



## Numerical Study of Composite Stiffener Debonding Under the Effect of Interface Change and Skin-Stiffener Thickness.

---

Alghalia Hamdaoui, Kaoutar Bouakka, Ahmed Abbadi,  
Julien Capelle and Mohammed Abbadi

EasyChair preprints are intended for rapid  
dissemination of research results and are  
integrated with the rest of EasyChair.

February 16, 2024

# Étude numérique du décollement des raidisseurs composites sous l'effet du changement de l'interface et de l'épaisseur du peau-rebord.

AL. Hamdaoui<sup>1</sup>, K. Bouakka<sup>1</sup>, A. Abbadi<sup>1</sup>, J. Capelle<sup>2</sup>, M. Abbadi<sup>1</sup>

1. ENSA, Laboratoire des sciences de l'ingénieur, équipe Lean Manufacturing & Mechanical Modeling, Université Mohamed 1, BP 696, Oujda, Maroc, [alghalia.hamdaoui@ump.ac.ma](mailto:alghalia.hamdaoui@ump.ac.ma).
2. Laboratoire de Biomécanique, Polymère et structures (LaBPS), Université de Lorraine –Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz, 57070, France.

## Résumé :

Le collage a connu une popularité de plus en plus croissante, notamment dans les industries où la demande est élevée, telles que l'aéronautique, l'aérospatiale, l'automobile et la marine...

Pour répondre aux exigences industrielles, il est primordial d'assurer une répartition plus uniforme des contraintes, de minimiser l'augmentation du poids des structures et surtout d'assembler des matériaux composites dissemblables lors de la conception.

Cette étude vise à évaluer la variation de l'interface et de l'épaisseur du peau-rebord en fonction du décollement du raidisseur à travers une modélisation numérique par éléments finis utilisant le code de calcul Abaqus.

**Mot clé :** peau, semelle, décollement, interface, épaisseur.

## 1. Introduction :

Les matériaux composites sont largement utilisés dans différents secteurs industriels, en particulier dans l'aéronautique grâce à leur forte capacité d'adaptation, leur légèreté et leurs performances mécaniques, thermiques et électriques...

Shokrieh et al. ont constaté que la contrainte de pontage maximale augmentait avec l'angle d'interface croissant, mais que le déplacement au niveau de l'extrémité de la pré-fissure était indépendant de l'angle d'interface [1].

N. Johri et al. ont estimé la rupture par délaminage de composites stratifiés. Ils ont mis en évidence l'influence de l'orientation des fibres et de l'épaisseur de la lame sur la

réaction de la force et la déformation en mode de défaillance [2].

Xi Zou et al. ont réalisé une étude sur les dommages à l'interface dans des conditions de chargement de flexion à quatre points en utilisant des stratifiés multidirectionnels en L [3].

J. Bertolini a étudié les longerons Omega par l'utilisation de la mécanique de la rupture qui permet de prédire la séparation entre la peau et la semelle dans plusieurs situations de charge, ce qui présente des capacités structurelles intéressantes [4].

D'après les expériences, Strahinja Milenkovic et al. ont démontré que les fibres longues en polyfluorure de vinyle (PVDF) se trouvent dans la matrice d'acide polylactique (PLA). La ductilité est plus élevée tandis que la résistance à la flexion est réduite [5].

L'objectif de cette recherche est d'étudier comment les trois variables d'interface, épaisseur, orientation entre les phases, influencent les propriétés mécaniques des composites.

## 2. Description de la forme du peau-bord droit :

La géométrie stratifiée est caractérisée par un ensemble de plis sous différentes orientations des fibres, dont les dimensions de la peau sont  $L$ ,  $l$  et  $e_1$  tandis que le bord a trois paramètres  $a$ ,  $b$ , et  $e_2$  comme illustré sur la (Fig.1).

Dans cette configuration, une peau est supportée par quatre points d'appui qui se séparent par une distance différente.

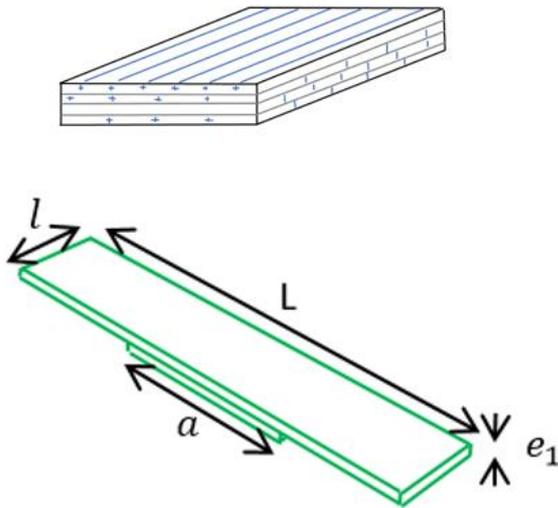


Fig.1. Les caractéristiques géométriques du matériau composite stratifié peau-bord.

