

Modélisation et simulation de la rupture interfaciale

PARTENAIRES



Mots-clés : modélisation, essai numérique, fissuration, adhérence, DCB, F3P

Département : Département Mécanique des Structures et Matériaux (DMSM)

DESCRIPTION DU POSTE :

Les structures aéronautiques sont conçues par l'assemblage de poutres à calottes concentrées et de plaques minces, de la conception initiale jusqu'à la maintenance (réparations). L'objectif est de fixer le matériau là où il est nécessaire afin de maximiser le rapport résistance/masse. Les composants structuraux des avions sont principalement assemblés grâce à des technologies d'assemblage par boulonnage. Si ces technologies sont bien maîtrisées, leur principal inconvénient est la réduction locale du rapport résistance/masse. En effet, pour réduire le niveau de contrainte locale à transférer, les zones d'assemblage se caractérisent principalement par une augmentation de l'épaisseur des matériaux à assembler. Au contraire, il est reconnu que la technologie du collage permet d'augmenter la résistance statique et à la fatigue tout en réduisant la masse. Par conséquent, dans un souci de réduction des coûts, une solution pour la conception des structures aéronautiques aurait pu consister à poser des feuilles de matériau collées, afin de fixer localement le matériau là où il est nécessaire tout en évitant les surépaisseurs.

La couche adhésive permet le transfert des charges entre les pièces structurales. Pour assurer cette fonction, elle doit assurer à la fois la cohésion et l'adhérence. Ce stage porte sur l'adhérence. Divers essais expérimentaux permettent d'évaluer l'adhérence [1-4]. Parmi les essais existants, les essais de flexion trois points (3PBT), voir figure 1, permettent de localiser l'amorce de rupture et d'évaluer l'adhérence à l'échelle macroscopique [1]. Récemment, Birro et al. [5-8] ont proposé une

méthodologie pour évaluer l'adhérence sous chargement statique, basée sur le couplage d'essais expérimentaux et de résultats d'essais numériques à mésoéchelle, impliquant la mécanique de la rupture finie (FFM) [9] et la modélisation par macroéléments (ME) [10-11].

Cette offre de stage s'inscrit dans le projet de recherche [AMETIST](#) financé par l'[ANR](#) (Agence Nationale de la Recherche) et contribue à l'initiative [TACCOS](#) (Toulouse Adhesion Cohesion Collage Structural) initiative.

MISSIONS :

L'objectif de ce stage est (i) de modéliser et d'effectuer des essais numériques de la rupture à l'interface entre une couche adhésive et son support métallique et (ii) de comparer les résultats des essais numériques avec ceux expérimentaux fournis par un partenaire du projet. Les travaux attendus comprennent :

- une revue de la littérature
- une modélisation d'essais expérimentaux réalisés sur divers spécimens, tels que des poutres à double cantilever (DCB) et des poutres à flexion trois points (3PBT)
- des essais numériques utilisant la modélisation analytique, la modélisation par éléments finis et la modélisation par éléments finis : simulation d'essais et capacité d'évaluation de l'adhérence
- une corrélation entre les essais expérimentaux et numériques
- un rapport et une présentation

Un nombre très limité d'essais expérimentaux sur DCB pourrait être réalisé.

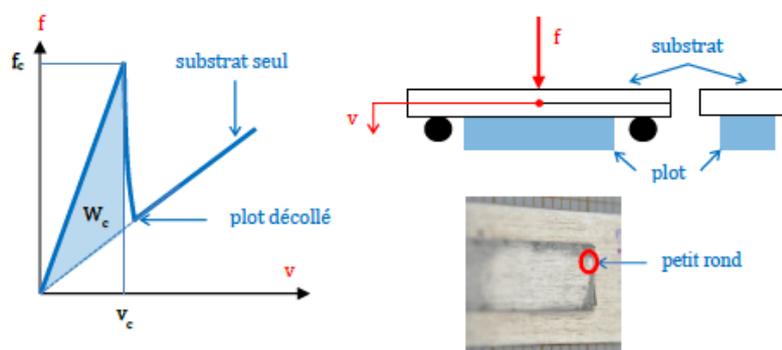


Figure 1 – Essai de flexion 3 points.

