



HAL
open science

Sur la caractérisation mécanique des interfaces du contreplaqué

Axel Peignon, Joël Serra, Arthur Cantarel, Florent Eyma, Hajer Hadiji, Rémi Curti, Bruno Castanié

► **To cite this version:**

Axel Peignon, Joël Serra, Arthur Cantarel, Florent Eyma, Hajer Hadiji, et al.. Sur la caractérisation mécanique des interfaces du contreplaqué. 3^{ème} conférence des Eco-Matériaux en Afrique, CEMA 24, Société Africaine des Eco-matériaux, Jun 2024, Libreville, Gabon. hal-04606298

HAL Id: hal-04606298

<https://hal.insa-toulouse.fr/hal-04606298>

Submitted on 10 Jun 2024

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.

Public Domain

Sur la caractérisation mécanique des interfaces du contreplaqué

On the mechanical characterization of plywood interfaces

**Axel Peignon¹, Joel Serra¹, Arthur Cantarel¹, Florent Eyma¹, Hajer Hadji¹,
Rémi Curti¹, Bruno Castanié¹**

¹ Institut Clément Ader (ICA), Université de Toulouse, CNRS UMR 5312, INSA, ISAE-Supaéro, INSA, IMT Mines Albi, UPS, France
e-mail : castanie@insa-toulouse.fr

1. Introduction

Les structures bases bois présentent une forte potentialité pour les transports tant en termes de légèreté que de bilan carbone. Ces matériaux si ils sont tombés en désuétude dans ce domaine ont par le passé été utilisés avec succès pour des structures automobiles ou aéronautiques [1, 2]. Le lamibois (LVL) et le contreplaqué sont des produits composites structurels fabriqués à partir de fines feuilles de bois déroulées, appelées placages et assemblées avec un adhésif. Le contreplaqué a une stratification croisée, ce qui signifie que les placages longitudinaux et transversaux sont alternés dans tout le stratifié. Dans le LVL, contrairement au contreplaqué, les fibres du placage sont principalement orientées dans la même direction. Pour un usage structurel, certains LVL peuvent avoir quelques placages à fils croisés. Le LVL et le contreplaqué, du fait de leur fabrication, offrent la possibilité de sélectionner les placages ne présentant pas de défauts, présentent des caractéristiques mécaniques statiques comparables, voire supérieures, à celles du bois massif [3]. Par ailleurs, des études récentes ont montré que le LVL présente aussi un potentiel mécanique intéressant pour des applications de crash [4, 5] ou d'impact [6, 7]. Aussi, en se basant sur l'utilisation de ces résultats et l'insuffisance des modèles de la littérature [8], la stratégie de modélisation dite Discrete Ply Model [9, 10] a été envisagée pour modéliser les scénarios de rupture des structures à base de contreplaqué, aussi bien en statique qu'en dynamique. Cette stratégie repose sur uniquement 13 paramètres dont les taux de restitution d'énergie critique aux interfaces qu'il convient d'identifier spécifiquement pour les applications de composite bois. Afin d'identifier les paramètres de ce modèle avancé, des caractérisations en mode I [11] et mode II [12] des interfaces ont été effectuées et sont présentées dans ce papier.

2. Caractérisations en Mode I

L'essai Double Cantilever Beam (DCB) consiste à appliquer une charge aux extrémités d'une éprouvette qui entraîne la propagation de la fissure en mode pur I (Fig. 1). Des placages de bois de peuplier (*Populus*) Koster de 1mm ont été utilisés pour la fabrication des éprouvettes DCB. Les placages, fournis par le laboratoire LaBoMaP de Cluny, ont été produits à l'aide d'une dérouleuse. Deux configurations ont été réalisées et sont illustrées sur la Fig. 1 :

- Un contreplaqué 8 plis avec une configuration $[0^{\circ}]_8$ pour l'interface $0^{\circ}/0^{\circ}$.
 - Un contreplaqué 9 plis avec une configuration de stratification $[0^{\circ}_4, 90^{\circ}, 0^{\circ}_4]$ pour l'interface $0^{\circ}/90^{\circ}$.
-

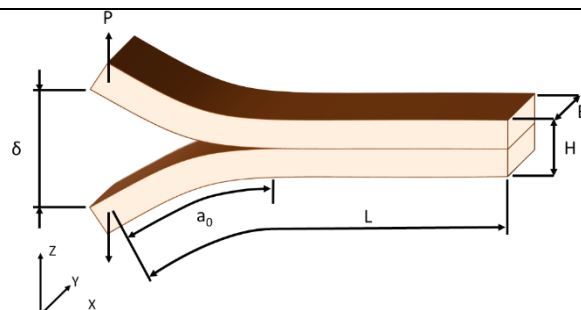


Fig. 1 : Schématisation de l'essai DCB.

En moyennant les valeurs pour l'ensemble des éprouvettes, on observe que la valeur de G_{Ic} pour la série $0^\circ/0^\circ$ donne une valeur plus élevée que pour la série $0^\circ/90^\circ$. Cela peut s'expliquer par le fait que du pontage de fibre se produit dans la série $0^\circ/0^\circ$ (zone A sur la Fig. 5). Le pontage de fibre est plus important dans le bois que dans les composites classiques car l'angle de plongée des fibres est bien supérieur à celui rencontré dans ces derniers (Pramreiter et al., 2020). Les valeurs moyennes du taux de restitution d'énergie obtenues sont les suivantes : $G_{Ic-0^\circ/0^\circ} = 422 \text{ J/m}^2 \pm 30\%$ et $G_{Ic-0^\circ/90^\circ} = 247 \text{ J/m}^2 \pm 21\%$.

