

Titre : Réponse élastodynamique d'une plaque stratifiée anisotrope : approches comparées. Vers le développement de méthodes hybrides

Résumé : Cette thèse traite de la résolution du problème direct de propagation d'un champ élastodynamique rayonné par une source dans un milieu stratifié anisotrope. Le contexte applicatif visé est le contrôle non destructif par ondes ultrasonores guidées de plaques de matériaux composites. Aux basses fréquences, ces matériaux sont assimilables à des milieux homogènes, anisotropes et dissipatifs. Deux approches causales sont étudiées et mises en oeuvre pour résoudre l'équation d'onde, et leur intérêt vis-à-vis de la méthode modale harmonique - la plus couramment employée dans ce domaine applicatif - est discuté. L'une des méthodes est modale et est formulée directement dans le domaine temporel. Elle permet de traiter facilement l'anisotropie, y compris en 3D, mais souffre des écueils classiques concernant le régime non-établi ou le cas du guide ouvert. L'autre approche est une formulation dans le domaine de Laplace de la méthode dite par *ondes partielles*. Elle présente l'intérêt d'être extrêmement polyvalente tout en conduisant à des coûts numériques tout à fait raisonnables. Dans un second temps, la possibilité d'exploiter ces deux méthodes pour résoudre des problèmes de diffraction par des défauts est étudiée. Une approche par éléments finis de frontière basée sur la méthode par ondes partielles est considérée. Elle permet de traiter efficacement le cas de défauts plans. L'extention à des défauts plus généraux est brièvement discutée.

Mots clé : plaque stratifiée, anisotropie, mode de Lamb, onde ultrasonore guidée, domaine temporel, régime non établi, transformée de Laplace, guide ouvert, ondes partielles, éléments finis de frontière, fissure

Title : Elastodynamic response of a layered anisotropic plate : comparative approaches. Towards the development of hybrid methods

Abstract : This work adresses the direct problem of the propagation of an elastodynamic field radiated by a source in an anisotropic layered medium. Applications concern non destructive evaluation of composite plates by ultrasonic guided waves. In the lower frequencies, these materials can be modeled as homogeneous, anisotropic and dissipative media. Two causal approaches are studied and developped to solve the wave equation, and their interest is discussed regarding to the widely used harmonic modal method. One of these methods is modal, and is formulated directly in the time domain. It allows to deal easily with anisotropy, even in 3D ; however it also suffers classical shortcomings such as the high cost of the unestablished regime or the difficulty to deal with open waveguides. The other method is a formulation of the so-called *partial-waves method* in the Laplace domain. Its attractiveness relies in its versatility and in the fact that computational costs can be very acceptable. In a second time, we consider using both methods to solve problems of diffraction by defects. A boundary element method based on the partial-waves approach is developped and leads to solve very efficiently the case of a planar defect. The possibility of treating more general defects is briefly discussed.

Keywords : layered plate, anisotropy, Lamb mode, ultrasonic guided wave, time domain, unestablished regime, Laplace transform, open waveguide, partial waves, boundary element method, crack

Unité de recherche : UMR 5295

I2M, dept. APY - Bat. A4

351 cours de la Libération F-33400 Talence