

M. EL OUAHDANI ⁽¹⁾, M. SIDKI ⁽²⁾

Équipe d'acoustique et de vibration

Département de physique

Faculté des sciences El Jadida, BP 20, El Jadida, Maroc

⁽¹⁾ m.elouahdani@caramail.com

⁽²⁾ sidkimouncif@hotmail.com

Résumé

Le but de ce travail est le contrôle ultrasonore non destructif des revêtements poreux. Nous avons déterminé le réseau de dispersion de la structure revêtement poreux/substrat cylindrique et le champ des déplacements dans ces structures. Par ailleurs, nous analysons l'effet de la qualité d'adhérence de la couche au substrat ainsi que l'influence de la porosité sur les modes de dispersion. L'application visée par notre étude est le contrôle ultrasonore non destructif des revêtements poreux utilisés comme barrière thermique.

1- Introduction :

Le haut niveau de sécurité requis dans les installations de l'industrie (pétrochimique, nucléaire, métallurgie,...) exige de garantir la fiabilité des équipements. Cette garantie s'obtient par des actions systématiques de prévention adaptées au matériel concerné et au risque encourue. Parmi ces actions, figurent les techniques des contrôles non destructifs. Le CND consiste à examiner un objet ou un matériau d'une manière telle qu'à l'issue du contrôle son utilisation ne soit pas affectée. Le contrôle non destructif a pour objectif de détecter et souvent de caractériser d'éventuels défauts présents dans la pièce inspectée. Les techniques de contrôles non destructifs sont nombreuses, ayant chacune ses avantages et ses inconvénients. Les ultrasons constituent un procédé privilégié de contrôle non destructif des matériaux parce qu'ils présentent l'avantage essentiel de simplicité de mise en œuvre. Ceci qui est déterminant quand il s'agit d'effectuer des contrôles sur une installation en service. D'autre part, les ultrasons occupent une place de plus en plus importante en diagnostic en raison du caractère non ionisant et non dangereux de cette technique, et de sa capacité à fournir des informations en temps réel, et de la diversité des informations et des applications qu'elle procure. D'une manière générale,

l'accès à cette information se fait en mesurant des évolutions des vitesses de propagation.

Notre travail s'inscrit dans le cadre général de l'étude et de la compréhension de la propagation des ondes ultrasonores guidées dans les structures couche /substrat cylindriques. Nombreux chercheurs y ont contribué et la littérature scientifique est abondante à ce sujet [1,2,3,4]. L'originalité de ce travail réside dans la considération des couches poreuses. L'application industrielle visée est d'une grande importance : contrôle ultrasonore non destructif des revêtements poreux des cavités cylindriques.

2- Méthode et résultats :

Nous avons choisi d'étudier la structure zircone poreuse /acier. Dans ces couches poreuses, le liquide saturant est l'eau. La zircone poreuse est un matériau qui est largement utilisé comme revêtement poreux.

Par une résolution numérique de haut précision sur MATLAB, nous avons déterminé les racines de l'équation caractéristique de la structure couche poreuse/substrat cylindrique et tracé les courbes de dispersion ainsi que les champs des déplacements tangentiels et radiaux dans la structure pour différentes valeurs de porosités. Cette étude nous renseigne sur les modes les plus appropriés pour le contrôle ultrasonore non destructif en précisant leur répartition énergétique spatiale. Par ailleurs, une modélisation mathématique du contact couche/substrat nous a permis d'examiner l'impact de la qualité de contact sur les courbes de dispersion de la structure.

Sur la figure.1 nous avons représenté l'évolution idéale de la vitesse de phase en fonction de la porosité. On constate qu'il y a une augmentation de la vitesse quand la porosité diminue. Ceci s'explique par le fait que le milieu devient de plus en plus rigide et les vitesses longitudinales et transversales tendent vers les vitesses du solide homogène.

Sur la figure 2, nous avons présenté les modes de dispersion dans les cas extrêmes de contact parfait et de décollement total obtenus respectivement pour $K_n=K_t=10^{17}$ et $K_n=K_t=10^{10}$.

