



Evaluation du taux de restitution d'énergie en mode I d'un LVL de peuplier



INSTITUT CLÉMENT ADER

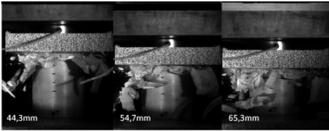
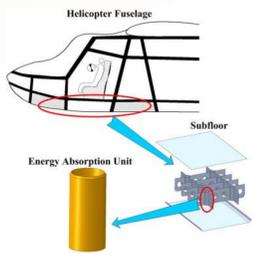
PEIGNON Axel¹, SERRA Joël¹, GELARD Léo¹, CANTAREL Arthur¹, EYMA Florent¹, CASTANIE Bruno¹

¹Institut Clément (ICA), Université de Toulouse, CNRS UMR 5312, INSA, ISAE-Supaéro, INSA, IMT Mines Albi, UPS, Toulouse, France – axel.peignon@iut-tarbes.fr

A14

Contexte et problématique

- Des études récentes ont montré que le LVL présente un potentiel mécanique intéressant pour des applications de crash ou d'impact (Guérou et al., 2021)



- La mise en place d'un modèle numérique du LVL permettrait de modéliser les scénarios de rupture des structures à base de contreplaqué, aussi bien en statique qu'en dynamique

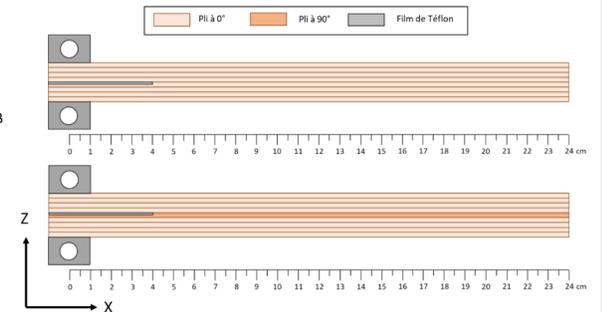
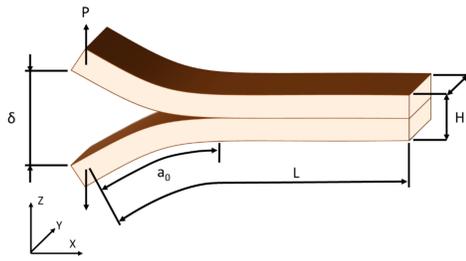
Objectifs

- Calculer le taux de restitution d'énergie mode I (G_{Ic}) pour les interfaces 0°/0° (seule interface caractérisée dans la littérature sur le LVL) et 0°/90° dans un LVL
- Identifier les taux de restitution d'énergie, en fonction des mécanismes de rupture, pour la mise en place d'un modèle numérique

Matériel et méthode

L'essai Double Cantilever Beam (DCB) consiste à appliquer une charge aux extrémités d'une éprouvette afin d'entraîner la propagation de la fissure en mode pur I. Des placages de bois de peuplier Koster de 1mm ont été utilisés pour la fabrication des éprouvettes DCB. Les placages ont été fournis par le laboratoire LaBoMaP.

Deux configurations ont été réalisées : une configuration $[0^{\circ}]_8$ pour l'interface 0°/0° et une configuration $[0^{\circ}_4, 90^{\circ}_4, 0^{\circ}_4]$ pour l'interface 0°/90°

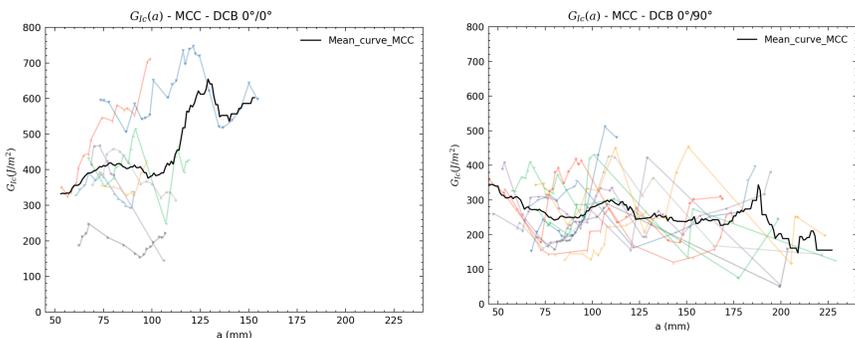


Calcul de G_{Ic}

- Utilisation de la méthode de calibration de complaisance modifiée (MCC) (ASTM D5528) pour faire le lien entre la longueur de fissure (a), la courbe force (P) – déplacement (δ) et l'équation d'Irwin-Kies (1954). Cette méthode est choisie pour calculer G_{Ic} , car c'est celle qui nécessite les hypothèses les plus faibles sur la relation entre la complaisance (δ/P) et la longueur de la fissure

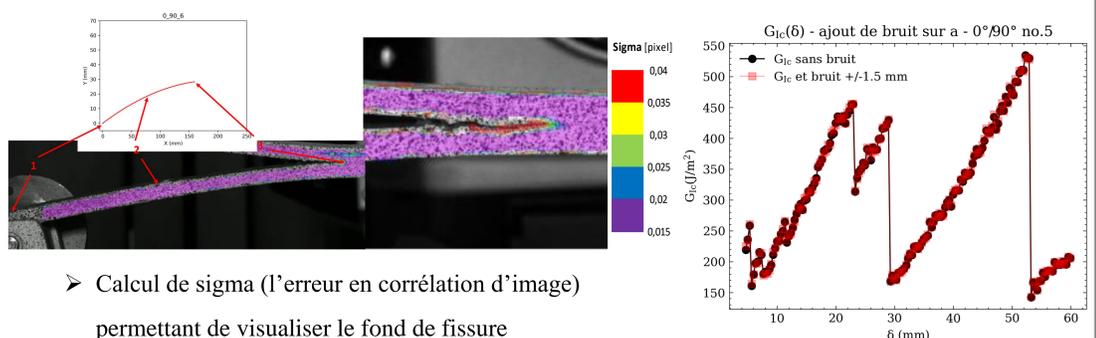
Résultats expérimentaux et discussions

Courbes R ($G_{Ic}=f(a)$)



