



HAL
open science

Identification de défaut à partir d'essais de flambage pour des matériaux composite: une approche par l'erreur en relation de comportement modifiée

Elena Barbarella, Olivier Allix, Federica Daghia, Thomas Jollivet

► To cite this version:

Elena Barbarella, Olivier Allix, Federica Daghia, Thomas Jollivet. Identification de défaut à partir d'essais de flambage pour des matériaux composite: une approche par l'erreur en relation de comportement modifiée. 12e Colloque national en calcul des structures, CSMA, May 2015, Giens, France. hal-01706210

HAL Id: hal-01706210

<https://hal.science/hal-01706210>

Submitted on 12 Feb 2018

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

Identification de défaut à partir d'essais de flambage pour des matériaux composite: une approche par l'erreur en relation de comportement modifiée

E. Barbarella ¹, O. Allix ¹, F. Daghia ¹, T. Jollivet ²

¹ LMT, ENS-Cachan, {barbarella,allix,daghia,lamon}@lmt.ens-cachan.fr

² CETIM, Pôle Ingénierie Polymères & Composites, Technocampus, thomas.jollivet@cetim.fr

Résumé — Le déploiement des composites hors industrie aéronautique induit l'usage de composite avec des défauts plus potentiellement importants que ceux habituellement tolérés. La caractérisation des défauts repose tout d'abord sur des moyens d'analyse variés de type CND. Cependant vu la nature complexe de ces matériaux toute une série de défauts peut être peu ou non visibles. Dans cette étude on s'intéresse à la possibilité de détecter et d'identifier des défauts par l'intermédiaire d'essais de flambage. Dans cette première phase du travail une extension de la méthode de l'Erreur en Relation de Comportement Modifiée au cas du flambage est proposée appliquée sur des cas académiques simulés.

Mots clés — composites, problème inverse, défauts, flambage

Une difficulté identifiée du déploiement des composites dans les industries mécaniciennes hors aéronautique est que pour des coûts et des cadences compatibles à des productions grandes séries, des défauts de mise en œuvre potentiellement importants peuvent apparaître (manques de compactage, porosités dans la matrice ou dans le renfort, désorientations du renfort...). Dans ce contexte une bonne maîtrise du comportement de pièces nécessite de pouvoir quantifier assez précisément les défauts puis de prédire leur influence sur la réponse mécanique de pièces en tenant compte de leur caractère aléatoire et de leur statistique. La caractérisation des défauts repose tout d'abord sur des moyens d'analyse variés de type CND. Cependant vu la nature complexe de ces matériaux toute une série de défauts peut être peu ou non visibles.

Une approche complémentaire à la fois expérimentale et numérique est proposée ici. Il s'agit de caractériser les défauts par leur influence sur la réponse mécanique en utilisant une comparaison à des pièces de référence fabriquées par exemple avec des contraintes de qualité utilisée dans l'aéronautique. La question est d'imaginer des procédures expérimentales favorisant l'expression des défauts. Pour des défauts très localisés, des essais de flambage ont été choisis pour leur extrême sensibilité à la présence d'imperfections [1]. Pour leur détection nous avons choisis de suivre les principes de la Méthode de l'Erreur en Relation de comportement modifiée en raison de la très bonne capacité de localisation montrée par cette approche [3-5].

Dans la première phase de ce travail c'est donc concentré sur l'extension de méthode de l'erreur en relation de comportement modifiée au cas du flambage. La réponse d'une structure avec défauts en compression est en fait un problème non-linéaire. Ce problème est actuellement simulé avec Castem dont les résultats sont censés représentés correctement des résultats expérimentaux dans ce cas. On utilise alors l'approche de Southwell pour déterminer la charge critique théorique du problème sans défauts géométriques ou de condition aux

limites mais incluant les défauts matériaux. Le modèle théorique utilise cette charge critique représentative d'une éprouvette fictive sans défauts géométriques pour calculer la précontrainte du modèle théorique le flambage étant supposé intervenir en petite perturbation. Le mode de flambage associé est calculé et comparé aux mesures de flèches (actuellement simulées) du modèle avec défauts. Pour cette comparaison l'erreur en relation de comportement modifiée suivante est utilisée:

$$E_m^2(\mathbf{p}, U, V) = \frac{1}{2}\{U - V\}^T [K(\mathbf{p})]\{U - V\} + \frac{1}{2} \frac{r}{1 - r} \{U - U_{meas}\}^T [G_u]\{U - U_{meas}\}$$

et est minimisée pour localiser les défauts sous la contrainte associée à la condition de flambage correspondant à la précontrainte. En introduisant un multiplicateur de Lagrange on obtient une formulation à trois champs dépendant de la valeur des paramètres du modèle de comportement:

$$L(U, V, \Lambda) = E_m^2(\mathbf{p}, U, V) - \Lambda^T ([K]\{V\} - \lambda[\Sigma_0]\{U\})$$

Une fois les champs inconnus déterminés la valeur des contributions locales est utilisée comme indicateur de localisation des défauts. Seules les zones contribuant de façon significative à l'erreur sont ensuite sélectionnées (>50% de contribution par exemple). Une fois cette localisation effectuée l'idée à terme est de minimiser l'erreur totale en testant l'influence de l'erreur sur différents défauts potentiels définis par quelques paramètres. C'est cette étape de localisation des défauts puis de sélection de paramètres qui régularise la formulation de ce problème inverse. Dans cette phase de mise au point de la méthode sur des essais "numériques" un paramètre est choisi par zone, la valeur du module d'Young. Une fois la minimisation effectuée pour les paramètres sélectionnés les étapes de localisation et correction sont recommencées jusqu'à que la valeur de l'erreur descend en dessous d'une valeur seuil fixé par l'utilisateur.

