



Offre de thèse en IA / modélisation hydrodynamique

Modélisation des risques d'inondation urbaine par réseaux de neurones et impact des événements pluviométriques spatio-temporels extrêmes.

Laboratoire d'accueil : HydroSciences Montpellier et Inria LEMON, Montpellier

Encadrement : Vincent Guinot (HSM, Université de Montpellier et Inria LEMON), Renaud Hostache (EspaceDev, IRD), Gwladys Toulemonde (IMAG, Université de Montpellier et Inria LEMON), Nicolas Meyer (IMAG, Université de Montpellier et Inria LEMON)

Compétences recherchées : IA; modélisation numérique; Mathématiques appliquées ; Python et/ou C++.

Mots-clés : Modélisation hydrodynamique, Intelligence Artificielle, Apprentissage profond, Inondations, urbain.

Période : Octobre 2024 - Septembre 2027

Comment postuler ? La candidature doit être adressée à idil-team@umontpellier.fr et carole.delenne@umontpellier.fr et doit contenir une lettre de motivation, signée et datée, un CV et les relevés de L3, M1 et M2 (ou de toutes les années du cursus équivalent, par exemple un diplôme d'ingénieur). Le formulaire suivant doit être complété <https://forms.office.com/pages/responsepage.aspx?id=BPDZ2Q3CUykoYHzXtzvU0m80jMLt9xOgppuz4paispUREhZR0I5UUQ5UVIaOEhUN0UxNTBSNkIQVS4u>

Quand postuler ? Avant le 15 juin 2024

Contexte scientifique

La prise de décision et l'évaluation du risque inondation reposent principalement sur des observations de niveaux d'eau in situ et sur des prévisions météorologiques. Les modèles hydrodynamiques restent peu utilisés en pratique car ils sont complexes à mettre en œuvre et gourmands en temps de calcul. Si les modèles unidimensionnels sont relativement rapides, ils se limitent à la modélisation des écoulements canalisés et ne permettent pas la représentation correcte des débordements. La prise en compte de la géométrie du domaine, en particulier en zone urbaine, nécessite donc un modèle en deux dimensions d'espace, avec des mailles de l'ordre du mètre carré, ce qui revient à se restreindre à des simulations à l'échelle du quartier. Malgré la considérable puissance des calculateurs, les simulations en temps réel à l'échelle d'une agglomération restent inaccessibles.

Des modèles à plus grandes mailles permettent d'accélérer les calculs tout en conservant une précision relative par l'utilisation d'informations sous-maille. Ces modèles reposent sur un paramètre de "porosité" qui restreint la capacité d'écoulement. Parmi eux, le modèle à porosité dépendant de la profondeur, SW2D-DDP, développé en 2018 à HSM-Lemon [Guinot et al 2018], a pour avantage d'être basé uniquement sur des données topographiques [Ayoub et al 2022]. Cependant, malgré la réduction des temps de calculs par rapport à un maillage fin, les modèles à porosité sont encore trop longs pour une gestion de crise en temps réel tout en étant un peu moins précis.

Objectifs

Les modèles de deep learning tels que les LSTM (long short-term memory) ont prouvé leur efficacité dans un contexte hydrologique, par exemple pour la modélisation pluie-débit, mais très peu de travaux concernent la prédiction des inondations en termes d'étendue et profondeur d'eau. Une des raisons principales est la nécessité d'une base d'apprentissage importante, dans un domaine où les données de validation sont quasiment inexistantes. L'objectif de la thèse sera de développer un modèle d'intelligence artificielle dont l'apprentissage s'appuiera principalement sur les résultats de modèles hydrauliques à plusieurs échelles. Ces derniers étant basés sur une discrétisation de l'espace en mailles (volumes finis), nous envisageons d'utiliser des modèles d'IA utilisant une représentation du domaine en graphes (Graph Neural Network), dans lesquels les nœuds contiendraient les résultats en termes de niveaux d'eau et vitesses dans les mailles et les arrêtes représenteraient les transferts d'eau et d'énergie possibles entre mailles. Une attention particulière sera apportée au respect des lois de la physique qui régissent les écoulements en eau peu profonde, i.e. lois de conservation de la masse et de la quantité de mouvement, nous plaçant ainsi dans le champ de l'IA hybride.

L'application sur la ville de Montpellier permettra de réaliser des études d'impacts selon différents scénarii.

