



Séminaire PIMM

Jeudi 27 mars 2014 à 14 heures

Amphi A

Arts et Métiers ParisTech, 151 bd de l'hôpital, 75013 Paris

14h00

Romain Ecault

Ex doctorant institut PPrime

ETUDE EXPERIMENTALE ET NUMERIQUE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE COMPOSITES AERONAUTIQUES SOUS CHOC LASER – OPTIMISATION DU TEST D'ADHERENCE PAR ONDES DE CHOC SUR DES ASSEMBLAGES COMPOSITES COLLES

Dans les structures composites aéronautiques, le remplacement des techniques d'assemblages conventionnelles, tel que le rivetage, par l'utilisation d'assemblages collés constitue un challenge technologique d'actualité. A ce jour, il n'existe pas de méthode non destructive permettant de contrôler et de certifier la qualité mécanique des joints collés. Dans ce travail de thèse, une technique utilisant les ondes de choc générées par impact laser est développée. Ce type de chocs permet en effet de créer au coeur de l'échantillon choqué une zone de traction dynamique, localisée et très intense. L'objectif de cette étude est donc d'utiliser cette méthode pour tester la résistance mécanique des joints collés dans les assemblages composites. Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet européen ENCOMB (Extended Non destructive testing for COMposite Bonds), coordonné par le « Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials » (IFAM, Brême, Allemagne), et sous la tutelle industrielle d'Airbus et d'EADS.

Les structures collées étudiées dans ce travail de thèse sont constituées de deux plaques de composite stratifié carbone/époxy, assemblées par un joint de colle époxy. Dans certains assemblages, le joint de colle a volontairement été affaibli afin de tester la capacité de la technique à détecter les joints dégradés.

Les chocs lasers ont été réalisés sur différentes installations : la source laser de l'Institut PPRIME et les sources du LULI (Polytechnique, Palaiseau). Des impacts mécaniques ont également été réalisés à l'ENSTA Bretagne (Brest), sur un canon à gaz comprimé. Pour effectuer des mesures in situ, différents diagnostics résolus en temps ont été utilisés : le système VISAR (Velocity Interferometer System for Any Reflector), le dispositif VH (Vélocimétrie Hétérodyne, développé par le CEA), et un système de visualisation transverse spécialement mis au point pour cette étude. Plusieurs techniques post-mortem ont également été utilisées : la microscopie optique et confocale, la radiographie X et le contrôle ultrasons (conventionnel et laser, en collaboration avec EADS Innovation Works).

Une étude préliminaire a été effectuée sur des échantillons de résine époxy seule et des plaques de composite carbone/époxy de différents drapages. Des tests de choc laser instrumentés, couplés à des analyses post-mortem, ont permis une meilleure compréhension des phénomènes de choc dans ces matériaux, ainsi qu'une quantification de leurs endommagements.

L'ensemble des données expérimentales ainsi récoltées a permis le développement d'un modèle numérique par éléments finis avec le code de calcul LS-DYNA. Ce modèle a progressivement été validé, du composite le plus simple (unidirectionnel mince) au plus complexe (croisé épais). De plus, un programme Matlab a été développé pour permettre la représentation de la propagation des chocs dans ces simulations, ainsi que la localisation des zones de contraintes maximales. Plusieurs études paramétriques ont également été réalisées et ont permis de cerner l'influence des caractéristiques du chargement, des paramètres matériaux et de la géométrie de l'échantillon.

Deux types d'assemblages collés ont ensuite été testés : symétriques (collage de deux plaques composites de même épaisseur) et non-symétriques (une plaque mince collée à une plaque épaisse). Les résultats obtenus ont montré que la technique de choc laser permet de discriminer les différents degrés d'adhérence des joints collés. De plus, l'utilisation du modèle numérique pour simuler le comportement sous impact laser des assemblages collés a permis d'analyser finement la propagation du choc dans ce type de structures complexes.

Cependant, ces résultats ont aussi démontré la nécessité d'optimiser la technique de choc laser, de manière à pouvoir tester exclusivement l'adhérence du joint collé, sans endommager les composites de l'assemblage. Trois solutions d'optimisation sont donc proposées : faire varier la dimension de la tache focale du laser, modifier la durée d'impulsion, ou effectuer des double-chocs. Certaines de ces solutions ont pu être validées expérimentalement grâce à des impacts mécaniques ou à des configurations particulières de chargement laser. Pour les autres, l'optimisation numérique a pu fournir les paramètres nécessaires pour de futurs tests sur de nouvelles installations laser.

Finalement, ce travail fournit des résultats originaux sur le comportement dynamique de composites stratifiés et d'assemblages composites collés. Il permet de progresser vers l'optimisation et l'adaptation du test d'adhérence par choc laser à différents assemblages composites.

14h45

J.-M. Mencik

INSA Centre Val de Loire, LMR Laboratory, Blois, France

THE WAVE FINITE ELEMENT METHOD: NEW ADVANCES IN THE FORCED RESPONSE COMPUTATION OF PERIODIC STRUCTURES

This presentation investigates the use of the wave finite element (WFE) method to describe the dynamic behavior of one-dimensional periodic structures. Within the WFE framework, the structure dynamics are described in terms of numerical wave modes, whose computation follows from the consideration of the finite element model of a substructure of small length. The remarkable feature of the WFE method is that it enables a large decrease of the CPU times when compared to the conventional FE method, while keeping the same level of accuracy.

Some rules of thumb of the WFE method are proposed to compute the low- and mid-frequency responses of "truly" periodic structures, i.e., like those composed of complex substructures and encountered in engineering applications. Besides, the strategy to compute the forced response of coupled systems, which involve several periodic structures and elastic junctions, is presented. The relevance of the WFE method, in terms of CPU time savings and accuracy, is highlighted in comparison with the FE method as well as the component mode synthesis techniques.

15h30

Café