fluids Rapid Comm.**, 3 (2018) 102001(R).
- [5] C. Mortagne, V. Chireux, R. Ledesma-Alonso, M. Ogier, F. Risso, T. Ondarçuhu, D. Legendre, and Ph. Tordjeman, **Phys. Rev. E**, 96 (2017) 012802.
- [6] R. Ledesma-Alonso, D. Legendre, Ph. Tordjeman, **Phys. Rev. Lett.**, 108, 106104 (2012).
- [7] M. Delmas, M. Monthieux, T. Ondarçuhu*, **Phys. Rev. Lett.**, 106 136102 (2011).
- [8] R. Ledesma-Alonso, E. Raphael, T. Salez, Ph. Tordjeman, D. Legendre , **Soft Matter**, 13 (2017) 3822-3830.