

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Génie civil

Option : Structure

Présenté par:

- DJOUAIBIA FATMA
- AMROUN ABDE SSALEM

---

---

**Thème : DETERMINATION EXPERIMENTALE DE  
LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT DE  
JOINTS COLLES DU BOIS DE PIN D'ALEP**

---

---

Sous la direction de : Pr. NAFA Zahreddine

---

Juin 2017

---

## REMERCIEMENT

*Un travail de recherche, bien entendu, est un travail de longue haleine, un défi que l'on se donne à soi-même. Mais c'est surtout une formidable histoire de relations et de rencontres. La pratique de la recherche*

*Scientifique nous place souvent face à des questionnements intellectuels, et des obstacles techniques. Les solutions, rarement simples et linéaires, n'ont jamais été faciles à trouver, elles se sont imposées par le fruit des nombreux contacts et de longues heures de recherche et de raisonnement.*

*Je tiens à remercier avant tout, mon dieu tout puissant, de m'avoir donné le courage, la force et la volonté qui m'ont permis de supporter toutes les difficultés, et enfin d'arriver à accomplir ce modeste travail.*

*Je ne puisse conclure ce mémoire sans montrer ma sincère gratitude et mon grand remerciement à mon encadreur :*

*« NAFA ZAHRE DINNE » pour leur dévouement exemplaire, ses conseils constructifs et son soutien sur le plan scientifique,*

*J'exprime également mes sincères remerciements aux membres du jury.*

*Je remercie aussi tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail de recherche.*

 *Je Dédie ce mémoire à ...* 

*A ma très chère mère ZAIMIA MOUNIRA*

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

## *A mon très chère Père MAHJOUB*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour,  
l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours  
eu pour vous.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et  
nuit pour mon éducation et mon bien être.*

*Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as  
consentis pour mon éducation et ma formation.*

## *A mon très cher frère Aymen*

*Mon cher frère qui m'est le père et la mère, les mots ne  
suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour  
et l'affection que je porte pour vous.*

*Mon ange gardien et mon fidèle accompagnant dans  
les moments les plus délicats de cette vie  
mystérieuse. Je vous dédie ce travail avec tous mes  
vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

## *A Tous mes frères et mes sœurs*

*Aya et Rouaya, Abd el Rahman et Ayoub*

**A tous les membres de ma famille, petits et  
grands A toute la famille AMROUN**

*Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression  
de mon Affection mes sentiments de fraternité et  
d'amour.*

**A toutes mes amis**

*à tous ceux et toutes celles qui m'ont accompagné et  
soutenu durant cette année de formation*

# Dédicace

*En ce jour solennel, qui vient couronner mes efforts, je profite de l'occasion pour exprimer tous mes gratitudes en vers ma famille.*

*Pour les deux êtres, qui m'ont vu grandir, qui m'ont transmis tout le savoir et qui étaient pour moi un cœur veillant pendant toute ma vie, les deux que je ne pourrais jamais assez remercier,*

*A mon père, mon premier encadrant depuis ma naissance.*

*A ma très chère mère : qu'elle trouve l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être ne sera à la hauteur de ces sacrifices et ces prières pour moi.*

*A mes sœurs et frère : ,nadia , souhaila et ali ,miloud , djamel ;houssin et surtout à ma nièce chaima qui ont partagé mes joies et mes peines, qui tant aidé et soutenu à qui je souhaite beaucoup de réussite et de bonheur.*

*A Toutes mes amis à tous ceux et toutes celles qui m'ont accompagné et soutenu durant cette année de formation*

**DJOUAIBIA FATMA**

<b>Sommaire</b>	<b>pages</b>
<b>Résumé</b>	
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I : Etude Bibliographique.....</b>	<b>3</b>
I.1 INTRODUCTION.....	4
I.2 BOIS .....	5
I.2.1 Anatomie du bois à l'échelle macroscopique .....	5
I.2.2 Avantage du bois dans la construction.....	6
a. Aspect écologique.....	6
b. Aspect technique.....	6
c. Aspect économique .....	6
I.2.3 Caractéristiques principale du bois.....	6
a. Matériau solide et léger .....	6
b. Matériau résistant aux chocs et aux déformations.....	6
c. Matériau isolant.....	7
d. Matériau chimiquement résistant .....	7
I.2.4 Déformation de bois .....	7
I.2.5 Les différents types de bois et leurs utilisations .....	7
I.2.6 Panneaux dérivés du bois.....	9
I.2.6.1 Contre-plaqué.....	9
a. Définition .....	9
b. Type de contre-plaqués .....	10

c. Caractéristiques physiques et mécaniques.....	10
d. Applications.....	10
I.2.6.2 Panneaux à lamelles orientées (OSB, Oriented Strand Board)	11
a. Définition.....	11
b. Type de lamelles orientées.....	11
c. Applications.....	11
I.2.6.3 Les panneaux de particules.....	12
I.2.6.4 Les panneaux de fibres (MDF).....	13
I.3 LE LAMELLE COLLE.....	15
I.3.1 Historique.....	15
I.3.2 Définition.....	15
I.3.3 Fabrication.....	16
I.3.4 Avantages du lamellé-collé:.....	17
I.3.5 Comportement mécanique du bois.....	18
I.3.5.1 Généralités sur la mécanique du bois.....	18
I.3.5.2 Traction et compression.....	19
I.3.5.3 Flexion simple.....	21
I.3.5.4 Cisaillement et effort tranchant.....	21
I.3.5.5 Conception et caractérisation normalisées des poutres en bois lamellé-collé.....	21
I.3.5.6 Tests de validation de l'assemblage par collage.....	22
<b>CHAPITRE II : Expérimentation.....</b>	<b>23</b>
II.1. INTRODUCTION .....	24

II.2. PRESENTATION D'ESSAI EFFECTUE .....	24
II.2.1 Éprouvettes d'essai .....	24
a. La réception du bois brut.....	25
b. Découpe et séchage du bois.....	25
c. Confection des pièces de bois .....	26
d. Encollage.....	27
II.2.2. Caractérisation physique.....	28
II.2.2.1. Densité. ....	28
II.2.2.2. Mesure de taux d'humidité .....	30
II.2.3. Caractérisation mécanique .....	31
II.2.3. 1 Mode opératoire.....	31
II.2.3. 2 Machine d'essai.....	32
II.2.3. 3 Expression des résultats.....	34
II.2.3.4 Rapport d'essai .....	35
II.2.3.5 Colles utilisées.....	35
<b>Chapitre III : Résultats et analyse.....</b>	<b>39</b>
III.1. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS .....	40
III.1.1 Caractérisation physique.....	39
III.1.1.1 La densité.....	39
a. Densité humide.....	39
b. Densité sèche.....	40
III.1.1 .2 Le taux d'humidité.....	40

III.1.2 Caractérisation Mécanique.....	41
III.1.2.1 Résistance Au Cisaillement.....	41
III.1.2.2 courbes Charge-Déplacement.....	42
III.1.2.3 Modes De Rupture.....	44
CONCLUSION GENERALE .....	47
Liste des figures.....	49
Liste des tableaux.....	52
Référence .....	54
Annexes.....	56

## **Résumé :**

Ce mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master de génie civil option structure est intitulé : « détermination expérimentale de la résistance au cisaillement de joints colles du bois de pin d'Alep »

Nous utilisons des éprouvettes confectionnées selon les normes en vigueur pour effectuer des essais au laboratoire de cisaillement des joints collés. Le bois utilisé est le Pin d'Alep. Quatre colles sont testées, une colle vinylique, un néoprène et deux époxy. Les résultats trouvés montrent de bonnes résistances des joints obtenus avec les colles vinylique et époxy.

**Mot clé :** bois, lamellé-collé, pin d'Alep, joint collé, cisaillement

## **Abstract**

This dissertation, entitled “experimental determination of shear strength of glued joints of Aleppo pine wood”, is submitted for the fulfillment of the requirements of Master’s degree in Civil engineering, options: Structure.

We have used specimens prepared with current standards in order to carry out laboratory tests on the shear of glued joints. The wood used is the Aleppo Pine. Four glues are tested; vinyl glue, neoprene glue, and two epoxy glues. The results reveal that the joints obtained from the vinyl and epoxy glues are the highest resistant joints.

**Key words:** Wood, laminated-glued, Aleppo Pine, glued joint, shear.

## المخلص :

هذه المذكرة للتخرج والتحصل على شهادة ماستر في الهندسة المدنية تخصص هياكل و قد سمي: (تعيين مخبريا مقاومة القص لفواصل المصقفة من خشب الصنوبر الحلبي).  
استعملنا عينات مصنعة حسب المعايير المعمول بها في اجراء التجارب المخبرية (قص الفواصل المصقفة) .

الخشب المستعمل هو الصنوبر الحلبي ، استعملنا أربعة أنواع من الغراء ،غراء فولينيك ،غراء نيوبران و نوعين من غراء ايبوكسي .النتائج المتحصل عليها توضح المقاومة الجيدة للفواصل المتحصل عليها مع غراء ايبوكسي و غراء فينيليك

**كلمات المفتاح :**خشب ،الخشب الرقائقي، الصنوبر الحلبي، القص،الفواصل المصقفة.

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

## **INTRODUCTION GENERALE**

Le bois est un matériau très utilisé en structure de part le monde mais qui demeure encore peu ou pas utilisé en Algérie ceci est peut être attribué à pour plusieurs raisons dont la méconnaissance des caractéristiques physiques et mécaniques des essences Algériennes. Beaucoup d'effort sont à déployer pour introduire le bois dans le marché Algérien des matériaux de structure et bénéficier de ces innombrables qualités. Le sujet abordé dans ce mémoire ente dans cet axe puisqu'il traite en général de la valorisation du bois algérien pour une utilisation en structure. Le sujet s'intitule « Essais au laboratoire sur bois lamellé-collé ».

Ce sujet nous a paru intéressant puisque premièrement il traite d'un nouveau matériau et deuxièmement parce que c'est un sujet pratique qui comporte des essais au laboratoire, et c'est principalement pour cette raison qu'on l'a choisi.

Ce mémoire est structuré comme suit : après une brève introduction ; nous présentons dans le chapitre 1 une recherche bibliographique sur le matériau bois en général et le lamellé-collé en particulier, on présente l'essentiel de sa structure, sa nature et son comportement. Dans le chapitre 2 : c'est l'étude expérimentale qui est présentée, on y trouve la machine, le dispositif et les éprouvettes utilisées. Enfin dans le chapitre 3 on donne une présentation des différents résultats expérimentaux obtenus et leur interprétation.

