



## Proposition de stage

### Construction d'un modèle d'apprentissage de quantiles multi-fidélités

#### Contexte

IFP Energies nouvelles ([IFPEN](http://www.ifpen.fr)) est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de toutes ses activités. Dans le cadre de la mission d'intérêt général qui lui a été confiée par les pouvoirs publics, IFP Energies nouvelles s'attache à :

- Apporter des solutions pour relever les défis de la société en matière d'énergie et de climat, en favorisant l'émergence d'un mix énergétique durable
- Créer de la richesse et des emplois en soutenant l'activité économique française et européenne, et la compétitivité des filières industrielles associées

Dans les multiples domaines applicatifs d'IFPEN (éolien, moteurs électriques, stockage de CO<sub>2</sub>, ...), le recours à des méthodes d'optimisation, de traitement des données et incertitudes est critique lors des différentes phases de développement et de mise au point des systèmes de plus en plus complexes.

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

Dans le cadre de la conception d'éoliennes, les simulateurs considérés sont soumis à des incertitudes notamment liées au caractère aléatoire du vent. Pour un jeu de variables de contrôle (contrôle en tangage, etc.) ou de conception (géométrie de la tour, matériaux, ...) de l'éolienne, on souhaite estimer une quantité d'intérêt  $f$  (puissance produite) soumise à des incertitudes sur les paramètres d'environnement (vent, etc.).

Ainsi, considérant un même jeu de paramètres de contrôle et de conception,  $n_L$  lancements d'un simulateur donnent  $n_L$  valeurs différentes de  $f$ . A partir de ces observations un estimateur empirique du quantile de  $f$  peut être déduit. Cependant, les simulateurs utilisés sont coûteux en temps de calcul et le budget de simulation est limité. En général, afin de limiter le coût numérique, un modèle de substitution est construit. Dans ce stage, on souhaitera construire un métamodèle du quantile de  $f$  avec plusieurs niveaux de précision de l'estimateur statistique [2,6].

Les objectifs de ce stage sont :

- Etudier l'état de l'art des méthodes multi-fidélité pour les estimateurs statistiques,
- Proposition d'une approche hybride (simulateurs et métamodèles) pour la prédiction de quantiles,
- Validation des stratégies sur des cas tests analytiques et application sur un cas réel

Le prolongement en thèse de ce travail est envisagé dans le cadre d'une collaboration avec l'INRIA, la DGA et l'ONERA.

## Références

- [1] Romor, F., Tezzele, M., Mrosek, M., Othmer, C., & Rozza, G. (2021). *Multi-fidelity data fusion through parameter space reduction with applications to automotive engineering*. *arXiv preprint arXiv:2110.14396*.
- [2] Kramer, B., Marques, A. N., Peherstorfer, B., Villa, U., & Willcox, K. (2019). *Multifidelity probability estimation via fusion of estimators*. *Journal of Computational Physics*, 392, 385-402
- [3] Bulthuis, K., Pattyn, F., Arnst, M., 2020. A Multifidelity Quantile-Based Approach for Confidence Sets of Random Excursion Sets with Application to Ice-Sheet Dynamics. *SIAM/ASA J. Uncertainty Quantification* 8, 860–890. <https://doi.org/10.1137/19M1280466>
- [4] Picheny, V., Ginsbourger, D., Richet, Y., Caplin, G., 2013. Quantile-Based Optimization of Noisy Computer Experiments with Tunable Precision. *Technometrics* 55, 2–13. <https://doi.org/10.1080/00401706.2012.707580>
- [5] Stroh, R., Bect, J., Demeyer, S., Fischer, N., Marquis, D., Vazquez, E., 2022. Sequential Design of Multi-Fidelity Computer Experiments: Maximizing the Rate of Stepwise Uncertainty Reduction. *Technometrics* 64, 199–209. <https://doi.org/10.1080/00401706.2021.1935324> [8] French, J. P., & Sain, S. R. (2013). Spatio-temporal exceedance locations and confidence regions.
- [6] El Amri, M. R., Mycek, P., Ricci, S., & De Lozzo, M. (2023). Multilevel Surrogate-based Control Variates.

## Diplôme, niveau d'études

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

## Compétences techniques et aptitudes

Probabilité, statistiques, sciences des données

Bonne connaissance des langages de programmation Python/ R

Expérience en développement informatique (stages, projets)

## Localisation

IFP Energies nouvelles, Rueil-Malmaison (France)

## Durée

5 mois

## Contacts IFPEN :

Morgane Menz : [morgane.menz@ifpen.fr](mailto:morgane.menz@ifpen.fr) (Département Mathématiques Appliquées)

Reda El Amri : [mohamed-reda.el-amri@ifpen.fr](mailto:mohamed-reda.el-amri@ifpen.fr) (Département Mathématiques Appliquées)