PROFIL RECHERCHÉ :

Cette offre s'adresse aux étudiants en dernière année de Master, Master en Mécanique des Solides et Mécanique des Structures. Les compétences spécifiques attendues sont :

- Principes fondamentaux de la résistance des matériaux
- Maîtrise de la méthode des éléments finis

RÉMUNÉRATION : 4.35 € HEURE

DURÉE : 06 MOIS ASAP en 2026

LIEU : TOULOUSE

RESPONSABLE DU SUJET :

NOM : PAROISSIEN

E-MAIL : eric.paroissien@isae-sup aero.fr

MODALITÉS DE CANDIDATURE : CV + LM à envoyer au responsable du sujet par email.

RÉFÉRENCES :

[1] Roche, A.A., Behme, A., Solomon, J., 1982. A three-point flexure test configuration for improved sensitivity to metal/adhesive interfacial phenomena. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2, 249-254.

[https://doi.org/10.1016/0143-7496\(82\)90032-X](https://doi.org/10.1016/0143-7496(82)90032-X)

[2] Roche, A.A., Dole, P., Bouzziri, M., 1994. Measurement of the practical adhesion of paint coatings to metallic sheets by the pull-off and three-point flexure tests. Journal of Adhesion Science and Technology, 8(6), 587-609.

<https://doi.org/10.1163/156856194X00366>

[3] Roche, A.A., Aufray, M., Bouchet, J., 2006. The role of the residual stresses of the epoxy-aluminum interphase on the interfacial fracture toughness. The Journal of Adhesion, 82, 861-880.

<https://doi.org/10.1080/00218460600875771>

[4] Aufray, M., Roche, A.A., 2005. Properties of the interphase epoxy-amine/metal: Influences from the nature of the amine and the metal. In the book: Adhesion – Current Research and Application, Ed. POSSART W., WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (DEU), ISBN: 9783527312634, Chap. 7, 89-101.

<https://doi.org/10.1002/3527607307.ch7>

[5] Birro, T., Paroissien, E., Aufray, M., Lachaud, F., 2020. A methodology based on the coupled criterion for the assessment of adhesive-to-adherend interface crack initiation. International Journal of Adhesion and Adhesives, 102, 102664.

<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2020.102664>

[6] Birro, T., Aufray, M., Paroissien, E., Lachaud, F., 2021. Assessment of interface failure behaviour for brittle adhesive using the three-point bending test. International Journal of Adhesion and Adhesives, 102, 102891.

<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.102891>

[7] Birro, T., Paroissien, E., Lachaud, F., Aufray, M., 2022. On the effect of roughness parameters on adherence using the three-point bending test (ISO14679:1997). The Journal of Adhesion, 99(3), 492-517.

<https://doi.org/10.1080/00218464.2021.2024808>

[8] Birro, T., Paroissien, E., Aufray, M., Lachaud, F., 2024. Analytical solution for the interfacial stress and energy release rate at failure initiation of the three-point bending test (ISO 14679:1997). Journal of Adhesion Science and Technology, 1-44.

<https://doi.org/10.1080/01694243.2024.2359264>

[9] Leguillon, D., 2002. Strength or toughness? A criterion for crack onset at a notch. European Journal of Mechanics A-Solid, 21, 61-72.

[https://doi.org/10.1016/S0997-7538\(01\)01184-6](https://doi.org/10.1016/S0997-7538(01)01184-6)

[10] Paroissien, E., Lachaud, F., Schwartz, S., 2022. Modelling load transfer in single-lap adhesively bonded and hybrid (bolted / bonded) joints. Progress in Aerospace Sciences, 130, 100811.

<https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2022.100811>

[11] Schwartz, S., Paroissien, E., Lachaud, F., 2024. An enriched finite element for the simplified stress analysis of an entire bonded overlap : continuum macro-element. International Journal of Adhesion and Adhesives, 129, 103571.

<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2023.103571>