

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Mécanique des matériaux

Mémoire de Master

**Étude du comportement en fatigue par
impact répétitif d'un matériau composite à
renfort végétal**

Étudié par : BENTOUNSI Z'hor salsabil

Dirigé Par : Dr. MOUHOUBI Sabira

Pr KESKES Boualem

Devant le jury :

(Président) : Dr. Abdeslem saad.

(Examineur) : Dr. Mezouar

Soutenue le : 29 / 06 / 2024

Listes des figures

Fig I. 1 :Types de matrice[3].	4
Fig I. 2 : Classification des fibres selon leurs origines[9].	6
Fig II. 1 : Essai d'impact masse tombante [16].	9
Fig II. 2 : Dispositif a came pour production des chocs cycliques développé par A. Millelman [17] .	10
Fig II. 3 : principe des barres de Hopkinson [18].	10
Fig II. 4 : Band d'essai de fatigue pour la production des chocs répétés développé par le laboratoire LMPA-IOMP .	11
Fig II. 5 : Cycle de sollicitation en fatigue[20] .	14
Fig II. 6 : Principales zones de la courbe de Wöhler.[20].	15
Fig II. 7 : Courbes σ -N de composite jute/polyester à différentes fractions volumiques.	16
Fig II. 8 : schématisation de l'impact.....	16
Fig II. 10 : Schéma des paramètres d'un essai d'impact.	17
Fig II. 11 : Endommagements dus à l'impact [23].	18
Fig II. 12 : Courbes d'endommagement du composite stratifié tissu de verre/époxy [25].	20
Fig III. 1 : préparation du renfort	20
Fig III. 2 : Moulage du composite.....	21
Fig III. 3: Composite élaboré	21
Fig III. 4 : Les éprouvettes destinées à l'essai d'impact cyclique.	22
Fig III. 5 : Système de fixation échantillon avant et après la modification.....	22
Fig III. 6 : dispositif de fixation d'éprouvette.	23
Fig III. 7 : Vue éclatée du dispositif de fixation.....	23
Fig III. 8 : fixation d'éprouvette.....	24
Fig III. 9 : Impacteur à tête hémisphérique.	25
Fig III. 10 : Montage du variateur de fréquence.....	25
Fig III. 11: banc d'essai de fatigue par impact.	26
Fig III. 12 : dispositif de flexion trois et quatre points.....	27
Fig IV. 1 : Courbes charge/flèche représentative de la rigidité initiale du matériau.	29
Fig IV. 2 : diagramme charge-déplacement pour différents nombres d'impacts appliqués sur le composite (flexion 4pts).....	30

Fig IV. 3 : courbe charge-déplacement pour différents nombres d'impacts appliqués sur le composite (flexion 3pts).....	32
Fig IV. 4 : Courbe de rigidité résiduelle.....	33
Fig IV. 5 : Evolution du paramètre d'endommagement en fonction de nombre d'impact du composite	35
Fig IV. 6 : Dommages induits par les impacts.[19].....	36
Fig IV. 7 : Diamètre du cratère par rapport au N° d'impact qui lui correspond.	36
Fig IV. 8 : Evolution du diamètre du cratère avec le nombre d'impacts.	37
Fig IV. 9 : la face impactée	38
Fig IV. 10 : des micrographies qui montrent les différentes étapes de dégradation du matériau composite	39

Liste des tableaux

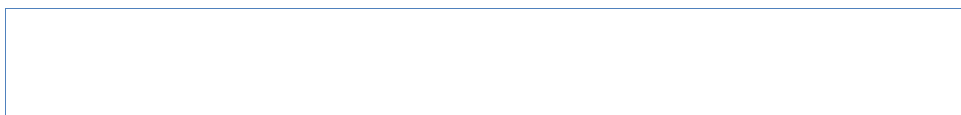
Tab I. 1 : Propriétés typiques des résines thermodurcissables [6].	5
Tab I. 2 : Composition en cellulose de quelques fibres naturelles[11].	7
Tab II. 1 : Tableau récapitulatif des conditions d'impact répété [19].....	12

