

# Sujet de thèse :

## Analyse de sensibilité pour des modèles à sorties multivariées

### **Contexte**

La croissance de la puissance des moyens de calcul permet de mettre en oeuvre des codes de simulation de plus en plus complexes, dans de nombreux domaines d'applications (ingénierie, science du vivant, économie, ...). Pour approcher la réalité des phénomènes physiques, ces codes nécessitent un grand nombre de paramètres et délivrent de nombreuses variables en sortie évoluant au cours du temps et de l'espace. Ces paramètres sont incertains, dus au manque de connaissance, à l'imprécision ou à la variabilité de l'environnement. L'incertitude des paramètres est propagée à travers le modèle et se retrouve sur les sorties du modèle. La prise en compte de ces différentes sources d'incertitudes est indispensable lors de la mise au point du modèle ou lors de son exploitation pour la prédiction, la gestion des risques ou l'aide à la décision. L'analyse de sensibilité permet de quantifier l'influence de la variabilité de chaque paramètre sur la variabilité de la sortie. L'intérêt d'une telle analyse est indéniable car ses résultats peuvent permettre de simplifier le modèle, de mieux comprendre le comportement du phénomène modélisé et de valider le modèle proposé.

### **Problématique**

Beaucoup d'études ont été réalisées sur l'analyse de sensibilité de modèles statiques [1, 2, 3]. Cependant, les outils existants ne sont pas bien adaptés aux modèles dynamiques, qui sont pourtant largement utilisés. Dans ces modèles, les sorties peuvent être multivariées, c'est-à-dire dépendent du temps et parfois même de l'espace. Réaliser l'analyse de sensibilité à chaque instant est intéressant pour connaître l'évolution des sensibilités au cours du temps [4, 5]. Si la sortie dépend de l'espace, des cartes spatiales de sensibilité ont été proposées [6, 8]. Mais cela conduit à de nombreuses informations, qui sont difficiles à interpréter, et devient coûteux en temps de calculs.

### **Objectifs**

L'objectif de la thèse est de proposer des méthodes génériques d'analyse de sensibilité globale prenant en compte l'aspect dynamique des modèles et les corrélations induites par cette dynamique. Les méthodes développées devront appréhender la difficulté inhérente à l'analyse spatiale des influences.

Ces méthodes seront appliquées sur un modèle de toiture végétalisée, afin de mieux comprendre sa dynamique. Une étude comparative de l'influence relative des paramètres à différentes échelles de temps (heures, semaines, mois) sera menée. Dans cette étude, les données utilisées seront issues de la toiture végétalisée instrumentée, située au Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA), à Nancy.

**Mot-clés** : analyse de sensibilité globale, modèle dynamique, sorties multivariées, modèle de toiture végétalisée

**Directeur de thèse** : Hugues Garnier

**Co-directrice de thèse** : Floriane Collin

**Financement** : demande de contrat doctoral

**Période** : 01 septembre 2019 - 31 août 2022

## References

- [1] A. Saltelli, K. Chan and E. M. Scott, *Sensitivity analysis*, Wiley.
- [2] B. Iooss and P. Lemaître. *A Review on Global Sensitivity Analysis Methods*. In: Dellino G., Meloni C. (eds) *Uncertainty Management in Simulation-Optimization of Complex Systems*. Operations Research/Computer Science Interfaces Series, vol 59. Springer, Boston, 2015.
- [3] F. Collin, T. Mara and L. Denis-Vidal. Application of global sensitivity analysis to a tire model with correlated inputs, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 44, pp. 54-62 2014.
- [4] M. Lamboni, H. Monod and D. Makowski. Multivariate sensitivity analysis to measure global contribution of input factors in dynamic models, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 96, n°4, pp.450-459, 2011.
- [5] E. Haro-Sandoval, F. Collin and M. Basset. Sensitivity study of dynamic systems using polynomial chaos. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 104, pp. 15-26, 2012.
- [6] N. Saint-Geours, J. S. Bailly, F. Grelot and C. Lavergne. Multi-scale spatial sensitivity analysis of a model for economic appraisal of flood risk management policies. *Environmental Modelling and Software*, Vol. 60, pp. 153-166, 2014.
- [7] S. Xiao, Z. Lu and L. Xu. Multivariate sensitivity analysis based on the direction of eigen space through principal component analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 165, 2017.
- [8] A. Marrel and M. De Lozzo. Sensitivity analysis with dependence and variance-based measures for spatio-temporal numerical simulators. *Stochas-*

*tic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 31, n°6, pp. 1437-1453, 2017.