

Etude expérimentale de l'endommagement en mode II du matériau bois exemple du thuya du Maghreb à l'aide d'un nouveau prototype d'éprouvette.

A. SAOUD¹, A. ELAMRI¹, KH.KIMAKH¹, M. ZIANI², M.MATAR³, M. CHERGUI¹

1. Laboratoire de Contrôle et Caractérisation Mécanique des Matériaux et des structures, Université Hassan II CASABLANCA ENSEM

2. National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine (INSAP)/Rabat Maroc

3. Centre Technique d'Industrie du Bois et d'Ameublement (CTIBA)/ Casablanca Maroc.

Résumé

Le bois est un matériau utilisé depuis la nuit des temps dans les grandes constructions, mais la méconnaissance de certains de ses aspects technologiques mène les constructeurs au surdimensionnement lors de l'utilisation. Son comportement face au cisaillement est l'un des phénomènes jusqu'à lors non maîtrisés. Ce papier constitue une nouvelle approche pour l'étude du comportement du bois soumis au mode II de propagation, pour se faire nous avons conçu un nouveau prototype d'éprouvette du bois de Thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) que nous avons testé dans notre laboratoire et qui a prouvé qu'il peut être utilisé efficacement pour l'étude du phénomène.

Mots clefs : *cisaillement, mode II de propagation, Thuya (Tetraclinis articulata (Vahl) Masters .*

1. Introduction

L'une des charges prédominantes que peut subir structure en bois et le cisaillement mais jusqu'à maintenant on n'a pas de test standard conçu pour étudier ce mode II de propagation. Ce sujet reste encore source d'inspiration pour plusieurs chercheurs qui nous ont fourni trois prototypes expérimentaux qui se basent sur un essai de flexion : End Notched flexure (ENF), End Loaded Split (ELS) et Four Point End Notched Flexure (4ENF) [1–2]. Ces prototypes d'essais présentent des avantages mais beaucoup d'inconvénients comme la difficulté de réalisation (reproductibilité et la répétabilité) l'instabilité de la propagation de la fissure et la longueur de l'endommagement en mode II est très difficile à mesurer visuellement parce que l'ouverture de fissure produite est petite.

Ceci nous a mené à concevoir un nouveau prototype d'essai simple à réaliser et qui présente le moins d'inconvénients possible.

2. Matériels et méthodes

Le but de notre conception est de pouvoir créer un endommagement en mode II dominant. Alors que toutes les méthodes créées jusqu'à maintenant donnent un mode mixte de fissuration (mode I et mode II).

2.1 Matériau étudié :

Nous avons utilisé Le thuya du Maghreb, "Tetracanalisis Articulata" qui a la faculté de développer de la loupe : excroissance se trouvant au niveau du collet de l'arbre et

se développant dans des conditions mal connues. Au Maroc, le thuya occupe une superficie totale d'environ 680 000 ha (soit l'équivalent de 11,7% de la surface totale couverte par la forêt marocaine) et joue un rôle socio-économique important dans le cadre de la satisfaction des besoins locaux des populations riveraines en matière de parcours, bois de chauffage et bois de service divers [3,4]. Les essais de caractérisation physique et mécanique ont été réalisés au Centre Technique des Industries du Bois et de l'Ameublement (CTIBA).

Mesures physiques : La teneur en eau, les densités et les retraits sont déterminés sur les éprouvettes cubiques (20mm×20mm×20mm) respectivement selon les normes NF B 51- 004, NF B 51-005 et NF B 51-006.

Mesures mécaniques : Le module d'élasticité statique longitudinal E_l et la contrainte de rupture en flexion statique σ_R sont déterminés à partir d'un essai de flexion 4 points en utilisant des éprouvettes prismatiques de 20mmx20mmx360mm taillées suivant les trois directions privilégiées du bois en respectant NF B51-008. Nous avons réalisé des essais de compression pour calculer la contrainte à la rupture σ_a en se soumettant à la norme NF B 51-007 et enfin des essais de cisaillement sur des éprouvettes dont les spécificités dimensionnelles sont détaillées dans la norme NF B 51-012 dans tableau.1.

