

## Algorithme de simulation-optimisation pour la gestion d'actifs industriels

### Encadrants :

- **Jean-Philippe Chancelier**, Ingénieur des Ponts, HDR, CERMICS, École des Ponts ParisTech, 6& 8 av. B. Pascal, 77455 Marne-la-Vallée, tél : +33 (0)1 64 15 36 38, fax : +33 (0)1 64 15 35 86, e-mail : [jpc@cermics.enpc.fr](mailto:jpc@cermics.enpc.fr), toile : <http://cermics.enpc.fr/~jpc>
- **Jérôme Lonchamp**, Expert en Gestion d'Actifs Industriels, EDF-R&D, Département PRISME (Performance, Risque Industriel et Surveillance pour la Maintenance et l'Exploitation. [Jerome.lonchamp@edf.fr](mailto:Jerome.lonchamp@edf.fr).

La thèse proposée se fera au sein du laboratoire PRISME d'EDF R&D. Le partenaire académique d'EDF pour cette thèse est le CERMICS, laboratoire de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

### Sujet :

La gestion optimale d'actifs industriels consiste à chercher des stratégies d'investissements et de maintenance (maintenance préventive, conditionnelle, achats de pièces de rechange . . .) qui optimisent un critère de nature économique qui tient compte du coût des maintenances et de l'impact économique de la non disponibilité d'un ou de plusieurs composants constituant le système industriel modélisé. Les défaillances des composants qui constituent l'actif industriel, les temps de leur remise en état sont de nature probabilistes. Les critères à évaluer ou les contraintes à prendre en compte sont donc soumis à des aléas. Évaluer le critère à optimiser (espérance, statistique de risque...) sur des systèmes de grande taille peut nécessiter des temps de calcul importants et est souvent réalisé par des méthodes de Monte-Carlo. Ces temps de calculs sont fortement augmentés quand il s'agit de mixer optimisation et méthode de Monte-Carlo (centaines ou milliers d'évaluation de la fonction coût).

De nombreux travaux ont déjà été réalisés au sein de laboratoire Prisme à l'occasion de stages ou de en collaboration avec d'autre laboratoires académiques. On peut citer, les méthodes à base de méta-modèles comme par exemple :

- a. L'utilisation de l'algorithme EGO (**Efficient Global Optimization**) qui repose sur une amélioration itérative d'un modèle de **krigeage** selon un critère d'Expected Improvement. Cette méthode a été appliquée à l'optimisation de quantile [1].
- b. Variante de la précédente méthode qui cherche à améliorer le modèle de krigeage au fur et à mesure de l'optimisation selon un critère d'amélioration du quantile (**Expected Quantile Improvement**) [1]
- c. Modèle de krigeage sur l'ensemble de la fonction de densité et non plus sur des statistiques en utilisant une régression à noyau ou une décomposition sur une base [2,5].

ou les méthodes à base de **méta-heuristique** (algorithme génétique) [3] ou enfin des méthodes de **Quasi-Monte-Carlo** [4].

Ces méthodes n'étant pas exclusives les unes des autres, l'objectif de la thèse serait de développer une méthodologie générique qui permettrait de résoudre efficacement des problèmes de grandes tailles

dans des conditions opérationnelles permettant son déploiement dans un cadre industriel. On s'intéressera à des **algorithmes d'optimisation stochastique**, tels que la méthode du gradient stochastique, ou encore aux méta-heuristiques telles que les algorithmes génétiques, le recuit-simulé ou l'évolution différentielle. D'autres méthodes devront être analysées telles que des méthodes de recherches directes (type MADS, Mesh Adaptive Direct Search implémenté dans le logiciel libre NOMAD qui n'est pour l'instant pas utilisable sur les cas bruités) ou des méthodes exactes (Branch and Bound, Plans sécants...).

La première année de thèse sera l'occasion de réaliser un état de l'art de ces différentes méthodes afin d'identifier la méthode la plus prometteuse sur laquelle la thèse se recentrera.

De nombreux cas tests sont disponibles pour comparer et tester les méthodes numériques. On peut citer, un cas test en gestion d'actifs (VME), de petite taille et pour lequel une formulation mathématique complète de la fonction à optimiser est donnée. Deux cas tests de dimensions moyenne et grande comme l'optimisation de l'achat de pièces de rechange (dimension 4) ou l'optimisation du planning de remplacement d'une famille de composants sur un parc de centrales (dimension 80), et enfin des cas tests issus de la plateforme COCO (COMparing Continuous Optimisers) de l'INRIA.

### **Profil recherché :**

Le candidat devra avoir les compétences en Optimisation et en Probabilités et statistiques.

Une partie importante de la thèse portera sur l'expérimentation numérique, aussi le candidat devra avoir un goût réel pour la programmation et maîtriser des langages bas niveau (C, C++...) et haut niveau (Python, Java...).

## Références

- [1] Picheny, Wagner, & Ginsbourger, A benchmark of kriging-based infill criteria for noisy optimization, 2013.
- [2] Vincent Moutoussamy, Simon Nanty, Benoît Pauwels. Emulators for stochastic simulation codes. *ESAIM: Proceedings and Surveys*, EDP Sciences, 2015, 48, pp.116 – 155
- [3] J. Lonchamp, W. Lair, Risk-informed Simulation Optimization for engineering asset management, PSAM 12, 2014
- [4] Jeanne Demgne, Modélisation d'actifs industriels pour l'optimisation robuste de stratégies de maintenance, Thèse de doctorat Mathématiques Pau 2015
- [5] T. Browne, B. Iooss, L. Le Gratiet, J. Lonchamp and E. Remy. Stochastic simulators based optimization by Gaussian process metamodels - Application to maintenance investments planning issues. *Quality and Reliability Engineering International Journal*, 32:2067-2080, 2016.