

Estimation de paramètres modèles par apprentissage en hydrologie spatiale

Contexte scientifique

Dans le cadre de la « Science Team » de la future mission spatiale SWOT (NASA-CNRS, 2021), nous, *mathématiciens numériciens* de l'INSA Toulouse - IMT, élaborons une modélisation numérique, directe et inverse, des écoulements de fleuves – rivières dont la surface est mesurée par satellite. L'objectif est d'estimer le débit des rivières (m³/s) à l'échelle planétaire à partir des seules observations altimétriques (hauteur et largeur de la surface d'eau). La connaissance des débits à l'échelle planétaire constituera une information précieuse pour une meilleure gestion de l'eau notamment dans des régions critiques.

Objectifs du projet

- Explorer à l'aide de Réseaux de Neurones (LSTM notamment) le contenu potentiel disponible dans nos bases de données modèles ; bases récemment construites au sein de la communauté d'hydrologie spatiale (sorties modèles numériques avec des mesure sin-situ, voire mesures altimétriques satellitaires).
- Couplage de ces estimations RN avec nos modèles physiques « basses complexité » (systèmes algébriques).
- Analyse de covariances entre deux variables clefs du problème.

Travail à effectuer

- I) Compréhension des écoulements observés et analyse statistique préliminaires des bases de données disponibles.
 - II) Etude a minima de réseaux de neurones artificiels avec prise en main des codes maison existants (Python, librairie Keras).
- II) Elaboration d'une architecture LSTM (a-priori adaptée au problème posé) pour identifier les sections mouillées $A(x,t)$ non observées.
- III) Analyse de covariances entre deux des variables inconnues, coefficient de friction $K(x)$ et valeurs des sections mouillées de la rivière $A(x,t)$.

Parallèles à faire entre les équations de nos modèles physiques « basses complexité » (systèmes algébriques) et les résultats numériques obtenus.

III bis) Introduction de nouvelles métriques basées sur les modèles d'EDP sous-jacents (erreurs de consistance et énergie).

IV) Analyse des résultats numériques obtenus avec comparaisons à nos diverses sorties de modèles d'écoulements (fichiers de sorties déjà disponibles).

Environnement & outils Informatiques

Unix, code Python (bibliothèque Keras).

Encadrement

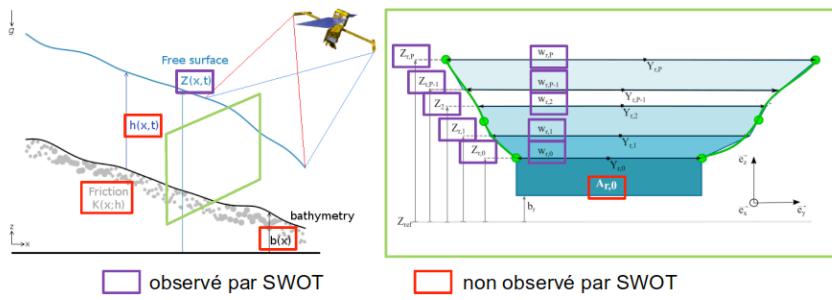
Encadrants:

- Kevin Larnier, Ingénieur de Recherche, société CS Group Toulouse (Bureau localisé au département Maths App. de l'INSA).
- Jérôme Monnier, Professeur INSA - IMT.

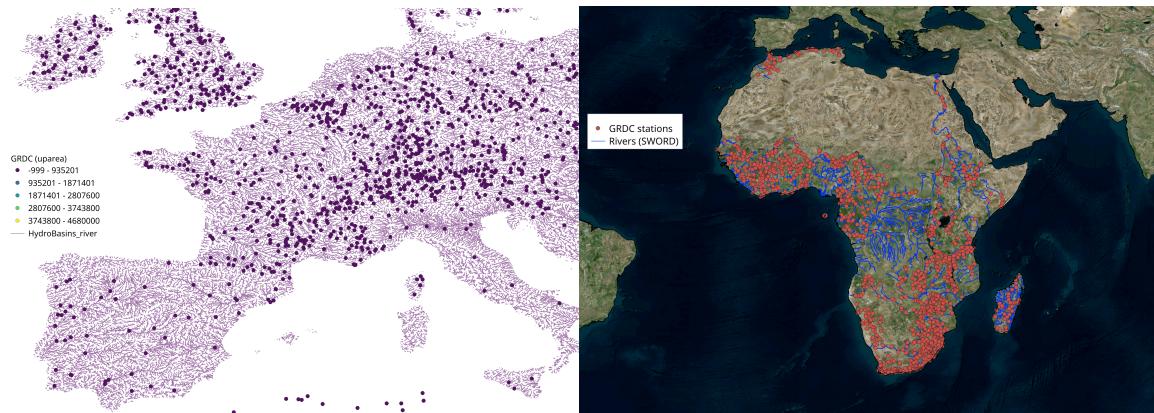
Lieu de travail: INSA département de Mathématiques Appliquées

Pour tout renseignement complémentaire, n'hésitez pas à nous contacter : jerome.monnier@insa-toulouse.fr, kevin.larnier@csgroup.eu

Figures.



Le problème inverse posé : Etant donné la mesure des hauteurs d'eau des rivières (altimétrie satellitaire), peut-on estimer la section mouillée de la rivière (i.e. la profondeur) ?



Exemple de stations de mesure GRDC (Global Runoff Data Centre, base de données internationale) pour lesquels nous disposons de données modèles et/ou in-situ. Exemple pour 2 continents.

References

- [1] K. Larnier, J. Monnier. "Hybrid Neural Network – Variational Data Assimilation algorithm to infer river discharges from SWOT-like data ". Nonlinear processes in Geophys. Discussions 2020.
- [2] M. El Ouazzani. « Apprentissage de caractéristiques hydrologiques à partir de base de données d'altimétrie et in-situ ». Rapport de stage 4GMM. INSA – IMT (2020).

[3] K. Larnier, J. Monnier, P.-A. Garambois, J. Verley. "On the estimation of river discharges from altimetry". Inv. Problems in Sc. Eng. 2020.

[4] Vos cours passés de 3-ème et 4ième année notamment modélisation, optimisation, statistiques, analyse numérique, programmation.

[5] Aggarwal CC. "Neural networks and deep learning". Springer, 2018.

[-] Mission spatiale SWOT : "Le satellite Swot va révolutionner l'hydrologie en emportant à 891 km d'altitude un altimètre capable de surveiller les fleuves et lacs de notre planète. Décollage prévu en avril 2021 ».

<https://swot.jpl.nasa.gov/science/hydrology/> <https://swot.cnes.fr/fr/>