

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 des matériaux

Mémoire de Master

Contribution à l'amélioration des propriétés de bois des structures (startup)

Présenté par : LYZIDI Abdenour

Encadré Par : Dr. FIZI Yazid

Devant le jury :

Z. Hamidouche (P)
A. Redjachta
A. Bouguechel
L. Younes
Y. Fizi

Soutenu le : 11/09/ 2023

Utilisé depuis toujours en construction, le bois est le seul matériau de construction naturel totalement renouvelable. Il est largement utilisé dans les domaines de l'ameublement. Il existe différents types de bois présentant des propriétés communes et spécifiques. Le but de ce travail est d'étudier l'amélioration des propriétés de bois des structures. Tout d'abord, l'étude bibliographique nous a bien renseigné sur le bois et ses propriétés, ses caractéristiques, sa méthode d'obtention, et notamment la résistance de ce type de matériau. En plus de l'étude de la matière plastique et de ses classifications. Et pour l'amélioration des propriétés physiques, mécaniques, chimiques des structures on a étudié le WPC (Wood Plastic Composite) ou bois composite.

. **Mots -clés :** Bois, matériau, propriété, physique, mécanique, chimique, WPC.

Ever used in construction, wood is the only completely renewable natural building material. it is widely used in furniture fields There are different types of wood with common and specific properties. The aim of this study is to Contribution to improving the wood properties of structures First of all, the bibliographical study informed us well about wood and its wood properties, its characteristics, its method of obtaining, and in particular the resistance of this type of material In addition to studying plastic materials and their classifications. And for the improvement of the physical, mechanical, chemical properties of the structures we have study WPC (Wood Plastic Composite) or wood composite.

Keywords: Wood, material, property, physical, mechanical, chemical ,WPC.

منذ القديم و مادة الخشب تستخدم في البناء، وهو مادة البناء الوحيدة المتجددة بالكامل يستخدم على نطاق واسع في مجالات الأثاث، هناك أنواع مختلفة من الخشب لها خصائص مشتركة و محددة يهدف هذا العمل إلى دراسة المساهمة في تحسين خصائص الخشب للهياكل و المنشآت أولاً، أعطتنا الدراسة البيولوجرافية معلومات جيدة عن الخشب و خصائصه ومقاومة هذا النوع من المواد بالإضافة الى دراسة مادة البلاستيك وتصنيفاته و لتحسين هذه الخصائص الفيزيائية و الكيميائية و الميكانيكية للهياكل ،قمنا بدراسة مركب الخشب البلاستيكي أو الخشب المركب

الكلمات المفتاحية : الخشب،المواد،الخصائص الفيزيائية ،ميكانيكية و كيميائية،مركب الخشب البلاستيكي

Introduction générale

Chapitre 1. Revue bibliographique

1.1 Introduction	1
1.2 Le bois	1
1.2.1 Anatomie du bois à l'échelle macroscopique.....	1
1.2.2 Anatomie du tronc	2
1.3 Les différentes essences de bois	2
1.4 Propriétés du bois	3
1.4.1 Propriétés physiques	3
1.4.2 Propriétés chimiques.....	5
1.4.3 Propriétés mécaniques	6
1.5 Les défauts du bois	7
1.6 Présentation du PVC.....	9
1.6.1 Rappels sur les plastiques : production et marchés	9
1.6.2. Synthèse du PVC	10
1.6.3. Formulation du PVC rigide.....	11
1.6.4. Propriétés physico-chimiques du PVC rigide	13

Chapitre 2. Bois composite en plastique WPC

2.1 Introduction	16
2.2 Définition De WPC	16
2.3 Domaines d'applications des matériaux composites	16
2.4 Les matières premières	17
2.4.1 Les fibres naturelles	17
2.4.1.1 Structures.....	19
2.4.1.2 Classification.....	19
2.4.2 Les polymères synthétiques	20
2.4.2.1 Les résines thermodurcissables.....	20
2.4.2.2 Les thermoplastiques	21
2.5 Particularités des composites bois-polymère	22
2.5.1 Rôle de la matrice dans le composite	22
2.5.2 Reprise d'eau.....	23
2.6 Procédés de fabrication des composites	23
2.6.1 Les techniques plasturgistes.....	23
2.6.2 Les techniques de l'industrie bois.....	24
2.7 Structure-propriétés-procédé (en rotomoulage).....	25
2.7.1 Paramètres principaux influant sur le procédé de rotomoulage	27
2.7.2 Transfert thermique dans le rotomoulage.....	27
2.7.2.1 Les différentes étapes d'un cycle de rotomoulage.....	27

