

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2017-35**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. :  
Traitement de l'information et systèmes

Tél. : 05.62.25.26.63

Responsable du stage : Jérôme Morio

Email. : jerome.morio@onera.fr

### DESCRIPTION DU STAGE

Domaine d'étude : Fiabilité et estimation d'évènements rares

Type de stage       Fin d'études bac+5       Master 2 recherche       Bac+2 à bac+4

**Intitulé : Estimation d'évènements rares par échantillonnage préférentiel séquentiel adapté à la grande dimension**

Sujet : De nombreux systèmes physiques sont schématiquement décrits par une relation du type  $Y = \phi(X)$ , où l'entrée  $X$  est supposée aléatoire et où la sortie  $Y$  est déterminée via la fonction déterministe  $\phi$ . Un exemple proéminent d'application est l'analyse d'un code de calcul boîte noire :  $\phi$  représente alors un code de calcul, tel que des calculs de contraintes sur des structures mécaniques complexes et  $X$  les conditions extérieures dans lesquelles ce calcul est effectué. On peut notamment penser à un code de type éléments finis, dont la complexité rend impossible toute étude analytique de la fonction  $\phi$  et donc de la sortie  $Y$ .

Une question importante est la fiabilité d'un tel système. Cela correspond à la problématique d'estimation de la probabilité d'un évènement rare de la sortie  $Y$ : la défaillance d'un système est en effet un évènement de faible occurrence mais que, pour des raisons de fiabilité et de certification, il est indispensable d'estimer. Les techniques naïves de type Monte--Carlo sont mal adaptées à de tels cas, nécessitant par exemple  $10^8$  appels à la fonction  $\phi$  pour estimer une probabilité de l'ordre de  $10^{-6}$  avec une erreur relative de l'ordre de 10%. Des techniques plus efficaces ont été développées telles que les méthodes de Monte--Carlo séquentielles [1] ou l'échantillonnage préférentiel [2].

Le principe des techniques d'échantillonnage préférentiel est de proposer une distribution auxiliaire de l'entrée  $X$  capable de générer plus d'apparition d'évènements rares de la sortie  $Y$ . Le changement de densité de tirage des échantillons est pris en compte dans l'estimateur de probabilité de défaillance en ajoutant un poids aux échantillons. Si l'échantillonnage préférentiel est une technique bien connue, son application à des cas où l'entrée  $X$  est de dimension importante ( $>15$ ) est encore un challenge comme le montrent de récents articles [3], [4] sur ce sujet car déterminer une densité auxiliaire efficace est alors particulièrement complexe.

Les « active subspaces » [5] ont été récemment proposés afin d'estimer des intégrales et ne plus échantillonner sur l'ensemble des dimensions de  $X$  mais uniquement sur un sous-espace d'intérêt de l'espace d'entrée. L'adaptation de cette approche à l'estimation de la probabilité d'un évènement rare est une question ouverte. L'objectif du stage est donc de proposer une nouvelle approche d'échantillonnage combinant active subspaces et échantillonnage préférentiel pour l'estimation d'évènements rares et d'évaluer l'apport de cette nouvelle approche sur différents cas-tests issus du monde aérospatial.

Le stage sera co-encadré par Florian Simatos, enseignant-chercheur à l'ISAE-SUPAERO, et Thierry Klein, enseignant-chercheur à l'ENAC.

[1] F. Cérou, P. Del Moral, T. Furon, and A. Guyader. Sequential Monte Carlo for Rare Event Estimation, *Statistics and Computing*, 22(3):795-808, 2012.

[2] J. A. Bucklew. Introduction to rare event simulation. Springer Series in Statistics. Springer-Verlag, New

York, 2004.

[3] I. Papaioannou, C. Papadimitrou, D. Straub. Sequential importance sampling for structural reliability analysis, Structural Safety, 62:66-75, 2016.

[4] Z. Whang., J. Song. Cross-entropy-based adaptive importance sampling using von Mises-Fisher mixture for high dimensional reliability analysis, Structural Safety, 59:42-52, 2016.

[5] P.G. Constantine, Active Subspaces: emerging ideas for dimension reduction in parameter studies, SIAM spotlights, Philadelphia, 2015

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

Recherche théorique

Travail de synthèse

Recherche appliquée

Travail de documentation

Recherche expérimentale

Participation à une réalisation

Possibilité de prolongation en thèse :

Oui

**Durée du stage :**

Minimum : 4

Maximum : 6

Période souhaitée : Mars – Août 2018

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis :

Mathématiques appliquées, probabilités / statistiques

Ecoles ou établissements souhaités :

3ème année Ecole d'Ingénieur généraliste, ou M2R