

# Localisation 2D d'une fissure sur une poutre par subspace fitting

G. GAUTIER<sup>a,1</sup>, R. SERRA<sup>a</sup>, J.-M. MENCİK<sup>a</sup>

a. INSA Centre Val de Loire, LMR, 3 rue de la chocolaterie, 41000 Blois, France

1. guillaume.gautier@insa-cvl.fr

## Résumé :

La localisation de défauts dans les structures mécaniques est une tâche cruciale pour de nombreuses applications industrielles. Prédire de manière précoce un endommagement permet alors de réduire considérablement les coûts liés à la maintenance. Dans cette optique de nombreuses méthodes basées sur l'analyse vibratoire ont émergé ces dernières années [1]. Plus particulièrement, les méthodes basées sur le recalage de modèles Eléments Finis (EF) visent à corrélérer un modèle numérique avec des données expérimentales issues de la structure surveillée [2]. La corrélation est effectuée en ajustant les paramètres incertains du modèle. Lorsque ces paramètres sont sensibles aux défauts, il est alors possible de les diagnostiquer.

Une méthode subspace fitting (SF) [3] destinée à l'identification des paramètres mécaniques et l'évaluation de l'état de santé de structures vibrantes, est présentée. La méthode SF s'attache à extraire, à partir des méthodes d'identification par sous-espaces (4SID), une matrice d'observabilité du système  $\Gamma^e$  et de la corréler, au sens de la norme, à une matrice d'observabilité théorique  $\Gamma$  :

$$\{\theta_p\}_p = \operatorname{argmin} \|(\mathbf{I} - \Gamma^e \Gamma^{e+}) \Gamma\|_F^2 \quad (1)$$

où  $\{\theta_p\}_p$  sont les paramètres à recalculer.

L'essence de la méthode SF est de construire la matrice d'observabilité théorique sur la base d'un modèle éléments finis (EF) de la structure considérée [4; 5]. En ajustant les paramètres inconnus du modèle EF, les propriétés mécaniques de la structure vibrante sont identifiées. Les coûts de calcul d'une telle procédure sont réduits en considérant une méthode de réduction de modèle basée sur la position des excitations et des capteurs.

Une fissure est un endommagement des plus courants dans les structures mécaniques. Plusieurs méthodes reportées dans la littérature permettent de modéliser cette perte de rigidité à partir d'un modèle EF de la structure [6]. L'une d'entre elles revient à considérer que la présence d'une fissure introduit une perte de rigidité locale qui affecte la réponse vibratoire de la structure.

De cette considération, une procédure de localisation de défauts est développée qui s'appuie sur un modèle EF 2D de la structure. Dans une première étape ce modèle est recalé par SF à partir de signaux expérimentaux de la structure saine. La méthode de localisation s'attache ensuite à découper un domaine du modèle EF localisé comme endommagé en deux sous-domaines. Pour chaque sous-domaine, un paramètre de sévérité de dommage est recalé qui permet de statuer sur son état de santé. La procédure est itérée jusqu'à ce qu'un sous-domaine soit de la taille d'un élément du modèle EF. Une étude menée sur le nombre de capteurs à employer montre que seulement deux accéléromètres sont nécessaires.

La méthode proposée est appliquée à la localisation d'un défaut dans une poutre (Figure 1). Cette poutre possède les caractéristiques géométriques suivantes : une longueur de  $1m$ , une largeur de  $0.1m$  et une épaisseur de  $0.1m$ . Ses caractéristiques physiques sont celles de l'acier, c'est à dire un module d'Young de  $200GPa$ , une densité de  $7850kg/m^3$  et un coefficient de Poisson de  $0.3$ . Cette poutre est encastree à l'une de ses extrémités.

