

# **Mise en œuvre d'une stratégie d'échantillonnage préférentiel adaptatif pour l'étude de la fiabilité de systèmes de production d'énergie**

## **Description de l'offre**

### **Entité d'accueil**

Le département PERICLES d'EDF R&D, situé sur le site d'EDF Lab. Paris Saclay (91), met ses compétences au service du Groupe pour qu'il soit un leader de la Transition Energétique et un acteur engagé de la Transformation Digitale. Ses 8 groupes de recherche contribuent en permanence à l'amélioration de la performance des unités opérationnelles du Groupe EDF, identifient et préparent ses relais de croissance à moyen et long termes grâce à une formidable expertise appliquée. A ce titre, le département :

- Contribue à une exploitation performante des moyens de production hydrauliques et nucléaires, actuels et futurs, en fonctionnement normal ou accidentel, tant sur les plans techniques qu'organisationnels et humains. Certaines de ses compétences sont également déclinées sur la production d'énergies renouvelables;
- Prépare des solutions numériques innovantes et sécurisées au service des métiers d'EDF, dans les domaines du calcul scientifique et des technologies de l'information, de la cybersécurité, de la visualisation graphique, de la réalité augmentée et virtuelle et de l'intelligence artificielle. Il est responsable du socle générique sur lequel sont adossés les codes scientifiques multi physiques développés par EDF R&D

Dans ce cadre, au sein de ce département, le groupe EPSDS « Etudes Probabilistes de Sûreté et de Disponibilité des Systèmes » a pour principales missions de développer des méthodes et outils avancés de sûreté de fonctionnement des systèmes pour les moyens de production du groupe EDF : sûreté nucléaire, sûreté des barrages, fiabilité de systèmes supports à la production, etc.

### **Objectifs du stage :**

Ce stage s'inscrit dans un programme de recherche dont l'objectif est d'améliorer les méthodes et outils d'évaluation de la sûreté de fonctionnement de grandes installations industrielles complexes exploitées par EDF, particulièrement celles qui relèvent de la catégorie des systèmes hybrides. Ces systèmes sont caractérisés par une dynamique résultant d'un couplage entre des événements stochastiques discrets et des phénomènes déterministes continus et transitoires. Ces systèmes se rencontrent, entre autres, dans le domaine de la production électrique hydraulique et dans les études probabilistes de sûreté nucléaire.

Mathématiquement, les systèmes hybrides sont modélisés par des processus markoviens déterministes par morceaux (PDMP) [1], qui couplent un vecteur aléatoire à espace d'états fini caractérisant la configuration du système (typiquement, les modes « marche, arrêt, panne » des composants du système) et un vecteur déterministe à valeurs dans un espace continu caractérisant les variables d'état des phénomènes physiques (typiquement, pression, température, niveau d'eau, ...). Le comportement temporel de ces variables d'état est régi par des équations différentielles en général assez lourdes qui dépendent de la configuration dans laquelle se trouve le système. EDF a développé une nouvelle méthode et un logiciel, PyCATSHOO, destinés à simuler les systèmes hybrides grâce à leur modélisation par PDMP [2].

L'estimation de la probabilité de défaillance de ces systèmes hybrides devient très coûteuse par la méthode de Monte Carlo classique qui nécessite de nombreux appels au code. Des méthodes de réduction de variance sont alors utilisées pour réaliser de manière plus efficace ces estimations. Un algorithme (de type échantillonnage préférentiel adaptatif) a été récemment proposé pour estimer de manière efficace la probabilité de défaillance de systèmes hybrides modélisés par des PDMP [3,4]. Deux questions restent en suspens : Premièrement, l'algorithme nécessite une phase d'initialisation. Plusieurs idées ont été proposées, dont certaines sont assez empiriques et possèdent des paramètres choisis par l'utilisateur. Une étude sérieuse est nécessaire pour rendre cette phase plus robuste. Deuxièmement, l'algorithme proposé, contrairement à la méthode de Monte Carlo classique, n'est pas parallélisable de manière évidente (embarrassingly parallel comme disent les Anglais) et la proposition et la mise au point d'une version parallèle serait appréciable.

Le but du stage est double :

1. Prendre en main PyCATSHOO (l'outil est développé en C++ mais la maîtrise de la syntaxe Python est suffisante pour son utilisation) pour mettre en œuvre la méthode d'échantillonnage préférentiel adaptatif sur deux cas d'études industriels : un problème de barrage hydraulique et un problème de piscine de combustibles nucléaires usagés.
2. Proposer et mettre en œuvre des solutions pour les deux problèmes cités (initialisation et parallélisation) ; comparer ces solutions d'un point de vue théorique et d'un point de vue pratique sur les cas d'études industriels.

**Conditions du stage :**

Le stage se déroulera à EDF Lab. Paris-Saclay, 7 Bd Gaspard Monge, 91120 Palaiseau.

La durée souhaitée est idéalement de 6 mois (au minimum 4 mois) à raison de 35h par semaine.

**Profil recherché :**

Formation en cours : équivalent master ou césure M1/M2 ou troisième année d'école d'ingénieurs avec une forte composante en mathématiques appliquées et une bonne connaissance du langage Python.

**Références :**

[1] B. de Saporta, F. Dufour, and H. Zhang, *Numerical methods for simulation and optimization of piecewise deterministic Markov processes: application to reliability*, Mathematics and statistics series, ISTE, 2016.

[2] H. Chraïbi, J. C. Houdebine, and A. Sibling, PyCATSHOO: Toward a new platform dedicated to dynamic reliability assessments of hybrid systems, in 13th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 13), 2016. voir <http://www.pycatshoo.org/>

[3] H. Chraïbi, A. Dutfoy, T. Galtier, and J. Garnier, *Optimal importance process for piecewise deterministic Markov process*, ESAIM P&S, Vol. 23, pp. 893-921 (2019).

[4] G. Chenetier, H. Chraïbi, A. Dutfoy, and J. Garnier, *Adaptive importance sampling based on fault tree analysis for piecewise deterministic Markov process*, preprint [hal-03831922](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03831922).

**Candidater :**

Candidature depuis le site EDF : <https://www.edf.fr/edf-recrute/offre/detail/2022-66141>.

**Contact :**

Hassane Chraïbi : [hassane.chraïbi@edf.fr](mailto:hassane.chraïbi@edf.fr).