

**Recrutement post-doctorat INSA-Lyon DEEP/LHSV/LMFA/INRAE-Riverly**

**Sujet : Modélisation des inondations urbaines - prise en compte des interactions entre écoulements en surface et en réseau d'assainissement**

**Durée : 12 mois, extension possible de 6 mois**

**Contact : [gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr](mailto:gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr)**

**Accueil : Laboratoires DEEP INSA Lyon et LHSV à EDF R&D Chatou**

**Financement : Projet Institut Carnot Eau & Environnement « FIDEL » (Expansion des Flux Issus des Débordements de réseaux Lors des inondations urbaines)**

## **1- Contexte**

L'augmentation des événements extrêmes due au dérèglement climatique expose les populations aux inondations urbaines. En outre, l'urbanisation modifie les paysages et les sols et impacte le cycle hydrologique et l'aléa inondation. La connaissance des inondations et de leurs impacts est aujourd'hui un élément prépondérant d'aide à la décision vis à vis des politiques d'aménagement du territoire. Les cartes d'aléas sont ainsi fréquemment produites à travers la modélisation numérique des écoulements. Cette modélisation doit rendre compte des écoulements en réseau, en surface (dans les rues), et des dynamiques d'écoulements du réseau vers la rue d'une part et le retour ou réintroduction des écoulements de la surface vers le réseau lorsque les conditions hydrodynamiques le permettent. Ces interactions entre les deux échelles (réseau en 1D et rue/surface urbaine en 2D) ne sont pas toujours très bien comprises et modélisées.

## **2- Objectifs du projet FIDEL**

Des outils de planification et de prévention face aux inondations urbaines fondés sur un véritable couplage entre écoulements 1D en réseau et 2D en surface sont indispensables, particulièrement dans un contexte de changements globaux (événements extrêmes en augmentation du fait du dérèglement climatique et urbanisation croissante). L'objectif du projet FIDEL est de développer, tester et évaluer une plateforme numérique permettant de mieux appréhender le devenir dans les rues des flux issus des débordements des réseaux d'assainissement. Le développement numérique est fondé sur le couplage entre l'outil TELEMAC 2D, distribué en libre accès par un Consortium dont EDF R&D et l'ENPC font partie (les tutelles du LHSV - Laboratoire d'Hydraulique Saint Venant), pour représenter les écoulements dans les rues et un modèle 1D d'écoulement en réseau. Le modèle 2D de rue intégrée dans TELEMAC 2D repose sur la résolution des équations de Barré de Saint Venant en 2D et sera couplé à une approche 1D réseau intégrée dans le logiciel d'hydrologie urbaine CANOE (résolution des équations de Barré de Saint Venant en 1D). La plateforme numérique ainsi développée sera testée et validée en utilisant des données et des scénarios d'écoulement élaborés au niveau de la plateforme MURI (Maquette Urbaine pour l'étude des Risques d'Inondation) de l'INRAE Riverly. Les configurations d'écoulement seront mises en œuvre par un CDD IE qui sera recruté par INRAE-Riverly en lien avec les travaux de thèse co-encadrés par le LMFA qui portent sur la migration de polluants lors d'une inondation urbaine par débordement de réseau ou accident en surface (thèse de Clément Fagour cofinancée par l'EUR H2O'Lyon). Des données complémentaires de terrain collectées à Lyon sur le site d'Oullins seront également mobilisées. Le livrable du projet est un module de visualisation des écoulements dans les rues lors d'inondations urbaines par débordement de réseau. Ce module sera intégré au logiciel CANOE et sera mis à disposition du réseau de partenaires contribuant au développement de ce logiciel dans le but de poursuivre les tests à partir de données des villes associées.

