



Sujet de stage de fin d'études / M2 – Année universitaire 2024/2025

Erreur de prévision ponctuelle du chaos polynomial - Application en mécanique des fluides

Au sein d'EDF R&D, le département PRISME a pour mission de proposer des solutions innovantes pour une exploitation plus performante des différents moyens de production du groupe EDF : maîtrise des risques, amélioration de la sûreté, optimisation des performances technico-économiques, estimation de la durée de vie des matériels. Il contribue notamment au développement et à la diffusion de méthodes de traitement des incertitudes dans les outils de calcul scientifique. Un des objectifs est de développer la librairie OpenTURNS [1] pour pouvoir mener ses études d'ingénierie.

Lorsque l'on souhaite propager les incertitudes au travers d'un modèle coûteux, il est parfois nécessaire d'utiliser un méta-modèle. Ce métamodèle peut alors être substitué au vrai modèle pour, par exemple, utiliser une méthode par échantillonnage avec un échantillon de grande taille. Une méthode pertinente dans ce contexte est la méthode par chaos polynomial (ou *polynomial chaos expansion* ou encore PCE) creux qui possède d'excellentes propriétés de convergence. En complément de la prédiction du métamodèle, on peut souhaiter estimer, en plus de l'erreur globale, l'erreur de prédiction ponctuelle. Pour un point donnée du domaine, cela permet de prendre en compte l'erreur du méta-modèle. Lorsqu'on estime les coefficients de la décomposition en polynômes du chaos par intégration, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour estimer la loi de l'estimateur des coefficients. Un premier axe de travail consiste à estimer la matrice de covariance de l'erreur asymptotiquement gaussienne obtenue par le théorème central limite, puis à propager cette erreur au travers du méta-modèle. Des raisons théoriques et pratiques montrent que l'estimation des coefficients par quasi Monte-Carlo (QMC) fournit une méthode d'estimation de choix. Un second axe de travail consiste à estimer la loi des coefficients par QMC randomisé ou RQMC (par exemple, par *scrambling* [2]). Un troisième axe de travail consiste à propager la loi des coefficients au travers de l'estimateur des indices de Sobol' par décomposition PCE.

Un cas d'application est la construction de méta-modèle dans le cadre de d'étude thermo-aéraulique de locaux industriels abritant des matériels électriques et contrôle commandes. Ces matériels sont thermo sensibles et nécessitent des conditions d'ambiance (température, hygrométrie) compatibles avec leur fonctionnement. Ils sont essentiels à la sûreté de l'installation et doivent être disponibles malgré la variabilité du fonctionnement des systèmes de ventilation assurant le conditionnement thermique des locaux. Une installation expérimentale à l'échelle 1 (Zephyr) est exploitée sur le site d'EDF R&D Chatou afin de valider les approches numériques mises en œuvre pour caractériser l'ambiance de ces locaux. Plusieurs plans d'expérience numérique 3D du local témoin Zephyr ont été évalués avec Code Saturne [3]. Cela est possible grâce à la puissance de calcul disponible sur les super-calculateurs d'EDF R&D (voir [4]). Un objectif est de procéder à une remontée d'échelle pour enrichir un modèle 0D-1D, qui ne prend pas en compte les hétérogénéités de l'air actuellement, à l'aide de plan d'expériences CFD. Un quatrième axe de travail consiste en la construction d'un méta-modèle incluant son erreur de prévision, mettant en œuvre les axes de travail précédemment évoqués, pouvant se substituer au modèle 3D physique pour l'évaluation la stratification thermique.

LIEU DU STAGE : EDF R&D, Département PRISME. EDF Lab Chatou, Yvelines (78) - Ile de France

FORMATION SOUHAITEE : Ecole d'ingénieur / Université

SPECIALITE : Mathématiques appliquées, statistiques

DUREE : 6 mois à partir de Mars 2025

CONTACTS : Michaël Baudin (michael.baudin@edf.fr), Pascal Borel pascal.borel@edf.fr.

1. OpenTURNS: An industrial software for uncertainty quantification in simulation. Baudin, Dutfoy, Iooss, Popelin, Ghanem et al. (eds.), Handbook of Uncertainty Quantification. Springer. 2017 ↩

2. Lemieux, C. (2009). *Monte Carlo and quasi-Monte Carlo sampling* (Vol. 20). New York: Springer. ↩

3. Code-Saturne. <https://www.code-saturne.org/cms/web/> ↩

4. HPC : le calcul haute performance de la R&D d'EDF au service du groupe. R&D Inside, les dossiers de la R&D d'EDF. Juin 2019, N°19.
https://www.edf.fr/sites/default/files/EDF_RechercheDeveloppement/Pages_CommunauteScientifique/Kiosque/2019.07.03_-_rd_inside_-_hpc.pdf ↗