La méthode ainsi formulée, en présence de défauts simulés par un calcul éléments finis (FE) montre l'aptitude à identifier la présence d'une ou plusieurs défauts. En Figures, les étapes d'identification sont montrées, pour le cas d'une éprouvette avec un seul défaut Fig.(1) et deux défauts Fig.(2).

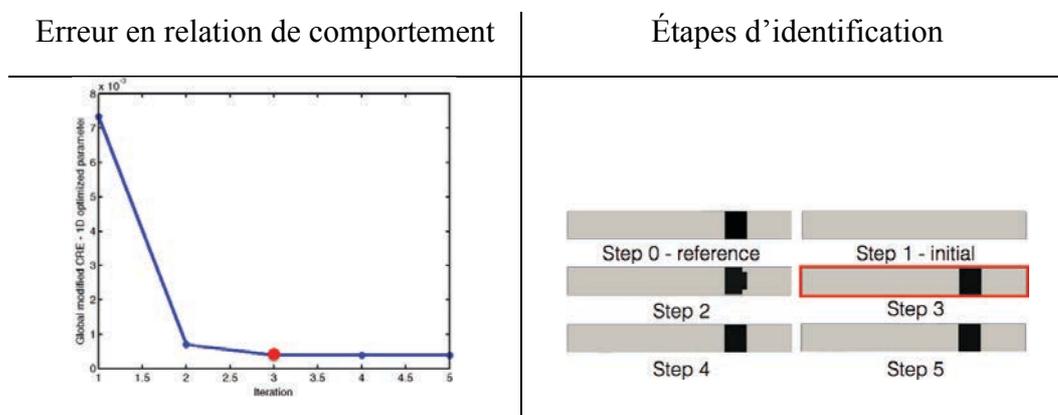


Figure 1 Identification en présence d'un seul défaut

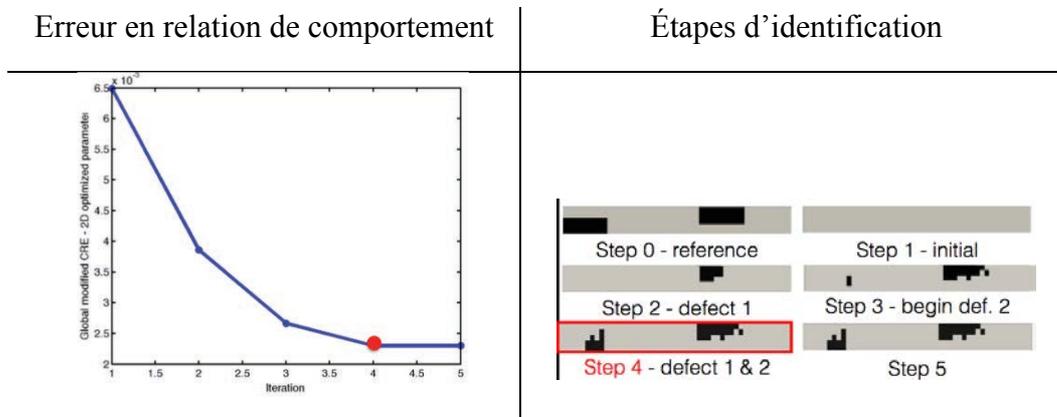


Figure 2 Identification en présence de deux défauts

Nos travaux actuels concernent une tentative de mise en œuvre de la méthode sur des essais réels en exploitant des mesures de déplacement obtenues par (stéréo)-corrélation d'image.

Références

- [1] K. D. Potter. Understanding the origins of defects and variability in composites manufacturing. In: 17th International Conference on Composite Materials, 27-31 July, 2009, Edinburgh International Convention Centre (EICC), Edinburgh, UK.
- [2] G. Le Calvez. Theories et Experiences sur les Composites, Premiers Essais sur les Composites à Matrice Thermoplastique. Cetim Nantes.
- [3] M. Bonnet, A. Constantinescu. Inverse problems in elasticity. *Inverse problems*, 21(2), R1, (2005).
- [4] Z. P. Bazant, L. Cedolin. *Stability of structures: elastic, inelastic, fracture and damage theory*. Dover Publication, 2003.
- [5] P. Feissel, O. Allix. Modified constitutive relation error identification strategy for transient dynamics with corrupted data: The elastic case *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 196(13): 1968–1983, 2007.
- [6] Besnard, G., Leclerc, H., Hild, F., Roux, S., Swiergiel, N. Analysis of image series through global digital image correlation. *The Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 2012, 47(4), 214-228.