Géosciences pour une Terre durable brgm	**Doctoral Fellow - On the design of an improved Boussinesq model for real applications: equilibrium between accuracy and performance.**

Job Descrition

Scientific area
Coastal engineering / Modelling / Applied mathematics

Job title
Doctoral Fellow - On the design of an improved Boussinesq model for real applications: equilibrium between accuracy and performance

Contrat
Private doctoral contract

Working hours
Full time

Contract duration
36 months

Description of the project

BRGM, the French national geological survey, is the leading public institution in Earth science applications. The aim of BRGM's activities is to provide geological knowledge and an understanding of phenomena related to the soil and subsoil, with one challenge: to meet the challenges of environmental change through innovative projects with societal implications.

BRGM is looking for a PhD student for its Risks and Prevention Division / Coastal Risks and Climate Change Unit to develop an improved model of Boussinesq-type equations in the UHAINA hydrodynamic code, specially designed for use in real-life applications.

Context

Today, coastal areas are inhabited by around 10% of the world's population and are exploied by a huge number of economic activities (ports, industrial and energy installations, tourist activities, etc.). Extreme sea-state conditions can generate highly destructive floods in terms of human casualties and economic losses. These floods can occur in three types of scenario: (i) the mean water level exceeds the height of the crest of natural barriers or coastal defenses (overflow), (ii) waves rise along the shoreline and exceed the elevation of the barriers (overtopping), and (iii) natural barriers or coastal defenses are breached.
Numerical modeling is a fundamental tool for assessing and forecasting these risks. While the complex hydrodynamic description can be greatly simplified in the context of overflow flooding, by adopting the the Saint Venant (shallow water) equation model, this is not the case in overtoping scenarios. In these contexts, in fact, the model has to precisely resolve each wave that reaches the coastline, by precisely resolving its transformation by the effect of swelling and dispersion. The ultimate goal is to be able to correctly estimate the size of waves approaching the coast and the volumes of water overcoming coastal defenses. Modelling then turns to another class of models, known as Boussinesq models, which are more complex and expensive to solve.

To address modern challenges in terms of quantifying hazards and determining the resulting risks, it is necessary for the models, to be able to work at high resolution over large spatial and temporal domains. For a probabilistic approach to be possible, it is also necessary to produce large quantities of data, corresponding to hundreds of simulations. In this context, existing models need to be re-

conceptualized, with the primary aim of meeting these objectives, by seeking the optimum balance between accuracy and performance. This work must involve all the scientific fields involved in the design of the numerical tool: from the mathematical development of the model, to the derivation of its discrete scheme, to the numerical strategy used to solve it, and finally to its implementation in a modern, HPC computing architecture.

BRGM's DRP-R3C unit has joined a consortium of several French computer science, mathematics and oceanography research laboratories. The goal of this collaboration is to leverage the collective expertise of each institution to collaboratively create an advanced modeling software package known as UHAINA. This is an unstructured hydrodynamic code that uses high-order numerical schemes and a modern computer architecture based on the C++ language, dedicated to high-performance computing.

Description of the thesis

The aim of this thesis work will be to develop, in the UHAINA hydrodynamic code, an improved model based on Boussinesq-type equations, specially designed for use in real applications: a model that will have to satisfy the requirement for high performance, in terms of the ratio between accuracy and cost, in an real-world context. To achieve our objectives, we will focus on two main areas: (i) a mathematical study of the equations and analysis of their linear and non-linear properties for describing dispersive processes; (ii) the design of a new strategy for solving the mathematical model that does not aim for accuracy, but pragmatically accepts an approximation error gaining in terms of execution speed.

With this work, we aim to gain at least an order of magnitude in the performance of our simulations without any significant loss in accuracy and phenomenological representation in the context of real applications. Our advances in modelling and performance will be measured in the context of coasts subject to strong swells in the Nouvelle Aquitaine region, with the simulation of the impact of historical storms in the sector and comparison with existing measurements.

Profile

The following skills are required: Master's degree in mathematics and scientific computing; knowledge on : numerical modelling; finite element method; finite volumes; high-order methods; programming in C++.