### 3. Modélisation numérique:

La modélisation numérique est utilisée pour simuler la flexion du peau-rebord en appliquant des charges à quatre points équidistants dont deux se situent juste au-dessus et deux en dessous de la peau.

L'étude de la flexion nécessite une interprétation approfondie de la convergence du maillage, par la discrétisation des éléments dans des positions précises sur le rebord-peau. Cela permet d'obtenir un comportement mécanique en concordance avec l'expérience.

Dans le domaine des matériaux composites, l'interface est caractérisée par une orientation et une disposition spécifique d'angles l'un par rapport à l'autre.

Pour optimiser les propriétés mécaniques du matériau, il est nécessaire de mettre en place des couches spécifiques.

### 4. Interprétation du résultat :

Dès le début, toutes les courbes sont caractérisées par une linéarité élastique, avec un premier décollement du rebord qui se produit progressivement.

Une différence a été remarquée sur le couple de déplacement- pic de force.

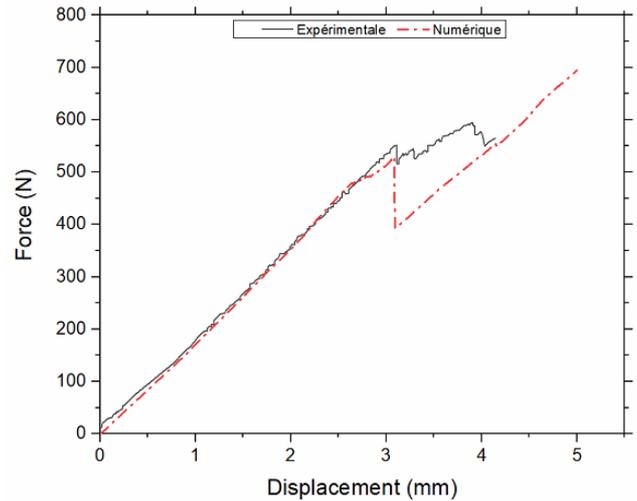


Fig.2. Comparaison du décollement de la courbe de déplacement-force, basée sur des données expérimentales et numériques d'interface 0°/0°.

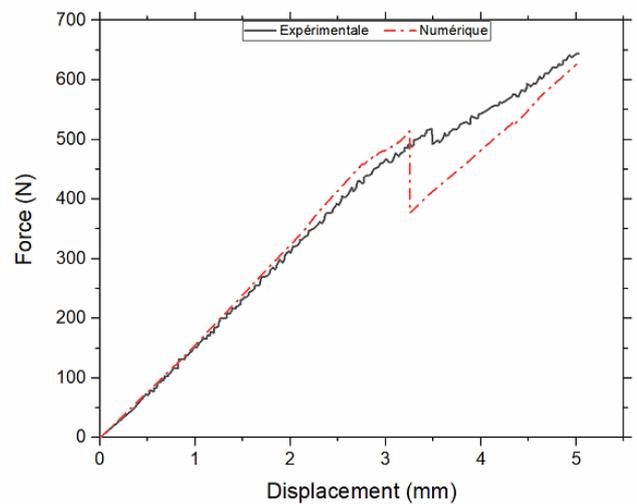
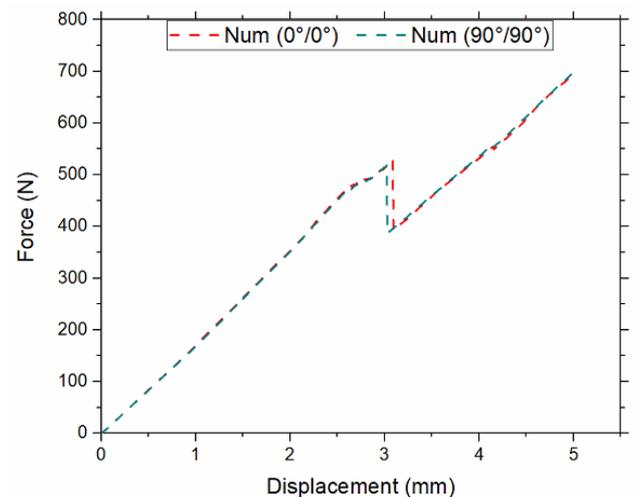


Fig.3. Comparaison du décollement de la courbe de déplacement-force, basée sur des données expérimentales et numériques d'interface 45°/-45°.

