

Titre : Analyse probabiliste d'un monopieu offshore de grand diamètre encastré dans un sol spatialement variable par des approches de Krigeage avancées

Mots clés : variabilité spatiale, Krigeage, probabilité de ruine, monopieu.

Résumé : Cette thèse a pour but de réaliser une analyse probabiliste d'une fondation d'éolienne offshore de type monopieu encastrée dans un sol argileux spatialement variable. L'analyse probabiliste des structures géotechniques impliquant des propriétés de sol variant spatialement est généralement effectuée à l'aide de méthodes de simulation telles que la méthode classique de Monte Carlo ou les techniques de réduction de variance. Ces méthodes ne sont pas suffisantes pour estimer les faibles valeurs de la probabilité de ruine rencontrées dans la pratique avec une grande précision, surtout lorsqu'on considère un modèle mécanique très coûteux en temps de calcul, comme c'est le cas dans cette thèse. L'approche AK-MCS basée sur le Krigeage est une approche d'apprentissage actif combinant un méta-modèle de Krigeage avec la technique de simulation de Monte Carlo. Dans le cadre de cette approche, la technique de simulation de Monte Carlo est effectuée sans évaluer l'ensemble de la population. En effet, la population est prédite à l'aide d'un méta-modèle de

Krigeage qui est défini sur la base d'un nombre réduit de points de la population, ce qui permet de réduire considérablement le temps de calcul par rapport à la technique de Monte Carlo. Notons cependant que l'approche AK-MCS pose des problèmes liés (i) à la stratégie de sélection de nouveaux échantillons d'apprentissage lors de l'enrichissement du méta-modèle et (ii) au critère d'arrêt correspondant. Trois approches basées sur le Krigeage (GSAS, AK-MCSm et AK-MCSd) ont été développées afin de surmonter ces problèmes. GSAS est une approche basée sur une analyse de sensibilité globale. AK-MCSm est une approche utilisant une technique d'enrichissement multipoint. Enfin, AK-MCSd est une approche basée sur le Krigeage et prenant en compte la dépendance entre les prédictions du modèle de Krigeage. Les approches proposées se sont avérées fournir des outils efficaces pour le calcul de la faible probabilité de ruine de fondations d'éoliennes offshore dans un temps de calcul raisonnable.

Title : Enhanced Kriging-based approaches for the probabilistic analysis of a large diameter offshore monopile in a spatially varying soil

Keywords : spatial variability, Kriging metamodeling, probability of failure, monopile foundation.

Abstract : This thesis aims at performing a probabilistic analysis of an offshore monopile foundation embedded in a spatially varying clayey soil. The probabilistic analysis of geotechnical structures involving spatially varying soil properties is generally performed using simulation methods as the conventional Monte Carlo Simulation MCS methodology or the variance reduction techniques. These methods are not suitable for the accurate assessment of the small values of the failure probability encountered in practice when considering a computationally expensive mechanical model as is the case in this thesis. The traditional Kriging-based approach AK-MCS is an Active learning approach combining Kriging metamodeling and MCS simulation technique. Within AK-MCS, Monte Carlo simulation is performed without evaluating the whole population. Indeed, the population is predicted using a Kriging meta-model which is defined on the basis

of only a few points of the population, thus significantly reducing the computation time with respect to the crude MCS. Notice however that AK-MCS approach presents some issues related to (i) the strategy of selection of new training samples when performing the enrichment process of the Kriging meta-model and (ii) the corresponding stopping criterion. Three Kriging-based approaches (namely, GSAS, AK-MCSm and AK-MCSd) were developed in order to overcome these issues. GSAS is a Global sensitivity analysis-enhanced surrogate modelling approach, AK-MCSm is a multi-point enrichment approach and AK-MCSd is a Kriging-based approach that takes into account the dependency between the Kriging predictions. The proposed approaches were found to provide efficient tools for the computation of the small failure probability of complex offshore foundations within a reasonable computation time.