

PROPOSITION D'UN SUJET DE STAGE (MASTER 2)

Développement d'une stratégie numérique pour la simulation de la dynamique d'une nappe libre en régime transitoire

Encadrants : B. Chauveau⁽¹⁾, A. Pujol⁽²⁾, L. Agelas⁽³⁾, M. Parisot⁽⁴⁾

¹IFP Energies Nouvelles, Département de Sciences pour les Sols et les Sous-Sols, Direction Sciences de la Terre et Technologies de l'Environnement, 1 et 4 Avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex

²IFP Energies Nouvelles, Département de Physique numérique des Milieux Poreux, Direction Sciences de la Terre et Technologies de l'Environnement, 1 et 4 Avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex

³IFP Energies Nouvelles, Département de Mathématiques Appliquées, Direction Sciences de la Technologie du Numérique, 1 et 4 Avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex

⁴INRIA – Bordeaux, Equipe-projet Cardamom, 200 avenue de la vieille tour, 33405 Talence Cedex

Problématique :

La modification du cycle de l'eau et son influence sur notre paysage constituent un enjeu majeur qui s'inscrit dans la thématique de l'impact du changement climatique sur notre environnement. L'écoulement des eaux de surface est le principal mécanisme responsable des changements du paysage, puisqu'il contrôle le transport des sédiments et l'altération des roches. Ces écoulements à surface libre en eaux peu profondes sont généralement correctement décrits par les équations de Saint-Venant tant que les échanges avec le sous-sol via l'infiltration et la résurgence ne contrôlent par la réponse du système.

Un modèle comme Dupuit-Forchheimer, dont les hypothèses sont relativement similaires à celles associées au modèle de Saint-Venant, offre une solution efficace et relativement peu coûteuse pour localiser le toit de la nappe et connaître les flux d'eau sortant (résurgence). Une approche complète, pour simuler par exemple une inondation, nécessiterait donc une approche couplant un modèle de Saint-Venant (2D) pour la surface et un modèle de Dupuit-Forchheimer (2D) pour le sous-sol.

Dans ce contexte, l'objectif de ce stage consistera à développer une stratégie numérique de type Dupuit-Forchheimer, puis à introduire un modèle d'infiltration, équation de transport vertical, représentant l'écoulement dans la zone vadose en régime transitoire. L'implémentation du modèle de Dupuit-Forchheimer a déjà été déployée par les équipes encadrantes dans d'autres outils numériques. L'étudiant pourra alors s'inspirer de ces travaux pour développer une nouvelle version "indépendante" en une dimension (1D). Le modèle d'infiltration, équation de transport vertical, représentera l'écoulement dans la zone vadose. La condition limite du modèle d'infiltration sera imposée selon des scénarii choisis et le flux sortant au niveau de la nappe constituera un terme source du modèle souterrain (équation de Dupuit-Forchheimer). Un schéma de type front-tracking est envisagé pour résoudre le modèle d'infiltration. La validation de l'approche se fera par une comparaison avec un modèle de type Darcy déjà développé par l'équipe encadrante, et par une comparaison avec des modèles d'infiltration publiés et présentant des cas de validation simples.

Une fois ces étapes réalisées, la stratégie numérique pourra à terme être appliquée sur une topographie représentative du fond du lit d'un fleuve réel (le fleuve de la vallée de la Roya pourrait être un bon candidat).

Ce stage s'effectuera en partenariat avec l'INRIA Bordeaux. Des déplacements sont à prévoir.

Objectifs de stage :

- (1) Implémenter un modèle de type Saint-Venant et un modèle de type Dupuit-Forchheimer
- (2) Tester des méthodes de couplage entre ces deux modèles
- (3) Appliquer cette approche sur un cas synthétique réaliste

Profil recherché :

- Etudiant(e) en Master 2 (en stage de fin d'études, ou a minima de niveau bac+4), orientation mathématiques appliquées
- Fort intérêt pour la modélisation.
- Connaissances en programmation (au moins un langage parmi Matlab, Python, C++)
- Bon esprit de synthèse
- Des connaissances en hydrologie seraient appréciées

Modalités du stage :

Il s'agit d'un stage de master 2 (niveau bac + 5), rémunéré, qui commencera entre janvier et mars 2024 pour une durée de 5 mois. L'étudiant(e) sera basé(e) à l'IFPEN (Rueil-Malmaison (92)). Le contrat de travail sera établi par IFPEN, avec une rémunération mensuelle d'environ 900€.

Contacts :

Benoit Chauveau (benoit.chauveau@ifpen.fr)

Arnaud Pujol (arnaud.pujol@ifpen.fr)

Léo Agelas (leo.agelas@ifpen.fr)

Martin Parisot (martin.parisot@inria.fr)