The following skills will be considered a plus: previous knowledge of oceanography and wave propagation; Python programming; use of QGIS software.

The following skills will be valued: autonomy; ability to work as part of a team; fluency in technical and scientific writing and oral communication in French and English; thoroughness.

Practical info

Degree: Engineer or Master 2

Level of studies required: 5 years' higher education

Duration of thesis: 36 months

Start date: January 2024

Thesis supervisor: Maria Kazolea (INRIA BSO) maria.kazolea@inria.fr

Co-supervisor : Andrea G. Filippini (BRGM) a.filippini@brgm.fr

The thesis will be carried out under a research agreement between BRGM and the Nouvelle-Aquitaine region. This is a BRGM thesis that will be supervised by INRIA/BRGM. It will take place as described below:

- During the first period (approx. 18 months), during which the work will focus on developing the model and the digital diagram, the PhD student will be housed at INRIA Bordeaux Sud/Ouest.
- In the second phase, for applications on coastal risk and taking into account the effects of climate, he/she will be at BRGM-Orléans or BRGM-Pessac (DRP/R3C).

Job location

Country
- France

Region
- New Aquitaine Region / Centre Region

City
- Talence (18 months approx. at INRIA) / Orléans or Pessac (18 months approx. at BRGM)

Géosciences pour une Terre durable brgm	**Thèse - Sur la conception d'un modèle de Boussinesq amélioré pour applications réelles : équilibre entre précision et performances**

Description du poste

Métier
Ingénierie côtière / Modélisation / Mathématique appliquée

Intitulé du poste:
Thèse- Sur la conception d'un modèle de Boussinesq amélioré pour applications réelles : équilibre entre précision et performances

Contrat
Contrat doctoral des droits privés

Temps de travail
Temps complet

Durée du contrat
36 mois

Description de la mission

Service géologique national, le BRGM est l'établissement public de référence dans les applications des sciences de la Terre. L'activité du BRGM a pour objectif la connaissance géologique et la compréhension des phénomènes liés au sol et au sous-sol, avec un enjeu: répondre aux défis des changements environnementaux à travers des projets innovants, à enjeux sociétaux.

Le BRGM recherche pour sa Direction Risques et Prévention / unité Risques Côtiers et Changements Climatiques un/e doctorant/e pour développer, dans le code hydrodynamique UHAINA, un modèle amélioré d'équations de type Boussinesq, spécialement conçu pour son utilisation dans le cadre des applications réelles.

Contexte
De nos jours, les zones côtières accueillent environ 10% de la population mondiale et une quantité énorme d'activités économiques (ports, installations industrielles et énergétiques, activités touristiques...). Des conditions extrêmes de l'état de la mer peuvent générer des inondations très destructrices en termes de victimes humaines et de pertes économiques. Ces inondations peuvent se produire dans trois types de scénarios : (i) le niveau moyen de l'eau dépasse la hauteur de la crête des barrières naturelles ou des défenses côtières (débordement), (ii) les vagues remontent le long du rivage et dépassent la cote des barrières (franchissement), et (iii) les barrières naturelles ou les défenses côtières sont percées.
La modélisation numérique est un outil fondamental pour l'évaluation et la prévision de ces risques. Si la complexe description hydrodynamique peut être fortement simplifiée dans un contexte de submersion par débordement, en adoptant le modèle d'équations de De Saint Venant, ceci n'est pas le cas dans des scénarios de franchissement. Dans ces contextes, en fait, le modèle se doit de résoudre précisément chaque vague qui atteint le littoral, en résolvant avec précision sa transformation par effet du gonflement et de la dispersion. La fin ultime est celle de pouvoir correctement estimer la taille des vagues qui approchent la côte et les volumes d'eau franchissant les défenses côtières. La modélisation se tourne alors vers une autre classe de modèles, plus complexes et chers à résoudre, dits de type Boussinesq.
Pour répondre aux défis plus modernes en termes de quantification des aléas et de détermination des risques qui en découlent, il est non seulement nécessaire que les modèles soient en capacité de travailler à haute-résolution sur large emprises spatio-temporels. Pour qu'une approche probabiliste soit possible, il est aussi nécessaire de produire des grosses quantités de données, ce qui correspond à des centaines de simulations. Dans ce cadre, les modèles existants doivent être re-conceptualisés, en visant en première instance à répondre à ces objectifs, en recherchant l'équilibre optimal entre

précision et performances. Ce travail doit se décliner à tous les domaines scientifiques qui interviennent dans la conception de l'outil numérique : depuis le développement mathématique du modèle, à la dérivation de son schéma discret, à la stratégie numérique utilisée pour sa résolution, et finalement à son implémentation dans une architecture informatique moderne et HPC.