Tableau.1: Propriétés mécaniques et physiques du bois de Thuya

	Moyenne THUYA	Ecart type
d_H g/cm ³	0,68	0,03
d_o g/cm ³	0,63	0,02
d_b g/cm ³	0,6	0,02
$R_v(\%)$	4,98	0,46
$R_T(\%)$	2,9	0,45
$R_R(\%)$	1,83	0,06
A	0,64	0,11
E_l (MPa)	7437	148,1
σ_a (MPa)	35	0,38
σ_{js} (MPa)	82,22	25,93
R_{Lc} (MPa)	30	2,41

2-2 Epreuve utilisée :

Pour pouvoir étudier le comportement de ce matériau, soumis au mode II, nous avons réussi après de longues discussions et d'essais préliminaires à concevoir et à réaliser une nouvelle éprouvette dont la géométrie est représentée sur la Figure 1: (234 mm de longueur, 20 mm de largeur et 10 mm d'épaisseur) avec une précision sur les côtes de ± 0.01 mm.

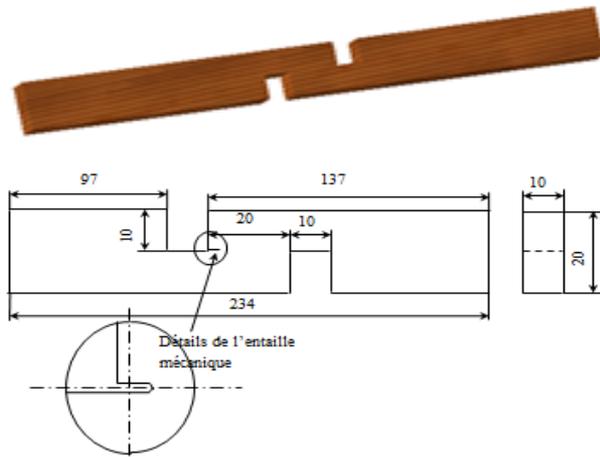


Figure 1 : Les dimensions de l'éprouvette utilisées

Les éprouvettes utilisées ont été confectionnées à partir des billons d'arbres provenant du plateau du moyen Atlas (région de Khemissat). Ces arbres ne présentent ni défauts ni pourritures. En respectant les diverses dimensions en fonction des spécificités de l'essai, les éprouvettes, ont été réalisées à partir des billons de 25 mm d'épaisseur au sein CTIBA.

Ces éprouvettes ont été placées dans une machine universelle de type «MTS 810 » qui permet de réaliser des essais de traction sur différentes formes de spécimen.

Les spécimens sont amarrés sur un dispositif conçu et réalisé au LCCMMS ENSEM représenté dans la figure 2.



Figure 2 : l'éprouvette placée dans le dispositif d'amarrage

Cette machine nous a permis d'imposer un doublet de force P équilibrée croissant parallèlement au fils du bois sur une série de 25 éprouvettes avec une vitesse constante de 0,5 mm/min. Ce qui a créé une surface de rupture par cisaillement.

Nous avons alors eu une surface soumise au mode II sous forme d'un rectangle de 20mm \times 10 mm présentée dans la figure 2 : (la cotation est en mm).

