

Un cadre bayésien pour l'identification de paramètres structuraux en présence d'incertitudes

Pierre FEISSEL, Laboratoire Roberval, UTC, Compiègne

Erliang Zhang, Laboratoire Roberval, UTC, Compiègne

Jérôme Antoni, Laboratoire Roberval, UTC, Compiègne

Cette étude se place dans le contexte de la caractérisation vibratoire des structures mécaniques. L'objectif est de construire une démarche d'identification des fonctions de transfert associées à la réponse structurale dans le domaine fréquentiel, et ce en s'appuyant sur un modèle physique. Ce dernier se traduit par un modèle numérique de type Éléments Finis. La prise en compte d'un modèle physique comporte au moins deux avantages par rapport aux approches purement expérimentales : le modèle physique, par son choix, régularise le problème d'identification et permet, de plus, de construire des fonctions de transfert entre des points inaccessibles à la mesure, conférant ainsi un caractère prédictif aux modèles identifiés.

Toutefois, aussi complexe que soit la modélisation Éléments Finis, elle sera une simplification de la structure réelle, et il faut s'attendre à des erreurs de modèle telles que le meilleur jeu de paramètres pour le modèle conduira tout de même à un écart par rapport à la fonction de transfert exacte. Pour limiter ces inconvénients, il convient de traiter spécifiquement les erreurs de modèle pour pouvoir les quantifier. L'objectif des travaux est de proposer une stratégie d'identification permettant de traiter et quantifier les erreurs et incertitudes, tant expérimentales que de modèle. Dans ce but, l'inférence bayésienne [1] est adoptée ici. La première étape consiste classiquement à définir un cadre théorique pour décrire le problème direct, c'est-à-dire l'expérience. Au sein de ce cadre théorique, toute la connaissance se traduit par des densités de probabilité. Le point de départ est l'expression sous forme de probabilités *a priori* de l'information avant essai, sur le modèle et les expériences. La solution du problème inverse est alors la densité de probabilité des paramètres recherchés actualisée par la prise en compte des données expérimentales : la probabilité *a posteriori* qui s'exprime, par la règle de Bayes, à partir des probabilités *a priori* et des mesures. Classiquement, il peut être extrait de la probabilité *a posteriori* les paramètres les plus probables vu les mesures ou encore les covariances des paramètres identifiés, fournissant ainsi l'incertitude sur les quantités recherchées.

Dans ce contexte, nous avons construit un cadre dans lequel les paramètres des fonctions de transfert sont la somme de paramètres issus d'un modèle numérique et de variables d'erreur de modélisation, également à identifier. Le pont entre le modèle et les paramètres de la fonction de transfert se fait par l'utilisation du chaos polynomial [2], qui offre un cadre très général de représentation de variables aléatoires. Un point technique crucial pour l'efficacité de la méthode est l'exploration de la probabilité *a posteriori*. Elle se fait ici en générant des échantillons suivant la loi *a posteriori* par un algorithme de Monte-Carlo par Chaîne de Markov évolutionnaire [3] permettant une exploration robuste de lois complexes.

Les méthodes ont été mises en œuvre sur des exemples numériques et sur des essais mécaniques sur des structures simples [4]. Dans les deux cas, les outils mis en place permettent d'identifier les paramètres du modèle physique et de quantifier les erreurs de modélisation.

Références

- [1] A. TARANTOLA, *Inverse Problem Theory and Model Parameter Estimation*, SIAM, 2005.
- [2] R. GAHNEM ET P. SPANOS, *Stochastic Finite Elements : A Sepctral Approach*, Springer, 1991.
- [3] F. LIANG ET W.H. WONG, *Real-parameter evolutionary Monte Carlo with applications to Bayesian mixture models*, Journal of the American Statistical Association, 96(454):653–666, 2001.
- [4] E. ZHANG, P. FEISSEL ET J. ANTONI, *Bayesian model updating with consideration of modeling error*, European Journal of Computational Mechanics, accepté.

Pierre FEISSEL, Laboratoire Roberval, UMR 6253 UTC Centre de Recherche, BP20529, 60205 Compiègne
pierre.feissel@utc.fr

Erliang Zhang, Laboratoire Roberval, UMR 6253 UTC Centre de Recherche, BP20529, 60205 Compiègne
erliang.zhang@utc.fr

Jérôme Antoni, Laboratoire Roberval, UMR 6253 UTC Centre de Recherche, BP20529, 60205 Compiègne
jerome.antoni@utc.fr