Le mémoire est clôturé par une conclusion générale et une liste des principales références bibliographiques citées.

# CHAPITRE I

## **I.1 INTRODUCTION**

Le bois est présent partout et sous toutes les formes. En effet, de nos jours, de nombreuses applications, aussi bien dans le bâtiment que dans l'ameublement, ne seraient guère possibles sans ce matériau qui se prête à toutes les formes et à tous les usages.

Le bois est formé d'un ensemble de plusieurs tissus végétaux représenté par le tronc et les branches. L'âge de l'arbre est indiqué par les cercles lors d'une coupe dans le tronc.

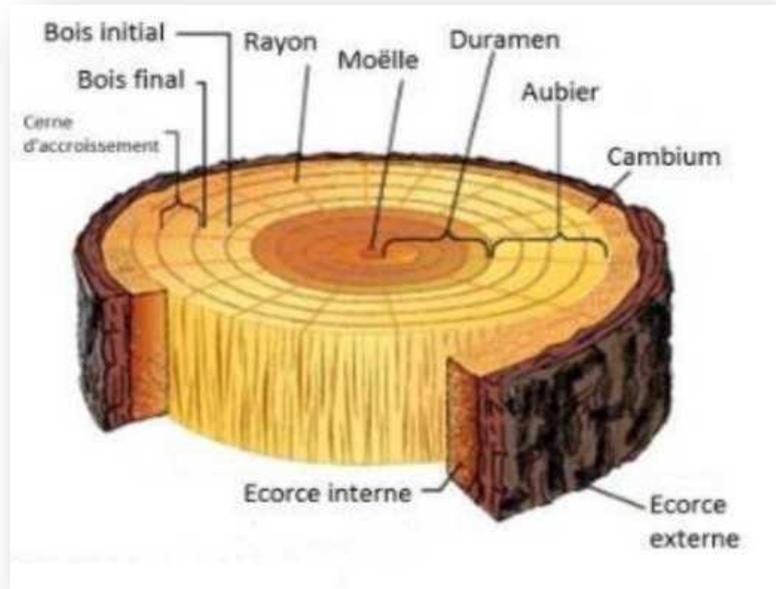
Ce matériau entièrement naturel et écologique, renouvelable et recyclable. Robuste, souple, léger, chaleureux, il s'adapte à tous les styles d'architecture et se marie très bien avec le verre, l'acier ou la pierre. Sa longévité et sa résistance sont exceptionnelles. De nombreuses réalisations vieilles de plusieurs siècles et soumises à tout type de climat existent encore partout dans le monde. Tel que les ponts, les temples japonais, les églises des pays de l'est, les pilotis de Venise et encore bien d'autres monuments. Même dans les zones sismiques son efficacité est prouvée. Son utilité est sollicitée dans de nombreuses parties de la structure de la maison, autant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Le terme général de bois regroupe deux grandes catégories d'appellations commerciales : feuillus (angiospermes) et résineux (gymnospermes). A l'œil nu, la différenciation entre ces deux groupes est simple car les cellules qui les composent sont différentes. En effet, le bois est un matériau, cellulaire. C'est un matériau composé d'un ensemble d'éléments chimiques, principalement la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. La forme des cellules le composant, la différenciation de celles-ci lors de la croissance de l'arbre et l'orientation des parois cellulaires sont responsables de l'anisotropie du bois. A l'échelle de la microstructure et de la macrostructure, l'étude des parois cellulaires et de leur organisation permet d'expliquer le comportement mécanique du bois.

## **I.2 BOIS:**

### **I.1.2 Anatomie du bois à l'échelle macroscopique:**

Au niveau macroscopique une coupe transversale d'un tronc d'arbre est caractérisée par la présence de « cernes annuels ». Ceux-ci correspondent à l'activité cellulaire en fonction des saisons fig1.[1]



**Fig. I.1 :** Coupe transversale d'un tronc d'arbre. [1]

La partie externe, la plus jeune du bois, permet le transport ascendant de la sève, des racines vers la cime de l'arbre (Fig.1). Cette partie appelée aubier contient des vaisseaux formés par le cambium, et correspond au bois physiologiquement actif. Avec leur vieillissement, les cellules restées vivantes cessent de fonctionner, cette partie inerte du bois de l'arbre est appelée duramen, ou bois de cœur en opposition à l'aubier.

### **I.2.2 Avantage du bois dans la construction:**

*a. Aspect écologique :*

Le bois est la seule matière première renouvelable de la planète

***b. Aspect technique :***

- Matériau facile à travailler et à assembler.
- Rapidité de mise en œuvre.
- Performance thermique élevées.
- Adaptation aux terrains difficiles.
- Adaptation aux zones sismiques.
- Combustion lente.

***c. Aspect économique :***

- Réduction des délais de construction et des frais financiers.
- Réduction des coûts de fondation (matériau léger).
- Réduction des coûts de construction, matériau recyclable

**I.2.3 Caractéristiques principale du bois:**

***a. Matériau solide et léger :***

Pèse environ  $450\text{kg/m}^3$ , soit cinq fois moins que le béton et 17 fois moins que l'acier. Le bois est donc un matériau léger et sa résistance par rapport à son poids, est particulièrement intéressante.

***b. Matériau résistant aux chocs et aux déformations:***

Soumis à des chocs, le bois amortit les coups et ne subit que des déformations insignifiantes n'affectant pas sa fonction. Il est très résistant dans le sens des fibres.

***c. Matériau isolant :***

Grâce à sa structure cellulaire, le bois est un bon isolant. Un bâtiment à ossature bois de chauffe facilement, l'air y est sec et sain. La température superficielle des parois est proche de la température de l'air ambiant.

***d. Matériau chimiquement résistant :***

Il est en équilibre chimique avec son environnement et sa résistance à la corrosion est élevée. Il supporte bien les agressions chimiques même fortes.

***1.2.4 Déformation de bois :***

Le point de saturation des fibres, en dessous duquel se manifestent les phénomènes de retrait et de gonflement, est de l'ordre de 30% pour toutes les essences.

- **Le retrait**, après une évaporation d'humidité.
- **Le gonflement**, après une absorption d'humidité, provoque la déformation des sciages.

Ces déformations et les fentes qui en résultent interviennent, en particulier dans des pièces de grande section, lorsqu'on emploie des bois verts ou au court d'un séchage trop rapide.

***1.2.5 Les différents types de bois et leurs utilisations :***

***i. Chêne :***

Le Chêne est un feuillu très répandu. Ce bois dur est très utilisé pour la menuiserie et l'ébénisterie.

***ii. Épicéa et sapin :***

L'épicéa commun est le plus haut de Résineux indigènes, mesurant en général 30 à 50 mètres. Les vieux épicéas fournissent les bois dits de musiques ou de

résonance et sont utilisés pour les violons, et autres instruments de musique. Le sapin est principalement utilisé pour les charpentes.

*iii. Pin :*

Son bois est de couleur blanche et il est utilisé pour les charpentes classiques, la menuiserie, les parquets, la papeterie et les meubles.

*iv. Érable :*

Vivant jusqu'à 300 ou 400 ans, il est cultivé déjà depuis des siècles. Avec ses veines claires et régulières, il se prête entre autres à la fabrication d'ustensiles de cuisine, de jouets et instruments de musique

*v. Frêne :*

Le frêne est recherché pour sa grande résistance mécanique et sa flexibilité, surtout dans le domaine des articles de sport et d'outillage.

*vi. Hêtre :*

La couleur de son bois va du blanc au brunâtre pâle. Son bois est typiquement utilisé pour les meubles, les parquets, les jouets et les articles de sport.

*vii. Mélèze :*

Avec son bois dur et blanchâtre se confond facilement avec certains bois tropicaux. Son bois est exploité pour fabriquer des charpentes, des poteaux, du parquet, et de la menuiserie intérieure.

*viii. Merisier :*

Son bois brun rose, puis presque cuivré en vieillissant sert surtout pour la décoration et l'ameublement sous formes de placages.

### **I.2.6 Panneaux dérivés du bois:**

Dans la construction, le bois est utilisé sous forme brute (bois massif) ou sous forme de produits dérivés du bois. Les panneaux sont des produits dérivés du bois, ils ont des caractéristiques très variables sur lesquelles il faut être informé pour choisir le produit le mieux adapté aux contraintes d'utilisation de chaque type d'emploi: résistance mécanique, dureté, comportement au feu, résistance à l'humidité ou à l'eau.

#### **❖ On distingue cinq familles de panneaux dérivés du bois:**

- Les panneaux de contre- plaqué.
- Les panneaux à lamelles orientées (OSB).
- Les panneaux de particules.
- Les panneaux de fibres (MDF).
- Les panneaux en bois massif reconstitué (multiplies et lamellé collé).

#### **I.2.6.1 Contre-plaqué :**

##### **a) Définition :**

Il est obtenu par superposition et collage de feuilles de bois déroulé d'environ 3mm d'épaisseur. Le nombre de plis est toujours impair pour constituer une structure

Symétrique par rapport au pli médian l'âme du panneau. Les fibres du bois sont Toujours perpendiculaires à celle du pli précédent et du pli suivant.

b) Type de contre-plaqués :

- Contre-plaqué standard, extérieur, ignifugé, revêtus d'un film spécial prêt à peindre,
- Contre- plaqué de coffrage etc...

c) Caractéristiques physiques et mécaniques :

Très bonne résistance au fluage.

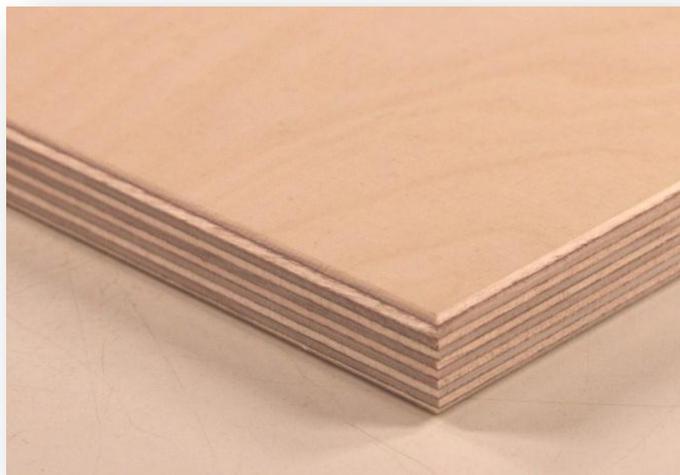
Grâce à ses plis croisés, sa résistance aux chocs et aux vibrations est meilleure que celle des autres dérivés du bois.

d) Applications :

Utilisé comme voile travaillant sur une des deux faces des ossatures en bois (épaisseur supérieur à 8mm).

