



Sujet de Stage de Master

Etude des modes de Lamb à vitesse de groupe nulle engendrés par effet thermo-élastique dans les plaques collées

Les assemblages de matériaux collés sont de plus en plus utilisés dans l'industrie. La tenue en service de ces assemblages dépend de l'adhérence et donc des forces de liaisons aux interfaces. Le contrôle non destructif (CND) de plaques par ultrasons est souvent réalisé à l'aide de modes élastiques guidés, ou plus précisément du type ondes de Lamb. La plupart des tentatives utilisant ces modes pour contrôler le collage ne permettent pas de caractériser l'adhésion. Aujourd'hui, la tenue mécanique de structures collées est essentiellement évaluée par essais destructifs. Le stage propose d'utiliser des modes de Lamb très particuliers pour aborder ce problème.

En effet, certains modes de Lamb désignés par ZGV (*Zero Group Velocity*), ont la propriété remarquable d'avoir simultanément une vitesse de groupe nulle et une vitesse de phase finie, ils peuvent être utilisés pour la caractérisation élastique de plaques. Ces modes ZGV sont associés à une résonance étroite et locale très sensible aux paramètres élastiques du matériau. Les expériences réalisées à l'Institut Langevin montrent que ce phénomène est très bien observé à l'aide des techniques ultrasons laser, et que les modes ZGV sont remarquablement bien engendrés, par exemple dans des plaques minces par une impulsion laser brève. Il a été montré que pour chaque matériau, il existe un ensemble de résonance ZGV et que leur détection fournit une *mesure locale et absolue* du coefficient de Poisson [1]. Les applications de ces modes sont principalement la caractérisation des propriétés mécaniques (élastiques) de plaques isotrope ou anisotropes, de films minces [2] et de tubes [3]. Les modes ZGV ont surtout été étudiés dans des structures homogènes, toutefois, ils existent également dans les plaques collées, comme l'illustre les figures 1 et 2 tirées de la référence [4].

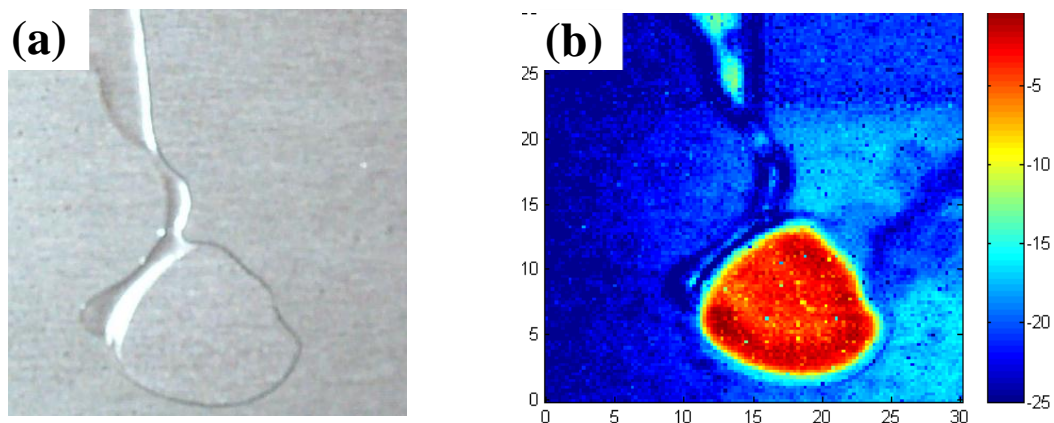


Figure 1. Détection d'un décollement entre une plaque de Duralumin, d'épaisseur 0,5 mm, liée par une couche d'époxy à une plaque de verre d'épaisseur 2 mm. (a) Photographie de la zone décollée prise du côté verre, (b) amplitude (en dB) de la résonance ZGV du mode S_1 mesurée du côté Duralumin.

