



**HAL**  
open science

## Influence de la mesure sur les méthodes de détection d'endommagement basée sur la courbure modale

Désirée Najem, Gwendal Cumunel, Pierre Argoul, Wassim Raphael, Fouad  
Kaddah

► **To cite this version:**

Désirée Najem, Gwendal Cumunel, Pierre Argoul, Wassim Raphael, Fouad Kaddah. Influence de la mesure sur les méthodes de détection d'endommagement basée sur la courbure modale. 1ères Journées Jeunes Chercheurs en Vibrations, Apr 2013, France. hal-00851960

**HAL Id: hal-00851960**

**<https://enpc.hal.science/hal-00851960>**

Submitted on 19 Aug 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Influence de la mesure sur les méthodes de détection d'endommagement basée sur la courbure modale

Désirée Najem<sup>1,2\*</sup>, Gwendal Cumunel<sup>1</sup>, Pierre Argoul<sup>1</sup>

Wassim Raphael<sup>2</sup>, Fouad Kaddah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Paris Est, Laboratoire Navier (ENPC/IFSTTAR/CNRS), Ecole des Ponts ParisTech, ENPC, 6&8 Avenue Blaise Pascal, Champs sur Marne, F77455 Marne la Vallée Cedex 2, France

<sup>2</sup>Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth, Université Saint Joseph de Beyrouth, Liban

Au cours des dernières décennies, la détection d'endommagement basée sur les changements des propriétés dynamiques des structures a fait l'objet de nombreuses recherches. L'idée générale est que les paramètres modaux de la structure sont fonction de ses propriétés physiques (rigidité, masse, amortissement) et que leur modification correspond à un changement structurel. Des méthodes utilisant la courbure modale, la matrice de flexibilité, la courbure de flexibilité et l'énergie de déformation obtenues à partir des paramètres modaux de la structure peuvent, par exemple, être utilisées pour détecter des endommagements.

Afin d'évaluer la performance de ces méthodes, des simulations numériques ont été réalisées sur une poutre en aluminium encastree-encastree similaire à celle qui sera utilisée dans des travaux expérimentaux futurs. Dans la présente étude, le défaut est modélisé par une variation de la rigidité c-à-d. la réduction de section d'un élément fini (symétriquement de part et d'autre de l'axe neutre). La sensibilité des méthodes vis-à-vis du type de capteur, du nombre de capteurs, de la sévérité du défaut ainsi que de la dispersion des paramètres modaux (ajouté numériquement) est étudiée.

Les types de capteurs considérés sont les capteurs ponctuels (accéléromètre), les extensomètres longue base (ELB) et les capteurs de rotation. Les réponses impulsionnelles obtenues pour ces capteurs sont données respectivement par :

$$\ddot{v}(x,t) \approx \sum_{k=1}^N \ddot{b}_k(t) \phi_k(x), \quad \Delta L(a,b,t) \approx -y \sum_{k=1}^N b_k(t) \left( \int_a^b \phi_k''(x) dx \right), \quad \theta(x,t) \approx \sum_{k=1}^N b_k(t) \phi_k'(x)$$

Pandey et al. [2] ont mis en évidence que le changement absolu de la courbure des déformées propres entre un état sain et un état endommagé pouvait être un bon indicateur d'endommagement pour un modèle aux éléments finis. Dans le cas où  $N$  déformées modales sont utilisées, les valeurs absolues du changement de courbure de chaque mode peuvent être additionnées pour fournir un paramètre unique :

$$I_{MC} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |\varphi_{ij}'' - \varphi_{ij}''^*|$$

La figure 1 présente la variation de courbure modale ( $I_{MC}$ ) obtenue pour différents cas d'endommagement, deux types de capteur (capteurs ponctuels et ELB), deux configurations de capteurs (20 et 50) et 2% de bruit ajouté sur les déformées modales. Il apparaît clairement que la différence de courbure modale comporte une forte discontinuité au niveau du défaut.

---

\* Désirée Najem. Tel.: +33(0)164153735  
desiree.najm@enpc.fr.

Cependant, (Fig.1a et Fig.1c) la présence de bruit fait apparaître des pics fantômes pour les capteurs ponctuels ce qui perturbe la détection du défaut.

