

Mécanismes de rupture des composites $[0, 90]_s$ avec la méthode TLS

T. Gorris, P.-E. Bernard, L. Stainier

GeM (UMR 6183 CNRS), Ecole Centrale de Nantes, France, {thibault.gorris,paul-emile.bernard,laurent.stainier}@ec-nantes.fr

Résumé — Cette étude considère l'endommagement des composites stratifiés par une méthode proposant la propagation d'un front de levelset épais (TLS : Thick LevelSet). Un modèle éléments finis 2D est généralisé pour étudier l'ensemble des dommages dans un composite $[0, 90]_s$: fissuration transverse dans la couche 90° , délaminage en pointe de fissure et délaminage entre les deux couches. La génération de nouvelles fissures est contrôlée à l'aide du taux de restitution d'énergie locale Y . L'étude porte également sur l'espacement critique entre plusieurs fissures au sein du composite.

Mots clés — stratifiés, fissuration transverse, TLS.

1 Introduction

Expérimentalement, il a été observé que les différents mécanismes d'endommagement dans les stratifiés croisés sont la fissuration transverse, le délaminage en pointe de fissure ou interlaminaire et la fissuration longitudinale. Ces différents mécanismes semblent pouvoir être représentés par une nouvelle approche. La méthode "Thick LevelSet" (TLS) [3] décrit l'endommagement par la propagation d'un front entre la zone endommagée et la zone intacte, la non-localité étant introduite en écrivant explicitement la valeur de l'endommagement comme une distance au front. L'endommagement dans l'ensemble du matériau est représenté par une seule levelset, ce qui permet sans difficulté la réunion de fissures par exemple. Il est par ailleurs possible de créer le branchement des fissures qui correspondrait au délaminage en pointe de fissure. L'initiation est réalisée par un critère de taux de restitution d'énergie.

2 Modélisation du problème dans un composite

L'éprouvette est un stratifié croisé de type $[0, 90]_s$, le matériau considéré étant un carbone-époxy IM7/997-2 [4]. Le problème traité est un problème 2D en déformations planes. On applique un effort de traction sur les extrémités latérales du composite comme présenté Figure 1.

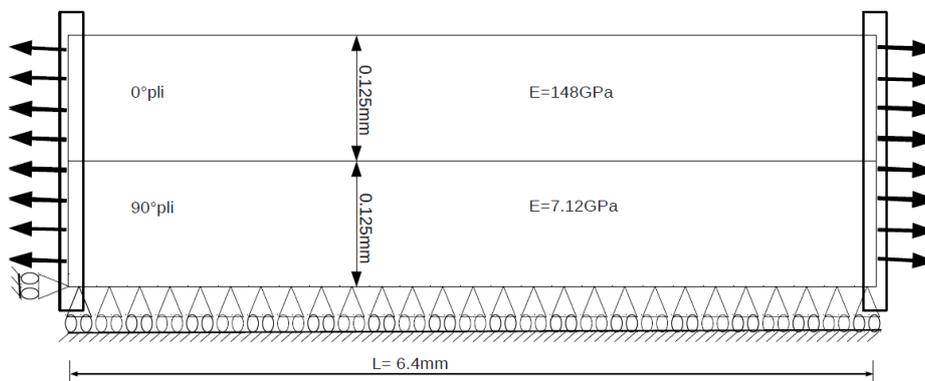
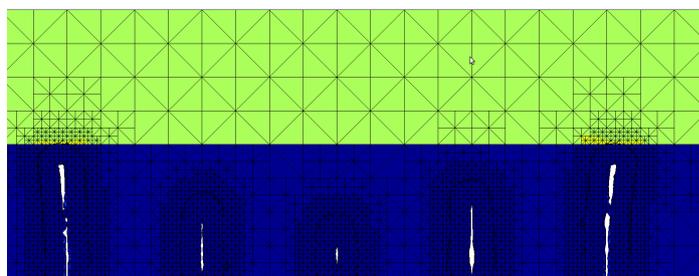


