
Développement d'un modèle de réseau de neurones influencé par la physique (PINNs) pour la prédiction de chroniques piézométriques de l'aquifère de la Beauce, Région Centre, France

Pascal Audigane^{*1}, Etienne Lehembre^{†2}, Thi-Bich-Hanh Dao[‡], Vincent Nguyen², and Christel Vrain^{§2}

¹BRGM, Bureau de Recherches Géologiques et Minières – BRGM, Bureau de Recherches Géologiques et Minières – 3 Av. Cl. Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 02, France

²Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans – Université d'Orléans – France

Résumé

Nous proposons le développement d'un réseau de neurones influencé par un processus physique afin de reproduire des chroniques piézométriques issues de l'aquifère des calcaires de Beauce situé en région Centre Val de Loire. Cet aquifère est suivi par un ensemble de piézomètres depuis plusieurs décennies. Un ensemble de douze piézomètres a été sélectionné pour ce travail. Le choix des chroniques permet de distinguer des caractéristiques hétérogènes de comportement hydrodynamique parfois inertiel de la nappe. L'apprentissage d'un réseau de neurone est contrôlé par la minimisation d'une fonction " coût " issue de l'écart entre la valeur prédite et la valeur observée. L'ajout d'un terme issu d'un processus physique qui contrôle le phénomène à prédire permet d'améliorer la convergence de l'algorithme et donc l'apprentissage du réseau. Nous utilisons des lois de vidange entre réservoirs comme proposé dans le modèle global Gardenia (Thiéry 2014). Ce modèle repose sur la décomposition du parcours de la pluie vers la nappe en trois réservoirs : le sol, la zone non saturée, et enfin la nappe (zone saturée en eau). La pluie s'infiltré au travers du sol selon une loi au carré de la saturation de sol. La pluie efficace obtenue ruisselle et percole selon une loi exponentielle contrôlée par un temps de demi-vie ainsi qu'un facteur de répartition. Enfin, la nappe se vidange vers la rivière selon une autre loi exponentielle, elle aussi, contrôlé par un temps de demi-vie. En intégrant ces lois physiques dans la fonction coût d'un réseau de neurones dont l'architecture est composée de LSTM (Long Short Term Memory) et de MLP (Multi Layer Perceptron), nous montrons comment l'ajout d'une loi physique permet d'améliorer l'apprentissage et la prédiction du réseau et nous confrontons les résultats à ceux obtenus par le modèle Gardenia.

Mots-Clés: Réseau de neurones, Chroniques piézométriques, Nappe de la Beauce, Modélisation globale

*Intervenant

†Auteur correspondant: etienne.lehembre@univ-orleans.fr

‡Auteur correspondant: thi-bich-hanh.diep-dao@univ-orleans.fr

§Auteur correspondant: christel.vrain@univ-orleans.fr