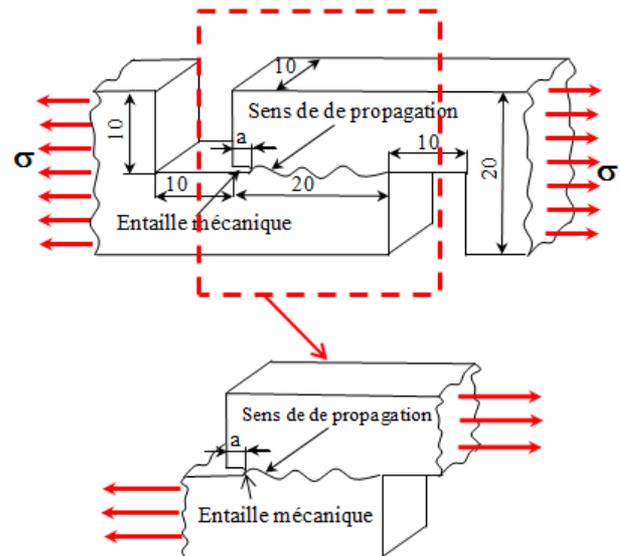


Figure 3 : Détails de l'éprouvette dans la zone de sollicitation en mode II de propagation.

Un des problèmes que nous avons rencontré lors de la fabrication des éprouvettes était la réalisation des entailles mécaniques. En effet, sachant que a : la longueur d'entaille

Elle doit alors vérifier le rapport $0,2 < a/w < 0,6$, ce qui donne à a les valeurs suivantes $a = 4, 6, 8, 10, 12$ mm.

Pour remédier à ce problème nous avons conçu le montage figure 4 :

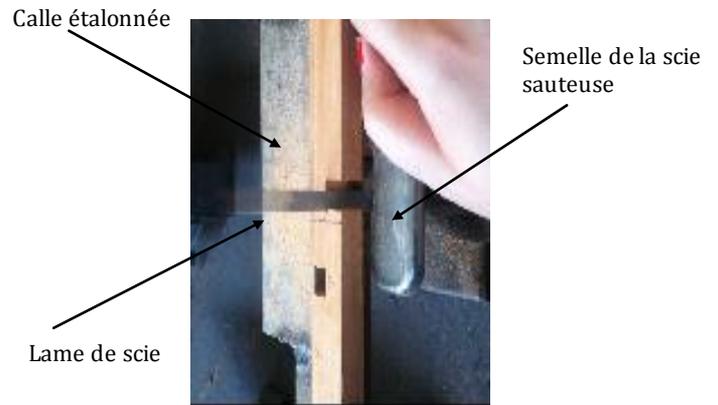


Figure 4 : L'éprouvette de l'essai au cours de la réalisation de l'entaille ;

Pour réaliser ce montage, nous avons placé une scie sauteuse munie d'une lame de 1mm d'épaisseur entre les mâchoires mobiles d'un étau et nous avons fixé grâce à une presse à vis une calle étalonnée avec la semelle de la scie à une distance de 10 mm pour assurer la réalisation d'une entaille parfaitement rectiligne.

3. Résultats et discussions

Cette partie est consacrée à la présentation des résultats expérimentaux.

3-1 Courbes force-déplacement :

La figure 5 représente l'enregistrement des courbes force/déplacement :

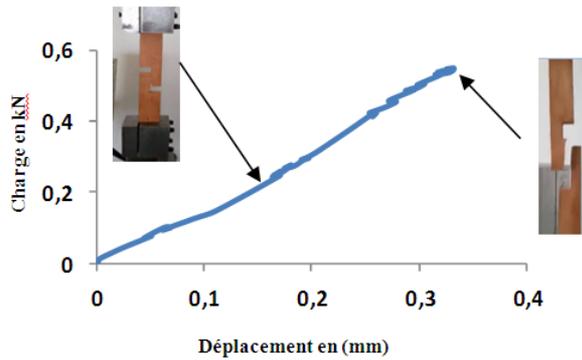


Figure 5 : Courbes charge-déplacement pour $a=10$ mm

Si on note que la déformation par flexion a été éliminée grâce au système d'amarrage utilisé, le comportement de notre éprouvette lors de l'essai peut être qualifié comme élastique sous l'action de la charge appliquée. La Figure 5 montre, une courbe typique charge/déplacement, obtenue pour nos éprouvettes en bois. On remarque que la fissure se propage de façon linéaire et instable jusqu'à atteindre la charge maximale. Cette instabilité peut provenir, soit de la rupture des fibres de bois, soit de la rencontre des défauts internes du matériau bois.