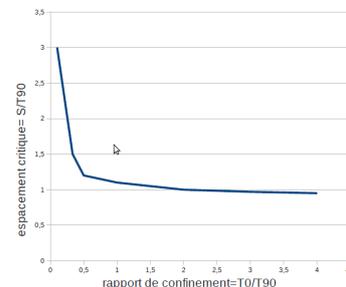
FIGURE 1 – Géométrie et conditions aux limites

3 Mise en évidence de la saturation avec la TLS

Le paramètre utilisé pour décrire l'architecture du stratifié est le rapport de confinement λ , c'est-à-dire le rapport de l'épaisseur des couches à 0° et à 90° . En initiant des fissures séparées par des distances variables, il est possible d'obtenir en fonction du chargement un espacement limite entre les fissures pour que toutes ces dernières puissent être propagées (Figure 2a). Cette distance caractéristique varie avec le rapport de confinement [2], avec une saturation pour des valeurs élevées de ce dernier (Figure 2b).



(a) Arrêt de la propagation de fissures



(b) Phénomène de saturation

FIGURE 2 – Espacement critique entre les fissures

4 Création de fissures

Pour initier une fissure, l'énergie de déformation locale est comparée à la valeur critique du taux de restitution d'énergie. L'hétérogénéité du matériau affecte les propriétés mécaniques du composites mais est aussi un facteur crucial pour l'initiation et la propagation des fissures au sein du stratifié croisé. Pour cette raison, une répartition aléatoire du taux de restitution d'énergie critique locale est mise en place dans le modèle en s'appuyant sur les résultats de Berthelot et Le Corre [1]. A chaque pas de temps, la valeur maximum du rapport entre Y et Y_c local est recherchée. Si cette valeur dépasse 1, une amorce d'endommagement est créée en ce point, cette amorce ne se propageant pas nécessairement ensuite. Ce rapport est réglé pour être inférieur à 1 quand la fissure se propage. Lorsque la fissure arrive à l'interface des plis, le rapport croît, dépasse la valeur limite et une autre fissure se crée alors ailleurs (Figure 4).

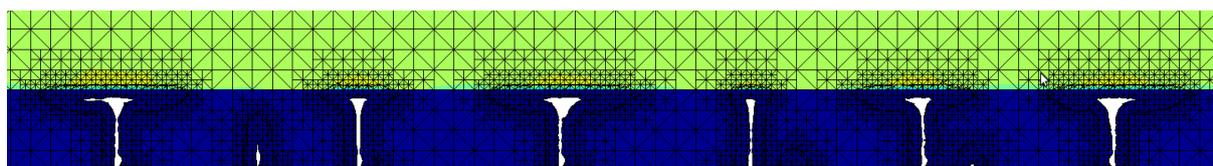


FIGURE 3 – Propagation de fissures, délaminage en pointe de fissures, et création de fissures

L'initiation permet également de créer des fissures entre les couches du stratifié. Avec cette méthode, il est ainsi possible d'obtenir une délamination locale des couches. Cet aspect sera illustré plus en détails dans la présentation.

Références

- [1] J.-M. Berthelot, J.-F. Le Corre. *Statistical analysis of the progression of transverse cracking and delamination in cross-ply laminates*, Composites Science and Technology 60(3), 2659–2669, 2000.
- [2] T. Bai, D. D. Pollard, *Spacing of fractures in a multilayer at fracture saturation*, International Journal of Fracture 100(4), 23–24, 1999.
- [3] N. Moës, C. Stolz, P.-E Bernard, N. Chevaugeon. *A level set based model for damage growth : the thick level set approach*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, in press, 2010.
- [4] T. H. Nguyen, D. Gamby. *Effects of nonlinear viscoelastic behaviour and loading rate on transverse cracking in CFRP laminates*, Composites Science and Technology 67(3-4), 438–452, 2007.