Contexte de la thèse

Cette thèse s'insère dans le cadre du projet *Eau-PI-UM* financée par le [programme IDIL](#). L'objectif général du projet est de proposer des modèles mathématiques et physiques permettant de mieux comprendre les inondations en milieu urbain. La présente offre de thèse, qui couvre la partie hydraulique du projet, est accolée à une autre thèse, qui aborde les problématiques statistiques des champs de pluies pour la simulation des événements extrêmes. En effet, lors des études d'impact menées par les bureaux d'études, des hypothèses très simplificatrices sont réalisées sur les champs de pluies : uniformes en espace et au mieux "double triangles" en temps. Dans des zones d'études comme Montpellier, l'utilisation de champs spatio-temporel semble nécessaire pour une représentation correcte des épisodes Cévenols.

Le candidat ou la candidate retenu(e) sera donc amené(e) à collaborer avec des chercheurs d'autres disciplines.



PhD offer in AI / hydrodynamics modelling

Urban flood risk modelling with neural networks and the impact of extreme spatio-temporal rainfall events

Laboratory: HydroSciences Montpellier / Inria Lemon

Supervision team: Vincent Guinot (HSM, Université de Montpellier and Inria LEMON), Renaud Hostache (EspaceDev, IRD), Gwladys Toulemonde (IMAG, Université de Montpellier and Inria LEMON), Nicolas Meyer (IMAG, Université de Montpellier and Inria LEMON),

Skills required : AI; numerical modelling; applied mathematics; python and/or C++.

Keywords : Hydrodynamic modelling, Artificial Intelligence, Deep Learning, Flooding, Urban

Period: October 2024-September 2027

How to apply? Formal applications should be sent to idil-team@umontpellier.fr and carole.delenne@umontpellier.fr and should include a signed and dated cover letter, a CV, and transcripts of Bachelor and Master grades (or all equivalent years of study, e.g. an engineering degree). The following form should also be completed:

<https://forms.office.com/pages/responsepage.aspx?id=BPDZ2Q3CUykoYHzXtzvU0m80jMLt9xOgppuz4paispUREhZR0I5UUQ5UVIaOEhUN0UxNTBSNkIQVS4u>

When to apply? Before June 15, 2024

Scientific context

Flood risk assessment and decision-making are mainly based on in situ water level observations and meteorological forecasts. Hydrodynamic models are rarely used in practice, as they are complex to implement and time-consuming to calculate. Although one-dimensional models are relatively fast, they are limited to modelling channelled flows and do not allow for the correct representation of overflows. Taking into account the geometry of the study area, particularly in urban areas, therefore requires a two-dimensional model, with mesh sizes of the order of a square metre, which means that simulations can only be carried out at neighbourhood level. Despite the considerable power of computers, real-time simulations on the scale of a conurbation remain inaccessible.

Larger-mesh models make it possible to speed up calculations while maintaining relative accuracy by using sub-mesh information. These models are based on a 'porosity' parameter that restricts flow capacity. Among them, the depth-dependent porosity model, SW2D-DDP, developed in 2018 at HSM-Lemon [Guinot et al 2018], has the advantage of being based

solely on topographic data [Ayoub et al 2022]. However, despite the reduction in computation times compared with a fine mesh, porosity models are still too long for real-time crisis management while being slightly less accurate.

Objectives

Deep learning models such as LSTM (long short-term memory) have proved their effectiveness in a hydrological context, for example in rainfall-runoff modelling, but very few studies have tackled flood prediction in terms of water extent and depth. One of the main reasons for this is the need for a large learning database, in a field where validation data is almost non-existent. The aim of the thesis will be to develop an artificial intelligence model based mainly on the results of multi-scale hydraulic models. As the latter are based on a discretisation of space into cells (finite volumes), we plan to use AI models using a graph representation of the domain (Graph Neural Network), in which the nodes would contain the results in terms of water level and speed in the cells and the edges would represent the possible transfers of water and energy between cells. Particular attention will be paid to respecting the laws of physics that govern flows in shallow water, i.e. the laws of conservation of mass and momentum, thus placing us in the field of hybrid AI.

The application to the city of Montpellier will enable impact studies to be carried out for different scenarios.

Context of the thesis

This thesis is part of the Eau-PI-UM project funded by the IDIL program. The general objective of the project is to propose mathematical and physical models that will provide a better understanding of flooding in urban environments. This thesis offer, which covers the hydraulic part of the project, is coupled with another thesis, which addresses the statistical issues of rainfall fields for the simulation of extreme events. During impact studies carried out by design offices, highly simplifying assumptions are made about rainfall fields: uniform in space and at best 'double triangles' in time. In study areas such as Montpellier, the use of spatio-temporal fields seems necessary for a correct representation of the so-called "episodes Cévenols".

The successful candidate will therefore be required to collaborate with researchers from other disciplines.