

Dynamique de mouillage à l'échelle nanométrique

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Léon Brillouin (LLB), CEA Saclay

Contacts : Fabrice Cousin (fabrice.cousin@cea.fr), Marion Grzelka (marion.grzelka@cea.fr)

Mots clés : Physique des liquides, matière molle, polymères, mouillage, nanosciences

Le **mouillage dynamique** décrit les processus mis en jeu lorsqu'un liquide recouvre une surface solide. C'est un phénomène qui est omniprésent dans la nature, par exemple lorsque de la rosée perle sur une feuille, ainsi que dans de nombreux procédés d'intérêt industriel, depuis l'étalement d'une peinture sur un mur jusqu'à l'élaboration de procédés de revêtement de haute performance en nanotechnologie. **Il est aujourd'hui relativement bien compris dans le cas de surfaces solides modèles parfaitement lisses et homogènes, mais pas dans le cas de surfaces réelles qui présentent des rugosités et/ou des hétérogénéités chimiques, pour lesquelles une modélisation fine des mécanismes reste un défi majeur.** La principale difficulté réside dans les multiples échelles impliquées dans ces mécanismes qui varient sur plusieurs ordres de grandeur, de la taille millimétrique d'une goutte jusqu'à l'échelle nanométrique où s'exercent les interactions liquide-substrat.

Objectifs de la thèse : L'objectif principal de cette thèse est de mieux comprendre comment la **rugosité nanométrique** influence la dynamique du mouillage. Nous chercherons notamment à répondre aux questions suivantes :

- Comment la rugosité topographique à l'échelle nanométrique modifie-t-elle l'étalement d'un liquide ?
- Quel rôle joue une couche de polymère nanométrique greffée ou adsorbée sur une surface dans la dynamique de mouillage ?
- Lorsque le substrat se déplace à grande vitesse, peut-on mesurer les forces de frottement à la ligne de contact et modéliser les mécanismes de dissipation à l'échelle nanométrique ?

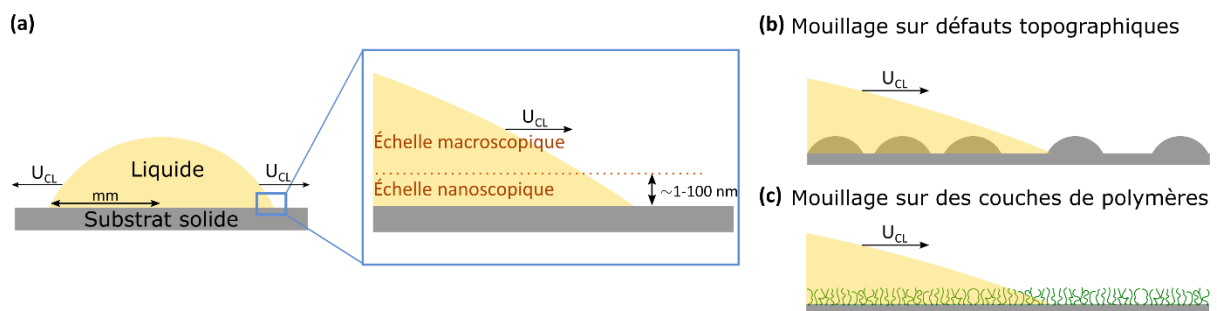


Figure : a) Illustration d'une goutte de liquide se propageant avec une vitesse U_{CL} sur une surface plate. Près de la ligne de contact, une dissipation d'énergie se produit de l'échelle macroscopique à l'échelle nanoscopique. Le but de cette thèse est de comprendre comment (b) la rugosité nanométrique et (c) les couches de polymères influencent la dynamique du mouillage.

Méthodologie : Ce projet repose sur une approche interdisciplinaire combinant physique et chimie des surfaces. Le (La) doctorant(e) mènera des **expériences modèles systématiques**, associées à des outils de visualisation et de caractérisation multi-échelles, pour explorer ces questions fondamentales.

Dans un premier temps, le(a) doctorant(e) fabriquera et caractérisera les surfaces (microscopie à force atomique, ellipsométrie, réflectivité des rayons X). Il (Elle) observera ensuite l'étalement du liquide à toutes les échelles pertinentes en couplant de techniques de microscopie classique (échelles macroscopiques) avec des expériences de réflectivité des rayons X et des neutrons sur des grands instruments (échelles nanométriques). Enfin, le projet comporte une partie de développement

instrumental, avec la conception et construction d'un dispositif expérimental pour mesurer les forces de frottement à la ligne de contact.

Impact attendu : Grâce à la complémentarité des approches expérimentales, cette thèse permettra de mieux comprendre les mécanismes fondamentaux de dissipation d'énergie à la ligne de contact, depuis l'échelle nanométrique jusqu'à l'échelle millimétrique.