3. Caractérisations en Mode II

L'essai 4ENF a été choisi pour caractériser la ténacité à la rupture interlaminaire mode II des éprouvettes de peuplier étudiées. L'éprouvette entaillée a été appuyée sur deux rouleaux extérieurs et la charge a été appliquée sur deux autres rouleaux intérieurs. Les distances entre les quatre rouleaux ont été choisies pour être symétriques à l'axe vertical central de la machine et avoir une distance de propagation importante des fissures. L'essai a été réalisé à une vitesse de déplacement imposée de 2 mm/min, et à température et humidité ambiantes. Pour éviter l'écrasement local du bois sous les rouleaux, des petites plaques en silicone ont été insérées entre les rouleaux et les éprouvettes. Des éprouvettes 8 plis $[0^\circ]_8$, orientées à 0° ont été fabriquées ainsi que des éprouvettes 13 plis $[0^\circ_6, 90^\circ, 0^\circ_6]$ pour l'étude respectivement des interfaces $0^\circ/0^\circ$ et $0^\circ/90^\circ$.

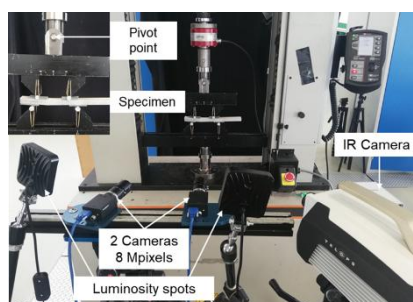


Fig. 2. Essai 4ENF

Les résultats révèlent une augmentation de G_{IIc} pour l'interface $0^\circ/90^\circ$ par rapport à celle à $0^\circ/0^\circ$. L'analyse de l'interface de rupture montre des chemins de délaminage différents dans les deux cas : une propagation de la fissure régulière à l'interface entre les deux plis 0° (pour les éprouvettes à interface $0^\circ/0^\circ$) ou au sein du pli 90° (pour les éprouvettes $0^\circ/90^\circ$). La

propagation complexe des fissures entre les fibres à 90° et leur rupture perpendiculairement au trajet de délaminage, se sont révélées être des mécanismes de dissipation d'énergie très importants qui pourraient expliquer que le G_{IIC} est plus élevé pour l'interface $0^\circ/90^\circ$ par rapport à celle à $0^\circ/0^\circ$.

Pour les échantillons $0^\circ/0^\circ$ testés, une valeur de G_{IIC} moyenne de $2,21 \text{ kJ/m}^2$ est obtenue. Pour l'interface $0^\circ/90^\circ$, une valeur de G_{IIC} moyenne de $2,50 \text{ kJ/m}^2$ est obtenue. La valeur élevée du mode II obtenue peut expliquer le bon comportement à l'impact, au crash et à la compression après impact du contreplaqué [4-8].

4. Références

- [1] B. Castanié, C. Bouvet, M. Ginot. Review of composite sandwich structure in aeronautic applications. *Compos. Part C Open Access*, 1,100004, 2020
- [2] B. Castanié et al, Wood and Plywood as eco-materials for sustainable mobility: a review. *Composite Structures*, 329, 117790, 2024
- [3] Leicester RH, Bunker RC (1969) Fracture at butt joints in laminated pine. *Forest Prod. J.* 19(2):59-60.
- [4] Guélou R, Eyma F, Cantarel A, Rivallant S, Castanié B (2021) Crashworthiness of poplar wood veneer tubes. *International Journal of Impact Engineering*, 147, 103738.
- [5] Guélou R, Eyma F, Cantarel A, Rivallant S, Castanié B. A comparison of three wood species (poplar, birch and oak) for crash application. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2023, 81(1), pp. 125–141
- [6] Susainathan J, Eyma F, De Luycker E, Cantarel A, Castanie B (2018) Experimental investigation of impact behavior of wood-based sandwich structures. *Comp Part A* 109:10–19. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.02.029>.
- [7] Susainathan J, Eyma F, De Luycker E, Cantarel A, Bouvet C, Castanie B (2019) Experimental investigation of compression and compression after impact of wood-based sandwich structures. *Comp Struct* 220:236–249.
- [8] Susainathan J, Eyma F, De Luycker E, Cantarel A, Castanie B (2020) Numerical modeling of impact on wood-based sandwich structures. *Mech Adv Mat Struct* 27:583–598.
- [9] Serra J, Bouvet C, Castanié B, Petiot C (2016) Scaling effect in notched composites : The Discrete Ply Model approach. *Composite Structures*, 148, 127- 143. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.03.062>
- [10] Serra J, et al. Validation and modeling of aeronautical composite structures subjected to combined loadings: The VERTEX project. Part 1: Experimental setup, FE-DIC instrumentation and procedures. *Composite Structures*, 2017, 179, pp. 224–244
- [11] Peignon A, Serra J, Gélard L, Cantarel A, Eyma F, Castanié B. Mode I delamination R-Curve in poplar laminated veneer lumber. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 2023 103982. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2023.103982>
- [12] Hadiji H, Serra J, Curti R, Gebrehiwot D, Castanié B. Characterization of mode II delamination behaviour of poplar plywood and LVL. Submitted to *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*.