

Proposition de stage

Modèles et méthodes numériques « level set » adaptés au problème de la ligne triple dans le code Notus CFD

Application à la remontée capillaire et à la goutte d'eau *glissante*

Laboratoire I2M (Bordeaux), Mécanique des Fluides Numériques / TREFLE

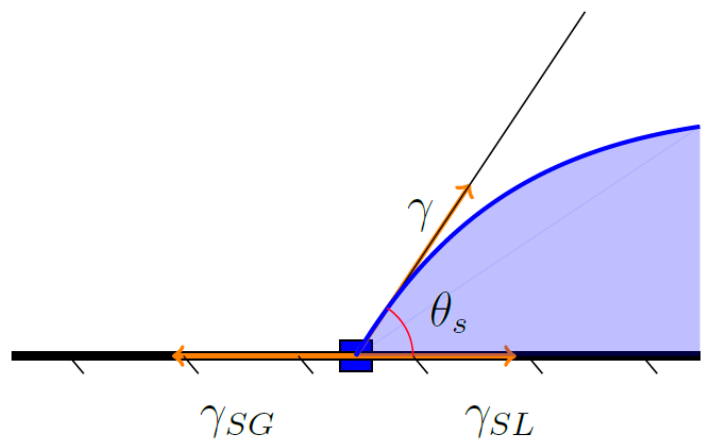
Début du stage : février-mars 2019 ; durée : 6 mois

Mots-clefs : simulation, méthodes numérique, mécanique des fluides, ligne triple, level set

Contact : Mathieu.Coquerelle@bordeaux-inp.fr



(a) Les effets de la tension superficielle et de la ligne triple (contact air/eau/feuille) sont dominants aux petites échelles et ont de nombreux impacts sur les applications en biologie ainsi que dans des procédés industriels.



(b) Zoom sur les forces agissant à la limite entre les 3 domaines au niveau de la ligne triple (ici un point en 2D). La modélisation de ces forces est encore aujourd'hui un problème délicat et les méthodes numériques associées requièrent une grande précision.

FIGURE 1: La ligne triple « en action » : photographie du phénomène (gauche) et représentation des forces en jeu (droite)

Cadre du sujet

Les phénomènes mécaniques en jeu à l'endroit de la **ligne triple** (voir illustration en figure 1) sont de tout premier ordre aux petites échelles (inférieures au millimètre) et d'un enjeu très important dans de nombreux domaines. Pour exemple, la montée de la sève des arbres est en partie due à la *remontée capillaire* (sève/air/racine ou capillaires), le glissement des gouttes de pluie sur votre pare-brise (eau/air/verre traité), la ponction d'échantillons de sang est entraînée par le même phénomène (air/sang/seringue), l'expansion d'une résine dans un milieu poreux visant la consolidation de structures fibreuses pour des pièces aéronautiques (résine/gaz/fibre de verre), etc. Alors que l'équilibre de la ligne triple est une question relativement facile à traiter, sa dynamique est quant-à elle très complexe et encore aujourd'hui un sujet de recherche très actif.

L'origine de ces importantes forces capillaires se situe à l'échelle (nanométrique) des atomes; des outils de simulation moléculaire (MD) permettent d'en approcher le comportement de manière satisfaisante. Toutefois, la plupart des applications se situent à une échelle mésoscopique (entre le micro et le milli mètre) pour laquelle il n'est pas envisageable d'utiliser de tels outils. La simulation des fluides numériques (CFD) permet le calcul précis d'écoulement à ces échelles dans le cadre de la mécanique des milieux continus. Le lien entre les échelles nanoscopique et mésoscopique est un sujet délicat pour lequel plusieurs modélisation permettent aujourd'hui d'en mimer le comportement de manière relativement satisfaisante. Un des points de blocage important aujourd'hui reste la discrétisation correcte des équations spécifiques proches de la ligne triple où une grande précision est indispensable.

Sujet du stage

Objectifs

Les objectifs principaux du stage sont :

1. l'implémentation dans le code **Notus CFD** (<http://notus-cfd.org>, développé au laboratoire I2M) et amélioration des **méthodes numériques**/géométriques associées à la discrétisation des forces de glissement agissant à la ligne triple (en 2D, 2D axisymétrique voire 3D) basé sur une représentation **level set** ;
2. la validation de la méthode pour un modèle de type « condition de bord de Navier généralisée » sur différents cas de références : ménisque à l'équilibre (Jurin), montée capillaire (Washburn), étalement d'une goutte et glissement d'une goutte ; pour différents nombres de Bond et de Laplace ;
3. la comparaison quantitative aux résultats obtenus avec la représentation (déjà implémentée) « front-tracking » ;
4. l'intégration de la méthode avec des frontières immergées (non alignées aux limites du domaine de calcul) : application à la montée capillaire dans un tube à géométrie variable et dans des canaux microscopiques avec reconnexion ;
5. éventuellement l'implémentation d'un second modèle pour la ligne triple.

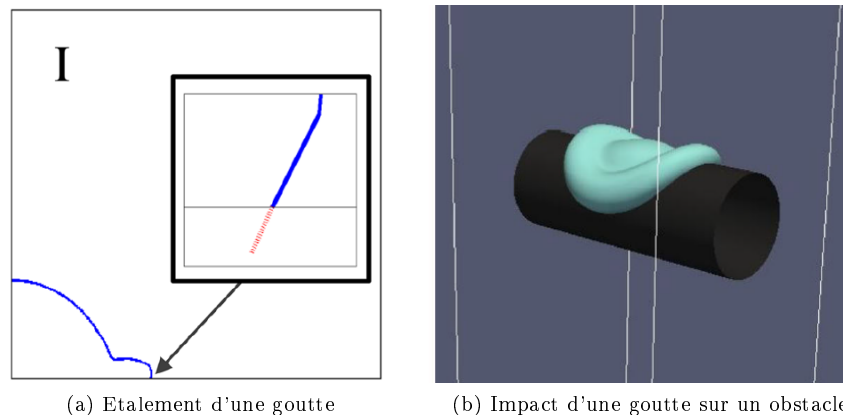


FIGURE 2: Méthodes « level set » pour la dynamique de la ligne triple, extraits de [Shin et al 2018]

Travaux préliminaires

Ce stage s'inscrit en parallèle et en complément du travail d'un doctorant (encadré par S. Glockner et M. Coquerelle) focalisé sur la modélisation et la représentation « front-tracking ».

Résultats et valorisation

Les méthodes numériques implémentées seront intégrées dans le code de calcul **Notus CFD**, développé à l'I2M, pour des applications dans et au-delà du laboratoire. La recherche en méthode numérique sur la ligne triple est encore aujourd'hui très active dans les laboratoires français et à l'international. Ce stage serait un tremplin intéressant pour la continuité vers une thèse sur ou autour du sujet.

Cadre de réalisation

Le stage sera réalisé **dans le laboratoire I2M**, au sein de l'équipe MFN, et sera encadré par **Mathieu Coquerelle**, en interaction avec d'autres chercheurs de l'équipe : S. Glockner, A. Lemoine et N. Thahn-Le (doctorant).

Profil du candidat recherché et compétences

Le stage vise un(e) étudiant(e) de niveau M2 possédant de solides connaissances et un intérêt certain en méthodes numériques. Une connaissance de la programmation en Fortran est souhaitable. Des connaissances avancées en mécanique des fluides diphasiques et en modélisation sont importantes pour maîtriser les applications.