Profil recherché : Nous recherchons un(e) physicien(ne) ou un(e) physico-chimiste spécialisé(e) dans la physique de la matière molle, les systèmes complexes, la mécanique des fluides, les nanosciences ou la physico-chimie. Une expertise expérimentale dans l'un de ces domaines serait particulièrement appréciée. Le doctorat est entièrement financé (financement de l'Agence National de Recherche)

Pour plus de détails sur le projet, les candidats motivés et qualifiés sont encouragés à postuler en utilisant les contacts mentionnés ci-dessus et à envoyer un CV et une lettre de motivation.

Wetting dynamics at the nanoscale

Laboratory name: Laboratoire Léon Brillouin (LLB), CEA Saclay

Contacts: Fabrice Cousin (fabrice.cousin@cea.fr), Marion Grzelka (marion.grzelka@cea.fr)

Keywords: Physics of liquids, soft matter, polymers, wetting, nanoscience

Wetting dynamics describes the processes involved when a liquid spreads on a solid surface. This phenomenon is ubiquitous in nature, for example, when dew beads up on a leaf, as well as in many processes of industrial interest, from the spreading of paint on a wall to the development of high-performance coating processes in nanotechnology. **Today, wetting dynamics is relatively well understood in the case of perfectly smooth, homogeneous model solid surfaces, but not in the case of real surfaces featuring roughness and/or chemical heterogeneity, for which fine modeling of the mechanisms remains a major challenge.** The main difficulty lies in the multiple scales involved in these mechanisms, which vary over several orders of magnitude, from the millimetric size of a drop to the nanometric scale where liquid-substrate interactions take place.

Aim of the thesis: The main goal of this thesis is to gain a better understanding of how **nanometric roughness** influences wetting dynamics. In particular, we will seek to answer the following questions:

- How does nanoscale topographic roughness modify the spreading of a liquid?
- What role does a nanometric polymer layer grafted or adsorbed on a surface play in wetting dynamics?
- When the substrate is moving at high speed, can we measure the friction forces at the contact line and model the dissipation mechanisms at the nanometric scale?

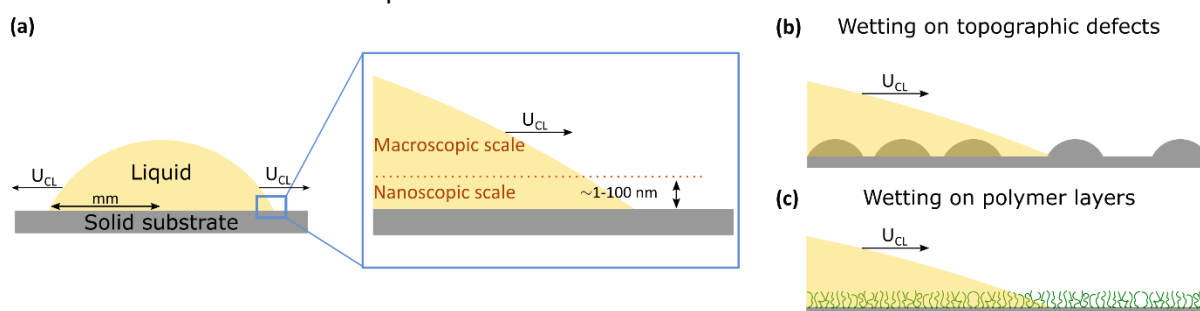


Figure: (a) Illustration of a liquid droplet travelling at U_{cl} speed over a flat surface. Near the contact line, energy dissipation occurs from the macroscopic to the nanoscopic scale. The aim of this thesis is to understand how (b) nanoscale roughness and (c) polymer layers influence wetting dynamics.

Methodology: This project is based on an interdisciplinary approach combining the physics and chemistry of surfaces. The PhD student will conduct **systematic model experiments**, combined with multi-scale visualisation and characterisation tools, to explore these fundamental questions.

During the project, the PhD student will fabricate and characterise the studied surfaces (atomic force microscopy, ellipsometry, X-ray reflectivity). He/she will then observe liquid spreading at all relevant scales, coupling classical microscopy techniques (macroscopic scales) with X-ray and neutron reflectivity experiments on large instruments (nanometric scales). Finally, the project includes instrumental development, with the design and construction of an experimental device to measure frictional forces at the contact line.

Expected impact: Thanks to the complementary nature of the experimental approaches, this thesis will provide a better understanding of the fundamental mechanisms of energy dissipation at the contact line, from the nanometric to the millimetric scale.

Profile required: We are looking for a physicist or physical chemist specialising in soft matter physics, complex systems, fluid mechanics, nanoscience or physical chemistry. Experimental expertise in one of these areas would be particularly appreciated. The PhD is fully funded by the French National Research Agency (ANR).

For more details on the project, motivated and qualified candidates are encouraged to apply using the contacts mentioned above and send a CV and covering letter.