



**HAL**  
open science

## Modélisation expérimentale et numérique de l'essai de flexion 3 points

Maëlen Aufray, Eric Paroissien, Jean-Baptiste Sauvage, Dominique Poquillon, Frederic Lachaud

### ► To cite this version:

Maëlen Aufray, Eric Paroissien, Jean-Baptiste Sauvage, Dominique Poquillon, Frederic Lachaud. Modélisation expérimentale et numérique de l'essai de flexion 3 points. 19<sup>e</sup> Journées d'études sur l'adhésion (JADH 2017), Oct 2017, Saint-Maxime, France. pp.1-1, 2017. hal-01893622

**HAL Id: hal-01893622**

**<https://hal.science/hal-01893622>**

Submitted on 11 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of some Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author's version published in: <https://oatao.univ-toulouse.fr/19309>

### To cite this version :

Aufray, Maëlen and Paroissien, Eric and Sauvage, Jean-Baptiste and Poquillon, Dominique and Lachaud, Frédéric Modélisation expérimentale et numérique de l'essai de flexion 3 points. (2017) In: 19<sup>e</sup> Journées d'études sur l'adhésion (JADH 2017), 8 October 2017 - 13 October 2017 (Saint-Maxime, France). (Unpublished)

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator:

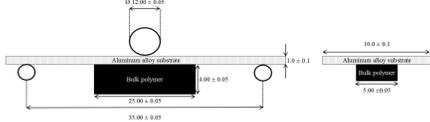
[tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

## Contexte

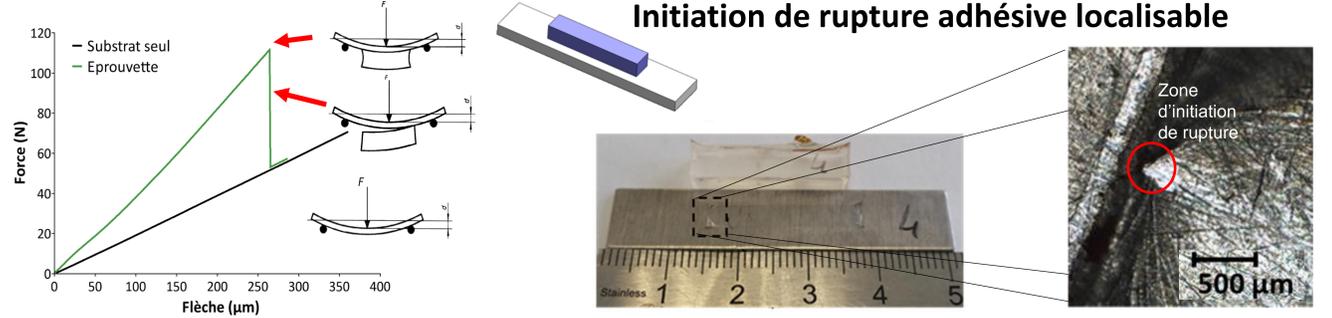
L'essai de flexion 3 points a été développé par Roche dans les années 80 [1]. La particularité de cet essai est qu'il ne consiste pas en un assemblage sandwich comme il est de coutume dans les essais d'adhérence des assemblages collés. Il consiste en un plot d'adhésif collé sur le substrat. Cet essai a été choisi, car il permet d'obtenir une rupture adhésive en mode I et de visualiser la zone d'initiation de la rupture, pour la géométrie spécifiée dans la norme. **Le travail présenté s'inscrit dans le contexte de la prédiction de la ruine des assemblages collés.**

## Matériaux

- Substrat : **alliage d'aluminium 2024 T3**, épaisseurs : 3 mm, 1,6 mm et 1 mm  
 $E=68 \text{ GPa}$ ,  $\nu=0,33$
- Adhésif : **mélange DGEBA/DETA** (diglycidylether de bisphénol A et diéthylènetriamine).  
 $a/e=1$  (stœchiométrie),  $E=3 \text{ GPa}$ ,  $\nu=0,35$



## Essais de flexion trois points (ISO 14679 - 1997)

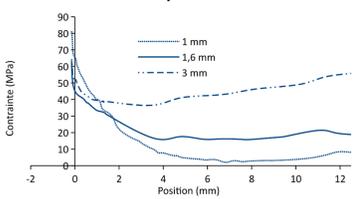


## Modélisation par éléments finis

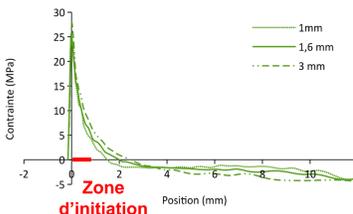
**Modèle retenu pour déterminer un critère en contrainte local [2] :**

- Modèle en 3D, modélisé avec le logiciel CASTEM
- Seulement un quart de l'éprouvette modélisée grâce aux symétries
- Éléments linéaires tétraédriques
- Comportement élastique et isotrope
- Interface adhésif/substrat parfaite
- Force imposée pour atteindre un même niveau d'énergie d'adhérence pour les différentes épaisseurs de substrat

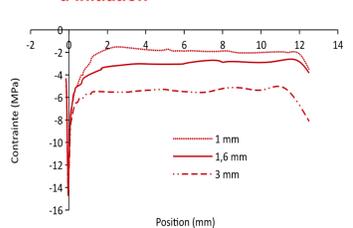
Épaisseur	3 mm	1,6 mm	1 mm
Chargement	445 N	123 N	70 N
Énergie d'initiation	4 mJ	4 mJ	4 mJ



**Contrainte  $\sigma_{xx}$**   
(contrainte tangentielle) :  
profils et niveaux de contraintes différents, dépendants des épaisseurs de substrat

