

## Proposition de post-doctorat pour 2016 :

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

**Durée du post-doc :** 12 mois, à partir de septembre 2016

**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 [2009]) 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**. On peut aussi vouloir identifier les variables qui jouent un rôle dans le fait d'appartenir à cette zone de défaillance. Dans tous les cas, cela pose le problème de l'identification de ces zones et de la corrélation potentielle des paramètres d'entrée induite par cette réduction du domaine d'intérêt de la sortie.

On peut aussi vouloir réaliser **l'analyse de sensibilité de valeurs critiques dépendantes de la sortie : analyse de sensibilité de quantiles ou de probabilités de dépassement de seuil**. Sur ce dernier point, des travaux récents proposés dans le cadre de la thèse de P. Lemaître réalisée à EDF R&D (Lemaître [2014]) pourront être étendus aux quantiles.

**L'objectif du post-doctorat est donc de proposer et développer des outils d'analyse de sensibilité dédiés à ces analyses de sensibilité spécifiques et de les mettre en œuvre sur un ou plusieurs cas d'étude.** Pour cela, on pourra en particulier s'intéresser aux indices de sensibilité basés sur des mesures de dépendance, récemment introduits par Da Veiga [2014]. En 2015, une étude approfondie de ces indices a été réalisée au DER/SESI dans le cadre d'un contrat de post-doctorat (M. De Lozzo). Cette étude a permis de nouveaux développements méthodologiques et

les nombreuses applications réalisées ont permis de mettre en valeur le très grand intérêt de ces indices (De lozzo et Marrel [2015a, 2015b], Marrel et al. [2015]).

Plusieurs applications sont envisagées pour mettre en œuvre la méthodologie et les outils développés par le post-doctorant. L'une de ces applications repose sur un modèle simplifié de thermo-hydraulique développé dans le cadre des études d'accidents graves sur les réacteurs à neutrons rapides de 4<sup>ème</sup> génération à caloporteur sodium. Ce modèle permet de simuler le comportement des matériaux fondus du cœur et leur relocalisation hors du cœur au cours de la phase secondaire des accidents de fusion généralisée. Le simulateur obtenu dépend de nombreux paramètres incertains : paramètres physiques et relatifs à la configuration du cœur. 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.

### Domaine et Projet

Ce post-doctorat est financé par le projet PICI2 du domaine DISN/SIMU.

### Compétences requises

Thèse en probabilités/statistiques, bonne connaissance des logiciels Matlab et R.

### 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

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

**De Lozzo M., Marrel A. (2015a).** New improvements in the use of dependence measures for sensitivity analysis and screening. En review dans *Journal of Statistical Computation and Simulation*.

**De Lozzo M., Marrel A. (2015b).** Sensitivity analysis with dependence and variance-based measures for spatio-temporal numerical simulators. Soumis à *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*.

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

**Lemaitre P. (2014).** Analyse de sensibilité en fiabilité des structures. *Thèse de l'Université de Bordeaux*.

**Marrel A., Marie N., De Lozzo M. (2015).** Advanced Surrogate model and sensitivity analysis methods for SFR accident assessment. *Reliability Engineering and System Safety*, 138:232–241.

**Saltelli A., Ratto M., Andres T., Campolongo F., Cariboni J., Gatelli D., Saisana M., Tarantola S. (2008).** Global Sensitivity Analysis. *Wiley*.

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