L'unité DRP-R3C du BRGM a rejoint un consortium de plusieurs laboratoires de recherche français en informatique, mathématique et océanographie dans l'objectif de capitaliser l'expérience de chacun dans le co-développement d'un logiciel de modélisation de nouvelle génération, nommé UHAINA. Il s'agit d'un code hydrodynamique non-structuré qui utilise des schémas numériques d'ordre élevés et une architecture informatique moderne basée sur le langage C++, vouée au calcul à haute performance.

Descriptif de la thèse

Ce travail de thèse aura pour objectif de développer, dans le code hydrodynamique UHAINA un modèle amélioré basé sur des équations de type Boussinesq, spécialement conçu pour son utilisation sur des applications réelles : un modèle qui devra satisfaire l'exigence de haute performance, en termes de rapport entre précision et coût, dans un contexte applicatif. Pour atteindre nos objectifs, nous nous concentrerons sur deux axes principaux : (i) une étude mathématique des équations et l'analyse de leurs propriétés linéaires et non linéaires pour décrire les processus dispersifs ; (ii) la conception d'une nouvelle stratégie de résolution du modèle mathématique qui ne vise pas la précision, mais accepte de manière pragmatique une erreur d'approximation en vertu de la rapidité d'exécution.
Avec ce travail, nous visons à gagner au moins un ordre de grandeur en performance de nos simulations sans perte significative en précision et en représentation phénoménologique dans le cadre des applications réelles. Nos avancées en modélisation et performances seront mesurées dans la cadre des côtes soumises à fortes houles de la région Nouvelle Aquitaine, avec la simulation de l'impact de tempêtes historiques dans le secteur et la comparaison aux mesures existantes.

Profil

Les compétences suivantes sont requises : master en mathématique et calcul scientifique ; modélisation numérique ; méthode des éléments finis ; Volumes finis ; méthodes d'ordre élevés ; programmation en C++.
Les compétences suivantes seront considérés comme un plus : connaissances préalable en océanographie et propagation des ondes ; programmation en Python ; utilisation du logiciel QGIS .
Les qualités suivantes seront appréciées : autonomie ; capacité d'intégration d'une équipe ; aisance à la rédaction d'écrits techniques ou scientifiques et à la communication orale en français et en anglais ; rigueur .

Spécificités du poste :

Diplôme préparé: Ingénieur ou Master 2

Niveau d'études requis: Bac + 5

Durée de thèse : 36 mois

Date de début : janvier 2024

Directeur de thèse : Maria Kazolea (INRIA BSO)

Co-encadrant : Andrea G. Filippini (BRGM)

La thèse se déroulera dans le cadre d'une convention recherche entre le BRGM et la région Nouvelle-Aquitaine. Il s'agit d'une thèse BRGM qui bénéficiera d'un encadrement INRIA/BRGM. Elle se déroulera comme décrit par la suite :

- Pendant la première période (18mois env.), pendant laquelle le travail se concentrera sur le développement du modèle et du schéma numérique, le/la doctorant/e sera hébergé à l'INRIA Bordeaux Sud/Ouest.
- Dans la deuxième phase, pour les applications sur le risque côtier et la prise en compte des effets du climat, il sera au BRGM-Orléans ou BRGM-Pessac (DRP/R3C).

Localisation du poste

Pays

- France

Région

- Région Nouvelle Aquitaine / Région Centre

Ville

- Talence (18 mois env. à l’ INRIA) / Orléans ou Pessac (18 mois env. au BRGM)