Sommaire

<i>Remerciements</i>	ii
Résumé	viii
Abstract	viii
Introduction générale.....	1
I.1 Introduction.....	3
I.2 Définition d'un Matériau Composite	3
I.3 Classification des matériaux composites	3
I.3.1 Classification suivant la forme des constituants	3
I.3.2 Classification suivant la nature des constituants.....	3
I.3.3 Classification suivant les propriétés mécaniques.....	4
I.4 Les constituants des composites	4
I.4.1 La matrice	4
I.4.1.1 Résines thermoplastiques.....	4
I.4.1.2 Résines thermodurcissables	4
I.4.2 Les renforts	5
I.5 Les fibres végétales.....	6
I.5.1 Composition d'une fibre végétale	6
I.5.1.1 La cellulose	6
I.5.1.2 Les hémicellulose.....	7
I.5.1.3 La lignine	7
II.1 Introduction	8
II.2 Principe et méthodes des essais de fatigue	8
II.2.1 Principe général des essais.....	8
II.2.2 Méthodes et dispositifs expérimentaux	9
II.2.2.1 Dispositif a masse tombante	9
II.2.2.2 Dispositif à came pour la production de chocs cycliques.....	9

II.2.2.3 Essai par barres d'Hopkinson	10
II.2.2.4 Principe du banc d'essai par impact cyclique utilisé	11
II.3 Comportement en fatigue des matériaux composites	13
II.3.1 Introduction	13
II.3.2 Mode opératoire des essais de fatigue cyclique des matériaux composites	13
II.4 L'impact.....	16
II.4.1 Classification d'impact	16
II.4.2 Les caractéristiques de l'impact.....	17
II.5 Modélisations du comportement en fatigue.....	17
II.6 Mécanismes d'endommagement lors de l'essai d'impact	18
II.6.1 Fissuration matricielle	18
II.6.2 Délaminage	18
II.6.3 Rupture de fibres	18
II.7 Paramètres influençant la réponse à l'impact	19
II.7.1 Influence d'empilement.....	19
II.7.2 Influence de la forme d'impacteur.....	19
II.7.3 Influence des propriétés des fibres et des résines	19
II.8 Modélisation de l'endommagement et la rupture d'un matériau composite soumis aux impacts répétés	20
III.1 Introduction	19
III.2 Matériaux utilisés	19
Le renfort (Tissu de jute).....	19
La matrice (Résine de polyster).....	19
III.2.1 Elaboration du matériau composite	19
III.2.2 Dimensions de l'éprouvette.....	22
III.3 Procédure expérimentale du comportement mécanique des composites par impact répété	22
III.3.1 Mise au point du banc d'essai de fatigue	22

III.3.2. Procédures expérimentales	25
III.5 Conclusion :	28
IV.1 Introduction	29
IV.2 Résultats des essais d'impact cycliques et interprétations	29
IV.2.1 Résultats des essais de flexion trois points sur une éprouvette de composite pour N=Ni.....	31
IV.3 Effet du nombre d'impacts sur la rigidité de flexion des plaques composites	32
IV.4 Evolution de l'endommagement avec le nombre d'impacts :	34
IV.5 Analyse micrographique et couplage dommage-endommagement	35
IV.5.1 Etude des dommages à la surface des plaques	36



Résumé

Ce mémoire se focalise sur l'étude du comportement en fatigue par impact répétitif d'un composite à renfort végétal. L'étude cherche à analyser comment les fibres végétales spécifiques influencent la résistance du matériau lorsqu'il est soumis à des charges cycliques. À travers des essais expérimentaux détaillés, le mémoire évalue la durabilité du composite et identifie les mécanismes de dégradation prédominants. Les résultats obtenus mettent en évidence l'influence significative des caractéristiques des fibres végétales sur la performance du matériau en fatigue par impact, offrant ainsi des informations précieuses pour l'optimisation des composites à base de renforts végétaux dans diverses applications industrielles et technologiques.

Abstract

This Master's thesis focuses on studying the fatigue behavior under repeated impact of a plant fiber-reinforced composite. The study aims to analyze how specific plant fibers influence the material's resistance when subjected to cyclic loading. Through detailed experimental tests, the thesis evaluates the composite's durability and identifies predominant degradation mechanisms. The findings highlight the significant influence of plant fiber characteristics on the material's fatigue performance under impact, providing valuable insights for optimizing plant fiber-reinforced composites in various industrial and technological applications.

ملخص

تركز هذه الدراسة على دراسة سلوك التعب الناتج عن التأثير المتكرر لمركب يحتوي على تعزيزات نباتية. تهدف الدراسة إلى تحليل كيفية تأثير أنواع الألياف النباتية المحددة على مقاومة المواد عند تعرضها لأحمال دورية. من خلال تجارب تجريبية مفصلة، تقيم هذه الرسالة متانة المركب وتحدد آليات التدهور الرئيسية. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها التأثير الكبير لخصائص الألياف النباتية على أداء المادة في التعب الناتج عن التأثير، مما يوفر معلومات قيمة لتحسين المركبات التي تعتمد على تعزيزات نباتية في مختلف التطبيقات الصناعية والتكنولوجية.