- Obtention des courbes R pour les séries 0°/0° et 0°/90°
- Comparaison du comportement de propagation de fissure entre les séries 0°/0° et 0°/90°

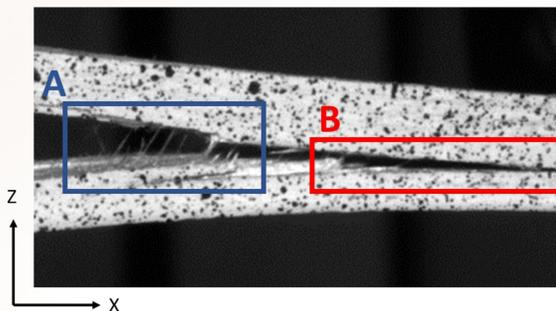
Suivi du fond de fissure



- Calcul de sigma (l'erreur en corrélation d'image) permettant de visualiser le fond de fissure
- Prise en compte de la courbure de l'éprouvette pour le calcul de la longueur de fissure en suivant 3 points à chaque instant (l'origine de la fissure, le fond de fissure et un point intermédiaire)
- Les erreurs sur la mesure de la fissure influent peu sur les valeurs de G_{Ic} obtenues

Identification de G_{Ic} en fonction des zones de propagation

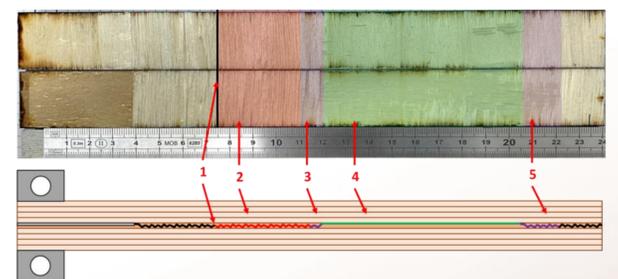
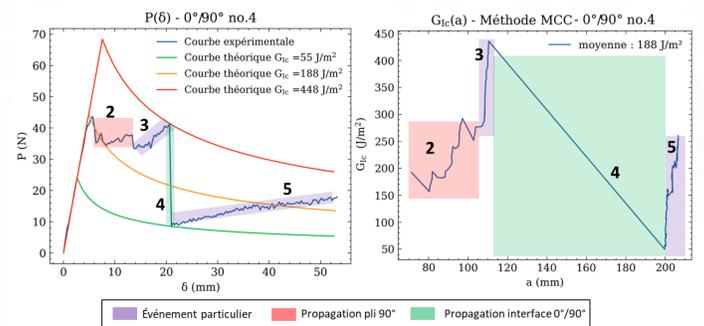
Observation de pontage de fibre (A) et de migration de la fissure (B)



Zones de propagation :

1. Initiation de propagation d'après la norme ASTM D5528
 2. Propagation dans le pli 90°
 3. Propagation à l'interface en arrachement de fibres
 4. Propagation à l'interface entre les plis 0° et 90°
 5. Propagation mixte avec arrachement de fibres
- Après la zone 5, la fin de l'éprouvette n'est plus dans le champ de vision des caméras et le suivi de fissure n'est plus possible

- Comparaison des courbes R théoriques et expérimentales
- Identification de valeurs de G_{Ic} en fonction des mécanismes de propagation



$$\text{Courbe théorique : } P(\delta) = \sqrt{\frac{2B^2}{3\delta} \sqrt{\frac{G_{Ic}^3 E_1 (H/2)^3}{12}}}$$

Conclusions

- En moyenne le $G_{Ic-0^{\circ}/0^{\circ}}$ ($422 \text{ J/m}^2 \pm 30\%$) donne une valeur plus élevée que $G_{Ic-0^{\circ}/90^{\circ}}$ ($247 \text{ J/m}^2 \pm 21\%$) à cause de la présence de pontage de fibres. Pour les stratifiés en matériaux composites synthétiques, c'est généralement l'inverse, $G_{Ic-0^{\circ}/0^{\circ}}$ est la valeur minorante.
- Pour l'interface 0°/90°, la méthodologie mise en place permet d'extraire 2 taux de restitution d'énergie : un à l'interface 0°/90° et un dans le pli à 90°. Les taux de restitution d'énergie mesurés sont les suivants : $G_{Ic-90^{\circ}\text{-pli}} = 247 \text{ J/m}^2 \pm 24\%$ et $G_{Ic-0^{\circ}/90^{\circ}\text{-interface}} = 62 \text{ J/m}^2 \pm 28\%$.

Perspectives

- Caractériser la ténacité mode II au travers d'essais End Notched Flexion (ENF)
- Étudier l'influence de nouvelles orientations d'interface sur le taux de restitution d'énergie

Références

- Guérou R, Eyma F, Cantarel A, Rivallant S, Castanié B (2021) Crashworthiness of poplar wood veneer tubes. International Journal of Impact Engineering, 147, 103738
- Irwin GR, Kies JA (1954) Critical energy rate analysis of fracture strength. Weld Journal, 33 Welding Research Supplement, 193-198
- Peignon A, Serra J, Gélard L, Cantarel A, Eyma F, Castanié B (2023) Mode I delamination R-Curve in poplar laminated veneer lumber. Theoretical and Applied Fracture Mechanics, 103982.