UNIVERSITA DI CORSICA - PASQUALE PAOLI

ECOLE DOCTORALE "Environnement et Société"

BP 52, 20250 Corti – Tel : 04 95 37 23 22 / 45 02 20 – E.mail : ecole.doctorale@univ-corse.fr
Site : http://ed.univ–corse.fr

FICHE PROJET DE THESE pour ANNEE 2024-2025

Discipline du Doctorat	4200001 - Mathématiques
Mention du Doctorat	Mathématiques appliquées et applications des mathématiques - 26°
Domaine scientifique principal	Mathématiques
Domaines scientifiques secondaires	Mécanique des milieux continus
Entités de rattachement	UMR SPE / COMPA
Direction de la thèse	Dr-HDR Bernard Di Martino dimartino_b@univ-corse.fr DR Jacques Sainte-Marie, Inria de Paris Jacques.Sainte-Marie@inria.fr Convention de codirection envisagée
Collaborations extérieures éventuelles envisagées	Inria de Paris Sorbonne Université
Type de financement visé	Contrat doctoral
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant	Master de mathématiques appliquées
Titre de la thèse	**Analyse et approximation numérique d'écoulement à surface libre**
Abstract 1	L'objectif est l'étude des écoulements à surface libre qui peuvent être modélisés par des équations de type Euler ou Navier-Stokes à surface libre. L'étude théorique de ces équations est encore incomplète et nous proposons d'utiliser des résultats d'analyse récent pour la compléter. Les aspects numériques seront également pris en compte pour l'amélioration des simulations numériques.
Abstract 2	Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet Compa sur la thématique des écoulements à surface libre. L'objectif ici est de mieux comprendre les équations des écoulements à surface libre afin d'améliorer encore les codes de simulations. Ceux-ci sont par exemple utilisés dans le projet Saphir pour prédire la hauteur des crues. Ils peuvent être également utiliser pour la simulation d'écoulement marins ou fluviaux.
	Explicitation sur page suivante

Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse

L'objectif principal de cette thèse est d'amener une amélioration de la compréhension des modèles d'écoulement à surface libre. Ces écoulements sont basés sur des équations de type Euler ou Navier-Stokes et ont la particularité d'avoir la surface qui peut évoluer librement. C'est le cas des écoulements fluviaux ou marins par exemple. Les connaissances sur ces équations sont encore très incomplètes. Dans le cas des équations d'Euler, l'approche actuellement utilisée consiste à regarder le caractère hyperbolique des équations. Si cela fonctionne bien dans des modèles simplifiés (en dimension deux par exemple) comme le modèle de Saint-Venant, cette notion est très difficile à étendre au modèle d'Euler complet. Les dernières avancées sur le sujet nécessitent d'étendre les notions classiques d'hyperbolicité [1]. Une autre solution est de regarder des modèles multicouches, qu'ils soient visqueux (de type Navier-Stokes) ou non visqueux (de type Euler) [2].
Des travaux récents initiés dans [3] pour le cas visqueux peuvent être complétés pour obtenir des résultats d'existence dans le cas visqueux multicouches. Il s'agit d'une adaptation des idées présentées dans [4]. Pour le cas non visqueux, les résultats obtenus dans [1] doivent pouvoir être amélioré en utilisant des outils plus fins d'analyse.
Une meilleure connaissance de ces équations permet d'améliorer et de certifier la qualité des codes de simulations numériques. Un code comme Freshkiss3d [5] par exemple permet de réaliser des simulations numériques dans un grand nombre de situation comme par exemple une crue de rivière, un tsunami, ou des études de remonté d'eau saumâtre dans les embouchures de fleuve. Si ce code que nous allons utiliser pour les simulations numériques incorpore les meilleurs outils du moment et est capable de simuler précisément les écoulements dont on connait les solutions analytiques [6,7], la validation théorique des résultats passe par des preuves d'existence de solutions aux équations étudiées. L'objet principal de cette thèse est d'apporter si possible une telle validation.

Références :
1 – B. Di Martino, C. El Hassanieh, E. Godlewski, J. Guillod, J. Sainte-Marie. Hyperbolicity of a semi-Lagrangian formulation of the hydrostatic free-surface Euler system. Soumis
2 – M.-O. Bristeau, B. Di Martino, C. Guichard, J. Sainte-Marie.Layer-averaged Euler and Navier-Stokes equations Communications in Mathematical Sciences, Vol 15, issue 5, pp 1221-1246 (2017).
3 – B. Di Martino, B. Hastot, Y. Penel. Global stability of weak solutions for a multilayer Saint-Venant model with interactions between layers. Nonlinear Analysis (163), pp 177-200 (2017)
4 – A. Vasseur and C. Yu., Existence of global weak solution for 3D degenerate compressible
Navier-Stokes equations. Inventiones Mathematicae, 206(3):935 974, 2016.
5 – https://freshkiss3d.gitlabpages.inria.fr/freshkiss3d/
6 – M.-O. Bristeau, B. Di Martino, A. Mangeney, J. Sainte-Marie and F. Souillé. Some analytical solutions for validation of free surface flow computational codes. Journal of Fluid Mechanics, 913, A17, doi :10.1017/jfm.2020.1179. (2021)
7 – M.-O. Bristeau, B. Di Martino, A. Mangeney, J. Sainte-Marie and F. Souillé.Some quasi-analytical solutions for propagative waves in free surface Euler equations. Comptes Rendus - Mathématique. Volume 358, issue 11-12, p. 1111-1118, doi: 10.5802/crmath.63, (2020)

2°) Présentation des enjeux de la thèse

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du développement d'outils permettant une meilleure compréhension des évolutions écoulements à surface libre. Cette thématique est développée depuis longtemps à l'UDCPP avec de nombreuses thèses et publications sur le sujet. Si pendant longtemps ces recherches se sont concentrées sur les écoulements marins avec des collaborations avec le parc des bouches de Bonifacio ou la réserve de Scandola par exemple nous avons depuis initié des études dans le cadre du projet Saphir sur la prévision de crues. Les équations sont en effet les mêmes, et la qualité des codes utilisés permet de s'adapter à ce type d'écoulements qui présentent une dynamique particulière. Face à la fréquence des crues qui augmente, dû à l'évolution climatique, et du fait des caractéristiques géographiques de la Corse, disposer d'un outil de qualité permettant de prévoir l'amplitude de ces crues revêt un enjeu important.
Cette thèse sera aussi l'occasion de renforcer le partenariat extérieur, en particulier avec l'Inria sur cette thématique qui a déjà conduit à de plusieurs publications en commun ces dernières années.