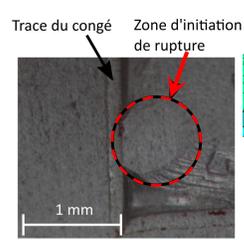


**Contrainte  $\sigma_{yy}$**   
(contrainte normale) :  
profils et niveaux de contraintes comparables ~ 25-28 MPa pour les 3 épaisseurs de substrat

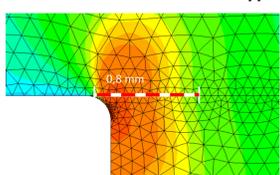


**Contrainte  $\sigma_{xy}$**   
(contrainte de cisaillement) :  
profils différents et niveaux de contraintes max comparables ~ 13-14 MPa

**$\sigma_{yy}$  apparaît comme étant le critère en contrainte recherché**



Cartographie de  $\sigma_{yy}$  en 2D

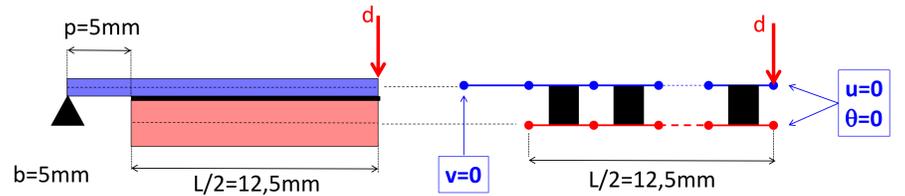


La zone de concentration de contrainte normale correspond à la zone d'initiation de rupture observée.  
Diamètre ≈ 0,8 mm

## Modélisation semi-analytique

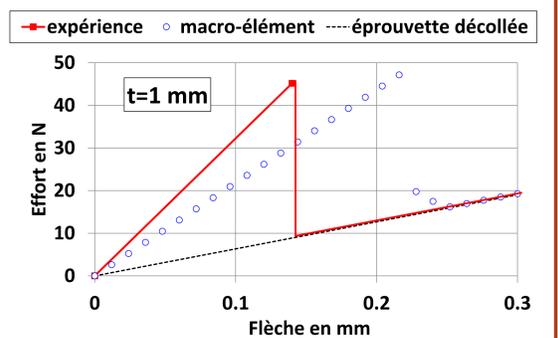
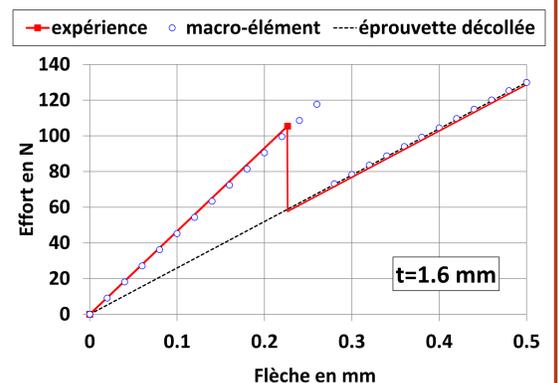
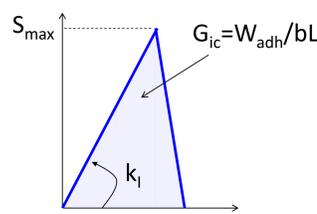
**Macro-élément [3-4]**

- Modélisation de l'assemblage bimatérial par un macro-élément à 4 nœuds
- Les 2 matériaux sont modélisés comme des poutre d'Euler-Bernoulli, et l'interface par des ressorts de pelage et de cisaillement
- Les fonctions de forme ne sont pas supposées *a priori* mais sont les solutions du système d'équations différentielles régissant le système
- La minimisation de l'énergie potentielle permet de trouver la solution



**Calcul non-linéaire**

- Schéma itératif de Newton Raphson avec matrice sécante
- 2 Macro-éléments par mm
- Chargement en déplacement imposé
- Interface modélisée par une loi endommageante bilinéaire dont le dommage n'est calculé que sur le mode I
  - $k_I = 1.10^5 \text{ MPa/mm}$
  - $W_{adh} = 3,7 \text{ mJ}$
  - $G_{Ic} = W_{adh}/bL = 0,0296 \text{ N/mm}$
  - $S_{max} = 75,6 \text{ Mpa}$
  - $k_{II}(t) = k_I(t)$



## Conclusions

- Éléments cohésifs et éléments finis modélisent bien le test expérimental de flexion trois points ;
- L'hypothèse forte du mode I en modélisation semi analytique, issue des travaux utilisant les éléments finis, est validée car cohérente avec la propagation instantanée de la rupture observée expérimentalement ;
- **Perspectives : faire varier la configuration du test de flexion trois points pour analyser des sollicitations en modes mixtes**

## Références

- [1] Roche AA, Behme AK, Solomon JS. A three-point flexure test configuration for improved sensitivity to metal/adhesive interfacial phenomena. *Int. J. Adhes. Adhes.* 1982; Vol. 2. pp. 249-254.
- [2] Sauvage J-B, Aufray M, Jeandrou, J-P, Chalandon P, Poquillon D, Nardin M. Using the 3-point bending method to study failure initiation in epoxide-aluminum joints. *Int. J. Adhes. Adhes.* 2017; Vol. 75. pp. 181-189.
- [3] Lélías G, Paroissien E, Lachaud F, Morlier J, Schwartz S and Gavoille C. An extended semi-analytical formulation for fast and reliable mode I/II stress analysis of adhesively bonded joints. *Int. J. Sol. Struc.* 2015; Vol. 62. pp 18-38.
- [4] Paroissien E, Lachaud F, Schwartz S, Da Veiga A and Barrière P. Simplified Stress Analysis of Hybrid (Bolted/Bonded) Joints. *Int. J. Adhes. Adhes.* 2017; Vol. 77. pp 183-197.