La figure.3 présente les trois premiers modes de dispersion de la structure pour les deux formes de pore (les pores sont cylindriques ou sphériques). On constate que la vitesse de phase dans le cas où les pores sont sphériques est supérieure à celle où les pores sont cylindriques. Par ailleurs, au fur et à mesure que la fréquence normalisée croît, l'écart augmente pour le premier mode et diminue pour le deuxième et troisième mode.

3- Conclusion et perspectives :

Dans ce travail, nous avons déterminé les modes de dispersion et le champ des déplacements dans les structures couches poreuses/substrat cylindriques. Cette détermination est d'une importance capitale en CND ultrasonore puisqu'elle renseigne sur les modes de propagation les plus appropriés à générer dans la structure à inspecter. Par ailleurs, nous avons étudié l'influence de la porosité sur les modes de dispersion et sur le champ des déplacements. Nous avons aussi étudié l'impact de la qualité de contact ainsi que l'effet de la géométrie des pores sur les modes de dispersion de la structure.

En perspective de ce travail, nous envisageons de déterminer les propriétés des structures couche/substrat cylindriques à partir des modes de dispersion par résolution d'un problème inverse. Nous envisageons aussi de développer un code de calcul par éléments finis pour la détermination des modes de dispersion des structures à géométrie complexe.

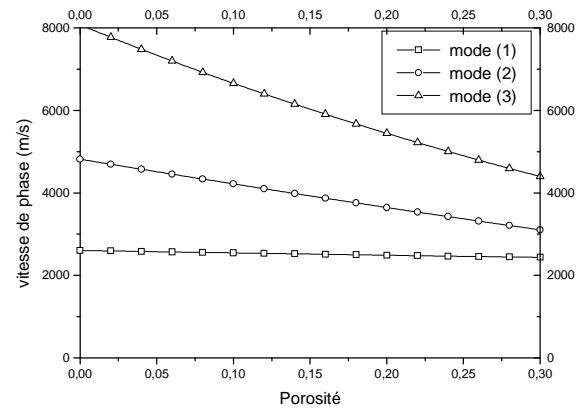


Figure.1: Evolution des vitesses de phase en fonction de la porosité à une fréquence d'excitation donnée ($f = 1\text{Mhz}$)

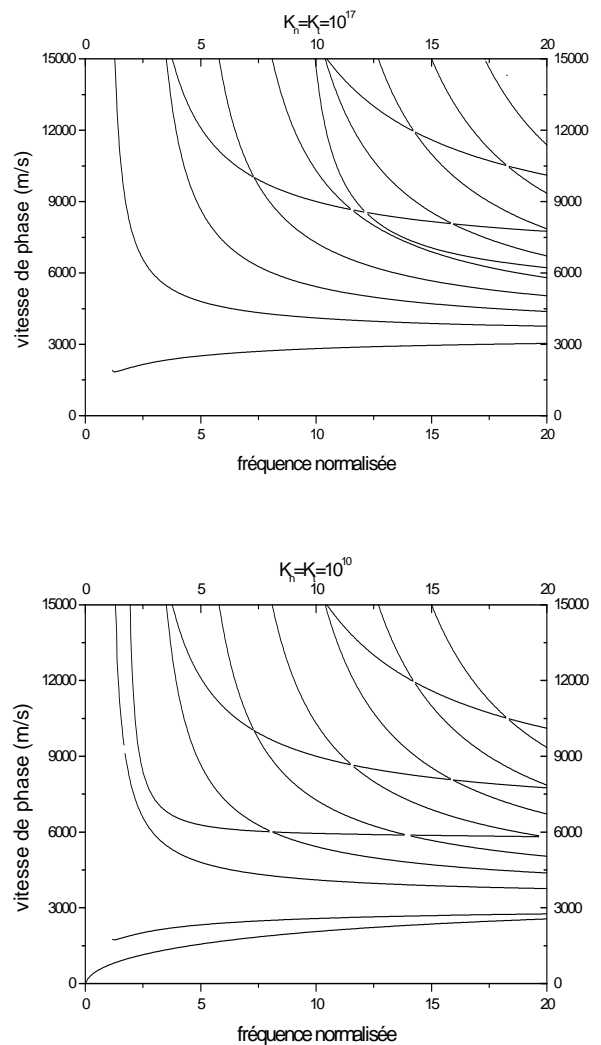


Figure.2: Courbes de dispersion de la structure: zircone/acier. Contact imparfait, Porosité 15%