Utilisation pour des vêtements extérieures.

Employé en bardage (il faut prévoir une lame d'air pour ventiler la contre face et permettre l'évacuation de l'humidité).



**Fig. I.2 :** Panneau de contre-plaqué

### ***1.2.6.2 Panneaux à lamelles orientées (OSB, Oriented Strand Board) :***

#### **a. Définition :**

Ils sont composés de lamelles de bois tranchées à partir de billons résineux. Ces lamelles forment un matelas de trois couches successives croisées qui passe ensuite dans une presse à processus continu.

#### **b. Type de lamelles orientées :**

- Triply.
- à bords droits.
- à rainure et languette.

#### **c. Applications :**

##### **✓ Charpente :**

Pour des portées de 5 à 15m (souvent associés au bois massif pour la réalisation de poutrelles composite en L ou à caissons).

Pour des portées de 12 à 20m, des portiques à caissons s'avèrent particulièrement compétitifs (bâtiments industriels et agricoles).

##### **✓ Planchers :**

##### **✓ Toiture:**

Sont acceptés comme éléments porteurs, supportant directement la couverture, ou d'étanchéité.

##### **✓ Murs et cloisons :**

Voiles assurant le contreventement



**Fig. I.3** Panneau à lamelles orientées.

#### ***1.2.6.3 Les panneaux de particules :***

Selon la norme afnor NF EN 309, un panneau de particules de bois est un matériau en plaque fabriqué sous pression et chaleur à partir de particules de bois avec addition d'un liant organique ou minéral. L'épaisseur d'un panneau de particules de bois varie entre 3 et 50 mm<sup>2</sup>. Ce type de panneau est composé de morceaux de bois plus gros que ceux des panneaux de fibres à densité moyenne et des panneaux de fibres à haute densité.

Les particules de bois sont à base de copeaux, sciures, farine de bois et déchets de scierie.

Les panneaux de particules de bois sont fabriqués selon un procédé appelé sec ou à sec. Lors de ce procédé, un liant est utilisé. Ce liant peut être : organique (majorité des cas) : résine comme les phénols-formaldéhydes et urées-formaldéhydes ; inorganique (plus rarement) : ciment (panneau de particules liées au ciment), magnésie.

Ce procédé suit les étapes suivantes : broyage des morceaux de bois pour former des particules, séchage des particules, triage des particules, encollage des

particules, conformation du mat, pressage, stabilisation et enfin mise à dimension.

Les panneaux de particules de bois sont utilisés en :

Construction : dalles de planchers, paroi ;

Ameublement : mobilier de cuisine et de salle de bain, agencement de magasin, etc.



**Fig. I.4.** Panneau de particules de bois

#### ***1.2.6.4 Les panneaux de fibres (MDF) :***

Un panneau de fibres à densité moyenne<sup>1</sup> ou MDF (medium density fiber board) est un panneau de fibres de bois à moyenne densité (avec des masses volumiques variables : 800 kg/m<sup>3</sup> pour le HDF, 750 kg/m<sup>3</sup> pour le MDF, 600 kg/m<sup>3</sup> pour le light MDF), par opposition aux panneaux de fibres de bois durs (type Isorel ou Unalit) dont la densité est élevée (de l'ordre de 1 000 kg/m<sup>3</sup>). Également connu sous la dénomination de medium (nom commercial du produit utilisé par la société Isoroy), ce panneau issu d'un procédé industriel

continu, est constitué de fibres de bois et d'un liant synthétique à base de résine urée-formol que l'on soumet à des contraintes de température et de pression.

❖ Ce matériau industriel, présente de multiples avantages :

- ✓ Il est quasiment isotrope, c'est-à-dire présente des propriétés physiques homogènes dans les trois dimensions,
- ✓ Sa texture fine le rend facile d'emploi en décoration,
- ✓ Il est meilleur marché que le bois massif,
- ✓ Il est disponible en de multiples épaisseurs,
- ✓ Il permet l'utilisation de bois de première éclaircie (arbres de faible diamètre, qui ne peuvent pas être valorisés en bois massif).

Le MDF est un panneau polyvalent, surtout retrouvé dans l'aménagement et la décoration intérieure. Il se substitue dans la plupart des cas au contreplaqué, plus onéreux. Le MDF ne convient pas en panneaux de contreventement du fait qu'il est sensible à l'eau contrairement à l'OSB.



**Fig. I.5** Panneau de fibres

Il existe aussi d'autres panneaux qui sont:

- **Panneaux décoratifs**: offrent de nombreuses possibilités dans le domaine de revêtements muraux, en plafond et en agencement.
- **Panneaux perforés**: pour des emplois en correction acoustique, la plupart des fournisseurs proposent aussi des panneaux perforés avec des trous ronds ou oblongs, utilisables en revêtement mural ou en plafond.

## **I.3 LE LAMELLE COLLE:**

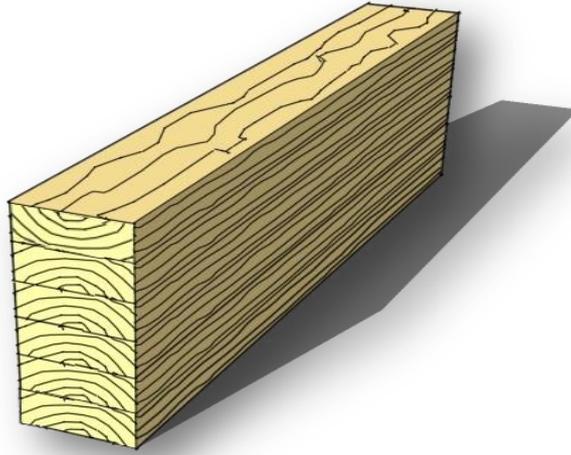
### ***1.3.1 Historique:***

Ce fut au 16ème siècle que Philibert DELORME, architecte, a eu l'idée d'utiliser des bois assemblés entre eux pour réaliser des fermes en arcs. Trois siècles plus tard, le Colonel EMY imagine le système qui porte son nom. Il s'agissait de lamelles de bois assemblées par des boulons et des brides métalliques. Un exemple de ce type de fabrication existe encore à la gare de Dieppe.

En 1890, le Suisse Otto HETZER songea à remplacer les boulons par de la colle résorcine. La charpente lamellé-collé était née. [2]

### ***1.3.2 Définition:***

On appelle lamellé-collé, un bois de structure obtenu en collant des planches (lamelles) les unes sur les autres. Les planches sont assemblées dans le sens de la longueur, cette opération appelée aboutage, permet d'obtenir une lamelle d'une longueur théorique infinie, ensuite en collant les lamelles les unes aux autres, face contre face (3,5 - 4,5 cm d'épaisseur).[2]



**FigI.6** : en bois lamellé Poutre collé

Le lamellé-collé n'est donc rien d'autre que le bois massif mais en dimensions (quasi) illimitées, ce qui offre aux architectes une grande liberté de conception.

Parmi les matériaux de construction, le lamellé-collé est l'un des plus intéressants. Il est beau et résistant. Le fait de coller les planches de résineux entre elles et de répartir les nœuds de manière équitable augmente sa résistance.

La haute résistance du lamellé-collé par rapport à son poids démontre qu'à prix comparable, il est le plus solide des matériaux de construction. Il est possible de fabriquer des éléments courbes ou droits, selon la demande.

Ce matériau prend toute sa valeur lorsqu'il s'agit de grandes portées (donc, de grandes surfaces). Le lamellé-collé participe au confort des complexes sportifs et autres bâtiments publics, non seulement en raison de ses qualités acoustiques. Hormis ses avantages techniques qui sont considérables, il faut également souligner sa grande souplesse architecturale dans la conception

### ***1.3.3 Fabrication:***

Les 10 étapes de fabrication du lamellé-collé :

- 1 - Réception et tri des bois.
- 2 - Séchage et stabilisation.
- 3 - Purge des lamelles (flashes, gerces, nœuds)
- 4 - Calibrage.
- 5 - Aboutage et mise en longueur.
- 6 - Encollage.
- 8 - Rabotage.
- 9 - Taille.
- 10 - Finition et préservation

#### **1.3.4 Avantages du lamellé-collé:**

Construire aujourd'hui avec du bois lamellé collé présente de nombreux avantages:

##### **✚ Aux caractéristiques constantes et garanties :**

- séchage maîtrisé,
- stabilité dimensionnelle,
- dimensionnement précis et (en théorie !) infini,
- association possible (acier, béton, LVL...),
- esthétique des formes (poteaux ronds, charpentes cintrées...).

##### **✚ D'une très grande résistance :**

- mécanique (flexion, compression, torsion),
- Excellent rapport poids/résistance mécanique
- au feu et à la chaleur (faible conductivité thermique et maintien des caractéristiques jusqu'à 100 C° avec une colle appropriée)
- aux ambiances agressives notamment aux produits chimiques stockés (potasse, soufre, chlorure de sodium, acide sulfurique...).

### **Souple d'utilisation et permettant des portées exceptionnelles:**

- La charpente en Bois Lamellé Collé dont la technologie étend considérablement les applications de la charpente traditionnelle en bois est considérée aujourd'hui comme une des principales techniques de structure.

