

Problème de la surveillance de la santé des structures en béton basée sur les vibrations (VBSHM)

Kamel Belhadj^{1,2,3}, Najeh Ben Guedria¹, Ali Helali¹, Omar Anis Harzallah³,
Chokri Bouraoui¹, Lhassane Idoumghar²

¹ Université de Sousse, Sousse, Tunisie, Laboratoire de Mécanique de Sousse (LMS)
¹ kamel.belhadj@eniso.u-sousse.tn

² Université de Haute-Alsace, IRIMAS-UHA, [UR 7499](http://ur7499.fr), F-68093 Mulhouse, France

³ Laboratoire de Physique et Mécanique Textiles (LPMT)

² {lhassane.idoumghar,Omar.harzallah}@uha.fr

Mots-clés : Surveillance de la santé des structures (SHM), détection des dommages, plaque Béton, méta-heuristique.

1 Introduction

Ces dernières années, plusieurs techniques, basées sur la variation des caractéristiques vibratoires des structures, ont été développées, pour détecter la présence, identifier l'emplacement et déterminer la gravité des dommages. Ainsi, pour résoudre ce problème, de nombreuses études ont été menées pour réduire la dimension de l'espace de recherche pendant le processus d'optimisation. Worden et Farrar [1], ont établi un ensemble de règles générales à partir de plusieurs publications concernant le problème du SHM. Dinh-Cong et al. [2] ont proposé une méthode en deux étapes, fondée sur un indice modal basé sur l'énergie de déformation et l'algorithme classique de Jaya, pour la détection des dommages dans les structures en béton. Dans cette approche, ils ont intégré une modification au niveau de la génération de la population et une micro-recherche pour éliminer les éléments de faible amplitude.

2 Définition du problème

Dans la littérature, la réduction de la rigidité des éléments endommagés est une méthode courante pour diminuer la simulation de l'endommagement de ces éléments dans les structures utilisées dans les problèmes d'optimisation [3]. Dans cette approche, l'endommagement est simulé en réduisant la rigidité des éléments sélectionnés à un certain niveau, c'est-à-dire $\mathbf{K} = \sum_{e=1}^{nbele} (1 - a^e) \mathbf{K}^e$, où \mathbf{K} et \mathbf{K}^e sont respectivement la matrice de rigidité globale des structures endommagées et la matrice de rigidité de l'élément e , et a^e représente le taux d'endommagement de l'élément e . Deux scénarios de dommages sont considérés dans ce travail à savoir avec et sans l'effet du bruit de mesure sur l'identification des sites de dommages structurels uniques et multiples.

3 Méthode de résolution

Pour la résolution du problème de la détection des dommages, une approche basée sur l'algorithme Teaching-learning-based-optimization (TLBO) est proposée qui consiste à transformer ce type de problème en un problème d'optimisation où la fonction objective est exprimée par la différence entre les paramètres modaux des structures endommagées et saines [4]. La création d'un nTLBO modifié est

réalisée en intégrant deux modifications dans la structure standard du TLBO [5]. La première est une modification au niveau de la génération de la population, car il est bien connu que la plupart des éléments d'une structure sont sains alors que seulement quelques-uns d'entre eux sont défectueux. La deuxième amélioration consiste à intégrer une technique de sélection des éléments d'une solution potentielle, de faibles magnitudes de dommages, et les définit comme sains. Ces améliorations ont permis d'accélérer la convergence de l'algorithme et économiser des efforts de calcul.

4 Simulation numérique

Les résultats numériques permettent d'évaluer la performance de notre méthode pour l'identification des dommages à partir de la littérature sur le thème de la surveillance de la santé des structures. Ce tableau montre la **supériorité** de nTLBO, en termes de **qualité de solution**, par rapport à nMSEBI [2]. En plus, nTLBO **converge** vers la solution optimale **plus rapidement** que l'algorithme nMSEBI.

Méthode	Sans Bruit				Avec Bruit			
	nMSEBI [2]		nTLBO		nMSEBI [2]		nTLBO	
	δ_{48}	δ_{57}	δ_{48}	δ_{57}	δ_{48}	δ_{57}	δ_{48}	δ_{57}
Assumed value	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
Best. <i>f</i>	0.2002	0.2002	0.2000	0.2000	0.1994	0.1977	0.1995	0.1982
Avg. value	0.1996	0.1997	0.1999	0.1998	0.2060	0.2071	0.1991	0.1982
Worst. <i>f</i>	0.1990	0.1991	0.1989	0.1994	0.2148	0.2188	0.2076	0.2107
Std. <i>f</i>	0.0006	0.0006	0.0003	0.0002	0.0057	0.0081	0.0051	0.0073
Error %	0.20	0.30	0.06	0.11	3	3.54	1.96	2.06
Avg. NSA	1060		680		540		576	

Table 1 Les résultats obtenus pour le scénario 1 de la plaque de béton avec et sans bruit.

5 Conclusions et perspectives

Une nouvelle méthodologie est présentée dans ce travail pour localiser et quantifier les dommages dans les structures en utilisant l'algorithme nTLBO. La performance de nTLBO est testée sur une plaque isotrope avec différents scénarios de dommages. La précision et l'efficacité de l'algorithme ont été comparées à celles de nMSEBI [2]. Les résultats obtenus démontrent la **supériorité** de nTLBO par rapport au nMSEBI en termes de **qualité de solution** et de **vitesse de convergence**.

Références

- [1] C. R. Farrar et K. Worden, « An introduction to structural health monitoring », *Philos. Trans. R. Soc. Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 365, n° 1851, p. 303- 315, févr. 2007, doi: 10.1098/rsta.2006.1928.
- [2] D. Dinh-Cong, T. Vo-Duy, V. Ho-Huu, et T. Nguyen-Thoi, « Damage assessment in plate-like structures using a two-stage method based on modal strain energy change and Jaya algorithm », *Inverse Probl. Sci. Eng.*, vol. 27, n° 2, p. 166- 189, févr. 2019, doi: 10.1080/17415977.2018.1454445.
- [3] A. Eraky, A. Saad, A. M. Anwar, et A. Abdo, « Damage detection of plate-like structures based on residual force vector », *HBRC J.*, vol. 12, n° 3, p. 255- 262, déc. 2016, doi: 10.1016/j.hbrj.2015.01.005.
- [4] M. Nobahari et S. M. Seyedpoor, « An efficient method for structural damage localization based on the concepts of flexibility matrix and strain energy of a structure », *Struct. Eng. Mech.*, vol. 46, n° 2, p. 231- 244, 2013, doi: 10.12989/sem.2013.46.2.231.
- [5] R. V. Rao, V. J. Savsani, et D. P. Vakharia, « Teaching-learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems », *Comput.-Aided Des.*, vol. 43, n° 3, p. 303- 315, mars 2011, doi: 10.1016/j.cad.2010.12.015.