**Intervention Phimeca / groupe IMdR « Fiabilité et Modèles Aléatoires pour la Maintenance »**

|  |  |
| --- | --- |
| **Référence :** | FIMA\_Grenoble |
| **Accessibilité :** | Libre |
| **Date de création :** | 07/11/2018  |
| **Rédacteur(s) :** | G.Causse |
| **Destinataires :** | J.Baroth, Laurent Doyen |
| **Objet :** | Contenu de l’intervention Phimeca du 13/12/18 au groupe IMdR « Fiabilité et Modèles Aléatoires pour la Maintenance » |

Suivi des indices

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Indices** | **Date** | **Evolutions** | **Rédacteur(s)** |
| A | 07/11/2018  | Création | G.Causse |

# Titre

Modélisation physique, intégration des données de mesures et analyses probabilistes pour l’évaluation de la fiabilité des structures et de leur maintenance

# Cas d’application

## Analyses de sensibilité et de fiabilité pour la conception d’un composant ferroviaire

Lorsque des ruptures mécaniques prématurées sont détectées sur des systèmes en utilisation, les actions nécessaires pour reprendre la conception sont souvent onéreuses et difficiles à spécifier précisément. Le cas présenté est celui d’un graisseur de boudin, composant ferroviaire présent sur les boggies permettant la lubrification du contact roue/rail. La rupture prématurée apparaît sous l’effet d’un phénomène de fatigue vibratoire. Phimeca a mis en place un couplage entre un modèle de calcul par éléments finis et des méthodes de sensibilité et de fiabilité afin de définir le moyen le plus efficace afin de reconcevoir le graisseur de boudin.

## Fiabilité des conduites forcées en service

EDF exploite plus de 450 usines hydroélectriques. Celles-ci sont alimentées par plus de 250 km de conduites forcées d’amenée d’eau. La moyenne d’âge de ces conduites étant supérieure à 50 ans, des diagnostics sont régulièrement réalisés pour déterminer leur état et leur aptitude au service. Celle-ci est évaluée vis-à-vis du risque d’instabilité plastique en comparant la contrainte en service à une contrainte admissible. On tient compte pour cela des éventuelles pertes d’épaisseur dans les zones corrodées. L’approche actuelle du calcul de la contrainte admissible se base sur l’utilisation d’un coefficient de sécurité fixe appliqué à la résistance nominale de l’acier. Sur chaque tronçon, un facteur de marge est évalué en tenant compte de valeurs de calcul pour les données d’entrée telles que la résistance de l’acier et les pertes d’épaisseur. Pour les variables comportant une dispersion ou entachées d’incertitude, le choix de la valeur de calcul est donc déterminant et doit se faire en lien avec le coefficient de sécurité.

Le travail réalisé en collaboration avec Phimeca consiste à déterminer un multiplicateur d’écart-type, qui permet compte tenu des coefficients de sécurité utilisés, de garantir un niveau de sûreté satisfaisant pour la conduite forcée. La méthode de fiabilité FORM couplée à la simulation « tirages d’importance » a été utilisée pour parvenir à rechercher les multiplicateurs d’écart-type optimaux dans un grand nombre de configurations de conduites forcées.

## Pronostic de durée de vie en fatigue par apprentissage statistique et modélisation physique

Ce cas d’étude cherche à prédire l’endommagement en fatigue de risers (tuyaux acheminant le pétrole depuis le fond marin) sous les effets d’un mouvement continu de la houle. Plus généralement la méthodologie développée sert à faire un diagnostic puis un pronostic de l’état de santé d’installations en mer à partir de mesures embarquées. Des analyses de données et des simulations numériques sont réalisées en concordance afin de permettre la conception et l’exploitation de systèmes industriels plus sûrs et performants. Une méthode classique de pronostic est dans un premier temps présentée puis on intègre la prise en compte des mesures embarquées avant de réaliser une réduction de dimension permettant l’obtention de modèle prédictif pour le diagnostic et le pronostic.

## Indicateurs de dommage sur une structure de type pont

La première partie des travaux de recherche a été de construire différents indicateurs de dommage (basés sur différents types de mesure tels que les rotations, la flèche, ou les déformations) pour les ponts qui peuvent être utilisés pour mettre à jour leur état de santé. Deux propriétés que sont l’aire sous la courbe et la valeur maximale des signaux obtenus sont étudiés. Les analyses menées tiennent compte des incertitudes de mesure des différents capteurs. Six indicateurs de dommage ont été comparés. Une actualisation bayésienne a été réalisée avec les différents indicateurs afin d’obtenir une estimation plus précise de la perte de raideur due à la corrosion du béton armé des ponts.

Des données de mesure provenant d’un pont instrumenté en Slovénie ont ensuite été utilisées afin de vérifier que les indicateurs de dommage utilisant les mesures de déformation sont utilisables. L’effet de la température sur l’indicateur de dommage a aussi été investigué, afin de pouvoir compenser l’effet de la variation (saisonnière) de température et d’identifier une modification de la raideur du pont induite par d’autres raisons (augmentation de dommage) que la variation de température. En parallèle, ces mêmes données ont été utilisées afin d’identifier simultanément la ligne d’influence du pont et le chargement vu par le pont. L’évolution de la ligne d’influence est aussi utilisée pour quantifier l’évolution du dommage en intégrant les effets de variation de température.

##  Optimal maintenance planning of existing structures using monitoring data (Thèse en cours)

In last decades maintenance optimization of civil structures has gained increasing attention since the number of aging structures is becoming large while available budget dedicated to maintenance is limited. Fatigue is one of the main degradation processes on steel structures that causes structural failure before the designed lifetime. Therefore, the main goal of our study is to provide an optimal maintenance planning to extend the lifetime of structures against fatigue. Structural health monitoring can help to have a better understanding of the structural condition for a better maintenance funding allocation. To reach our goal we might face different challenges in a: fatigue reliability assessment, b: application of monitoring information, and c: optimization of maintenance strategies. Addressing these challenges can define different steps of this study.

Within the first step, fracture mechanism and S-N curves are two regular approaches that are used to evaluate fatigue damage and provide a proper limit state for reliability analysis. Fatigue reliability can be performed within a time-independent or time-dependent framework depending on the choice of fatigue model. The challenge here is related to how to evaluate low probabilities of failure when computationally expensive performance functions are involved. Hence, we have developed an efficient methodology to perform time-dependent reliability analysis. Kriging metamodeling is used to replace the computationally expensive performance functions while using Monte Carlo simulation.

The second step is related to how to get benefit from monitoring information. Structural health monitoring provides us with valuable information about the current situation of civil structures. This information can be about crack development, actual loading conditions, etc. The challenge here is related to the way we employ the information coming from monitoring data. With this respect, a study has been developed on long-term monitoring data available at EPFL. Time series methods are employed to prepare a loading model for long-term monitoring data. The aim is to capture seasonality effect and to provide a model that gives more detail about structural fatigue loading. This load model can be used within S-N approach or fracture mechanism with some adjustments.

Finally, methods and approaches in previous steps will be combined to have a proper and updated indicator for applying maintenance actions. The desired indicator would be fatigue reliability index. The challenge in the final step can be related to the cost models for maintenance and monitoring. Therefore, an appropriate cost model will be chosen for the optimization framework, and overall methodology will be applied on a shared object or another case study.