#### ➤ **Les dimensions courantes(poutre droite):**

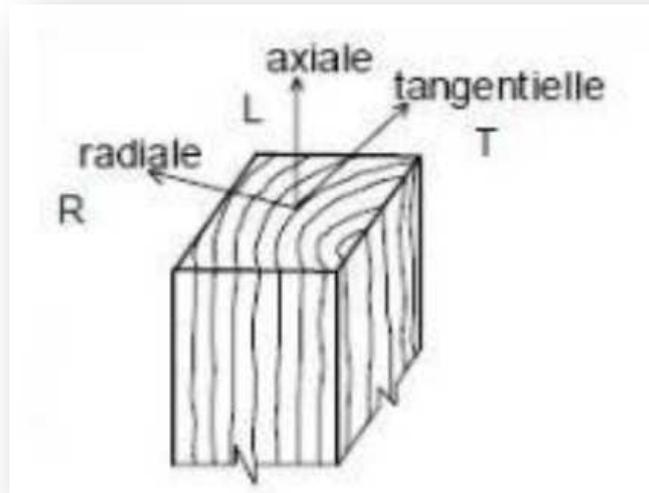
- Largeur de 60 à 240 mm
- Hauteur : 100 à 600 mm
- Longueur : jusqu'à 40 m

### **I.3.5 Comportement mécanique du bois:**

Bois et ses dérivés sont largement utilisés comme des matériaux résistants, tant en structures (charpente, plancher, coffrage pour de grands ouvrages...) que dans d'autres domaines très variés (emballage, ameublement, aéronautique...). Pour tous ces emplois, il est nécessaire de connaître les propriétés mécaniques de ce matériau ainsi que son comportement sous sollicitations diverses ; ceci afin d'utiliser le bois dans les meilleures conditions.[3]

#### ***I.3.5.1 Généralités sur la mécanique du bois:***

Le bois est un matériau hétérogène, anisotrope et dont les propriétés physiques et mécaniques différents suivant les directions considérées.



**Fig. I.7:**Schéma de l'orientation des directions principales du bois [3]

Sur un élément de bois on distingue trois directions principales (Fig. I.7) :

- La direction longitudinale (L), parallèle à l'axe du tronc, c'est-à-dire dans la direction des fibres,
- La direction radiale (R), perpendiculaire à l'axe du tronc et passant par le centre,
- La direction tangentielle (T), perpendiculaire à l'axe du tronc et tangente aux cernes d'accroissement.

Le bois dans l'arbre est caractérisé par 2 plans de symétrie matérielle RL et RT et 3 directions privilégiées L, R et T. Neuf composantes sont alors nécessaires pour le modéliser, c'est le modèle orthotrope.[3]

### ***1.3.5.2 Traction et compression :***

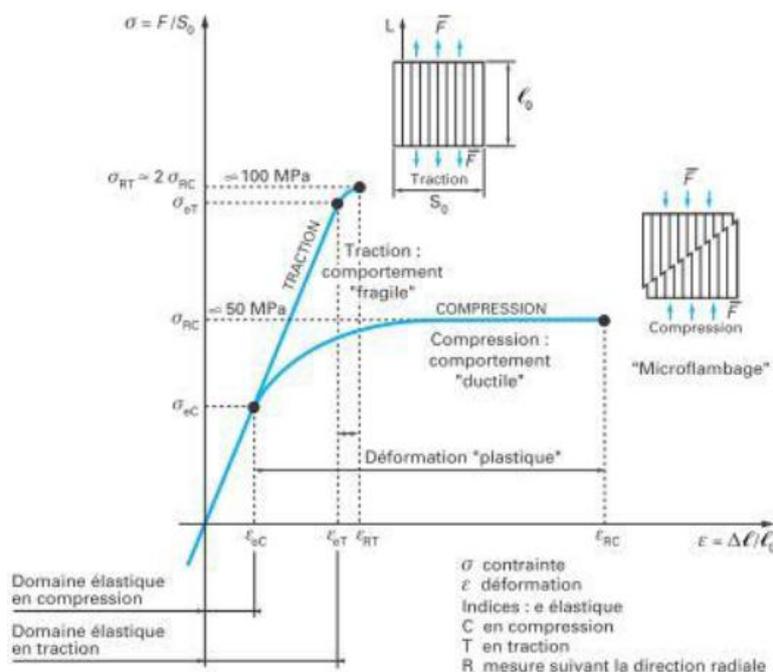
Les relations de contrainte/déformation pour des charges de courtes durées d'application sont données schématiquement par la (fig. I.8) où la contrainte est représentée en fonction de la déformation.

Sur la courbe de traction (ou de compression) on distingue une zone sensiblement linéaire et réversible, dite élastique linéaire, limitée par la contrainte qualifiée de limite élastique, suivie d'une zone non linéaire, qui

conduit à la contrainte de rupture. Lorsque la différence entre l'élongation à la rupture et l'élongation à la limite élastique est faible, on dit que l'on est en présence d'une rupture « fragile ».

On remarque ainsi que la zone de comportement élastique est généralement plus grande en traction qu'en compression. Si au cours d'un essai, l'élongation la limite élastique est dépassée et que l'on décharge l'échantillon, on constate qu'à charge nulle il existe une déformation résiduelle susceptible de se résorber au cours du temps. Ceci signifie que le paramètre temps influe sur la loi de comportement et que le bois possède des propriétés visqueuses.

Dans le cas d'une sollicitation, en traction ou compression, qui a lieu dans le sens transverse aux fibres, la résistance du matériau bois s'en trouve très fortement diminuée, surtout dans le cas de la traction. Cette faible résistance est due à l'anisotropie du bois liée à l'orientation axiale des fibres et des microfibrilles.[3]



**Figl. 8:**Comportement théorique du bois en traction/compression dans la direction longitudinale [3]

### ***1.3.5.3 Flexion simple:***

Le comportement d'éléments bois massifs soumis à une sollicitation en flexion se déduit du comportement du même bois en compression et en traction et peut faire apparaître des contraintes de cisaillement. En général, lors de l'étude du comportement mécanique d'une poutre soumise à une flexion, on considère que l'hypothèse de Navier reste valable (« toutes sections planes normales aux fibres avant déformation restent planes et perpendiculaires aux fibres »). Si les contraintes induites par le moment de flexion sont inférieures à la limite élastique en compression (plus faible que celle en traction), le diagramme des contraintes est linéaire.[3]

### ***1.3.5.4 Cisaillement et effort tranchant :***

Le cisaillement peut être produit dans les assemblages par compression ou par l'effort tranchant dans le cas d'une poutre travaillant en flexion. L'effort tranchant correspond à une contrainte interne du matériau, perpendiculaire à l'axe de la plus grande longueur, en réponse à une sollicitation.

Dans le cas d'une flexion, on peut distinguer deux types de cisaillement. Le cisaillement parallèle aux fibres et celui dans le plan transversal. Ce deuxième est difficile à déterminer du fait de la faible résistance du bois à une sollicitation transversale.[3]

### ***1.3.5.5 Conception et caractérisation normalisées des poutres en bois lamellé-collé:***

La conception et la caractérisation du bois lamellé-collé sont régies par des normes nationales et internationales. Dans notre cas et en absence de normes nationales, on utilise les normes Européennes ou à défaut les normes françaises. Ces normes, permettent de valider, l'assemblage par collage en lamellation (test de délamination et test de cisaillement du joint de colle) et, la reconstitution des

lames de bois par aboutage (test en flexion des aboutages). Enfin, la caractérisation mécanique permet d'évaluer la résistance du bois lamellé-collé en fonction des différentes sollicitations (flexion, cisaillement...)[4]

#### ***1.3.5.5 Tests de validation de l'assemblage par collage :***

Les tests de validation des assemblages par collage, présent dans la fabrication du bois lamellé-collé, sont de deux types. Un test de vieillissement artificiel permet d'apprécier la résistance de l'assemblage par lamellation aux variations d'humidité (test de délamination). Les tests mécaniques évaluent la résistance, du joint de colle en lamellation au cisaillement, et l'assemblage par aboutage à la flexion.

Dans notre travail on s'intéresse au test de cisaillement du joint de colle.

# CHAPITRE II



Longueur : l

La fabrication d'éprouvettes de bois passe par plusieurs étapes qui sont :

a. La réception du bois brut :

Le bois est réceptionné dans les locaux du laboratoire sous forme de morceaux de tronc de 1m de longueur (fig.II.2).



**Fig. II.2 :** troncs d'arbre reçus au laboratoire.

b. Découpe et séchage du bois :

Les troncs d'arbre sont par la suite découpés en madriers de petites dimensions pour accélérer l'opération de séchage. Le bois est gardé dans les locaux pour séchage naturel pendant une durée de plus d'un mois.



**Fig. II.3** :troncs d'arbre découpés en madriers.

c. Confection des pièces de bois :

Les pieces de bois de forme parallelepipedique ( $45 \times 50 \times 20$  mm<sup>3</sup>) qui serviront à la fabrication des éprouvettes sont par la suite découpées dans les madries.



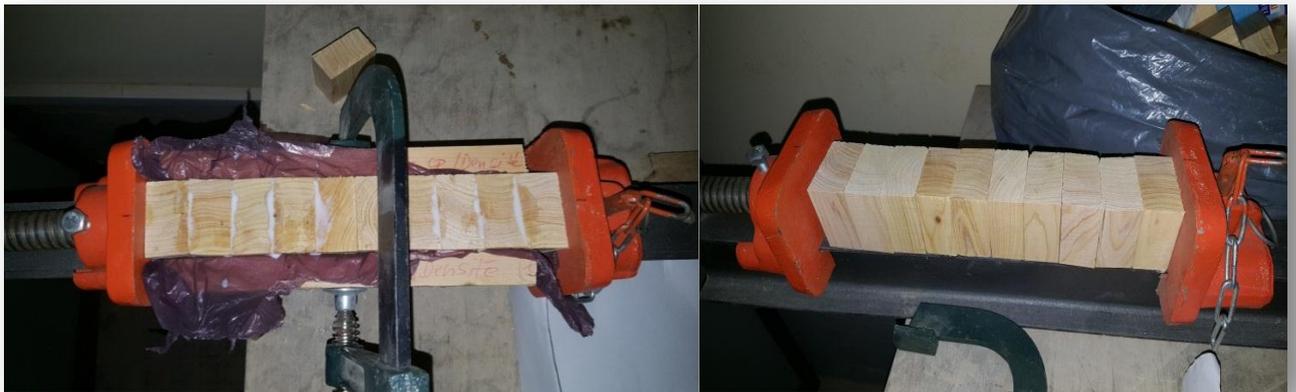
**Fig. II.4** : Les pieces de bois de forme parallelepipedique.

#### d. Encollage :

Les éprouvettes sont enfin obtenues par encollage et serrage des pièces de bois.



**Fig. II.5:** Collage des éprouvettes.



**Fig.II.6 :** Mise sous pression des éprouvettes .



**Fig.II.7 :**

Éprouvettes brutes.

Les éprouvettes sont par la suite nettoyées et mises aux dimensions finales.



