

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Ferhat Abbas- Sétif
Institut d'optique et de Mécanique de Précision
Département : d'optique et mécanique de précision
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Optique et Mécanique de Précision
Spécialité : Mécanique fine

Mémoire de Master

Simulation numérique du comportement à l'impact et post-impact d'un sandwich CFRP/ Nomex[®]

Présenté par : GHELLAB Nesrine

Encadré Par : Dr. FIZI Yazid

Devant le jury :

Pr. S. Abdeslam (P)

Dr. M. Rahmani

Dr. Fizi

Soutenu le : 04/03/ 2023

Résumé

Notre travail concentre sur la simulation numérique du comportement à l'impact et post-impact d'un sandwich CFRP/Nomex®. Le matériau composite CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) est associé à une âme en nid d'abeille Nomex® pour former la structure sandwich. Concernant le comportement en flexion, les résultats expérimentaux sont comparés aux simulations numériques effectuées à l'aide d'un modèle par éléments finis. Le modèle de la structure sandwich, les propriétés des matériaux et les lois de comportement sont présentés, permettant de simuler la variation des contraintes lors de l'impact. De plus, un modèle d'éléments finis pour les tests après impact est décrit.

Abstract

Our work focuses on the numerical simulation of the impact and post-impact behavior of a CFRP/Nomex® sandwich. The composite material CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) is combined with a Nomex® honeycomb core to form the sandwich structure. The experimental procedure is described, highlighting the impact tests performed on sandwich samples. Concerning the mechanical behavior in bending test, The experimental results are compared with numerical simulations using a finite element model. The sandwich structure model, the material properties and the laws of behaviour are presented, to simulate the variation of stresses during impact. In addition, a finite element model for post-impact tests is described.

Keywords: sandwich, Nomex, numerical simulation, impact

ملخص

يتركز عملنا على المحاكاة العددية لتأثير شظيرة CFRP/Nomex® وسلوكها بعد التأثير. يتم دمج المادة المركبة CFRP (البوليمر المقوى بألياف الكربون) مع نواة قرص العسل Nomex® لتشكيل هيكل الساندويتش. تم وصف الإجراءات التجريبي، مع تسليط الضوء على اختبارات التأثير التي أجريت على عينات الساندويتش. ثم تتم مقارنة النتائج التجريبية مع المحاكاة العددية باستخدام نموذج عنصر محدود. يتم تقديم نموذج هيكل الساندويتش وخصائص المواد وقوانين السلوك لمحاكاة تباين الإجهاد. بالإضافة إلى ذلك، تم وصف نموذج العناصر المحدودة لاختبارات الصدم. تسمح المحاكاة العددية بتحليل سلوك انحناء الساندويتش بعد الاصطدام.

الكلمات الرئيسية: شظيرة، نومكس، محاكاة رقمية، تأثير.

Introduction générale

Chapitre 1. Généralité sur les structures composites sandwichs

1.1 Introduction.....	1
1.2 Définition d'une structure sandwich.....	1
1.3 Géométrie d'une cellule de nid d'abeilles.....	1
1.4 Applications des panneaux sandwichs.....	2
1.5 Les éléments constituant les matériaux sandwichs.....	4
1.5.1 Les peaux.....	4
1.5.2 L'âme.....	5
1.5.3 L'interface.....	5
1.6 Procédé d'élaboration des nids d'abeilles.....	6
1.6.1 La méthode d'expansion.....	6
1.6.2 La méthode pré-ondulation.....	6
1.7 Rupture et mode de dégradation des structures sandwichs.....	7
1.7.1 Rupture de la peau sous traction ou compression.....	7
1.7.2 Rupture de l'âme en cisaillement.....	7
1.7.3 Flambement généralisé des peaux.....	8
1.7.4 Flambement généralisé de l'âme : crimping.....	8
1.7.5 Flambement localisé.....	9
1.7.6 Modes locaux de rupture.....	10
1.8 Avantage des panneaux sandwichs.....	10
1.9 Conclusion.....	10

Chapitre 2. Comportement mécanique des structures sandwich composite

2.1 Introduction.....	11
2.2 Caractérisation mécanique : Analyse par éléments finis des sandwich.....	11
2.3 Comportement des sandwich en flexion à trois.....	12
2.4 Mécanisme de défaillance du panneau sandwich CFRP/Nomex.....	13
2.5 Flexion trois-points sur panneaux hybrides.....	13
2.6 Résistance résiduelle après impact des panneaux sandwich.....	16
2.7 Effet du nombre de cellules sur les résultats numériques.....	16
2.8 Conclusion.....	18

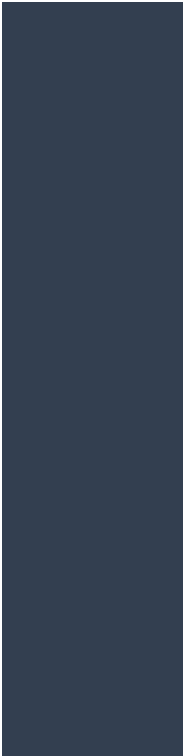
Chapitre 3. Caractérisation expérimentale et étude numérique du comportement de CFRP/Nomex

3.1 Introduction.....	19
3.2 Matériau étudié.....	19
3.3 Procédure expérimentale.....	23
3.5 Simulation du comportement des sandwichs en flexion.....	26
3.5.1 Présentation du modèle de la structure sandwich.....	27
3.5.2 Propriétés des matériaux et loi de comportement.....	28
3.5.3 Détermination de la variation des contraintes.....	29
3.6 Description du modèle éléments finis de test d'impact.....	29
3.7 Simulation du comportement de composite sandwich en flexion après l'impact.....	34
3.7.1 Test d'impact.....	35

3.7.2 Test de flexion après impact.....	37
3.8 Conclusion.....	38

Conclusion générale

Références bibliographiques



Introduction générale

Le monde industriel est amené à une utilisation de plus en plus importante des matériaux composites en raison de leur grande souplesse en construction mécanique, de leur niveau de résistance élevé pour une masse volumique faible et grâce à l'évolution récente des techniques de fabrication. Panneaux sandwich structuraux avec peau en composites sont aujourd'hui largement utilisés dans de nombreux champs en raison des propriétés très favorables de flexion rapports de poids atteignables. Dans l'aéronautique l'industrie, les noyau en nid d'abeilles Nomex sont généralement préférés en sandwich en raison de leur rigidité et de leur fluage supérieurs résistance.

L'objectif de notre travail qui intitulé par la simulation numérique du comportement à l'impact et post-impact d'un sandwich CFRP/Nomex® (ou Nomex® honeycomb) consiste à utiliser des outils de modélisation pour reproduire et analyser le comportement du matériau composite lors d'un impact à basse vitesse et son comportement après l'impact.

Notre étude est composée de trois chapitres :

Le première chapitre présente des généralités sur les structures composites sandwichs, les éléments qui constituants et les méthodes de fabrication, ainsi que les différents modes d'endommagement.

Le second chapitre souligne l'importance de combiner les approches numériques et expérimentales pour comprendre le comportement des snadwich composites sous sollicitation quasistatique et dynamique.

Le troisième chapitre ce rapportera à la présentation des étapes nécessaire pour la simulation de comportement de sandwich. . Nous commençons ce chapitre par une étude expérimental de flexion trois points. Ensuite le modelé CAO réalise a été importé vers le code de calcul élément finis ABAQUS a pour but de simuler le comportement mécanique de notre structure. Les études numérique selon le critère de Hashin a été présente. La dernière partie de notre travail a montré les trois step utilisé pour analyser le comportement des panneaux sandwich après impact.