### 3- Tâches confiées à la personne recrutée en post-doctorat

Les outils de visualisation des interactions entre écoulements en réseau d'assainissement et dans les rues lors d'inondations urbaines par débordement de réseau intégrés dans les logiciels d'hydrologie urbaine ne prennent pas en compte l'interaction entre les écoulements dans le réseau de rues et les bâtiments ou bloc de bâtiments constituant le tissu urbain [Mejia et al 2021]<sup>1</sup>. De même, la répartition des écoulements au passage de carrefours comme proposée par [Finaud-Guyot et al., 2018]<sup>2</sup> ou [Lipeme Kouyi et al., 2010]<sup>3</sup> n'est pas correctement prise en compte dans ces outils aujourd'hui. Ces deux aspects (répartition des débits au passage de croisements de rues et interactions rues-bâtiments) impactent de façon significative les hauteurs d'eau dans les rues et les vitesses d'expansion des flux issus des débordements de réseaux d'assainissement. Les deux aspects à prendre en compte dans le modèle sont donc :

- *les interactions rues-bâtiments lors d'inondations par débordement de réseau d'assainissement*
- *l'amélioration de la répartition des écoulements au passage d'un carrefour ou de tout autre type de croisement.*

Les cartes d'inondation construites à l'aide de modèles intégrant ces deux aspects nous sembleraient plus réalistes.

Les tâches qui seront accomplies par la personne recrutée viseront à rendre opérationnelles au sein du logiciel CANOE différentes approches de modélisation des inondations urbaines. Il est demandé de développer un module à intégrer dans CANOE qui permettra de :

- représenter les interactions entre les écoulements dans le réseau d'assainissement et ses débordements en surface
- représenter les échanges entre le réseau de rues et les bâtiments
- modéliser les écoulements de surface en s'appuyant sur le logiciel TELEMAT 2D
- simuler la répartition des débits et les hauteurs d'eau au niveau du réseau de rues
- réaliser le couplage entre TELEMAT 2D et CANOE

La prise en compte de toutes ces fonctionnalités dans un unique outil de modélisation représente en soit une avancée significative. Les développements numériques attendus sont un véritable accélérateur permettant d'aboutir à une transformation numérique au service de l'aménagement et la planification urbaine (cartes d'inondation fiables, évaluation des solutions d'adaptation aux changements globaux). Ce serait également l'occasion de consolider un consortium constitué de scientifiques reconnus dans leurs domaines et d'opérationnels en charge de proposer des solutions d'adaptation aux changements globaux (collectivités partenaires utilisant CANOE).

La visualisation de l'expansion des flux inondants à travers des cartes, des vues aériennes ou grâce à des vues 3D fixes ou animées participe en effet à la communication, la prise en compte des risques et à l'aide à la décision de manière simple et efficace au sein des collectivités et notamment auprès des élus.

---

<sup>1</sup>Mejía-Morales, M. A., E. Mignot, A. Paquier, D. Sigaud and S. Proust (2021). "Impact of the porosity of an urban block on the flood risk assessment: A laboratory experiment." *Journal of Hydrology* 602: 126715

<sup>2</sup>Finaud-Guyot, P., P.-A. Garambois, S. Chen, G. Dellinger, A. Ghenaim, et A. Terfous. « 1D/2D Porosity Model for Urban Flood Modeling: Case of a Dense Street Networks ». In *E3S Web of Conferences*, édité par A. Paquier et N. Rivière, 40:06010. Lyon, France, 2018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184006010>

<sup>3</sup>Lipeme Kouyi, G., Rivière, N., Vidalat, V., Becquet, A., Chocat, B., & Guinot, V. (2010). Urban flooding: One-dimensional modelling of the distribution of the discharges through cross-road intersections accounting for energy losses. *Water Science and Technology*, 61(8), 2021-2026

#### **4- Programme de travail et implication des partenaires du projet FIDEL**

Les étapes de développement sont les suivantes :

- M1-M3 : Organisation des données collectées au niveau de la plateforme MURI d'INRAE
- M4-M6 : Modélisation des écoulements de surface à l'aide de TELEMAC 2D, amélioration de la modélisation de la distribution des débits au niveau du réseau de rues (exploitation des données de MURI)
- M7-M9 : représentation des interactions entre les écoulements dans le réseau d'assainissement et ses débordements en surface en exploitant les données MURI
- M10-M12 : Intégration des développements dans le logiciel CANOE et réalisation des tests pour évaluer la robustesse et la fiabilité du prototype de logiciel ainsi développé

