



## Proposition de stage

### Apprentissage actif pour les processus gaussiens à entrées fonctionnelles : application à la conception fiabiliste d'éolienne

#### Contexte

De nombreuses applications à [IFP Energies Nouvelles](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr) reposent sur des simulateurs coûteux en temps de calcul qui prennent en entrée des variables scalaires mais aussi des variables fonctionnelles représentant par exemple la géométrie de pièces mécaniques, des processus spatio-temporels de conditions environnementales (comme le vent en conception fiabiliste d'une éolienne), ou encore des lois de commande dépendant du temps.

Dans ce contexte de simulateurs coûteux, il est souvent nécessaire d'avoir recours à un modèle de substitution pour évaluer à moindre coût la sortie d'intérêt du simulateur pour un grand nombre de valeurs des paramètres en entrée. Le modèle de substitution est généralement construit de façon adaptative (*active learning*), à partir de simulations associées à un plan d'expériences initial de taille restreinte. Ce plan est par la suite enrichi à l'aide de critères adaptés à la finalité opérationnelle, comme l'optimisation des quantités d'intérêt ou l'estimation d'ensemble de paramètres admissibles.

En présence de variables fonctionnelles en entrée du simulateur, les approches de méta-modélisation et de planification d'expériences doivent être adaptées. Les approches classiques reposent sur des méthodes de réduction de dimension ou d'extraction de caractéristiques (*feature extraction*), les variables fonctionnelles étant ensuite représentées dans l'espace réduit ainsi défini. L'étape préliminaire de réduction de dimension induit nécessairement une perte d'information qu'il convient de quantifier, voire de contrôler pendant la procédure.

Le contexte général de ce stage est le développement de plans d'expériences adaptés pour la construction d'un modèle de substitution prenant en entrée des variables fonctionnelles et des variables scalaires, en travaillant directement dans l'espace fonctionnel des entrées, et donc sans réduction de dimension préliminaire.

#### Mission(s) principale(s) et activités

Les objectifs de ce stage sont

- l'étude des méta-modèles avec entrées fonctionnelles [1-4] ;
- l'application des méta-modèles les plus prometteurs à partir de plan d'expériences *space-filling* construits
  - avec une étape intermédiaire de réduction de dimension ou d'extraction de caractéristiques (*feature extraction*) [5] ;
  - directement dans l'espace fonctionnel [6].

Une thèse sur ce même sujet dans la continuité du stage pourra être envisagée.

## Références

- [1] F. Bachoc, A. Suvorikova, D. Ginsbourger, J.-M. Loubes, V. Spokoiny (2020). Gaussian processes with multidimensional distribution inputs via optimal transport and Hilbertian embedding, *Electronic Journal of Statistics*, *Electron. J. Statist.* 14(2), 2742-2772.
- [2] C. L. Sung, W. Wang, F. Cakoni, I. Harris, and Y. Hung (2022). Functional-Input Gaussian Processes with Applications to Inverse Scattering Problems, arXiv preprint arXiv:2201.01682.
- [3] J. Betancourt, F. Bachoc, T. Klein, D. Idier, R. Pedreros, and J. Rohmer (2020). Gaussian process metamodeling of functional-input code for coastal flood hazard assessment. *Reliability Engineering & System Safety*, 198, 106870.
- [4] B. Thind, K. Multani, and J. Cao (2022). Deep learning with functional inputs. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 1-10.
- [5] M. R. El Amri, C. Helbert, O. Lepreux, M. Munoz Zuniga, C. Prieur and D. Sinoquet (2020). Data-driven stochastic inversion via functional quantization. *Statistics and Computing*, 30, 525-541.
- [6] L. Pronzato, and A. Zhigljavsky (2020). Bayesian quadrature, energy minimization, and space-filling design. *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification*, 8(3), 959-1011.

## Diplôme, niveau d'études

Master 2 ou école d'ingénieur en mathématiques appliquées - spécialité statistiques, sciences des données

## Compétences techniques et aptitudes

Statistiques, sciences des données, optimisation, calcul scientifique  
Bonne connaissance des langages de programmation R / Python

## Localisation

Ecole Centrale Lyon

## Contacts :

Céline Helbert (Centrale Lyon): [celine.helbert@ec-lyon.fr](mailto:celine.helbert@ec-lyon.fr) ([Pages personnelles](#))

Clémentine Prieur (INRIA, LJK): [clementine.prieur@imag.fr](mailto:clementine.prieur@imag.fr) ([Pages Personnelles](#))

Delphine Sinoquet (IFP énergies nouvelles): [delphine.sinoquet@ifpen.fr](mailto:delphine.sinoquet@ifpen.fr) ([Pages personnelles](#))

Miguel Munoz- Zuniga (IFP énergies nouvelles): [miguel.munoz-zuniga@ifpen.fr](mailto:miguel.munoz-zuniga@ifpen.fr) ([Pages personnelles](#))