**Fig.II.8** : Eprouvette finie.

## **II.2.2 Caractérisation physique:**

### ***II.2.2.1 Densité :***

La densité ou densité d'un corps ou densité relative d'un corps est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corps pris comme référence.

Pour les liquides et les solides, le corps de référence est l'eau pure à 4 °C.

**✚ Expression de la densité. :** La densité, notée  $d$ , s'exprime de la sorte :

$$d = \frac{\rho_{\text{corps}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

Où  $\rho_{\text{corps}}$  est la masse volumique du corps considéré et  $\rho_{\text{eau}}$  est la masse volumique de l'eau (1 000 kg/m<sup>3</sup>).

S'agissant d'un rapport entre deux mesures de même unité, la densité s'exprime par un ratio et donc n'a pas d'unité.

## ✚ Éprouvettes utilisées :

Pour la détermination de la densité anhydre notre bois, on a suivi les recommandation de la norme NF B51-005 [6], on a utilisé autotal 22 éprouvettes parallélépipédiques de  $(45 \times 50 \times 25\text{mm}^3)$  (Fig. II.9).



**Fig. II.9 :** Eprouvettes pour la mesure de la densité et teneur en eau.

La mesure des dimensions des éprouvettes est effectuée en utilisant un pied à coulisse à 0.01 mm de précision (Fig. II.10).



**Fig. II.10 :** Pied à coulisse à 0.01 [mm] de précision.

Par la suite, toutes les éprouvettes sont pesées avec une balance de précision de 0.01g (Fig. II.11) avant et après la dessiccation.



**Fig. II.11:** Balance De Précision De 0.01g.

### *II.2.2.2\_Mesure De taux d'humidité*

La mesure du taux d'humidité est effectuée sur les mêmes éprouvettes de ladensité, en respectant les recommandations de la norme européenne NF B51-004 [7]. qui définit les étapes à suivre.

#### **a. Appareillage utilisé :**

- Balance précise à 0.01 gramme (Fig. II.9).
- Etuve ventilée permettant de maintenir une température de 100°C. (Fig. II.10).



**Fig. II.12 :**

ventilée.

Etuve

## B. Eprouvettes :

On reprend les mêmes éprouvettes utilisées dans la détermination de la densité (Figure II.4).

## C. Mode opératoire :

- Peser l'ensemble des éprouvettes avant dessiccation.
- Déshydrater les éprouvettes dans l'étuve jusqu'à masse constante, (c'est-à-dire qu'on mesure la masse des éprouvette après 24 heures de déshydratation à 100°C).

## D. Mesure du taux d'humidité :

La mesure du taux d'humidité est alors déduite en utilisant la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité} = \frac{m_h - m_s}{m_h} * 100$$

Avec :

$m_h$  : est la masse de l'éprouvette humide (avant dessiccation), en (g).

$m_s$  : est la masse de l'éprouvette à l'état anhydre (après dessiccation), en (g).

## **II.2.3 Caractérisation mécanique:**

### ***II.2.3.1. Mode opératoire:***

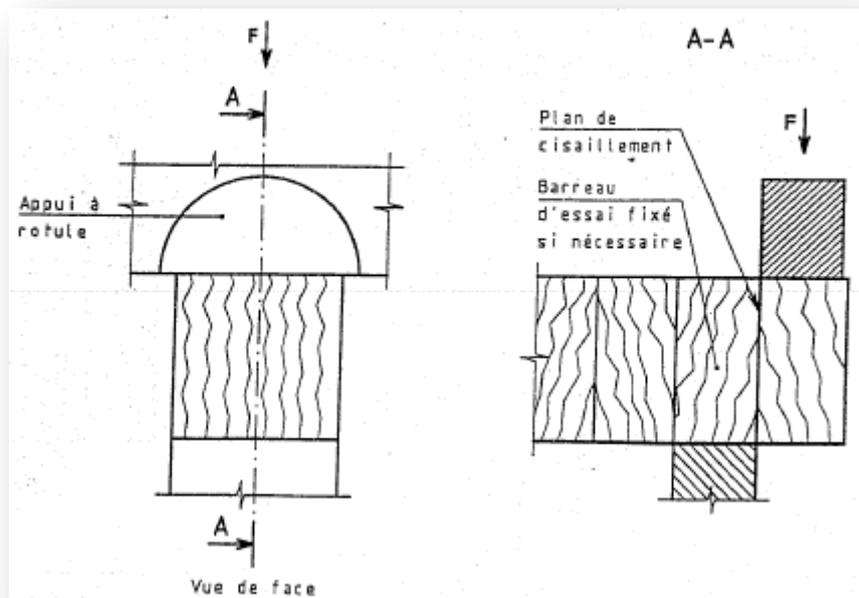
Pour la détermination de la résistance au cisaillement du bois, la norme exige de [5] :

Conditionner les éprouvettes d'essais jusqu'à une humidité d'équilibre dans l'atmosphère normalisée 20/65 c'est-à-dire à une température de (20° +/- 2°) C et une humidité relative de (65 +/- 5) %.

- Mesurer à 0.5mm près les dimensions à partir des quelles est calculée l'aire de la surface de cisaillement .Utiliser par exemple, un pied à coulisse.
- Installer l'éprouvette d'essai dans le dispositif de cisaillement de telle sorte que la charge s'exerce suivant la direction du fil. Le joint de collage

doit être positionné de façon à ce que sa distance au plan de cisaillement ne soit en aucun point supérieur à 1 MM.

- Appliquer la charge à vitesse constante et de façon à ce que la rupture ne se produise qu'au bout de 20s au minimum.
- Estimer le taux de rupture dans le bois, arrondi au multiple de cinq le plus proche.



**Fig.II.13** : dispositif d'essai de cisaillement. [5]

### ***II.2.3.2 Machine d'essai :***

La norme exige que la machine d'essai utilisée puisse exercer un effort de compression grâce au dispositif mentionné en dispositif de cisaillement comme représenté à la figure II.12. L'appui à rotule doit s'auto-aligner de manière à ce que l'effort soit uniformément réparti sur la largeur de l'éprouvette dans le sens du bois de bout. La charge maximale doit être mesurée avec une précision de 3%.

La machine utilisée dans notre cas est un Bâti d'essais de flexion servo-hydraulique de marque Control modèle: **50-C1201/BFR**, de capacité 100 KN, avec cellule de charge et capteur de déplacement et une console de commande assistée par ordinateur. Fig. II.14



**Fig. II.14:** Machine d'essais.

Le dispositif de cisaillement est conforme à la norme, il permet de fixer l'éprouvette et de cisailer le joint de colle.

**Fig. II.15:** Dispositif d'essais.

### ***II.2.3.3 Expression des résultats :***

La résistance au cisaillement est déterminée par :

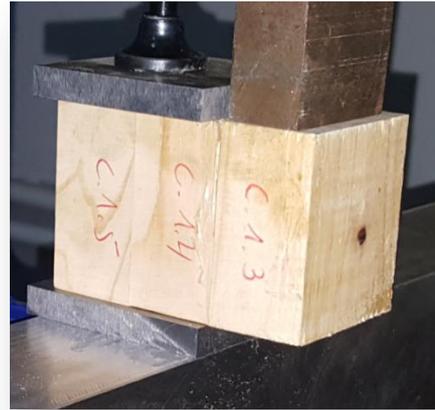
$$fv = k \frac{Fu}{A}$$

A : est l'aire de cisaillement pour un barreau d'essais  $A=b t$ ;

K : est un facteur de correction :  $K=0.78+ 0.0044$  ;

t : est l'épaisseur, en millimètres.

Fu : La charge de rupture



**Fig. II .16** : Exemple de joint cisailé.

#### ***II.2.3.4. Rapport d'essai :***

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes [5] :

- a) La date de l'essai.
- b) L'identification des éprouvettes essayées et des éléments dans lesquelles elles ont été découpées. Toute autre information significative, par exemple relative au prés-conditionnement.
- c) L'essence du bois.
- d) Le type de l'adhésif.
- e) Les dimensions des éprouvettes.
- f) La charge de rupture et la résistance au cisaillement.
- g) Toute observation significative faite pendant ou après les essais.
- h) La signature de la personne responsable des essais.

#### ***II.2.3.5. Colles utilisées :***

Dans un but de comparaison, quatre types de colles ont été utilisés dans notre recherche.

- **Une colle Vinylique.**

Le premier type de colle utilisé est une colle vinylique communément appelée « colle blanche ».

**Fig. II.17:** Colle blanche.

- **Une colle Néoprène.**

Le deuxième type de colle utilisé est une colle néoprène.

**Fig. II.18 :** Colle Néoprène.

- **Une première colle Epoxy.**

Le troisième type de colle utilisé est une colle époxy de marque Sika. C'est une colle professionnelle, constituée de deux composants à mélanger avant utilisation.

**Fig. II.19. :** Première Colle Epoxy.

- **Une deuxième colle Epoxy.**

**Fig.II.20 :**Deuxième colle Epoxy.

- Le quatrième type de colle utilisé est une colle époxy. C'est une colle à usage grand public constituée de deux composants à mélanger avant utilisation.

# CHAPITRE III

## III.1.PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS :

### *III.1.1. Caractérisation physique:*

#### *III.1.1.1 La densité:*

Nous ne présentons ici, qu'un récapitulatif des résultats, l'ensemble est porté à la fin du mémoire sous Annexe 1.

##### A. Densité humide:

Caractéristique	Nombre	Moyenne	Ecart type	Maximum	Minimum
<b>Densité</b>	22	0,61	0,0041	0,68	0,53

**Tableau.III.1:** Récapitulatif des résultats de mesure de la densité humide.

##### B. Densité sèche :

Caractéristique	Nombre	Moyenne	Ecart type	Maximum	Minimum
<b>Densité</b>	22	0,53	0,0036	0,60	0,47

**Tableau. III.2:** Récapitulatif des résultats de mesure de la densité sèche.

Les valeurs trouvées sont en concordances avec celles trouvées précédemment dans des études effectuées dans notre laboratoire [8]. ou ailleurs [9].

#### *III.1.1.2 Le taux d'humidité:*

Nous ne présentons ici, qu'un récapitulatif des résultats, l'ensemble est porté à la fin du mémoire sous Annexe 1.