(a)



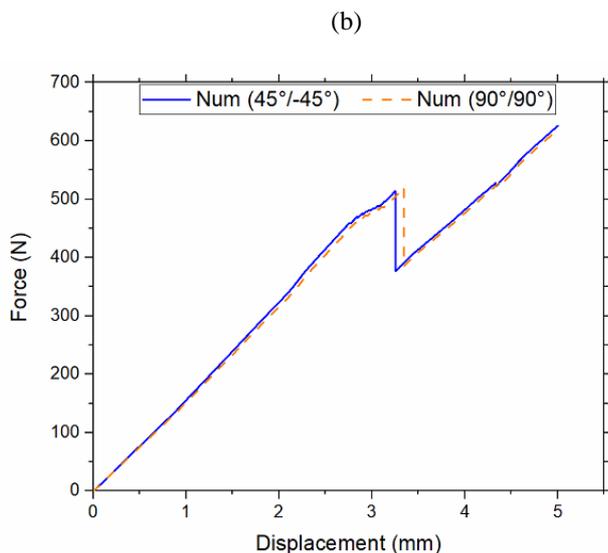


Fig.4. Décollement numérique de la force- déplacement des interfaces (a) (0°/0°), (b) (45°/-45°) en fonction de l'orientation de la fibre.

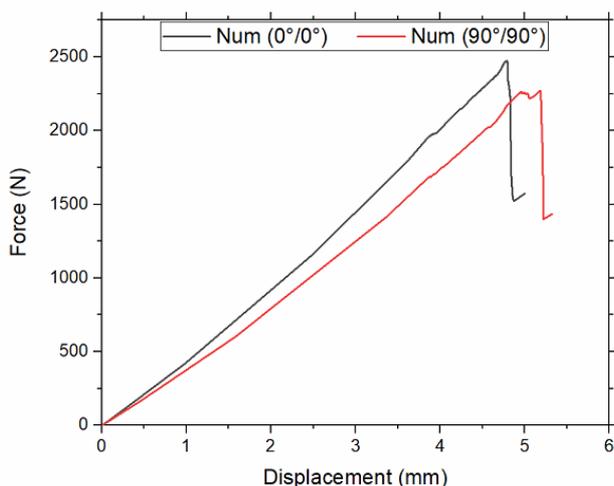


Fig.5. Décollement numérique de la force- déplacement d'interfaces 0°/0° en fonction d'épaisseur et l'orientation de la fibre.

On peut observer une bonne concordance entre les résultats expérimentaux et numériques pour les deux interfaces (fig.2 et fig.3). Lorsque la rigidité est réduite, il y a un pic de force considérable sur l'interface 0°/0° par rapport à 45°/-45°. Par contre, la durabilité de la flexion entraîne un déplacement important pour 45°/-45°.

Le changement des orientations des fibres a engendré une faible durabilité et une rigidité insuffisante dans l'interface 0°/0° en raison du décollement rapide (fig.4.a).

L'emplacement précis d'orientation des fibres et d'interface est responsable du ralentissement de la continuité de la fissure et le bloc de la direction de propagation de la flexion (fig.4.b).

La variation de l'épaisseur et l'emplacement des fibres a contribué à une amélioration de la résistance à la flexion et à la durabilité de la structure. Ce résultat est accompagné d'un ralentissement de la propagation et d'une altération de la direction de la fissure (fig.5).

## Conclusion

Dans le cadre de l'évaluation de la rigidité et de la durabilité, on a utilisé une modélisation numérique de flexion quatre points pour des matériaux composites soumis à une charge.

Il faut noter que le changement d'interface, de l'épaisseur et de l'orientation des fibres ont une influence significative sur le comportement de décollement.

## Reference :

- [1] M. M. Shokrieh, M. Salamat-talab, and M. Heidari-Rarani, "Dependency of bridging traction of DCB composite specimen on interface fiber angle," *Theor. Appl. Fract. Mech.*, vol. 90, 2017 pp. 22–32.
- [2] N. Johri, B. Chandra Kandpal, N. Kumar, and A. Srivastava, "Effect of ply thickness and orientation on fatigue delamination of laminated composites using cohesive zone model," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, 2021, pp. 11040–11045.
- [3] X. Zou, S. Yan, M. Matveev, J. P. Rouse, and I. A. Jones, "Experimental and numerical investigation of interface damage in composite L-angle sections under four-point bending," *Journal of the Composite Structures*, vol. 55, 2021, pp. 187–200.
- [4] J. Bertolini, B. Castanié, J-J. Barrau, J-P. Navarro. "An experimental and numerical study on omega stringer debonding" *Journal of the Composite Structures*, vol. 86, 2008, pp. 233-242.
- [5] S. Milenkovic, V. Slavkovic, C. Fragassa, N. Grujovic, N. Palic, and F. Zivic, "Effect of the raster orientation on strength of the continuous fiber reinforced PVDF/PLA composites, fabricated by hand-layup and fused deposition modeling," *Journal of the Composite Structures*, vol. 270, 2021, pp. 114063.