Chapitre 3. Etude expérimentale et analyse par MEF du comportement mécanique de WPC

3.1 Introduction	29
3.2 Les Matières premières.....	29
3.2.1 Le bois en poudre.....	29
3.2.2 PVC Polyvinyl Chloride	29
3.3 Méthodes de préparation	30
3.4 Méthodes de caractérisation et d'analyse:.....	32
3.4.1 Observation microscopique:.....	32
3.4.2 Test de traction sur le WPC.....	33
3.5 Modélisation à base des images réelles	35
3.5.1 Détermination des paramètres élastique:	36
3.5.2 Comparaison des modélisations numériques sous OOF2 et sous l'ABAQUS®	37
3.6 Test de compression sur le WPC : Compression uniaxiale brésilien	38
3.7 Analyse par element finis le test Bresilien	40

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexe

α : coefficient de dilatation thermique ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
ABS : acrylobutadiène styrène
ACR : acrylique
ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
 CH_4 : méthane
 CO_2 : dioxyde de carbone
CPE : polyéthylène chloré
D, d : diamètre
DOP : phtalate de dioctyle
DSC : *Differential Scanning Calorimetry* (Calorimétrie à balayage différentiel)
DTA : *Differential Thermal Analysis* (Analyse thermique différentielle)
E : module élastique (GPa)
EVA : copolymère éthylène-acétate de vinyle
FAO : *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)
 η : viscosité (Pa.s)
HALS : *Hindered Amine Light Stabilizer* (amine secondaire stabilisant UV)
IR : infrarouge
I
 p : indice de polydispersité
k : consistance
MAPP : polypropylène maléinisé
MBS : méthacrylate-butadiène-styrène
 M_n : masse molaire en nombre
 M_w : masse molaire en poids
n : indice d'écoulement ou indice de pseudoplasticité
n.a. : ne s'applique pas
n.c. : non connu
n.d. : non disponible
 N_2O : dioxyde d'azote
 NO_x : oxyde d'azote
PC : poly(carbonate)

Liste des figures

- Figure 1.1 : Structure du bois des deux groupes.
Figure 1.2 : Section d'un douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et ses différentes parties
Figure 1.3: La rétractabilité de bois
Figure 1.4 : Compression parallèle et perpendiculaire au fil.
Figure 1.5 : Traction parallèle et perpendiculaire au fil.
Figure 1.6 : Principe de test de cisaillement
Figure 1.7: Présentations des nœuds du bois
Figure 1.8 : Coupe transversale de la bille
Figure 1.9: Exemple de formulation du PVC rigide
Figure 1.10 : Propriétés mécaniques spécifiques (rapportées à la densité).
- Figure 2.1 : Schéma illustratif d'un matériau composite
Figure 2.2 : Domaine d'application de matériau composite
Figure 2.3 : Structure du bois (Observations multi-échelles: d'après Harrington, 1998)
Figure 2.4 : Etapes du procédé de rotomoulage
Figure 2.5 : Mécanisme de formation de la première couche du polymère sur la surface du moule
Figure 2.6: Profile de la température de l'air à l'intérieur du moule pour un cycle de rotomoulage
- Figure 3.1 : Broyage de la poudre de bois
Figure 3.2 : Déchets de pvc préparer utilisé
Figure 3.3 : Etape de réparation de pvc grains
Figure 3.4 : Séchage de la poudre de bois
Figure 3.5 : Mélange et broyage de poudre de PVC
Figure 3.6 : Moule de mélange
Figure 3.7 : Schéma des étapes de l'élaboration suivi dans cette étude
Figure 3.8 : Microscope optique oxion
Figure 3.9 : Observation microscopique de WPC
Figure 3.10 : Principe de préparation de échantillon
Figure 3.11 : Description le test de traction : a) Dispositif de montage b) géométrie de l'éprouvette c) Dimension de l'éprouvette
Figure 3.12 : Courbe contrainte-déformation typique résultant avec la configuration de la fracture de l'échantillon après essai de traction
Figure 3.13 : Interface de code de calcul OOF2
Figure 3.14 : Exemple de modélisation a base des images réelles
Figure 3.15 : Conversion des unités de mesure avec logiciel ImageJ
Figure 3.16 : Création d'un modèle élément finis à base d'une image microscopique
Figure 3.17 : Modèle élément finis obtenu par OOF2 avec la configuration de la micrographie de WPC
Figure 3.18 : Simulation d'un essai de traction uni-axiale (OOF2) sur WPC
Figure 3.19 : Transfert du model dans OOF2 vers ABAQUS®/CAE
Figure 3.20 : Distributions des contraintes pour le test de traction uni-axiale : a) contrainte Von-mises, b) contrainte de rupture
Figure 3.21: Exemple des éprouvettes de WPC élaboré
Figure 3.22 : Description de test Bresilien
Figure 3.23 : Courbe de chargement résultant du test de compression
Figure 3.24 : Fracture de l'échantillon après essai Brésilien
Figure 3.25 : Modèle géométrique utilisé pour nos simulations
Figure 3.26 : Contours de la contrainte de rupture

