



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

## Comptes Rendus Mécanique

www.sciencedirect.com



## Détection de fissures dans les poutres d'acier : une nouvelle approche par balayage de mesures de vibrations



### *Cracks detection in steel beams: A new approach by sine-sweep vibration measurements*

Mourad Dougdag<sup>a,\*</sup>, Mohammed Ouali<sup>b</sup>, Nacim Mellel<sup>a</sup>, Karim Attari<sup>a</sup>

<sup>a</sup> COMENA/CRNB/DTN/Laboratoire des études mécaniques, CRNB, BP 180, Ain-Oussera, 17200 Willaya de Djelfa, Algérie

<sup>b</sup> Département de mécanique, faculté des sciences pour l'ingénieur, Université Saad-Dahleb, Blida, BP 27, route de Soumâa, Blida, Algérie

#### INFO ARTICLE

##### Historique de l'article :

Reçu le 12 janvier 2011

Accepté le 14 mai 2014

Disponible sur Internet le 20 juin 2014

##### Mots-clés :

Détection précoce

Mécanique de la rupture

Analyse modale expérimentale

Calcul numérique

Vibration

##### Keywords:

Early detection

Fracture mechanic

Experimental modal analysis

Numerical calculation

Vibration

#### RÉSUMÉ

Durant ces dernières années, les techniques de détection et d'identification des dommages dans les structures ont bénéficié d'importants efforts de recherche ; plusieurs méthodes non destructives de détection des dommages, telles que celles basées sur l'analyse modale, ont été développées. Le problème qui se pose pour ces techniques est leur faible performance face aux exigences de l'industrie pour une détection précoce des fissures.

Dans ce travail, une rétrospective des principaux paramètres modaux est effectuée, dans le but d'en discuter leurs sensibilités face à l'identification précoce d'une fissure transversale dans une poutre d'acier (arbre, tube, barre, etc.) et de rechercher d'éventuelles propriétés plus sensibles, le cas échéant. Les résultats préliminaires expérimentaux obtenus ont, comme prévu par l'étude bibliographique, montré que les paramètres utilisés présentent une faible sensibilité due au fait qu'ils sont tributaires des erreurs de mesure et du taux de variation de la raideur globale de la structure. En effet, bien que les tests aient couvert une large gamme de modes, les résultats restaient toujours au-dessous de nos espérances pour ce qui concernait les premiers stades de fissuration. Or, il s'avère, d'après la théorie, que la flexibilité locale est largement affectée aux faibles tailles de fissure. L'étude d'autres paramètres de bonnes caractéristiques locales semble être la voie vers une amélioration de la technique de détection précoce des fissures. Des paramètres tels que la raideur locale ont été utilisés. Les résultats d'études portant sur la sensibilité des propriétés modales et des paramètres introduits sont présentés et discutés dans cet article.

© 2014 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

#### ABSTRACT

In the last few years, the techniques of detection and identification of damage in structures benefited from important research efforts. Several methods of non-destructive damage detection, such as techniques based on modal analysis, were developed in addition to the traditional methods. The difficulties encountered by these techniques are their

\* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : [Dougdag\\_m@yahoo.fr](mailto:Dougdag_m@yahoo.fr) (M. Dougdag), [oualimohammed@yahoo.fr](mailto:oualimohammed@yahoo.fr) (M. Ouali).

low performance, considering the industrial requirements to detect cracks as early as possible.

In this work, a retrospective of the principal modal parameters is done, in order to discuss their sensibility for identifying precociously a transverse crack in a steel beam (shaft, tube, bars, etc.), and if possible to find more sensitive properties or techniques. Our preliminary experimental results, as predicted by a bibliographical study, showed that the parameters used have a low sensitivity due to their dependence on measurement errors and to the low variation of the total stiffness rate. In fact, although testing has covered a broad range of modes, results remained always below our hopes to detect early cracks. However, it turned out, according to the theory, that local flexibility is significantly affected in the case of small cracks. Investigating other parameters that have good local characteristics seems to be the best way to improve the sensitivity of techniques allowing one to detect cracks at an early stage. Parameters such as local stiffness were used. A comparison of results concerning the sensitivity of various properties as well as of the introduced parameters is presented and discussed in this article.