Introduction générale

Les matériaux composites connaissent une popularité croissante dans divers secteurs industriels tels que l'aéronautique, l'automobile, le nucléaire et le génie biomédical. Cette tendance est principalement motivée par la capacité de ces matériaux à réduire le poids des structures tout en améliorant leurs propriétés mécaniques par rapport aux matériaux métalliques traditionnels. Cependant, un défi majeur réside dans la durabilité des composites. En raison de leur grande hétérogénéité et de leur complexité structurale, ces matériaux nécessitent une attention particulière en termes de durée de vie et de prévision de rupture.

Parallèlement, l'évolution vers l'utilisation de fibres naturelles dans divers secteurs témoigne d'un intérêt croissant pour des matériaux plus durables et écologiques. Ce changement est en grande partie motivé par la prise de conscience accrue des impacts environnementaux associés à l'utilisation de matériaux synthétiques et à base de pétrole. Les fibres naturelles, telles que le jute, le lin, le chanvre et le sisal, présentent des avantages environnementaux significatifs, notamment une moindre empreinte carbone, une biodégradabilité accrue et un cycle de vie plus respectueux de l'environnement.

Les biomatériaux issus de fibres naturelles offrent non seulement des avantages en termes de durabilité, mais ils sont également souvent disponibles à moindre coût et proviennent de ressources renouvelables. Par exemple, les tissus de jute, utilisés dans notre étude, sont largement disponibles et constituent une option économique et écologique. Ces fibres naturelles sont de plus en plus intégrées dans la fabrication de composites, où elles peuvent être combinées avec des matrices polymères pour créer des matériaux aux propriétés mécaniques intéressantes.

Cependant, l'intégration des fibres naturelles dans le composite pose des défis spécifiques. La variabilité intrinsèque des propriétés des fibres naturelles, leur sensibilité à l'humidité et leur adhésion avec les matrices polymères sont autant de facteurs qui nécessitent une compréhension approfondie et un contrôle rigoureux. En outre, l'analyse du comportement mécanique des composites renforcés de fibres naturelles sous différentes conditions de chargement et d'environnement est essentielle pour garantir leur fiabilité et leur performance dans des applications industrielles.

C'est dans ce contexte que notre étude se concentre sur l'exploration des caractéristiques mécaniques des bio-composites, en particulier ceux constitués d'une matrice de polyester insaturé associée à des tissus de jute. Nous visons à comprendre comment ces matériaux se

comportent sous des charges répétées et à évaluer leur résistance à la fatigue, un aspect crucial pour leur utilisation dans des applications où la durabilité est primordiale.

En investiguant les propriétés mécaniques des composites jute/polyester, notre objectif est de fournir des données précieuses qui pourraient encourager une adoption plus large de ces matériaux écologiques dans l'industrie. Cette recherche pourrait ainsi contribuer à un développement plus durable, en offrant des alternatives viables aux matériaux composites traditionnels à base de fibres synthétiques.

Notre étude se concentre sur la caractérisation des propriétés mécaniques des composites jute/polyester, notamment en ce qui concerne leur comportement et leur résistance à la fatigue due à des impacts répétés. Les échantillons sont fabriqués en utilisant la technique de moulage au contact.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente une étude bibliographique générale sur les matériaux composites. Le deuxième chapitre propose une synthèse bibliographique des travaux théoriques et expérimentaux sur le comportement des composites en fatigue sous l'impact cyclique. Cependant, le troisième chapitre est dédié à l'élaboration du matériau utilisé dans notre étude et à la procédure expérimentale de l'impact, incluant la mise au point et l'amélioration du banc d'essai de fatigue, la description de l'essai d'impact cyclique, les paramètres d'essai d'impacts cycliques, et l'essai de flexion statique. Au quatrième chapitre nous regrouperons les principaux résultats expérimentaux obtenus des essais d'impact cyclique, notamment les courbes de dégradation de la rigidité et de variation de l'endommagement en fonction du nombre d'impacts. Les modes de rupture pour différents nombres d'impacts des échantillons impactés y sont également présentés.

Enfin, une conclusion générale permet de proposer une synthèse des principaux résultats obtenus et d'envisager les perspectives découlant de cette étude.