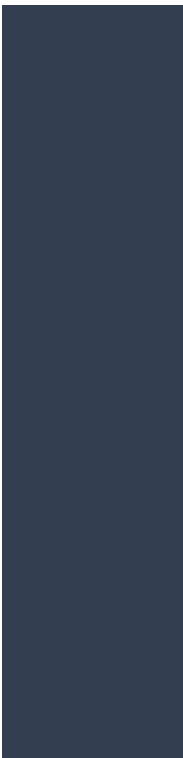
Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Classes de densité et de dureté

Tableau 1.2 : Principales propriétés physiques du pvc rigide et du pvc souple

Tableau 2.1 : Caractéristiques des résines thermodurcissables

Tableau 2.2 : Caractéristiques des thermoplastiques



Introduction générale

En Algérie, les forêts sont constituées de deux groupes, le premier groupe : les forêts d'intérêt économique (les chênes, les cèdres, le pin maritime, les eucalyptus, l'essence prédominante est le pin d'Alep) et le second groupe sont les forêts de protection des sols (Chêne vert, Thuya...). L'utilisation du bois en Algérie dans la construction est très minime pour ne pas dire inexistante (échafaudage, coffrages). Il est constaté seulement des utilisations secondaires comme la fabrication des ameublements, menuiseries, décoration...etc., malgré que les essences de bois locales puissent être utilisées dans la majorité des produits de bois. Notre travail de fin d'étude rentre dans le cadre d'un **projet Startup** visant à l'étude de contribution à l'amélioration des propriétés de bois des structures.

Le travail effectué est présenté dans cette mémoire qui est constituée de trois chapitres :

Un **premier chapitre**, bibliographique, porte sur le bois en général , les types de bois avec ces propriétés physiques ,chimiques ,mécaniques, les défauts de bois ainsi que les généralités sur les plastiques avec une présentation sur les polymère et les classifications des plastiques . Ceci pour une meilleure compréhension de l'étude effectuée.

Le **second chapitre** nous allons voir en détails l'utilisation du bois dans la construction. Le Wpc (Wood Plastic Composite) ou bois composite, les matières premiers ainsi que les caractéristiques typiques et les particularités des composites bois-polymère.

Le **troisième chapitre**, essentiellement expérimentale et analyse numérique du comportement de WPC. Dans ce chapitre, l'ensemble des techniques expérimentales utilisées au cours de l'élaboration, les caractérisations structurales et mécaniques sont présentés. La première partie consiste de caractériser des dépôts élaborés. Dans ce cas, nous avons utilisé deux techniques principales, le test de traction et essai Brésilien. Ces techniques sont combinés avec une simulation numérique par éléments finis. Deux modèles d'éléments finis ont été développés pour modéliser le comportement de WCP en traction et en compresion. Pour le test de traction, une analyse numérique permettant la détermination de propriété élastique de WPC. Une simulation de test de traction uni-axiale a été analysé, la comparaison entre les codes des calculs ABAQUS® et OOF2 est présenté. La deuxième partie, Nous avons simulé le test Brésilien avec un calcul élément finis couplée par la méthode X-FEM.

On termine en fin par une conclusion générale.