

# Développement des méthodes AK pour l'analyse de fiabilité. Focus sur les évènements rares et la grande dimension.

N. Lelièvre

Les ingénieurs utilisent de plus en plus de modèles numériques leur permettant de diminuer les expérimentations physiques nécessaires à la conception de nouveaux produits. Avec l'augmentation des performances informatiques et numériques, ces modèles sont de plus en plus complexes et coûteux en temps de calcul pour une meilleure représentation de la réalité. Les problèmes réels de mécanique sont sujets en pratique à des incertitudes qui peuvent impliquer des difficultés lorsque des solutions de conception admissibles et/ou optimales sont recherchées. La fiabilité est une mesure intéressante des risques de défaillance du produit conçu dus aux incertitudes. L'estimation de la mesure de fiabilité, la probabilité de défaillance, nécessite un grand nombre d'appels aux modèles coûteux et deviennent donc inutilisable en pratique. Pour pallier ce problème, la métamodélisation est utilisée ici, et plus particulièrement les méthodes AK qui permettent la construction d'un modèle mathématique représentatif du modèle coûteux avec un temps d'évaluation beaucoup plus faible.

Le premier objectif de ces travaux de thèses est de discuter des formulations mathématiques des problèmes de conception sous incertitudes. Cette formulation est un point crucial de la conception de nouveaux produits puisqu'elle permet de comprendre les résultats obtenus. Une définition des deux concepts de fiabilité et de robustesse est aussi proposée. Ces travaux ont abouti à une publication dans la revue internationale *Structural and Multidisciplinary Optimization* (Lelièvre, et al. 2016).

Le second objectif est de proposer une nouvelle méthode AK pour l'estimation de probabilités de défaillance associées à des évènements rares. Cette nouvelle méthode, nommée AK-MCSi, présente trois améliorations de la méthode AK-MCS : des simulations séquentielles de Monte Carlo pour diminuer le temps d'évaluation du métamodèle, un nouveau critère d'arrêt sur l'apprentissage plus stricte permettant d'assurer le bon classement de la population de Monte Carlo et un enrichissement multipoints permettant la parallélisation des calculs du modèle coûteux. Ce travail a été publié dans la revue *Structural Safety* (Lelièvre, et al. 2018).

Le dernier objectif est de proposer de nouvelles méthodes pour l'estimation de probabilités de défaillance en grande dimension, c'est-à-dire un problème défini à la fois par un modèle coûteux et un très grand nombre de variables aléatoires d'entrée. Deux nouvelles méthodes, AK-HDMR1 et AK-PCA, sont proposées pour faire face à ce problème et sont basées respectivement sur une décomposition fonctionnelle et une technique de réduction de dimension. La méthode AK-HDMR1 fait l'objet d'une publication soumise à la revue *Reliability Engineering and Structural Safety* le 1<sup>er</sup> octobre 2018.