

Sujet de stage M2

## Planification d'expériences pour la calibration de simulateurs numériques

Laboratoire I3S, 06600 Sophia Antipolis

Projet DESIGN <https://www.i3s.unice.fr/design/>

Co-encadrement Luc Pronzato (DR CNRS, [pronzato@i3s.unice.fr](mailto:pronzato@i3s.unice.fr)) , Maria-João Rendas (CR CNRS, [rendas@i3s.unice.fr](mailto:rendas@i3s.unice.fr)), en collaboration avec Amandine Marrel (CEA Cadarache, [amandine.marrel@cea.fr](mailto:amandine.marrel@cea.fr)) et Miguel Munoz-Zuniga (IFPEN, [miguel.munoz-zuniga@ifpen.fr](mailto:miguel.munoz-zuniga@ifpen.fr))

Des modèles numériques de simulation sont fréquemment utilisés pour étudier des phénomènes dans des conditions expérimentales difficiles, phénomènes parfois impossibles à instrumenter en situation réelle. La réponse d'un modèle *suffisamment bien calibré* reproduit le comportement du phénomène étudié de façon adéquate, ce qui permet de prédire ce comportement dans des conditions variées, éventuellement extrêmes. Cela peut aboutir à des innovations technologiques par une meilleure prise en compte des contraintes agissant sur le système étudié, une meilleure conception des dispositifs permettant son contrôle, l'optimisation de ses performances, etc. Par exemple, IFPEN développe des modèles numériques d'éoliennes afin d'optimiser la conception d'éléments structurels, comme les flotteurs ou les câbles d'ancrage, et de prédire leur fiabilité et assurer leur maintenance. Dans le cadre des géosciences, des modèles numériques de réservoir d'hydrocarbures ou de stockage en sous-sol de CO<sub>2</sub> sont développés pour prédire et optimiser la production de pétrole ou pour prédire la migration du panache de CO<sub>2</sub> et planifier le déploiement d'outils de surveillance.

Toutefois, ces modèles doivent être paramétrés afin de prendre en compte les caractéristiques intrinsèques du système ; les valeurs de ces paramètres sont souvent peu ou mal connues *a priori* et doivent donc être estimées. Cette phase correspond à l'étape de *calibration du modèle*. A cette fin, un plan d'expériences doit être construit dans le but de recueillir des données réelles qui seront confrontées aux données de simulation afin de déterminer le meilleur réglage possible des paramètres.

L'objectif du stage est d'entamer une réflexion sur *le choix de conditions expérimentales conduisant à la meilleure calibration possible du modèle*. Nous nous limiterons au cas où la qualité de la calibration est mesurée par un critère de précision sur les paramètres estimés, avec des variables d'entrée et des observations de dimension finie. L'originalité du sujet tient dans le fait que la réponse du modèle est obtenue comme résultat d'une simulation, pour laquelle l'on ne dispose pas d'expression analytique. L'estimation des paramètres et la définition d'un critère de choix de conditions expérimentales pertinentes feront alors intervenir un modèle mathématique de substitution (métamodèle) permettant d'approcher le plus fidèlement possible le simulateur numérique à partir d'un nombre limité de ses évaluations, et d'explorer de manière intensive l'espace des paramètres et des variables d'entrée.

Le stage pourra donner lieu à une poursuite en thèse (financement IFPEN déjà acquis), où l'on abordera notamment le cas de simulations très coûteuses en temps de calcul, la présence de données fonctionnelles en entrée et/ou en sortie du modèle, ainsi que l'étude de cas d'application concrets intéressant IFPEN.