



INSTITUT DE
MÉCANIQUE
ET D'INGÉNIERIE



Proposition de thèse

« *Évaluation locale des modules élastiques par ultrasons. Vers la cartographie des propriétés mécaniques des joints collés.* »

Mots clés : END localisée, Problème inverse, Adhésion, Cohésion, raideurs d'interface, contraintes à rupture

- **Contexte**

Le recours au collage comme alternative aux autres procédés d'assemblages reste à ce jour limité par le manque de moyens non destructifs permettant de garantir ce procédé d'assemblage. Seules des mesures destructives de la contrainte à rupture, éventuellement corrélées à l'étude des faciès de rupture, permettent *a posteriori* d'évaluer l'adhésion. Dans les assemblages collés, deux types de défauts peuvent être à l'origine d'une rupture. Les premiers sont appelés "cohésifs" car ils correspondent à une situation pour laquelle la rupture est attribuable à une faiblesse de l'adhésif lui-même. Les seconds, appelés "défauts adhésifs" peuvent conduire à une rupture de l'assemblage localisée à l'interface adhésif-substrat. Ces derniers sont pour le moment difficiles à détecter et à évaluer avec des méthodes de contrôle non destructif (CND) classiques.

Dans le cadre d'une thèse réalisée au laboratoire, nous avons montré qu'un défaut d'interface résultant d'un traitement imparfait des substrats avant assemblage, pouvait être clairement identifié *via* la mesure non destructive des modules apparents du joint adhésif. Cette mesure est basée sur le coefficient de transmission en ondes planes des ultrasons à travers l'assemblage immergé dans l'eau. Il a été montré qu'une anisotropie apparente anormale de l'adhésif [1] pouvait être mesurée avec un degré d'autant plus fort que les interphases sont faibles. Il a également été possible d'évaluer des raideurs d'interface pour des assemblages présentant des niveaux d'adhésion variables. Ces résultats ont été comparés aux valeurs des contraintes à la rupture mesurées sur des échantillons présentant les mêmes variations d'adhésion. Ces comparaisons suggèrent que les raideurs d'interfaces, quantifiables de manière non destructive, pourraient permettre d'identifier de mauvaises conditions de préparation des substrats pouvant conduire à une rupture adhésive d'un assemblage.

- **Objectifs de la thèse**

Le sujet de la thèse s'inscrit dans la continuité de ces travaux. Elle est financée par le CETIM (Centre technique des industries mécaniques). L'objectif est de proposer une méthode visant à être appliquée industriellement. Il s'agit dans un premier temps de développer les outils numériques de calcul du problème direct. Le modèle sera basé sur la méthode matricielle des raideurs de couches qui est, pour l'instant, développée avec l'hypothèse d'ondes planes. Il s'agira alors d'étendre les outils numériques existants aux cas de faisceaux bornés, puis de procéder à des séries de validations expérimentales avec divers types de matériaux, plusieurs types de transducteurs et dans différentes conditions de mesure (fréquence, angle d'incidence). Ensuite, la résolution du problème inverse sera traitée et validée avec des simulations numériques pour lesquelles les données à trouver seront parfaitement connues. Puis, la transmission d'un faisceau ultrasonore borné sera mesurée pour des

échantillons composés de matériaux isotropes immergés dans l'eau, et le problème inverse sera appliqué pour accéder aux caractéristiques mécaniques du milieu. Cela sera d'abord fait pour des échantillons monocouches puis pour des assemblages collés. Le phénomène d'anisotropie apparente, révélateur d'un défaut d'adhésion (*i.e.* la mesure des modules apparents du joint adhésif), sera alors étudié. Des mesures de cette anisotropie et les raideurs d'interface associées seront réalisées sur des assemblages collés dont les substrats auront subi différents traitements de surface afin de faire varier le niveau d'adhésion. La prise en compte des faisceaux bornés permettra de procéder à une évaluation plus locale de l'adhésion des joints collés.

Des essais mécaniques destructifs seront aussi menés pour conforter les résultats obtenus par ultrasons, et y associer des niveaux de résistance mécanique des joints collés.

Cette thèse devrait permettre de proposer une méthode non destructive innovante qui, à terme, pourrait être utilisée en environnement industriel pour la fabrication des composants mécaniques et leur inspection en service.

Contrat : 3 ans à compter du début de la thèse (prévu début octobre 2018)

Lieu de la thèse : Département Acoustique Physique (APY) de l'I2M, Université de Bordeaux, 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE CEDEX. Des missions sur les trois centres du CETIM (Saint-Etienne, Senlis, et Nantes) seront prévues.

Profil souhaité du (de la) candidat(e) : Ce sujet de thèse comporte une partie expérimentale et une partie plus axée sur le développement de méthodes numériques. Le (La) candidat (e) devra posséder des connaissances sur les ondes élastiques dans les solides. Des compétences en programmation (Matlab ou Python par exemple) sont attendues. Des connaissances sur les méthodes numériques de résolution des problèmes inverses seront un plus.

Pour la candidature, fournir au format pdf :

- une lettre de motivation détaillant l'intérêt du/de la candidat(e) pour le sujet,
- un curriculum vitae,
- les relevés de notes de Licence et Master (ou diplômes équivalents),
- une ou deux lettres de recommandation ou les coordonnées de personnes référents pouvant être contactées pour appuyer la candidature.

Contacts :

Mathieu Renier (MCF) mathieu.renier@u-bordeaux.fr
Tel : 05 40 00 62 18

Michel Castaings (PR) michel.castaings@u-bordeaux.fr
Tel : 05 40 00 24 63

[1] E. Syriabe, M. Renier, A. Meziane, J. Galy, and M. Castaings, "Apparent anisotropy of adhesive bonds with weak adhesion and non-destructive evaluation of interfacial properties," *Ultrasonics*, vol. 79, p. 34-51, 2017.