



Offre de thèse à l'Institut Clément Ader / ONERA

Vers une synergie entre analyses de fiabilité par échantillonnage adaptatif et réduction de modèles

Mots clés : analyse de fiabilité, processus gaussiens, krigeage, éléments finis, calcul de structures

Contexte et objectifs:

Les problèmes d'analyse de fiabilité sur des structures complexes sont souvent numériquement coûteux à résoudre, ce qui en limite l'utilisation dans l'industrie. Le problème du coût numérique a été récemment abordé via deux fronts distincts.

D'une part des développements récents dans le domaine des approches d'analyse de fiabilité par apprentissage actif ont permis des réductions importantes des temps de calculs pour des problèmes avec un nombre modéré de variables aléatoires. Les méthodes par apprentissage actif, connues aussi sous le nom de méthodes par échantillonnage adaptatif, consistent à construire un modèle de substitution (ou métamodèle) de krigeage (processus gaussien conditionné) pour le calcul de contraintes fiabilistes et enrichir de manière adaptative ce métamodèle en fonction de la structure d'incertitude du krigeage [1]-[3].

D'autre part, l'utilisation de la réduction de modèles a également permis des gains importants en temps de calcul. Nous nous intéresserons ici à la réduction de modèles appelée « en base réduite » [4]-[5], qui consiste à rechercher une solution dans un sous-espace judicieusement construit, qui est de dimension notablement réduite par rapport à l'espace initial.

Il existe alors un potentiel très fort d'obtenir des réductions drastiques des temps de calculs (de plusieurs ordres de grandeur) via une synergie entre les approches d'analyse de fiabilité par échantillonnage adaptatif et la modélisation en base réduite. L'objet de cette thèse est de développer le couplage entre ces deux approches afin de rendre possible cette synergie. Ce développement pourra notamment s'appuyer sur un couplage récent, suivant la même philosophie, entre optimisation et réduction de modèles [6]. Le développement de cette nouvelle méthode permettra ainsi des analyses de fiabilité à fidélité adaptative, ajustant la fidélité du modèle aux besoins de l'analyse de fiabilité. Elle serait particulièrement pertinente pour des problèmes de grande dimension stochastique et physique permettant ainsi de réduire de façon très significative les temps de calcul. Les développements récents sur les modèles de krigeage adaptés à la grande dimension [7]-[8] seront couplés à cette approche.



Offre de thèse à l'Institut Clément Ader / ONERA

La nouvelle méthode d'analyse de fiabilité adaptative développée sera d'abord validée sur des cas tests simples (modèles de plaques trouées stratifiées) puis appliquée à des problèmes de calcul de la probabilité de défaillance sur des structures aéronautiques (e.g. voilure d'un avion).

Le développement de ces synergies fait l'objet du projet de recherche ReBRéD porté par un des encadrants et financé par l'Agence Nationale de la Recherche.

Références bibliographiques :

- [1] Bichon BJ, Eldred MS, Swiler LP, Mahadevan S, McFarland JM. (2008). "Efficient global reliability analysis for nonlinear implicit performance functions". *AIAA Journal*, 46:2459–68.
- [2] Echard, B., Gayton, N., Lemaire, M. (2011). "AK-MCS: An active learning reliability method combining Kriging and Monte Carlo Simulation", *Structural Safety*, 33(2), 145–154
- [3] Balesdent, M., Morio, J., & Marzat, J. (2013). Kriging-based adaptive importance sampling algorithms for rare event estimation. *Structural Safety*, 44, 1-10.
- [4] Kerschen, G., Golinval, J.C., Vakakis, A.F., & Bergman, L.A. (2005). "The method of proper orthogonal decomposition for dynamical characterization and order reduction of mechanical systems: an overview", *Nonlinear dynamics*, 41(1-3), 147-169.
- [5] Benner, P., Gugercin, S., & Willcox, K. (2015). A survey of projection-based model reduction methods for parametric dynamical systems. *SIAM review*, 57(4), 483-531.
- [6] Soilahoudine, M., Gogu, C., & Bes, C. (2016). Accelerated adaptive surrogate based optimization through reduced order modeling. *AIAA Journal*, (In Press)
- [7] M. A. Bouhlel, N. Bartoli, A. Otsmane and J. Morlier (2016). Improving kriging surrogates of high-dimensional design models by Partial Least Squares dimension reduction, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 53 (5), pp. 935–952
- [8] M. A. Bouhlel, N. Bartoli, A. Otsmane and J. Morlier, (2016). An Improved Approach for Estimating the Hyperparameters of the Kriging Model for High-Dimensional Problems through the Partial Least Squares Method, *Mathematical Problems in Engineering*, (In Press)

Profil du candidat :

Idéalement le candidat, issu d'une formation ingénieur ou Master, aura une spécialisation en mathématiques appliquées et/ou mécanique des structures ainsi qu'un goût pour les applications aéronautiques. Une connaissance d'un logiciel de modélisation éléments finis (e.g. Nastran), et du logiciel Matlab seront fortement appréciés.

Contacts :

Christian GOGU (Université Toulouse III, Institut Clément Ader) : christian.gogu@univ-tlse3.fr (05 61 17 11 07)
Jérôme MORIO et Nathalie BARTOLI (ONERA DCPS/SAE) : jerome.morio@onera.fr et nathalie.bartoli@onera.fr