On remarque aussi que la courbe connaît des déviations qu'on explique par le fait que les fibres s'arrachent et glissent entre elles.

Nous avons effectué le même essai 25 fois sur des éprouvettes de différentes longueurs d'entailles, vu la dispersion majeure dans le matériau bois, nous avons consacré 5 éprouvettes par lot sachant qu'un lot correspond à une longueur d'entaille différente (allant de 4mm à 12mm).

La figure 6 présente les courbes charge-déplacement pour les différentes longueurs d'entailles des éprouvettes testées.

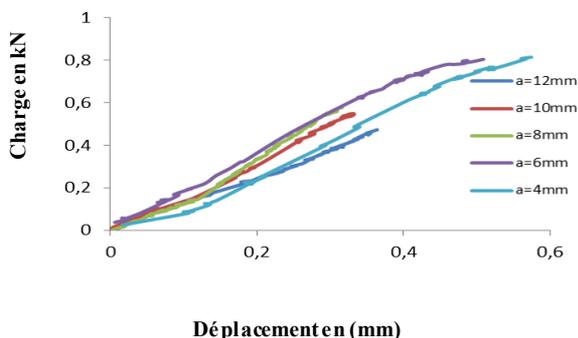


Figure 6 : Les courbes charge-déplacement pour les différentes longueurs des entailles

Avec une vitesse d'essai constante, la charge moyenne à la rupture décroît au fur et à mesure que la longueur d'entaille augmente comme le montre le tableau 2.

Le tableau. 2 : Evolution de la charge maximale pour chaque essai

Longueur de l'entaille a(mm)	La charge critique (kN)	La moyenne (kN)	L'écart type (kN)
a=4 mm	1	0,95044	0,13984664
	0,8143		
	1,14		
	0,9884		
	0,8095		
a=6 mm	0,882	0,889574	0,07359276
	1		
	0,9095		
	0,85537		
	0,801		
a=8 mm	0,5767	0,5932448	0,01568468
	0,5978		
	0,6096		
	0,605424		
	0,5767		
a=10 mm	0,5489	0,5531	0,01365925
	0,5463		
	0,542		
	0,5516		
	0,5767		
a=12 mm	0,5104	0,51166	0,07585267
	0,409		
	0,479		
	0,5477		
	0,6122		

On remarque que les charge maximales varient d'un essai à un autre avec la même longueur d'entaille et sous les mêmes conditions, chose normale vue la forte dispersion du matériau bois mais l'allure des courbes reste cohérente.

6- Conclusion

Nous avons remarqué que la zone de rupture présentait une bande de cisaillement très apparente et la fissure bifurquait seulement dans un plan qui est le plan longitudinal. Ceci nous conduit à dire qu'on peut utiliser notre éprouvette comme prototype d'essai pour étudier la propagation de la fissure en mode II du matériau bois. Il a été prouvé que le choix de l'éprouvette s'est avéré efficace grâce à sa facilité d'utilisation, sa répétabilité et sa reproductibilité dans les mêmes conditions.

Références

- [1] Barrett JD, Foschi RO. Mode II stress-intensity factors for cracked wood beams. *EngFractMech* 1997;9:371-8.
- [2] Davies P, Moore DR, *Comp. Sci. & Tech.*, 38, 1990, p211.
- [3] A. Chakir, "Contribution à l'étude de la consommation de bois d'œuvre de thuya par la marqueterie dans la ville d'Essaouira", Thèse de 3ème cycle, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, Maroc, 1999.
- [4] O. Mhirit, F. Benchekroun, "Les écosystèmes forestiers et periforestiers : situation, enjeux et perspectives pour 2025", p. 411.