Pour un nombre de capteurs peu élevé (Fig.1b), les ELB donnent de meilleurs résultats notamment au niveau de la localisation du défaut. Cela est d'autant plus vrai que, pour les capteurs ponctuels, la détermination de la courbure modale n'est pas directe, comme pour les ELB-CA, mais nécessite une double dérivation numérique.

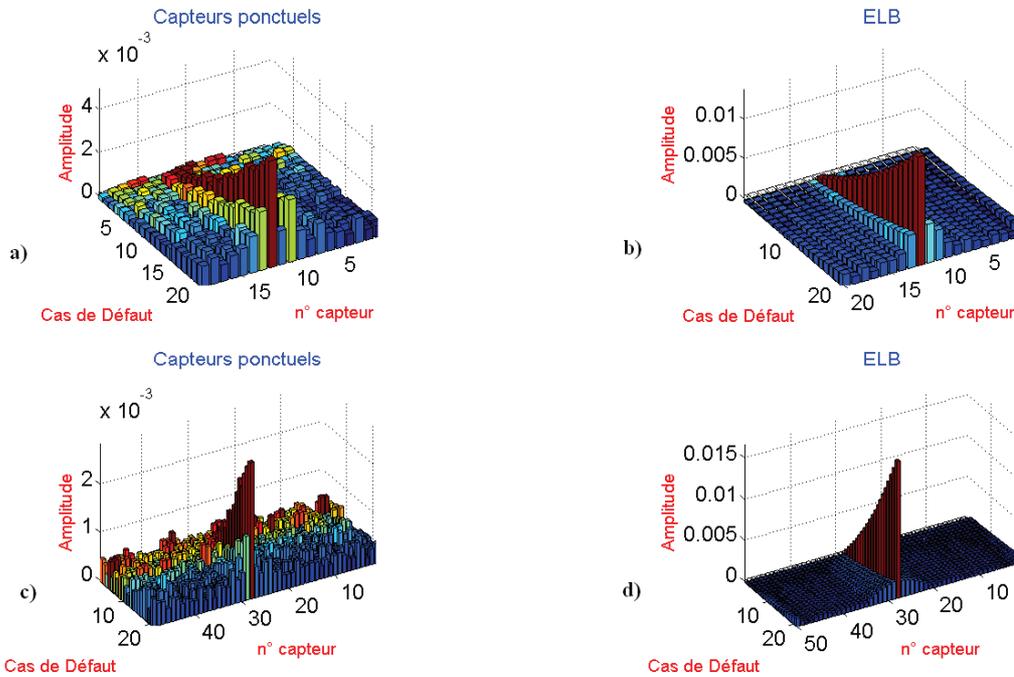


Figure 1 : Variation de la courbure modale à partir des capteurs ponctuels et des ELB pour différents cas de défauts, deux configurations (20 et 50 capteurs) et un ajout de bruit de 2%.

Pour les méthodes de détection basée sur la courbure modale (méthode de la courbure modale, de la courbure de flexibilité et de l'énergie de déformation), les résultats obtenus avec les ELB sont de meilleure qualité pour un faible nombre de capteur. Des essais seront réalisés ultérieurement sur une poutre instrumentée avec des accéléromètres et des jauges afin de valider expérimentalement la capacité de ces méthodes à détecter les défauts.

## Références

- [1] Doebling, SW., Farrar, CR., Prime, M.B., Shevitz, D.W. *Damage identification and health monitoring on structural and mechanical systems from changes in their vibration characteristics: a literature review*. Report LA-13070-Ms, Los Alamos National Laboratory, USA. (1996)
- [2] A.K. Pandey, M. Biswas, M.M. Samman, *Damage detection from changes in curvature mode shapes*, Journal of Sound and Vibration 145 (1991) 321–332
- [3] Q. Lu, G. Ren, C. Zhao, *Multiple damage location with flexibility curvature and relative frequency change for beam structures*, Journal of Sound and Vibration 253 (2002) 1101–1114
- [4] Kim J.T., Stubbs N. *Assessment of the Relative Impact of Model Uncertainties on the Accuracy of Global Nondestructive Damage Detection in Structures*. Report, New Mexico University. (1993)