

THESE DE DOCTORAT DE

L'ÉCOLE CENTRALE DE NANTES
COMUE UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

ECOLE DOCTORALE N° 602
Sciences pour l'Ingénieur
Spécialité : Mécanique des solides, des matériaux, des structures et surfaces

Par

Daria SERBICHENKO

Modal Analysis of time-dependent structures using Directional Derivatives

Thèse présentée et soutenue à l'Ecole Centrale de Nantes, le 11 décembre 2019
Unité de recherche : Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM)

Rapporteurs avant soutenance :

Gaëlle LEFEUVE-MESGOUEZ, Professeure des Universités, Université d'Avignon
Thierry TISON, Professeur des Universités, Université Polytechnique Hauts-de-France

Composition du Jury :

	Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice
Président :		
Examineurs :	Frédéric LEBON	Professeur des Universités, Aix-Marseille Université
	Pierre-Alain BOUCARD	Professeur des Universités, ENS Paris-Saclay
	Omar LAGHROUCHE	Professeur, Heriot-Watt University (UK)
Dir. de thèse :	Patrick ROZYCKI	Maître de conférences HDR, Ecole Centrale de Nantes
Co-dir. de thèse :	Pascal COSSON	Maître de conférences, Ecole Centrale de Nantes

Titre : Analyse modale de structures dépendant du temps à l'aide de dérivées directionnelles

Mots clés : Dérivées Directionnelles, XFEM, FEM, Vibrations, Problème aux valeurs propres

Résumé : Dans un grand nombre de domaines, l'analyse modale de structures est une composante capitale du dimensionnement. Pour l'identification des fréquences et modes propres, les logiciels de calcul éléments finis sont maintenant souvent utilisés et offrent des réponses rapides et satisfaisantes dans une grande majorité de cas. Cependant, lorsqu'une structure possède une géométrie qui varie au cours du temps ou alors lorsqu'une fissure se propage dans cette structure, les méthodes classiques employées peuvent être contraignantes et consommatrice de temps CPU (remaillage, résolution itérative de problèmes aux valeurs propres...), surtout si l'on veut suivre l'évolution des solutions propres. Dans ces travaux de doctorat, une méthode originale est proposée afin d'améliorer la gestion

de l'analyse modale de structures subissant des changements de forme au cours du temps. Celle-ci est basée sur les dérivées directionnelles et sur la méthode X-FEM. En effet, les dérivées directionnelles permettent de prédire l'évolution des solutions propres entre deux configurations temporelles de la structure et X-FEM permet de s'affranchir des contraintes liées au maillage de chacun des configurations. Grâce à des critères spécifiquement développés, la méthodologie a été testée pour des cas de problèmes plans et axisymétrique. Les résultats obtenus en regard des méthodes classiques et les conclusions qu'elles peuvent amener, permettent de voir les nombreux avantages de l'outil que nous avons proposé.

Title: Modal Analysis of time-dependent structure using Directional Derivatives

Keywords: Directional Derivatives, XFEM, FEM, Vibrations, Eigenvalue Problem

Abstract: In many industrial fields, modal analysis of structures is a major key during the design. Finite Element Method is often used to identify both natural frequencies and shapes offering quick and satisfactory answers in main most of cases. However, when a structure possesses a time-dependent geometry or if it is subjected to a crack propagation, the standards methods used can be constraining and CPU time consuming (due to remeshing, iterative solving of eigenvalue problems...), especially if one wants to track the evolution of the eigensolutions.

In this research work, an original method is proposed to improve the management of finding

the evolution of eigensolutions in case of time-dependent structures. This methodology is based on the combination of directional derivatives and X-FEM. The directional derivatives allow to estimate the evolution of the eigensolutions between two configurations of the structure and X-FEM overcomes the constraints related to mesh generation of each configuration. Through specific developed criteria, the methodology has been tested for cases of plane and axisymmetric problems. The results obtained in comparison to the standard modal analyses and the conclusions that they can bring, highlight the advantages of the numerical tool that we proposed..