

Essais structurels de grandes plaques composites entaillées sous cisaillement et pression combinés

Structural testing of large notched composite specimens under combined shear and pressure

Florent Grotto¹, Joel Serra¹, Christophe Bouvet¹, Bruno Castanié¹

1 : Université de Toulouse, Institut Clément Ader, ISAE-SUPAERO – UPS – IMT Mines Albi – INSA
3, rue Caroline Aigle
F-31400 Toulouse CEDEX 04, France
e-mail : florent.grotto@isae-supero.fr

1. Introduction

Il est ici question d'étudier l'effet des chargements complexes sur la rupture de plaques stratifiées composites entaillées. Ces travaux de thèse s'inscrivent dans le cadre du projet VIRTUOSE [1] mené à l'Institut Clément Ader. Il vise à développer la méthode du "Safe Life Domain" qui consiste à valider tout un domaine de chargement à l'aide d'un unique essai complexe enveloppant ce domaine, à l'échelle de l'élément technologique, voire du composant technologique (voir Fig. 1).

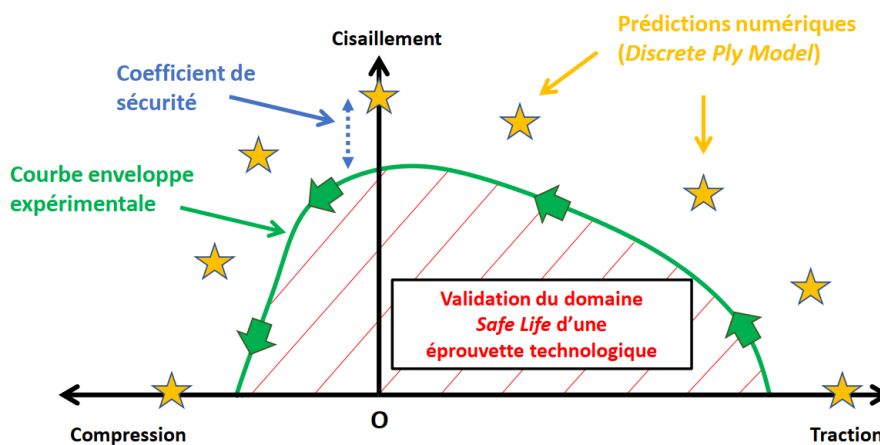


Fig. 1. Principe du "Safe Life Domain" [2]

En considérant une pression interne représentative des conditions de vols d'un avion, il sera ici étudié l'effet de la combinaison de la pression à un chargement de cisaillement structural sur la propagation d'une fissure.

Nous considérerons deux chargements (cisaillement seul et cisaillement + pression) appliqués à des stratifiés de 13 plis unidirectionnels T700/M21 d'épaisseur 0.125mm, formant une épaisseur totale de 1.625mm. Trois stratifiés équilibrés, représentatifs d'applications de fuselage aéronautique, sont considérés où seule la séquence d'empilement varie. Il sera donc présenté six essais où l'effet de la combinaison de la pression au cisaillement sera commenté pour trois drapages (voir Tab. 1).

Nom essai	Drapage	Chargement
E-C0-D1	D1	Cisaillement
E-C0-D2	D2	Cisaillement
E-C0-D3	D3	Cisaillement
E-CP-D1	D1	Cisaillement + Pression
E-CP-D2	D2	Cisaillement + Pression
E-CP-D3	D3	Cisaillement + Pression

Tab. 1. Essais considérés

2. Démarche

Le cisaillement d'une plaque entaillée a notamment été étudié par Alinia et al. [3] qui a évalué l'influence de différents paramètres géométriques et matériau sur la tenue résiduelle en post-flambement. Un fuselage d'avion est soumis à différents cas de charges, dont le cisaillement sur grande coupure, mais il est également soumis à un différentiel de pression interne/externe en vol. L'originalité des présents travaux consiste à étudier l'effet de la combinaison d'une pression interne au cisaillement structurel d'une plaque entaillée en post-flambement.

