Métamodèles informés par la physique pour la quantification d'incertitudes – Application en Sûreté Nucléaire

Aix-Marseille Université / ASNR

Contexte

Les études de Sûreté Nucléaire sont principalement effectuées avec des codes de calcul simulant des accidents hypothétiques pour vérifier que des critères de sûreté sont respectés. Toutefois, il existe plusieurs sources d'incertitudes qui peuvent impacter le résultat d'une simulation. Leur prise en compte présente encore des verrous techniques pour des codes maillés opérant à des petites échelles via la résolution d'équations aux dérivées partielles. Ces verrous sont en partie liés au coût élevé d'une simulation qui ne permet pas d'exploiter les techniques de quantification classiques. Pour les contourner, on s'oriente vers la construction de métamodèles rapides à évaluer approchant les grandeurs cibles du code.

Objectif et travail du stage

Ce stage qui s'inscrit dans le projet ANR GUNSROSES porte sur le développement de métamodèle de type Processus Gaussien [1] adapté en quantification des incertitudes quand peu de simulations sont disponibles. Leur utilisation pour des codes maillés résolvant des équations aux dérivées partielles est récente et peu de travaux se focalisent sur leur construction en quantification d'incertitudes. L'objectif de ce stage qui pourra se poursuivre par une thèse est de contribuer au développement d'une nouvelle classe de métamodèles à base de Processus Gaussiens informés par la physique qui soit générique pour prendre en compte différents types d'équations et performant en présence d'un nombre faible à moyen d'observations. Le travail de stage consistera à étudier différentes stratégies pour incorporer dans le modèle la connaissance d'équations aux dérivées partielles décrivant un problème. Pour cela, on s'appuiera sur plusieurs travaux proposés dans le cas d'équations linéaires ou non-linéaires [2;3]. Une comparaison avec des modèles plus récents de type hybride (réseau de neurones/processus gaussiens) [4] sera également effectuée sur des cas d'application dans le domaine de la simulation mécanique en Sûreté Nucléaire.

[1] C. E. Rasmussen, K.E. Williams. Gaussian processes for machine learning. MIT Press, 2016.
[2] M. Pfortner, I. Steinwart, P. Hennig, and J. Wenger. Physics-Informed Gaussian Process Regression Generalizes Linear PDE Solvers. arXiv:2212.12474, 2012.
[3] Y. Chen, B. Hosseini, H. Owhadi, and A. M. Stuart. Solving and learning nonlinear PDEs with Gaussian processes. Journal of Computational Physics, 447:110668, 2021.
[4] C. Mora, A. Yousefpour, S. Hosseinmardi, and R. Bostanabad. A gaussian process framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Computational Mechanics, 75:1213–1239, 2025.

Informations complémentaires

- Stage de 4 mois de fin d'études d'école d'ingénieur ou Master 2 Recherche. Ce stage pourra être suivi d'une thèse dans le cadre du projet ANR GUNSROSES.
- Compétences en Machine/Deep Learning, Statistiques.
- Lieu du stage: Laboratoire d'Informatique et Systèmes, Marseille.
- Contacts: Hachem KADRI hachem.kadri@lis-lab.fr, Jean BACCOU jean.baccou@asnr.fr