



Offre de stage de Master 2 : Evaluation de l'applicabilité des outils d'apprentissage profond (Deep Learning) pour la caractérisation de l'hétérogénéité spatiale des réservoirs hydrogéologiques

Les transferts d'eau et d'éléments chimiques dissous dans les réservoirs hydrogéologiques sont fortement influencés par la distribution spatiale des caractéristiques physiques des roches telles que la conductivité hydraulique et la porosité. L'identification (cartographie 2D ou 3D) de ces propriétés représente donc un enjeu très important pour construire des modèles de transferts fiables. Le plus souvent, cette identification repose sur l'interprétation des essais de pompage ou de traçage en utilisant des algorithmes d'optimisation déterministes, où les paramètres hydrauliques du sous-sol sont déterminés grâce à leur capacité à reproduire les données expérimentales (rabattement de la nappe en cas de pompage et concentration en cas de traçage). L'émergence de nouvelles générations d'algorithmes d'apprentissage profond, tels que les réseaux de neurones convolutifs (CNN), qui ont démontré leur efficacité dans le traitement des images, pourraient être adaptés et développés comme alternatives aux méthodes d'optimisation conventionnelles pour cartographier les propriétés hydrodynamiques des réservoirs (Jardani et al. 2022: *Use of convolutional neural networks with encoder-decoder structure for predicting the inverse operator in hydraulic tomography, J. of Hydrology*).

L'objectif de ce stage de M2 est d'explorer le potentiel de ces méthodes en s'appuyant sur les données du Site Expérimental Hydrogéologique de Poitiers (SEH, appartenant au réseau national des sites hydrogéologiques, SNO H+). L'aquifère du SEH semble particulièrement adapté car i) constitué de roches calcaires karstifiées avec des chemins d'écoulement préférentiels, ii) une importante base de données expérimentale (tests de pompage et de traçage, données géophysiques) a été constituée au cours des deux dernières décennies, et iii) un modèle MODFLOW intégrant ces données existe déjà. Les différentes phases du travail à mener dans le cadre de ce stage de Master seraient les suivantes : 1) simulation stochastique d'un très grand nombre de champs de propriétés physiques du milieu (e.g. conductivité hydraulique, porosité) spatialement structurés (connectés) ou non, 2) simulation des transferts (écoulement et transport) dans chaque champ pour divers types de sollicitation (pompages et/ou traçages entre différents points du milieu), 3) agrégation des résultats dans une base de données pour l'apprentissage des algorithmes de deep learning (Convolutional Neural Networks CNN), et 4) application à l'identification des structures hydrogéologiques du SEH. Les outils à mettre en œuvre nécessitent l'écriture de programmes en langage Python pour automatiser la génération des champs stochastiques à partir de bibliothèques préexistantes telles que GS Tools (Müller et al., GMD 2022, <https://gmd.copernicus.org/articles/15/3161/2022/>), ainsi que pour automatiser les simulations MODFLOW via FloPy (Bakker et al., Groundwater 2016, <https://flopy.readthedocs.io>).

Profil : Les candidats doivent avoir une solide formation en physique/mathématiques/IA et une bonne maîtrise de la programmation sur Python.

Pour postuler, veuillez envoyer un CV (sans lettre de motivation) avec vos notes de M1.

Structure proposant le stage : Réseau national des sites hydrogéologiques, SNO H+

Localisation du stage : Université de Rouen Normandie (Laboratoire M2C)

Durée du stage : 5 mois

Période de stage : 1mars -30 août 2025

Encadrement : A. Jardani (Abderrahim.jardani@univ-rouen.fr), J. Bodin (jacques.bodin@univ-poitiers.fr), P. Fischer (pierre.fischer@univ-poitiers.fr), T. Le Borgne (tanguy.le-borgne@univ-rennes1.fr)