

## Optimisation de forme d'inserts noyés dans des panneaux sandwich soumis à traction et cisaillement

### *Shape optimization of sandwich panel inserts subjected to tensile and shear loading*

David Crépin<sup>1</sup> et Stéphane Panier<sup>2</sup>

1 : GEMTEX, École Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles,  
Université Lille Nord de France,  
2, Allée Louise et Victor Champier, 59056 Roubaix  
e-mail : david.crepin@ensait.fr

2 : Laboratoire des Technologies Innovantes, LTI-EA 3899,  
Université de Picardie Jules Verne, Amiens, 80025 France  
e-mail : stephane.panier@u-picardie.fr

#### Position du problème

La présente étude se focalise sur des inserts en résine noyés dans des panneaux sandwich avec âme en mousse PVC et peaux en tissu de verre/époxy ou carbone/époxy.

Un des principaux points faibles des panneaux sandwich réside dans leur faible tenue aux concentrations de contraintes siégeant notablement au voisinage des inserts (pièces rapportées indispensables pour l'assemblage des panneaux). Cette faible ténacité conduit à une diminution significative des charges admissibles et constitue un facteur pénalisant pour ces structures.

Dans le cadre des panneaux avec âme en mousse, un certain nombre de travaux [1, 2] a mis en évidence l'influence notable de la géométrie des inserts sur les concentrations de contraintes régnant le long des lignes de jonction, i.e. à l'intersection entre l'âme, les peaux et l'insert. Par ailleurs des tests d'arrachement [3] ont montrés que les premiers endommagements se manifestent par l'apparition de fissures dans la mousse, au voisinage de ces mêmes lignes.

L'objectif de l'étude est d'optimiser la forme d'inserts de révolution, soumis à des efforts de traction et/ou cisaillement, en cherchant à minimiser l'énergie de déformation stockée le long des lignes de jonctions. Cette dernière pilote en effet la coalescence des bulles présentes dans la mousse.

#### Étude réalisée

L'étude porte sur un insert de révolution (en résine) noyé dans un panneau sandwich (âme en mousse Divinycell H100, peaux en tissu verre/époxy), cf. Fig. 1. La surface externe de l'insert est paramétrée par une surface B-spline, conduisant à un "bec" d'angle  $\beta \in [20, 160^\circ]$  lequel influence fortement la distribution des contraintes au voisinage de la ligne de jonction  $\mathcal{J}_\ell$ .

Un calcul asymptotique montre que l'énergie emmagasinée au voisinage des bulles est majorée par l'énergie de déformation stockée dans un secteur angulaire, d'amplitude  $20^\circ$ , de rayon  $\delta$ , dont le sommet appartient à  $\mathcal{J}_\ell$  (cf. Fig. 1). L'ordre de grandeur de  $\delta$  est le diamètre d'une cellule dans la mousse ( $\delta = O(0.5 \text{ mm})$ ) et est déduit du critère d'amorce de fissures en présence de singularités, proposé dans [4, chp. 10] (chapitre rédigé par D. Leguillon et E. Martin). L'énergie est évaluée avec précision

---

au moyen d'éléments finis (hexaédriques à 8 nœuds) enrichis permettant l'extraction des contraintes régulières/singulières le long de  $\mathcal{J}_\ell$ . Ces éléments ont été implémentés dans un solveur "maison".

L'insert cylindrique de révolution ( $\beta = 90^\circ$ ) servant de référence, les résultats numériques obtenus montrent que :

- Pour une sollicitation de traction, on observe une chute spectaculaire de l'énergie pour un insert en forme de "tonneau" ( $\beta \geq 150^\circ$ ), cf. Fig. 2. Aucun gain énergétique n'est constaté pour des inserts en forme de "jupe" ( $\beta < 90^\circ$ , cf. Fig. 1 et Fig. 2).
- Pour une sollicitation en cisaillement, aucun gain énergétique n'est observé. Cependant dans le cas d'une sollicitation combinée de traction/cisaillement, on constate un gain substantiel pour les conceptions en "tonneau" et pour des rapports "force cisaillement/force traction  $< 2$ ".

Les résultats obtenus pour la traction concordent parfaitement avec les études expérimentales menées dans [2] et sont d'autant plus surprenants que les conceptions en "tonneau" conduisent à des singularités de contraintes sévères.

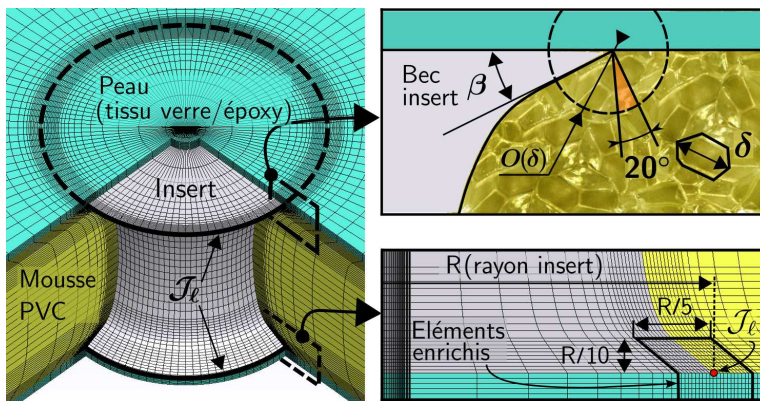


Fig. 1. : Insert de révolution.

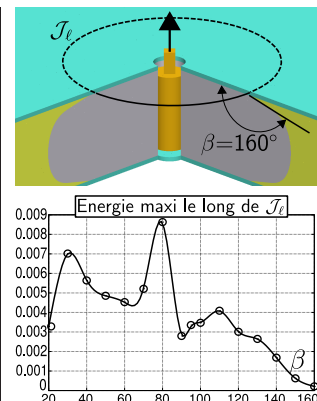


Fig. 2. : Energie en fonction du "bec".

## Références

- [1] M. Osei-Antwi, J. de Castro, A. P. Vassilopoulos, T. Keller « Analytical modeling of local stresses at Balsa/timber core joints of FRP sandwich structures », *Composite Structures* Vol. 116, pp. 501–508, 2014.
- [2] E. Bozhevolnaya, A. Lyckegaard, O. Thomsen « Novel design of foam core junctions in sandwich panels », *Composites Part B* Vol. 39, pp. 185–190, 2008.
- [3] K.-H. Nguyen, Y.-B. Park, J.-H. Kweon, J.-H. Choi « Failure behaviour of foam-based sandwich joints under pull-out testing », *Composite Structures* Vol. 94, pp. 617–624, 2012.
- [4] V. Mantič, A. Barroso, F. París, *Mathematical Methods and Models in Composites*, vol. 5 of *Computational and Experimental Methods in Structures*, Imperial College Press, 2014.