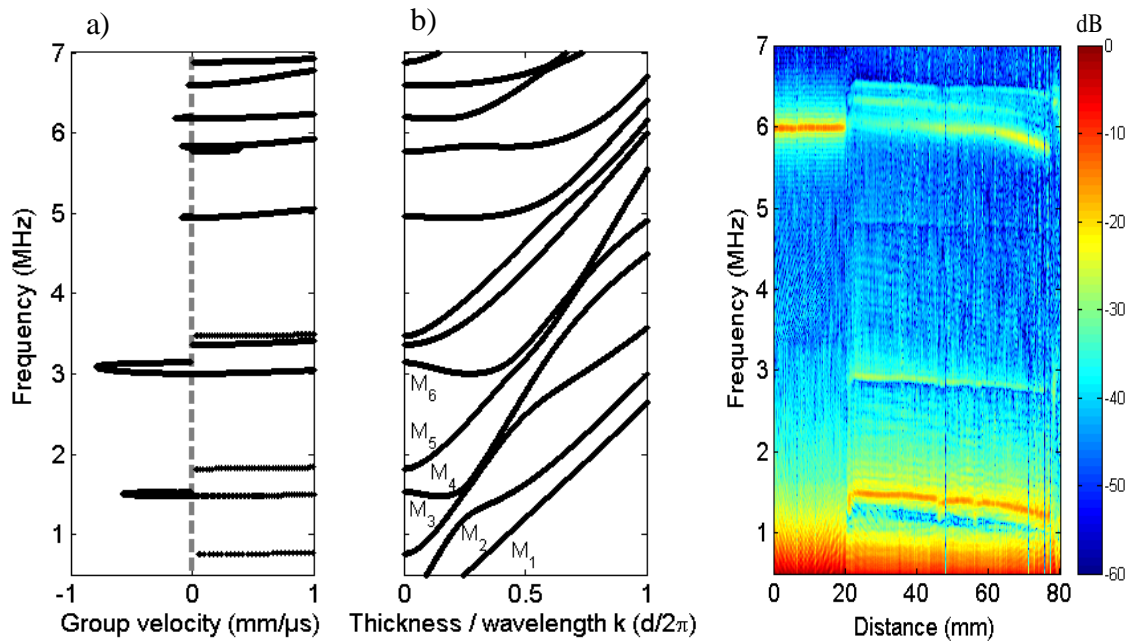


Figure 2. Vitesses de groupe a) et courbes de dispersion b) pour une structure collée (Duralumin 0,5 mm/ colle 40 μm / verre 1,08 mm). Plusieurs modes à vitesse de groupe nulle existent. A droite spectre des résonances locales mesurées dans l'assemblage duralumin-verre pour un couche de colle variant de 1 à 40 μm .

Le facteur de qualité des résonances ZGV dépend de la transmission en cisaillement et en élongation aux interfaces collées. Nous proposons donc d'étudier l'incidence de la qualité du collage sur le spectre de ces résonances. Le dispositif expérimental qui sera utilisé comporte une source laser impulsionnelle de longueur d'onde 1064 nm pour la génération thermoélastique et un interféromètre hétérodyne pour la détection large bande. Des mesures seront réalisées sur des éprouvettes (p. ex plaques millimétriques d'aluminium collées) fournies par SAFRAN. L'étude comportera également un travail de modélisation numérique à l'aide d'un code aux différences finies.

Mots clés : ultrasons, laser, ondes élastiques guidées, résonance locale, génération thermo-élastique, adhésion.

Références :

- [1]. C. Prada, D. Clorenec, D. Royer, “ [Local vibration of an elastic plate and zero-group velocity Lamb modes](#) ” *J. of the Acoustical Society of America*, **124**, (2008).
- [2]. M. Ces, D. Clorenec, D. Royer, C. Prada, “ [Thin layer thickness measurements by zero group velocity Lamb mode resonances](#) ” *Review of scientific* 82, 114902 (2011).
- [3]. M. Ces, D. Royer, C. Prada, “ [Characterization of mechanical properties of a hollow cylinder with zero group velocity Lamb modes](#) ”, *J. of the Acoustical Society of America* **132** 1 (2012).
- [4]. D. Royer, D. Clorenec, C. Prada, “ [Caractérisation de plaques et de tubes par modes de Lamb à vitesse de groupe nulle](#)” *I2M*, 73-94 (2010).

Contacts : Claire Prada, Directrice de recherche CNRS, claire.prada@espci.fr
Jérôme Laurent, Ingénieur CNRS, jerome.laurent@espci.fr

Possibilité de poursuite en thèse : **oui**

Lieu du stage : **Institut Langevin**, 1 rue Jussieu, 75005, Paris.