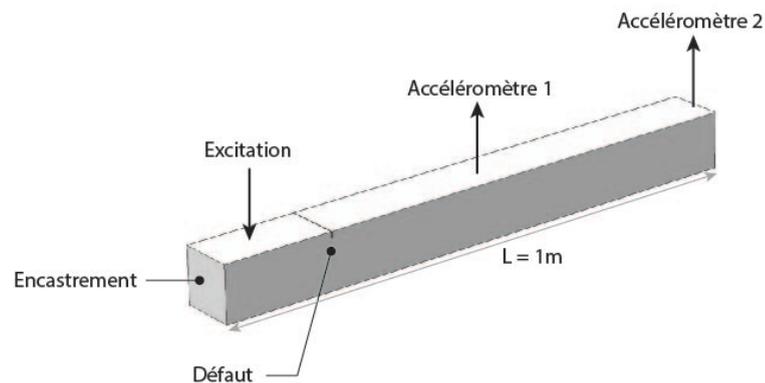


FIGURE 1 – Poutre endommagée.

La poutre est excitée par un bruit blanc Gaussien à  $0.1m$  de l'encastrement. Deux accéléromètres sont utilisés pour enregistrer la réponse temporelle, d'une durée de  $5s$ , échantillonnée à  $1080Hz$ , positionnés à  $0.5m$  et  $1m$  de l'encastrement. Le défaut est considéré sur une largeur de  $0.001m$  et une profondeur de  $0.01m$ , à  $0.2m$  de l'encastrement.

A l'issue de la procédure, une zone endommagée est localisée entre les positions  $x = 0.175m$  et  $x = 0.225m$  suivant la longueur de la poutre et  $y = 0.08m$  et  $y = 0.1m$  suivant son épaisseur (Figure 2).

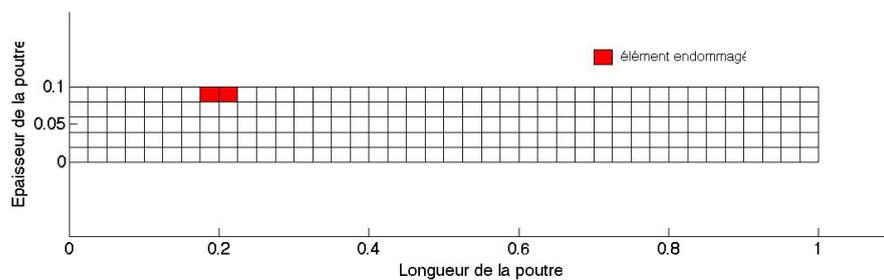


FIGURE 2 – Résultat de la procédure de localisation.

La méthode développée permet de localiser de manière précise des endommagements en utilisant un nombre réduit de capteurs. En comparaison avec une procédure de localisation en  $1D$  [4], cette application permet d'obtenir une information plus précise sur la profondeur du défaut.

## Références

- [1] S.-W. Doebling, C.-R. Farrar and M.-B. Prime, *A summary review of vibration-based damage identification methods*, Shock and vibration digest, 30(2), 91-105, 1998.
- [2] C.-P. Fritzen, D. Jennewein and T. Kiefer, *Damage detection based on model updating methods*, Mechanical Systems and Signal Processing, 12(1), 163-186, 1998
- [3] M. Viberg, B. Wahlberg and B. Ottersten, *Analysis of state space system identification methods based on instrumental variables and subspace fitting*, Automatica, 33(9), 1603-1616, 1997

- [4] G. Gautier, R. Serra and J.-M. Mencik *A finite element-based subspace fitting approach for structure identification and damage localization*, Mechanical Systems and Signal Processing, 58-59, 143-159, 2015.
- [5] G. Gautier, R. Serra and J.-M. Mencik *Vibratory diagnosis by finite element model updating and operational modal analysis*, Mechanics Industry, 14(02), 145-149, 2013.
- [6] J.-K. Sinha, M.-I. Friswell and S. Edwards, *Simplified models for the location of cracks in beam structures using measured vibration data*, Journal of Sound and Vibration, 251(1), 13-38, 2002