



## STAGE DE FIN D'ETUDES MASTER / INGENIEUR (BAC + 5)

CNR - Direction de l'Ingénierie

### Sujet : Développement d'une méthodologie de calage et de quantification d'incertitudes des modèles hydrauliques par méta-modèle

Compagnie Nationale du Rhône ([cnr.tm.fr](http://cnr.tm.fr)), concessionnaire et aménageur du fleuve Rhône, est le 2<sup>ème</sup> producteur français d'électricité et 1<sup>er</sup> producteur d'énergie exclusivement renouvelable (hydraulique, éolien, photovoltaïque). Entreprise à capital majoritairement public, ENGIE est l'actionnaire industriel de référence de CNR. L'entreprise compte 1360 collaborateurs répartis sur le siège social à Lyon et 4 Directions régionales.

**Domaine d'activité :** mathématiques appliquées, modélisation numérique et hydraulique, R&D

**Diplôme et niveau :** Elève-ingénieur ENSE3, ENSEIRB-MATMECA, INSA, Centrale ou Bac + 5 équivalent

**Durée du stage :** 6 mois (début entre février et avril 2021)

**Lieu d'exécution du contrat :** Lyon (Siège Social CNR : 2 rue André Bonin, 69004 Lyon)

#### Eléments de contexte :

Au sein du pôle Ecoulements & Ressources en Eau (18 pers.), vous serez intégré à une équipe pluridisciplinaire travaillant autour de 4 thématiques structurantes : hydrologie, hydrométéorologie, hydraulique et transport sédimentaire. Les missions incluent la réalisation de travaux de modélisation, de projets de conception d'ouvrages, l'établissement d'une chaîne de prévisions (météo/production), ou des développements hydro-informatiques répondant aux besoins opérationnels de CNR et de ses clients.

Pour mener à bien les études d'ingénierie, de nombreux outils de pré et post-traitement ont été développés en interne ([github.com/CNR-Engineering/](https://github.com/CNR-Engineering/)) et par la communauté Telemac autour de la suite de calculs open-source Telemac ([opentelemac.org](http://opentelemac.org)). L'objectif du présent stage est de définir une méthodologie automatique de calage des modèles Telemac-2D en utilisant un outil développé par l'équipe basé sur des méthodes métaheuristiques [1] et l'utilisation d'un métamodèle [2][3]. Cette étape, visant à adapter les coefficients de frottement de la rivière et éventuellement d'autres paramètres (comme le débit) pour reproduire le plus fidèlement possible des lignes d'eau (mesurées et/ou issues d'un autre modèle), est actuellement essentiellement itérative et manuelle pour le modélisateur. Des travaux autour d'une utilisation plus globale de méta-modèle sont également envisagés pour la quantification d'incertitudes [4].

#### Missions et activités :

Le stage proposé vise à améliorer le processus de calage d'un modèle Telemac-2D en vigueur dans l'équipe. Ce processus revient mathématiquement à résoudre un problème d'optimisation complexe sous contraintes. Plusieurs méthodes seront investiguées comme l'utilisation de métaheuristiques, qui pourront être rajoutées dans l'outil existant. La seconde partie du stage portera sur la quantification des incertitudes et l'analyse de sensibilité. Les méthodes usuelles de la littérature (Monte Carlo, LHS, décomposition en polynôme du chaos, indice de Sobol...) seront investigués et comparés. L'utilisation de cas d'études actuels permettra de qualifier la méthode et de la benchmarker sur des données représentatives.

**Profil recherché :** Ingénieur en informatique, mathématiques appliquées, data science (Bac +5)

**Compétences recherchées :** Goût prononcé pour les mathématiques appliquées, la modélisation et les statistiques. Curiosité, rigueur, esprit d'analyse, esprit de synthèse, capacités rédactionnelles demandés.

Compétences informatiques : Python, git, HPC.

**Rémunération :** gratification équivalente au SMIC

**Si vous êtes intéressés par cette offre de stage, merci de postuler directement par mail à [l.duron@cnr.tm.fr](mailto:l.duron@cnr.tm.fr)**

[1] *Validation of a semi-automatically calibrated 1-D open-channel model against experimental data with changes in channel geometry*, F.-X. Cierco et al., SimHydro, 2019

[2] *A Metamodel of the Telemac Errors*, Z. Zaoui et al., TUC, 2019

[3] *Benefits of a metamodel for automatic calibration of 1D and 2D fluvial models*, R. Yang et al., TUC, 2020

[4] *Uncertainty Propagation in Telemac 2D Dam Failures Modelling and Downstream Hazard Potential Assessment*, Assila et al., TUC, 2018