Caractéristique	Nombre	Moyenne	Ecart type	Maximum	Minimum
<b>Taux d'humidité</b>	22	11 %	0.40 %	12%	10%

**Tableau. III.3:** Récapitulatif des résultats de mesure du taux d'humidité.

### ***III.1.2. Caractérisation mécanique :***

La caractéristique mécanique mesurée dans ce travail est la résistance au cisaillement du joint de colle. Nous nous intéresserons aussi aux courbes charge-déplacement ainsi que les modes de rupture.

#### ***III.1.2.1 Résistance au cisaillement :***

Nous ne présentons ici, qu'un récapitulatif des résultats, l'ensemble est porté à la fin du mémoire sous Annexe .On trouve les valeurs numériques des contraintes de rupture en cisaillement des joints pour les 4 colles:

N° de colle	Moyenne [MPa]	Ecart type [MPa]	Contrainte $\sigma_{\max}$ [MPa]	Contrainte $\sigma_{\min}$ [MPa]
1	4.78	1.41	6.57	2.36
2	0.75	0.45	1.57	0.06
3	5.87	2.15	9.46	3.89
4	5.09	1.93	8.08	1.55

**Tableau III.4 :** Récapitulatif des résultats de la résistance en cisaillement

Nous remarquons que c'est la colle 3 qui donne la résistance la plus élevée suivie de la colle 4 (tous deux de nature époxy) puis c'est la colle 1 (nature vinylique) et c'est la colle 2 (Néoprène) qui donne la valeur la plus faible.

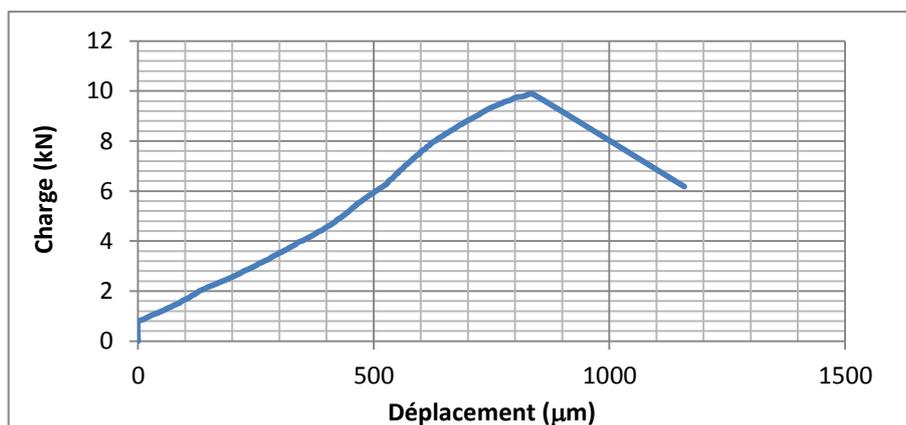
Nous remarquons aussi une dispersion des résultats dans les quatre cas, signalée par les valeurs élevées des écart-types.

En l'absence de références précises sur le sujet, nous nous contentons de comparer ces résultats avec ceux trouvés dans des références générales.

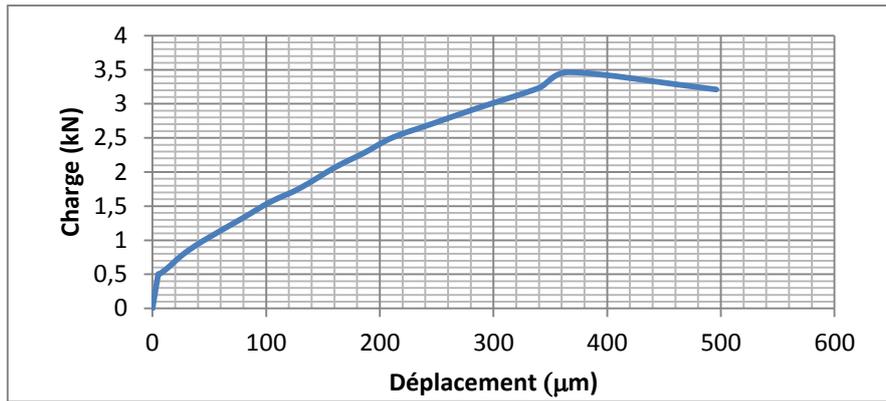
Les contraintes de cisaillement admissibles pour le bois lamellé-collé dans l'Eurocode 5 est de 3.5 MPa [10]. Si on se réfère à cette valeur, nous pouvons conclure qu'à l'exception de la colle 2, les colles utilisées dans cette étude répondent à la condition de résistance appliquée dans le code européen de calcul des structures en bois (Eurocode 5). Bien sûr cette conclusion est à confirmer avec une étude statistique plus poussée.

### ***III.1.2.2 Courbes charge-déplacement***

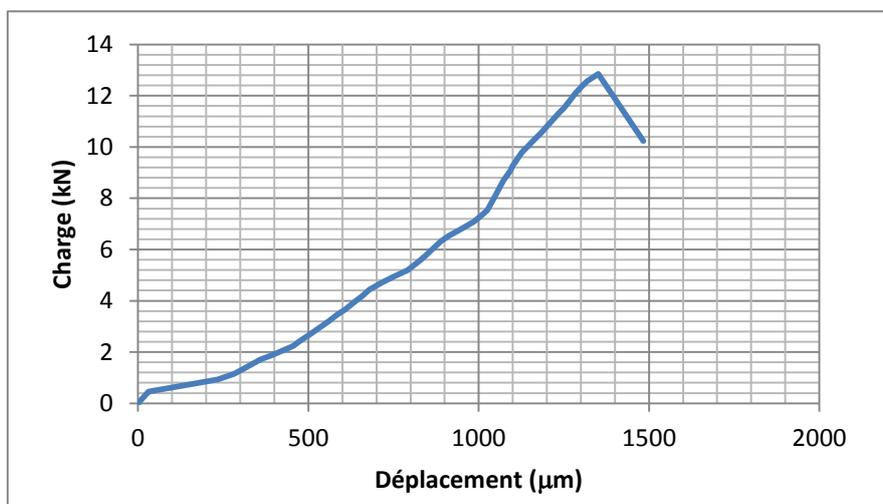
Sur les figures 3.1 à 3.4 sont portés des exemples de courbes charge-déplacement obtenues lors des essais de cisaillement. Bien que les colles soient de natures différentes, les courbes sont pratiquement semblables. Le comportement est quasi-fragile.



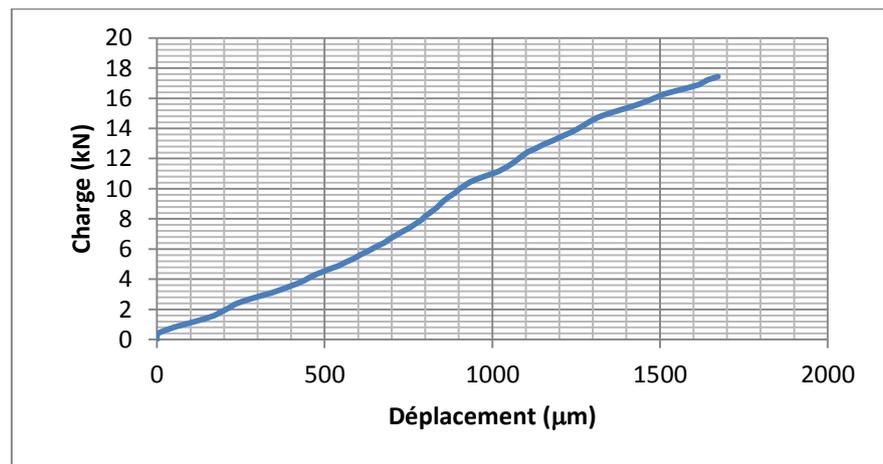
**Fig. III.1 :** Exemple de courbe charge-déplacement Colle 1



**Fig. III.2 :** Exemple de courbe charge-déplacement colle 2



**Fig. III.3 :** Exemple de courbe charge-déplacement colle 3



**Fig. III.4 :** Exemple de courbe charge-déplacement colle 4.

### **3.2.3 Modes de rupture:**

Les ruptures sont quasi-fragiles sauf pour le cas de la colle 2 où on observe un glissement des deux interfaces. Les modes de ruptures observés sont de natures différentes. On observe ainsi des ruptures dans la colle, dans le bois, dans les deux mais aussi un décollement du joint de colle (figures III.5 à III.9).



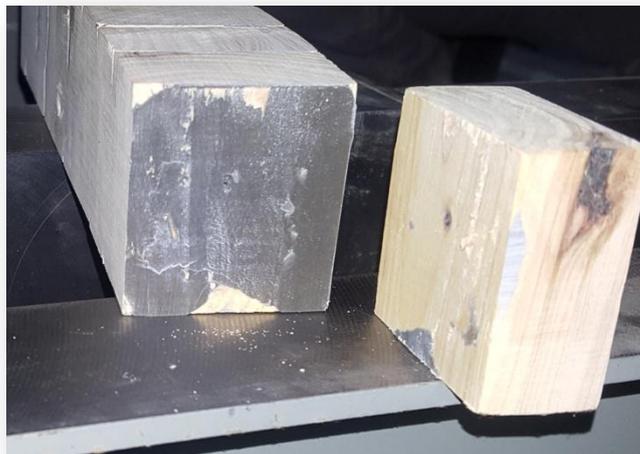
**Fig. III.5 :** Rupture dans la colle (colle3).



**Fig. III.6 :** Rupture dans la colle (colle1).



**Fig. III.7** : Rupture mixte (colle3).



**Fig. III.8** : Décollage du joint de colle.



**Fig. III.8** : Décollage du joint de colle

# **CONCLUSION GENERALE**

## **CONCLUSION :**

Ce travail rentre dans le cadre d'un projet de recherche de valorisation des ressources premières algériennes à savoir le bois et particulièrement le Pin d'Alep, Cette matière, souvent peu ou non utilisée en construction dans notre pays demande à ce qu'on s'y intéresse le plus près. A la fin de ce travail dont le but principal était d'étudier expérimentalement la résistance au cisaillement des joints collés en utilisant plusieurs colles présentes sur le marché, nous pouvons faire les conclusions suivantes:

Le grand avantage de ce travail est qu'il est expérimental, il nous a ouvert la porte à la manipulation des essais en laboratoire avec tout ce qui suit comme préparation des éprouvettes, manipulation des machines, traitement et interprétation des résultats.