© 2014 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## 1. Introduction

L'effet de la présence d'une fissure dans un élément de structure est connu depuis longtemps : on sait qu'il conduit à une concentration d'énergie à proximité des lèvres et introduit une flexibilité locale. Kirmsher [1] et Thomson [2] sont les premiers à avoir essayé de quantifier la réponse vibratoire d'une structure en présence d'une discontinuité due à une petite rainure. Mais les premières tentatives d'analyse et de calcul de la flexibilité locale d'une région fissurée d'un élément de structure sont dues à Irwin, Bueckner et Westmann [3], qui ont relié la flexibilité locale aux facteurs d'intensité de contraintes. La flexibilité locale a été introduite à l'endroit de la fissure par des auteurs tels que Dimarogonas [4,5] pour résoudre le problème de la poutre fissurée.

Par la suite, Dimarogonas a expliqué que, du fait de l'ouverture et de la fermeture de la fissure, le comportement devient non linéaire [6]. Gasch et Henry [7] et Henry et Okah-Avae [8] se sont alors intéressés au mécanisme non linéaire dû au phénomène de respiration (*breathing*) par l'application du principe du rotor de Laval, mais plusieurs chercheurs assurent dans leurs travaux que la fissure dans un élément structural reste ouverte pendant les vibrations [9–11]. Cette hypothèse a été faite pour éviter les complexités qui résultent de la présence des caractéristiques non linéaires en présence de fissures de respiration, du fait du changement des caractéristiques mécaniques (variation de la raideur) lors de la fermeture et de l'ouverture de la fissure [10–12]. D'autres auteurs ont estimé que seul le changement géométrique est dominant [13,14].

Étant donné que ce processus de dégradation par fissuration change les propriétés mécaniques de ces structures, et en particulier occasionne d'importants dommages à la raideur, ce dommage peut être identifié par plusieurs techniques de CND, dont l'analyse modale expérimentale. L'intérêt de l'utilisation de cette dernière réside dans ses capacités à aiguiller la recherche des imperfections aux endroits à risque, non accessibles, et à vérifier l'état global de la structure. En exploitant la propriété qu'offre chaque mode qui apporte un élément d'information sur la présence d'une fissure, la détection de celle-ci (profondeur et position) se fera par une combinaison optimale de ces informations.

Plusieurs paramètres modaux sont utilisés comme indicateurs d'endommagement, dont les déformées propres d'une structure mécanique ; ces dernières sont souvent utilisées pour l'évaluation des endommagements à travers le coefficient de corrélation entre les modes comme le coefficient MAC (*Modal Assurance Criterion*) [15]. Salane et Baldwin (1990) [16] ont étudié l'influence de l'endommagement sur les coefficients d'amortissement, et leurs conclusions ont été qu'ils ne pouvaient pas constituer des indicateurs fiables. D'autres méthodes qui emploient le changement d'indicateurs évolués plus sensibles aux petits dommages, tels que les dérivés des déformées modales, font appel à des paramètres modaux. Cependant, leur applicabilité est faible, puisque leur évaluation à partir des données expérimentales est difficile [16].

Sachant l'importance de la détection précoce des fissures pour les industriels, notre contribution consiste à réaliser une rétrospective de la sensibilité des principaux paramètres modaux utilisés afin de sélectionner les meilleurs d'entre eux pour la détection des petites fissures et les plus adéquats à l'utilisation dans les machines tournantes, ainsi qu'à rechercher d'éventuelles propriétés plus sensibles ou à explorer de nouvelles approches, le cas échéant. Cette procédure, qui fait appel à l'analyse modale expérimentale, a été adoptée, d'une part, du fait de sa large utilisation et des commodités qu'elle offre et, d'autre part, parce que plusieurs auteurs ont statué positivement sur la validité de l'utilisation des paramètres modaux en tant qu'indicateurs viables [17,18,10,19–21].

Pour ce faire, on a adopté l'hypothèse selon laquelle un seul défaut localisé (fissure) est existant, et on s'est assuré de ce que la fissure restait ouverte pendant les tests de vibration, en choisissant judicieusement l'épaisseur de l'entaille pratiquée sur la poutre. Cette hypothèse a été faite pour éviter les complexités qui résulteraient de la présence de caractéristiques non linéaires dans le cas des fissures de respiration [21], ce qui permet de focaliser les efforts sur les aspects liés à l'approche.

On a considéré un critère de détection précoce fixant une variation d'au moins 10% d'un paramètre modal pour une progression de la fissure inférieure à 10%.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/823750>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/823750>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)