

Proposition de post-doctorat pour 2018 :

« Développement d'outils statistiques pour l'analyse de sensibilité conditionnelle et ciblée des simulateurs numériques

—

Mise en œuvre sur un cas test thermo-hydraulique simulant un accident de perte de débit primaire sur un REP »

Durée du post-doc : 12 mois

Localisation : Laboratoire d'Etudes et Modélisations des Systèmes (DER/SESI/LEMS), CEA de Cadarache

Encadrant CEA: Amandine MARREL (DER/SESI/LEMS)

Description du sujet

De nombreux phénomènes physiques sont représentés par des équations déterministes qui conduisent, lors de la phase de modélisation numérique, à l'obtention de simulateurs numériques ou codes de calcul. Ces outils logiciels prennent en entrée un grand nombre de paramètres caractéristiques du phénomène étudié. L'ensemble de ces paramètres sont entachés d'une incertitude plus ou moins importante selon le degré de connaissance et de caractérisation du phénomène modélisé. Il est alors important de prendre en compte ces incertitudes et d'étudier, au travers d'une analyse de sensibilité, comment elles se répercutent sur les sorties du code. Cela permet de valider le modèle mathématique, physique ou numérique, d'orienter des efforts de caractérisation de certains paramètres, de simplifier le modèle et d'améliorer la compréhension du phénomène modélisé, en identifiant des relations entre les variables d'entrée et variables de sortie (*e.g.* détection d'interactions).

Les méthodes d'analyse de sensibilité globale (Iooss [2011]) permettent de quantifier l'influence de chacune de ces variables d'entrée sur la variabilité de la sortie du code. Elles s'appuient généralement sur une décomposition de la variance de la sortie qui conduit à la définition des indices de Sobol (Sobol [1993], Saltelli et al. [2000]).

Dans le cadre des études de sûreté et d'analyse de risques, il est souvent nécessaire de réaliser des analyses de sensibilité plus « ciblées », qui s'intéressent à des valeurs ou des régions plus spécifiques de la sortie Y . En effet, l'objectif peut être d'identifier l'influence des variables d'entrée sur la sortie mais uniquement là où un critère de sûreté n'est plus respecté (*i.e.* $Y < y_{critique}$). On est ainsi dans le cas d'une analyse de sensibilité conditionnelle à la valeur de la sortie et, plus particulièrement, conditionnelle à une zone de défaillance (analyse de sensibilité de $Y | Y < y_{critique}$). On peut aussi vouloir identifier les variables qui jouent un rôle dans le fait d'appartenir ou non à cette zone de défaillance. On parle alors d'analyse de sensibilité ciblée (analyse de sensibilité de $1_{Y < y_{critique}}$).

Dans le cadre d'un post-doctorat réalisé en 2017, de nouveaux outils dérivés des mesures de dépendance (Da Veiga [2014]) ont été proposés pour répondre à ces problématiques (voir Raguet et Marrel [2018]). Différentes versions de ces nouveaux outils (avec ou sans fonction de lissage) ainsi qu'une approche adaptée des indices de Sobol' ont été testées sur plusieurs exemples analytiques. Ces premiers résultats, très encourageants, ont permis d'illustrer la pertinence des mesures de dépendance pour l'analyse de sensibilité ciblée et conditionnelle et de mettre en évidence les avantages et limites des différents outils (indices de sensibilité et estimateurs associés).

Plusieurs perspectives à ces travaux ont été identifiées afin d'étendre l'application de ces outils (variables multidimensionnelles par exemple) et d'en améliorer la robustesse. Tout d'abord, il s'agira de tester ces outils dans le cas où la probabilité de la zone de défaillance est faible. Ces outils devront aussi être mis en œuvre dans une réelle application industrielle. En parallèle, certains points méthodologiques doivent être approfondis, en particulier la normalisation des indices ainsi que leur utilisation dans des tests statistiques d'indépendance associés.

L'objectif du post-doctorat proposé pour 2018 est donc de proposer des améliorations des outils d'analyse de sensibilité ciblée et conditionnelle et de les tester sur des cas analytiques plus complexes. Il s'agira aussi de mettre en œuvre ces outils sur un cas test industriel simulant un accident de perte de débit primaire sur un réacteur à eau pressurisée, en collaboration avec EDF. L'objectif sera d'identifier les paramètres d'entrée les plus influents sur les variables de sortie dans les zones critiques vis-à-vis de la sûreté. En vue de la pérennisation et le déploiement de ces outils sur d'autres applications industrielles, leur intégration à la plateforme URANIE, développée par le CEA pour le traitement des incertitudes, est aussi prévue. **Le post-doctorant aura en charge de réaliser les spécifications nécessaires à l'intégration de ces outils dans la plateforme URANIE, ces spécifications pourront être génériques et communes à la plateforme OPENTURNS, développée par EDF.**

Domaine et Projet

Ce post-doctorat est financé par le projet PICI2 du programme DISN/SIMU et s'inscrit dans le cadre du projet « Incertitudes » de l'Institut Tripartite CEA-EDF-FRAMATOME.

Compétences requises

Thèse en probabilités/statistiques, compétence en programmation : logiciel R (package développé en 2017), langage ROOT, C++ et/ou Python.

Contact

Amandine MARREL, CEA Cadarache, CEA/DEN/DER/SESI/LEMS, 13108 Saint-Paul-lez-Durance.

Email : [amandine.marrel \[at\] cea.fr](mailto:amandine.marrel@cea.fr)

Références bibliographiques

H. Raguét et A. Marrel (2018). New statistical developments for target and conditional sensitivity analysis. Soumis, disponible sur <https://arxiv.org/abs/1801.10047>.

Da Veiga S. (2014). Global Sensitivity Analysis with Dependence Measures. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 85:1283–1305.

Iooss B. (2011). Revue sur l'analyse de sensibilité globale de modèles numériques. *Journal de la Société Française de Statistique*, 152:1–23.

Saltelli A., Ratto M., Andres T., Campolongo F., Cariboni J., Gatelli D., Saisana M., Tarantola S. (2000). Global Sensitivity Analysis. *Wiley*.

Sobol I.M. (1993). Sensitivity estimates for non linear mathematical models. *Mathematical Modelling and Computational Experiments*, 1:407–414.