Les éprouvettes planes considérées (voir Fig. 2) ont une zone utile de 400mm×400mm entre talons, et sont chargées en cisaillement à l'aide du moyen d'essai VERTEX [4] en allant jusqu'à la rupture complète. Une pression interne constante de 0.67bar est appliquée sur la quasi-totalité de la zone utile (380mm×380mm) dès le début de l'essai grâce à une vessie gonflable.

Afin de caractériser le chargement et la réponse de l'éprouvette, des déformations globales et les flux sont calculés aux bords grâce aux déformations et aux courbures mesurées par stéréocorrélation.

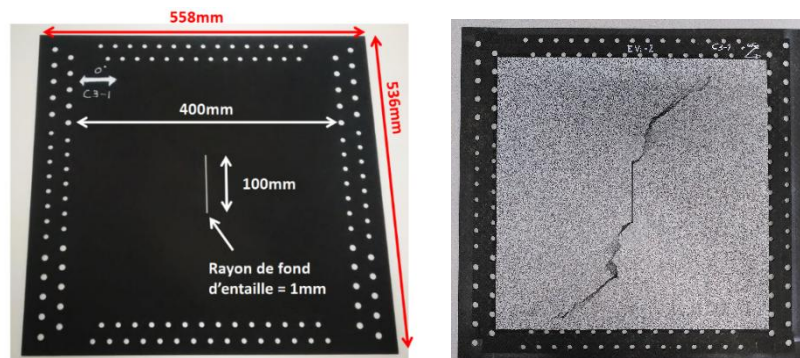


Fig. 2. Éprouvette VERTEX : gauche – géométrie initiale non mouchetée, droite – après essai

3. Résultats

3.1 Cloques de cisaillement

Comme le montre la Fig. 3, le cisaillement forme une cloque à -45° . La combinaison de la pression au cisaillement augmente significativement l'amplitude et la largeur de la cloque qui s'étend jusqu'aux talons. De plus, la pression augmente fortement la courbure aux deux bouts de la cloque (donc aux coins de la zone utile).