D'un autre côté, la présente étude nous a permis dans un premier temps de Connaitre un nouveau matériau de construction (le bois), ses avantages surtout environnementales et ses inconvénients. Dans un deuxième temps, Découvrir les nouveaux produits issus du bois (bois d'ingénierie structuraux) et précisément le bois lamellé collé et le procédé de transformation. Nous avons appris que cette technologie est un procédé de transformation du bois massif qui permet d'avoir des éléments de grande longueur sans nuire à la résistance de cet élément.

Trois colles des quatre utilisées ont donné des résistances acceptables comparées à celle donné pour le bois massif par le règlement de calcul des structures en bois l'Eurocode 5.

Il apparait que c'est la colle de nature époxy de la marque Sika qui donne le plus de satisfaction puisque c'est cette colle qui donne les résistances au cisaillement les plus élevées. Cette colle peut être utilisée en extérieur et assurer une bonne tenue à l'humidité si on se réfère à sa notice technique. Néanmoins

ceci doit être confirmé par les essais normalisés de délamination (norme NF EN 391).

En usage en intérieur, la colle « blanche » de nature vinylique reste la plus en vue puisqu'elle offre le meilleur rapport qualité-prix.

Malheureusement, par manque de temps et de matériel, nous n'avons pas pu effectuer tous les essais programmés et nécessaires à la caractérisation complète du bois lamellé collé. On espère que des études futures par d'autres étudiants permettront sûrement d'améliorer et de compléter ce travail.

# LISTE DES FIGURES

## Liste des figures :

<b>Figure I.1 :</b> Coupe transversale d'un tronc d'arbre.....	05
<b>Figure I.2 :</b> Panneau de contre-plaqué.....	10
<b>Figure I.3 :</b> Panneau à lamelles orientées.....	11
<b>Figure I.4 :</b> Panneau de particules de bois.....	13
<b>Figure I.5:</b> Panneau de fibres.....	14
<b>Figure I.6 :</b> Poutre en bois lamellé collé.....	15
<b>Figure I.7 :</b> Schéma de l'orientation des directions principales du bois .....	18
<b>Figure I.8 :</b> Comportement théorique du bois en traction/compression dans la direction longitudinal .....	20
<b>Figure II.1 :</b> Epreuve courante en forme de barreau.....	23
<b>Figure II.2 :</b> Troncs d'arbre reçus au laboratoire.....	24
<b>Figure II.3 :</b> Troncs d'arbre découpés en madriers.....	25
<b>Figure II.4 :</b> Les pièces de bois de forme parallélepipedique.....	25
<b>Figure II.5 :</b> Collage des éprouvettes.....	26
<b>Figure II.6 :</b> Mise sous pression des éprouvettes.....	26
<b>Figure II.7 :</b> Eprouvettes brutes Les éprouvettes sont par la suite nettoyées et mises aux dimensions finales. ....	26
<b>Figure II.8 :</b> Eprouvette finie.....	27
<b>Figure II.9 :</b> Eprouvettes pour la mesure de la densité et teneur en eau.....	28
<b>Figure II.10 :</b> Pied à coulisse à 0.01 [mm] de précision.....	28
<b>Figure II.11 :</b> Balance de précision de 0.01g.....	29
<b>Figure II.12 :</b> Etuve ventilée.....	29
<b>Figure II.13 :</b> dispositif d'essai de cisaillement.....	31
<b>Figure II.14 :</b> Machine d'essais.....	32
<b>Figure II.15 :</b> Dispositif d'essais.....	32
<b>Figure II.16 :</b> Exemple de joint cisailé.....	33
<b>Figure II.17 :</b> Colle blanche. ....	34

<b>Figure II. 18</b> :Colle Néoprène.....	35
<b>Figure II. 19</b> :Première Colle Epoxy.....	35
<b>Figure II.20</b> : Deuxième colle Epoxy.....	36
<b>Figure II.1</b> : Exemple de courbe charge-déplacement Colle 1.....	38
<b>Figure III.2</b> :Exemple de courbe charge-déplacement colle 2.....	38
<b>Figure III.3</b> : Exemple de courbe charge-déplacement colle 3.....	39
<b>Figure III.4</b> : Exemple de courbe charge-déplacement colle 4.....	39
<b>Figure III.5</b> : Rupture dans la colle (colle3).....	39
<b>Figure III.1:</b> Rupture dans la colle (colle1).....	40
<b>Figure III.7</b> :Rupture mixte (colle3) .....	40
<b>Figure III.8</b> :Décollage du joint de colle .....	40
<b>Figure. III.8</b> :Décollage du joint de colle.....	41

# **LISTE DES TABLEAUX**

## **LISTE DES TABLEAUX :**

**Tableau III.1:** Récapitulatif des résultats de mesure de la densité humide...36

**Tableau III.2:** Récapitulatif des résultats de mesure sèche .....36

**Tableau III.3:** Récapitulatif des résultats de mesure du taux d'humidité.....37

**Tableau III.4:** Récapitulatif des résultats de la résistance en cisaillement...37

# REFERENCE

## **BIBLIOGRAPHIE:**

- [1] Cote, W, A, The structure of wood and the wood cell wall, in principles of wood, Science and technology, Springer-Verlag . Berlin.1984
- [2] Charpentes lamellées collées, Application Bois Construction, Centre technique du bois et de l'ameublement CTBA, Paris, 2007
- [3] Avale, M., Propriétés mécaniques du bois et des matériaux dérivés, Pense Précis Bois, H. Vial, Editor, Paris, 1984
- [4] BOURREAU Damien, Etude de faisabilité de lamellé-collé endémique en Guyane Française, thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, 2011
- [5] Norme NF EN 392, Afnor, Paris, 1995
- [6] Norme NF B51-005, Afnor, Paris, 1985
- [7] Norme NF B51-004, Afnor, Paris, 1985
- [8] HADRI K., OULEDIEF W., COMPORTEMENT EN FLEXION D'UNE POUTRE EN BOIS ABOUTÉ, mémoire de master, Université 08 mai 1945, Guelma, 2016
- [9] LANGBOUR P., GERARD J., GUIBAL D., Caractérisation technologique et valorisation en bois d'œuvre du pin d'Alep (*pinushalepensis*) de la région Provence Alpes Côte d'Azur, Forêt Méditerranéenne, 32 (3), 2011
- [10] – BENOIT Y., LEGRAND B., TASTET V., Calcul des structures en bois, Guide d'application -Eurocode 5, Eyrolles, AFNOR, Paris, 2008.

# ANNEXES

**ANNEXES 1 : Résultats complets de la mesure de la densité et le taux d'humidité :**

N°	Dimensions (mm)									Volume V (mm <sup>3</sup> )	Masse humide m1 (g)	Masse sèche m2 (g)	Densité humide □ <sub>h</sub>	Densité sèche □ <sub>s</sub>	Teneur en eau W (%)
	a1	a2	a <sub>moy</sub>	b1	b2	b <sub>moy</sub>	c1	c2	c <sub>moy</sub>						
1	24,27	24,49	24,38	45,13	44,89	45,01	49,6	49,21	49,41	54214,27	29,68	26,27	0,55	0,48	0,11
2	24,12	24,68	24,40	43,97	44,44	44,21	50,16	50,17	50,17	54108,07	30,43	26,89	0,56	0,50	0,12
3	23,65	24,56	24,11	43,98	45,18	44,58	46,47	50,1	48,29	51887,10	34,32	30,16	0,66	0,58	0,12
4	24,26	24,19	24,23	43,62	44,02	43,82	50,66	50,39	50,53	53634,28	29,95	26,49	0,56	0,49	0,12
5	24,07	23,73	23,90	44,67	44,78	44,73	50,26	50,01	50,14	53590,68	31,55	27,83	0,59	0,52	0,12
6	23,44	23,22	23,33	44,86	44,63	44,75	50	50,26	50,13	52330,75	32,02	28,28	0,61	0,54	0,12
7	23,66	23,73	23,70	44,53	44,5	44,52	49,75	49,75	49,75	52475,45	32,03	28,23	0,61	0,54	0,12
8	23,95	24,08	24,02	44,71	44,69	44,70	50	50,09	50,05	53721,83	33,12	29,17	0,62	0,54	0,12
9	24,35	24,27	24,31	44,63	44,85	44,74	49,84	49,85	49,85	54212,89	28,86	25,51	0,53	0,47	0,12
10	24,21	24,25	24,23	45,18	45,2	45,19	49,8	49,85	49,83	54556,07	34,33	30,24	0,63	0,55	0,12
11	24,13	24,23	24,18	45,27	45,29	45,28	50	49,57	49,79	54508,12	37,01	32,74	0,68	0,60	0,12
12	23,91	23,77	23,84	45,07	45,06	45,07	49,79	49,83	49,81	53513,35	33,19	29,56	0,62	0,55	0,11
13	24,9	24,62	24,76	45,22	45,13	45,18	49,4	48,84	49,12	54942,34	29,46	26,15	0,54	0,48	0,11
14	24,28	24,5	24,39	45,08	45,02	45,05	49,97	49,84	49,91	54834,09	33,04	29,43	0,60	0,54	0,11
15	24,55	24,58	24,57	45	45,33	45,17	49,61	49,58	49,60	55024,57	32,3	28,91	0,59	0,53	0,10
16	23,92	23,68	23,80	45,02	44,98	45,00	49,21	49,24	49,23	52719,98	31,37	27,96	0,60	0,53	0,11
17	24,14	24,39	24,27	45,13	45,15	45,14	50,89	50,17	50,53	55346,63	37,55	33,39	0,68	0,60	0,11
18	24,31	24,23	24,27	45,27	45,22	45,25	50,24	49,93	50,09	54998,15	33,64	29,85	0,61	0,54	0,11
19	24,15	24,12	24,14	44,94	44,82	44,88	49,35	49,56	49,46	53568,61	33,2	29,56	0,62	0,55	0,11
20	23,73	23,69	23,71	45	45,14	45,07	49,44	49,46	49,45	52842,75	30,39	27,04	0,58	0,51	0,11
21	24,26	24,19	24,23	45,45	45,38	45,42	49,63	49,77	49,70	54678,87	33,45	29,7	0,61	0,54	0,11
22	24,17	24,08	24,13	44,21	44,35	44,28	49,95	49,88	49,92	53321,95	33,96	30,14	0,64	0,57	0,11