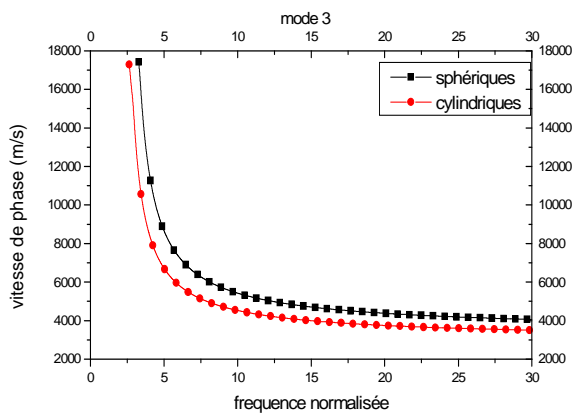
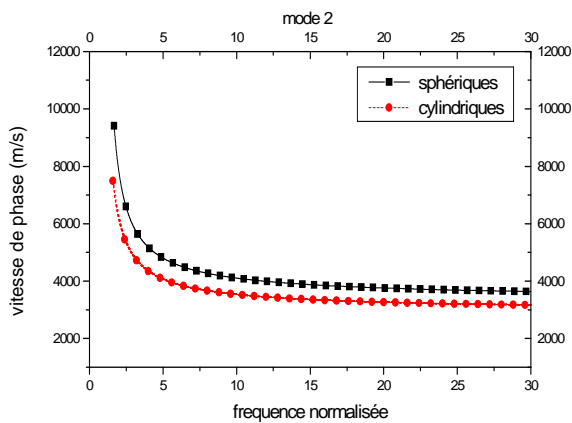
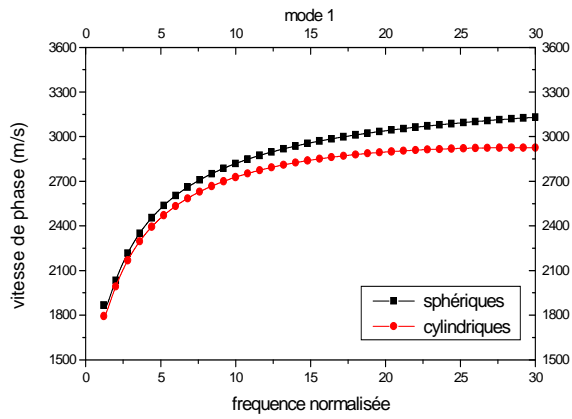


Figure.3: Influence de la forme du pore sur la vitesse de phase des trois premiers modes dans le cas de la zircone poreuse ($P=15\%$) saturée d'eau

Références :

[1] I. A. Victorov, « Rayleigh-type Waves on a Cylindrical Surface », *Acoust. Appl. Mech.* 65,424-430 (1958).

[2] H. L. Epstein, « Circumferential waves in a composite circular cylinder », *J. Sound Vibration* , 48, 1976, p. 57.

[3] J. Qu, Y. Berthelot, « Dispersion of guided circumferential waves in circular annulus », *Review of Progress in Quantitative NDE 15A* (1996) 169-176.

[4] M. El Ouahdani, M. Sidki, and A. Ramdani, « Guided ultrasonic waves in the cylindrical layer-substrate structures. Application to the control of the massive machine elements with cylindrical cavities » *European Physical Journal Applied Physics Vol 32 n03* (2005) p.199