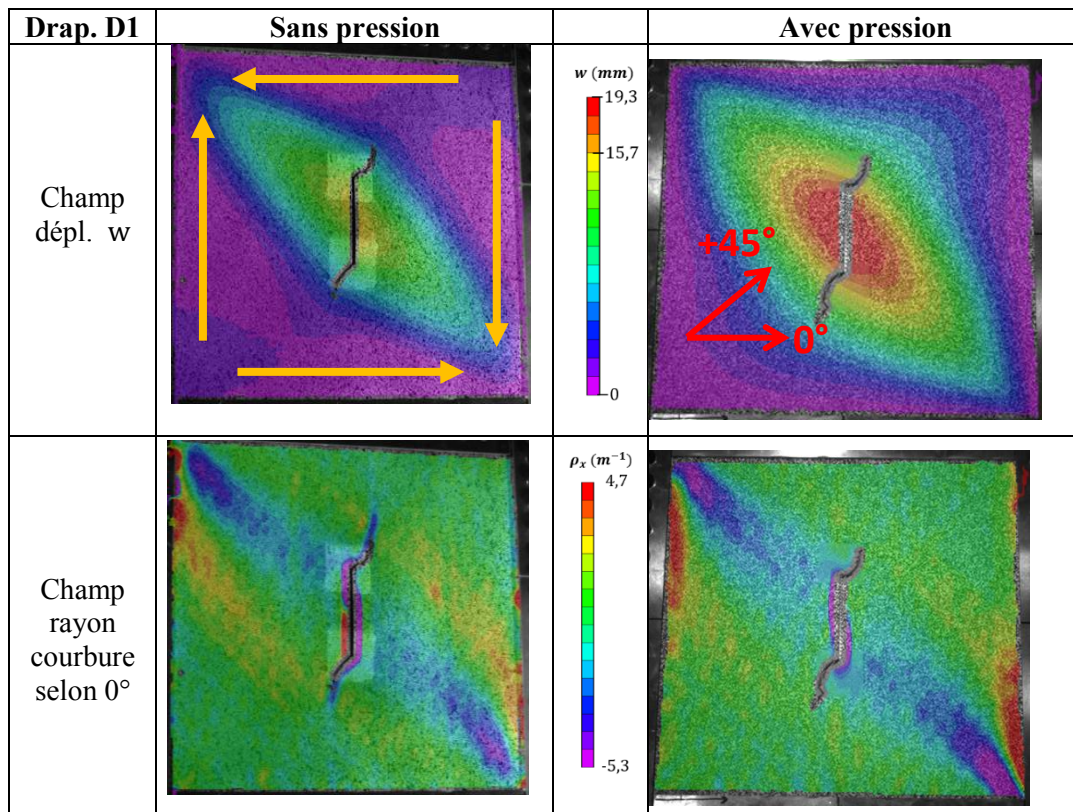


Fig. 3. Forme des cloques de cisaillement vue par stéréo-corrélation, avec et sans pression pour la même déformation globale de cisaillement normalisée

3.2 Faciès de rupture

Pour les six essais, avec ou sans pression interne, la propagation de la fissure se fait globalement à $+45^\circ$, c'est à dire par rupture de fibres orthogonales à la traction à -45° induite par le cisaillement global.

Cependant le surplus de flexion induit par la pression accentue sévèrement la courbure en bouts de cloque (voir Fig. 3), générant une rupture dans le coin inférieur droit (visible à la caméra infra-rouge) pour les trois essais avec pression interne.

3.3 Flux admissible

La combinaison de la pression au cisaillement diminue fortement l'effet de drapage sur la phase d'endommagement (voir Fig. 4). De plus elle abaisse fortement le flux de cisaillement admissible pour certains drapages.

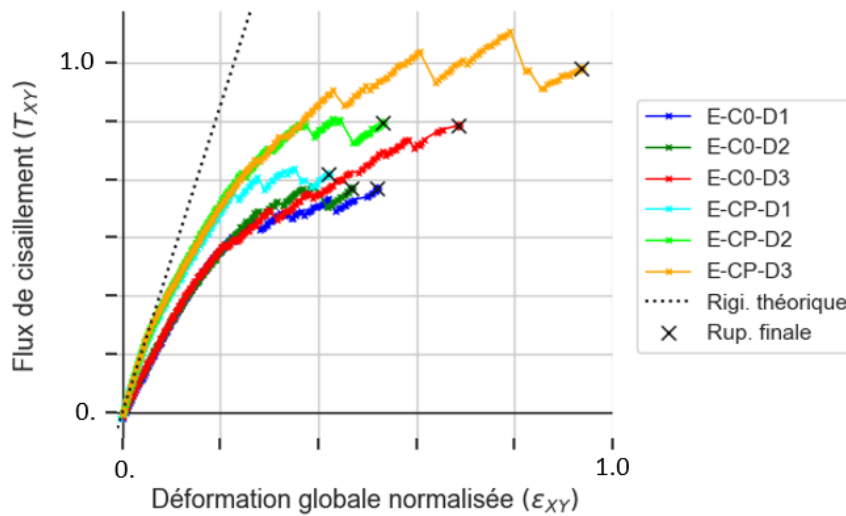


Fig. 4. Flux de cisaillement résultant de la déformation globale de cisaillement pour les 6 essais

Remerciements

Ces travaux de Thèse ont été réalisés dans le cadre du projet VIRTUOSE financé grâce au prix de la Fondation Jean-Jacques et Félicia Lopez-Loreta.

Références

- [1] J. Serra, VIRTUOSE website, <https://websites.isae-supaero.fr/virtuose>, (2021, January 6).
 - [2] J. Serra, J.E. Pierré, J.C. Passieux, J.N Périé, C. Bouvet, B. Castanié, C. Petiot. Validation and modeling of aeronautical composite structures subjected to combined loadings: The VERTEX project. Part 2: Load envelopes for the assessment of panels with large notches. *Composite Structures*, 2017; 180, pp. 550–567
 - [3] M.M. Alinia, S.A.A. Hosseinzadeh, H.R. Habashi. Influence of central cracks on buckling and post-buckling behaviour of shear panels. *Thin-Walled Structures* 2007; 45(4), pp 422-431.
 - [4] J. Serra, J.E. Pierré, J.C. Passieux, J.N Périé, C. Bouvet, B. Castanié. 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.
-

