



Proposition de sujet de thèse-Contrats Doctoraux 2018-2021

Titre du sujet	SIMPACOS - Modélisation et simulation particulière d'assemblages collés structuraux en fonctionnalisation duale tenue / fragmentation	
Responsables	ESPINOSA Christine +33 (0)5 6133 8554 christine.espinosa@isae.fr	Martins da Silva, Lucas Filipe +351 966789952 lucas@fe.up.pt
Laboratoire	ICA	FEUP

CONTEXTE

Ce projet de thèse sera traité en cotutelle dans le cadre d'une collaboration internationale.

Dans un contexte international de concurrence croissante, le secteur spatial vit actuellement une phase de transition. L'espace est plus que jamais un secteur industriel public et privé dans lequel la compétitivité et l'autonomie européennes sont primordiales, assurées pour les programmes futurs par des recherches et innovations de rupture. Un des verrous aux développements innovants est la gestion des risques et de protection de l'environnement des biens et des personnes, depuis les premières phases de fabrication des composants jusqu'au retrait de service, en passant bien sûr par la phase de vie des systèmes en opération.

Dans le but de fiabiliser les opérations de retrait de service pour différentes situations de rentrée atmosphérique de composants des missions à venir (observation de la Terre, étude du climat, agriculture/environnement), il s'avère nécessaire d'améliorer l'estimation des risques liés à la persistance d'intégrité (ou la non vulnérabilité) lors de la rentrée atmosphérique de ces composants. L'exemple d'intérêt est une structure de type réservoir [1]. Les recherches de nouveaux concepts ou solutions pour des structures appliquant le concept « **Design for Demise (D4D)** » est une piste intéressante, à partir du moment où la disparition complète du composant est assurée pendant la phase de rentrée non contrôlée. Afin d'assurer cette disparition complète de manière fiable, une solution technologique envisagée consiste à prévoir dans la conception de la structure des réservoirs des zones dont le comportement permettra de favoriser la fragmentation lorsque celle-ci sera désirée, et dont la tenue pendant la mission sera assurée. Le collage est une des technologies d'assemblage utilisées pour ces structures. Etudier des assemblages collés multi-matériaux assurant cette double fonction de tenue en service et de découpe en fin de service est l'enjeu de l'étude. Le verrou scientifique consiste en **la définition des propriétés géométriques et matérielles de ces structures dès la phase de conception** permettant d'accomplir **ces deux fonctions duales de tenue et de fragmentation contrôlée** tout en **assurant leur intégrité depuis leur fabrication**.

DESCRIPTION

Bien qu'utilisé depuis des millénaires, le collage peut être regardé comme une technologie récente d'assemblage. En effet, depuis les années 50, le collage bénéficie des avancées de la chimie avec l'apparition de nouveaux polymères qui permettent des collages inenvisageables jusqu'à présent. L'utilisation de colle chargée permet d'envisager des **assemblages multi-matériaux et l'intégration d'une fonctionnalisation duale de tenue et de fragmentation**. La distribution de l'épaisseur de colle sur les surfaces de recouvrement est le paramètre du premier ordre sur les transferts des efforts et les sites contraints critiques [2-9]. L'enjeu est donc d'être capable de définir la distribution d'épaisseur de joint en fonction des options d'assemblage multi-matériaux possibles, ainsi que la gradation des propriétés dans

ECOLE DOCTORALE
ED 468
« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »

l'épaisseur, pour assurer à la fois la tenue en service et la fragmentation en fin de vie [10-11]. Ces données constitutives dépendent de nombreux paramètres liés au procédé, qui nécessitent le recours à des modèles numériques permettant de représenter différentes conditions d'assemblage et de fournir la distribution des propriétés matérielles et structurelles.

Les méthodes particulières ont démontré leur aptitude à simuler des grandes transformations géométriques et d'état des matériaux impliqués par des procédés de mise en forme ou par des situations accidentelles de fragmentation [12-14]. Cependant il n'existe pas à l'heure actuelle de modèle d'assemblage qui permette de prédire l'épaisseur ou les propriétés d'un joint de colle multi-matériaux. Le projet de thèse comporte alors les trois phases suivantes :

- (i) simulation particulière de l'accostage pour la prédiction de l'épaisseur
- (ii) simulation du comportement mécanique pour la prédiction de la tenue
- (iii) simulation particulière de la fragmentation pour la prédiction du découpage

Le projet met l'accent sur la modélisation et la simulation particulière à travers le dialogue essais numériques et essais expérimentaux sur matériaux crus et polymérisés. La première phase doit permettre de valider le procédé d'assemblage à travers la maîtrise de l'épaisseur. La seconde phase doit permettre de valider les tenues statique et dynamique en fonction des paramètres du procédé d'assemblage. Enfin, la troisième phase doit permettre d'assurer la fragmentation des liaisons collées.

A notre connaissance, il n'existe pas dans la littérature d'études similaires. Il s'agit d'un sujet académique qui adressera des configurations simples afin d'évaluer la faisabilité et l'efficacité de l'approche qui considère la conception structurelle depuis la fabrication.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] R.L. Kelley, N.L. Johnson, 'Evaluating and addressing potential hazards of fuel tanks surviving atmospheric reentry', <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110008637.pdf>
- [2] JW van Ingen, and A Vlot. Stress analysis of adhesively bonded single lap joints. (Report LR-740). Delft University of Technology (April 1993).
- [3] MY Tsai, and J Morton. An evaluation of analytical and numerical solutions to the single-lap joint. Int J Solids Structures. 31, pp. 2537-2563 (1994).
- [4] LFM da Silva, PJC das Neves, RD Adams, and JK Spelt. Analytical models of adhesively bonded joints-Part I: Literature survey. Int J Adhesion Adhesives. 29, pp. 319-330 (2009).
- [5] LJ Hart-Smith. Adhesive-bonded single-lap joints. NASA CR 112236 (January 1973).
- [6] DA Bigwood, and AD Crocombe. Non-linear adhesive bonded joint design analysis. Int J Adhesion Adhesives. 10, pp. 31-41 (1990).
- [7] RD Adams, and V. Mallick. A method for the stress analysis of lap joints. J Adhesion. 38, pp. 199-217 (1992).
- [8] L. Tong, M. Kuruppu, D Kelly. Analysis of adhesively bonded composite double lap joints. J Thermoplas Composites. 10, pp. 61-75 (1997).
- [9] F. Mortensen. Development of tools for engineering analysis and design of high-performance FRP-composite structural elements. PhD Thesis. Aalborg University, Denmark (1998).
- [10] M D Banea, Lucas F M da Silva, R D S G Campilho, C Sato, 'Smart adhesive joints: An overview of recent developments', The Journal of Adhesion 90: 16-40, 2014.
- [11] M D Banea, Lucas F M da Silva, R J C Carbas, S de Barros, 'Debonding on command of multi-material adhesive joints', The Journal of Adhesion 93(10): 756-770, 2017.
- [12] Y. Michel, J.-M. Chevalier, C. Durin, C. Espinosa, F. Malaise and J.-J. Barrau. Hypervelocity impacts on thin brittle targets: Experimental data and SPH simulations. Int. J. of Impact Engineering, 33, 441-451. 2006
- [13] J. Limido, C. Espinosa, M. Salaün, C. Mabru, R. Chieragatti and J.-L. Lacomme. Metal cutting modelling SPH approach. International Journal of Machining and Machinability of Materials. 9, 177-196. 2011
- [14] A. Mazor. Modelling of roll compaction process by finite element method. PhD Thesis. Université de Toulouse, EMAC, France (2017).