Le LHSV (EDF en particulier) dispose d'une expérience attestée sur le développement et la coordination scientifique de l'exploitation du modèle TELEMAC 2D. INSA Lyon DEEP anime depuis plus de 20 ans le réseau de collectivités partenaires qui utilisent le logiciel CANOE et sera en charge notamment de la réalisation du couplage CANOE-TELEMAC en appui sur la société informatique ALISON (en charge du développement et maintenance du logiciel CANOE). L'intervention du LHSV consistera principalement à co-encadrer le/la post-doctorant-e notamment pour :

- dresser l'état des lieux des modèles existants (Canoe et Telemac 2D) en termes de schéma numérique et de structure logicielle
- prendre en main TELEMAC 2D
- proposer un algorithme de couplage cohérent prenant en compte les contraintes numériques des deux modèles

Le LMFA apportera son expertise en mécanique des fluides environnementale avec une grande maîtrise des mécanismes à la base des écoulements à surface libre en configuration complexe, comme celles rencontrées lors des inondations urbaines. INRAE, Riverly sera en charge de la production de données expérimentales au niveau de la maquette d'inondation urbaine « Muri ». Cette maquette comporte une plateforme de 3.8 m sur 5.4 m inclinable selon deux axes, avec 6 rues se croisant, et un réseau de conduites en relation avec les rues par des tuyaux de jonction. Les extrémités des rues sont connectées à 12 cuves, dont 3 cuves d'alimentation amont, 3 cuves 'de sortie' à l'aval de la maquette, et 6 cuves mixtes pouvant fonctionner en alimentation ou en sortie.

#### **5- Profil recherché et conditions de travail**

La personne recrutée par INSA DEEP aura pour mission de développer un prototype de logiciel à partir du couplage entre TELEMAC 2D et CANOE. Elle se chargera aussi de tester et d'évaluer la robustesse de ce prototype à l'aide des données expérimentales. Il s'agira de sélectionner les cas test à traiter (données MURI) et de vérifier l'outil à l'aide des données complémentaires issues des relevés lors et/ou suite aux inondations urbaines dans quelques villes partenaires. La représentation des écoulements dans le réseau d'assainissement par une approche 1D et des écoulements de surface en 2D nécessite la réalisation d'un couplage entre deux modèles (Saint-Venant 1D et 2D) qui pose la question de la cohérence des échelles de modélisation spatiale et temporelle et nécessite la mise en cohérence des schémas numériques et des pas de temps de calcul.

La personne recrutée doit être en capacité de développer un code de calcul à l'aide d'un ou plusieurs schémas de discrétisation et maîtriser le développement d'algorithmes de couplage de modèles. Une aisance en manipulation d'outils informatiques et en programmation est fortement recherchée. Des aptitudes à comprendre les fondements des équations et processus à la base des écoulements à surface libre sont exigées.

Lieux : INSA Lyon DEEP et EDF Lab Chatou LHSV

Possibilité de télétravail

Salaire : 2200 € net minimum

Durée : 12 mois, possibilité d'extension de 6 mois en fonction des résultats obtenus (complément de financement via l'EUR H2O'Lyon)

Démarrage : 13 janvier 2025

Date limite d'envoi d'un CV et d'une lettre de motivation : 13 décembre 2024

Personne à contacter : Gislain LIPEME KOUYI – [gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr](mailto:gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr)

#### **Avis du directeur du laboratoire DEEP**

Le changement climatique responsable de l'augmentation des événements extrêmes et l'urbanisation croissante entraînant l'imperméabilisation des sols sont des facteurs qui accélèrent et intensifient les inondations urbaines. Le besoin est donc pressant pour les collectivités et les entreprises gestionnaires de disposer d'outils fiables d'évaluation du risque d'inondation. La plateforme développée dans le cadre du projet FIDEL répond aux attentes des collectivités et bureaux d'études gestionnaires. Le laboratoire DEEP, porteur de ce projet soutient sans réserve ce dernier.

Pierre BUFFIERE, directeur DEEP