## ANNEXES 2 : Résultats complets de la mesure de la résistance au cisaillement Colle 1:

Nom du joint	Charge de rupture	Dimensions de l'interface		Surface de l'interface	Facteur de correction	Résistance au cisaillement
	Fu (kN)	B (mm)	T (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	k	Fv (MPa)
c124-c123	9,868	43,82	48,04	2105,11	0,991376	4,65
c123-c122	12,451	44,5	48,85	2173,83	0,99494	5,70
C122-C121	13,176	44,39	48,77	2164,90	0,994588	6,05
C11-C12	8,881	43,98	49,1	2159,42	0,99604	4,10
C13-14	7,259	42,63	48,9	2084,61	0,99516	3,47
C16-C17	12,934	43,78	48,94	2142,59	0,995336	6,01
C17-C18	11,089	43,33	49,22	2132,70	0,996568	5,18
C19-C110	5,047	43,7	48,74	2129,94	0,994456	2,36
C14-C15	7,154	42,27	48,9	2067,00	0,99516	3,44
C111-C112	13,479	43,52	49,58	2157,72	0,998152	6,24
C112-C113	10,997	43,52	49,33	2146,84	0,997052	5,11
C114-C115	5,541	44,12	48,79	2152,61	0,994676	2,56
C113-C114	8,739	43,72	48,97	2140,97	0,995468	4,06
C116-C117	14,078	44,22	49,44	2186,24	0,997536	6,42
C117-C118	13,355	43,94	49,35	2168,44	0,99714	6,14
C119-C120	14,09	43,54	49,09	2137,38	0,995996	6,57
C118-C119	6,959	43,54	49,23	2143,47	0,996612	3,24

**ANNEXES 3 : Résultats complets de la mesure de la résistance au cisaillement Colle 2:**

Nom du joint	Charge de rupture	Dimensions de l'interface		Surface de l'interface	Facteur de correction	Résistance au cisaillement
	Fu (kN)	B (mm)	T (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	k	Fv (MPa)
C21-C22	2,595	44,61	49,49	2207,75	0,997756	1,17
C23-C24	1,035	43,58	49,34	2150,24	0,997096	0,48
C24-C25	3,463	44,5	49,34	2195,63	0,997096	1,57
C25-C26	1,232	44,5	49,39	2197,86	0,997316	0,56
C26-C27	1,588	44,34	49,38	2189,51	0,997272	0,72
C27-C28	1,521	44,34	49,38	2189,51	0,997272	0,69
C28-C29	1,506	44,53	49,23	2192,21	0,996612	0,68
C29-C210	0,208	44,53	49,23	2192,21	0,996612	0,09

**ANNEXES 4 : Résultats complets de la mesure de la résistance au cisaillement Colle 3:**

Nom du joint	Charge de rupture	Dimensions de l'interface		Surface de l'interface	Facteur de correction	Résistance au cisaillement
	Fu (kN)	B (mm)	T (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	k	Fv (MPa)
C31-C32	19,956	43,44	49,37	2144,63	0,997228	9,28
C33-C34	20,257	43,47	49,05	2132,20	0,99582	9,46
C34-C35	8,314	43,46	49,02	2130,41	0,995688	3,89
C35-C36	17,422	43,46	48,95	2127,37	0,99538	8,15
C36-C37	12,492	43,6	48,59	2118,52	0,993796	5,86
C37-C38	13,971	43,78	49,06	2147,85	0,995864	6,48
C38-C39	10,722	43,45	49,19	2137,31	0,996436	5,00

**ANNEXES 5 : Résultats complets de la mesure de la résistance au cisaillement Colle 4:**

Nom du joint	Charge de rupture	Dimensions de l'interface		Surface de l'interface	Facteur de correction	Résistance au cisaillement
	Fu (kN)	B (mm)	T (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	k	Fv (MPa)
C41-C42	3,314	43,45	49,18	2136,87	0,996392	1,55
C42-C43	12,791	43,35	49,32	2138,02	0,997008	5,96
C43-C44	10,65	43,27	48,75	2109,41	0,9945	5,02
C44-C45	10,222	43,27	48,75	2109,41	0,9945	4,82
C47-C48	12,856	43,16	48,92	2111,39	0,995248	6,06
C48-C49	7,5	43,28	49,4	2138,03	0,99736	3,50
C49-C410	16,933	43,77	47,35	2072,51	0,98834	8,08
C45-C46	12,126	43,31	48,75	2111,36	0,9945	5,71

**norme européenne**  
**norme française**

**NF EN 392**

Mai 1995

Indice de classement : P 21-372

ICS : 79.080

Bois lamellé collé

**Essai de cisaillement  
des joints de collage**

E : Glued laminated timber — Shear test of glue lines  
D : Brettschichtholz — Scherprüfung der Leimfugen

**Norme française homologuée**

par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 5 avril 1995 pour prendre effet le 5 mai 1995.

**Correspondance**

La norme européenne EN 392:1995 a le statut d'une norme française

**Analyse**

Le présent document s'inscrit dans la série des normes relatives aux matériaux de construction mises au point au sein du CEN/TC 124 «Structures en bois». Il spécifie une méthode de mesurage de la résistance au cisaillement des joints de collage dans la direction des fibres. Elle est destinée au contrôle de la qualité des plans de collage.

**Descripteurs**

Thésaurus International Technique : bois lamellé collé, collage, contrôle de qualité, essai de cisaillement, résistance au cisaillement.

**Modifications**

**Corrections**

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex — Tél. : (1) 42 91 55 55



## Membres de la commission de normalisation

Président : M DEMANGE

Secrétariat : MME COTTENET — BNBA/CTBA ..

M	BARDY	MINISTERE DE L'EQUIPEMENT — DION DE LA CONSTRUCTION
M	BAZIN	CSTB
M	BIGER	BUREAU VERITAS
M	BOULLARD	CAPEB
M	CAILLAUD	CTFT
M	COMPAROT	GIPEN
M	COMPIN	UNFCS CHAPENTE MENUISERIE PARQUETS
M	DE LADONCHAMPS	SYNDICAT GENERAL FABRICANTS PANNEAUX A BASE DE BOIS
M	DE SAINT MARTIN	FEDERATION NATIONALE NEGOCIANTS MATERIAUX DE CONSTRUCTION
M	DEMANGE	BNBA
M	DUTHEIL	FNIB
M	ELBEZ	CTBA
M	ETIENNE	DAEI
M	FAHYS	FNB
M	FLORENTIN	CTBA
M	HRABOVSKY	FNB
M	HUC	FNIBB
M	KERN	FNIB
M	LAMADON	CEP
M	LE GOVIC	CTBA
M	MAZZANI	EDF DER-IPN
M	MILLEREUX	CEBTTP
M	PARANT	CTFT
M	ROUGER	CTBA
M	SAGOT	INGENIEUR CONSEIL
M	SMERECKI	AFNOR
M	SPIRE	FEDERATION FRANCAISE COMMERCE DU BOIS
M	THOMAS D'ANNEBAULT	FEDERATION FRANCAISE NEGOCE BOIS D'OEUVRE
M	VIDON	SOCOTEC

**avant-propos national***références aux normes françaises*

a correspondance entre la norme mentionnée à l'article «Références normatives» et la norme française identique est la suivante :

EN 386 : NF EN 386 (indice de classement : P.21-370)

a correspondance entre la norme mentionnée à l'article «Références normatives» et la norme française de même domaine d'application mais non identique est la suivante :

ISO 554 : X 15-001

NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD

EN 392

Janvier 1995

ICS 79.060.00

Descripteurs : bois lamellé collé, collage, contrôle de qualité, essai de cisaillement, résistance au cisaillement.

Version française

Bois lamellé collé —  
Essai de cisaillement des joints de collage

Brettschichtholz —  
Scherprüfung der Leimfugen

Glued laminated timber —  
Shear test of glue lines

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 1995-01-09.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

**CEN**

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung  
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

© CEN 1995 Tous droits de reproduction et de communication sous toutes formes et par tous moyens, réservés au CEN et à ses membres pour tous pays.

Réf. n° EN 392:1995 F

## Sommaire

	Page
Avant-propos .....	3
1 Domaine d'application .....	4
2 Références normatives .....	4
3 Définitions .....	4
4 Symboles .....	4
5 Prescriptions .....	5
6 Essai de cisaillement des joints de collage .....	5
6.1 Principe .....	5
6.2 Appareillage .....	5
6.3 Préparation des éprouvettes d'essais .....	6
6.4 Mode opératoire .....	9
6.5 Résultats .....	9
6.6 Rapport d'essai .....	9

### Avant-propos

La présente norme européenne a été élaborée par le CEN/TC 124 «Structures en bois» dont le secrétariat est tenu par le DS.

La présente norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en juillet 1995, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en juillet 1995.

NOTE : Il est jugé préférable de conserver les mêmes numéros d'articles pour toutes les normes de cette série. En conséquence, certains articles sont vides mais il est possible que les prochaines éditions aient besoin d'inclure un texte dans ces articles.

Elle ne se substitue à aucune norme européenne existante.

Conformément au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

## 1 Domaine d'application

La présente norme européenne prescrit une méthode de mesure de la résistance au cisaillement dans la direction des fibres. Elle est destinée au contrôle continu de la qualité des joints de collage.

## 2 Références normatives

Cette norme européenne comporte, par référence datée ou non datée, des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications, ne s'appliquent à cette norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

EN 386 Bois lamellé collé — Prescriptions de performance et prescriptions minimales de fabrication.  
ISO 554:1976 Atmosphères normales de conditionnement et/ou d'essai — Spécifications.

## 3 Définitions

Pour les besoins de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent :

### 3.1 carotte

prouvette de forme cylindrique forée dans le bois lamellé collé.

### 3.2 bois lamellé collé

élément structurel obtenu par collage de lamelles de bois dont le fil du bois est généralement parallèle.

### 3.3 barreau d'essai

prouvette d'essai en forme de barreau parallélépipédique rectangulaire.

### 3.4 rupture dans le bois

rupture se produisant dans ou entre les fibres du bois.

### 3.5 taux de rupture dans le bois

pourcentage de la surface de rupture dans le bois par rapport à la surface totale cisailée.

## Symboles

aire, en millimètres carrés ;

largeur de la face usinée de la carotte, en millimètres ;

largeur de l'éprouvette barreau, en millimètres ;

diamètre, en millimètres ;

- $F_u$  charge de rupture, en newtons ;
- $f_v$  résistance au cisaillement, en newtons par millimètre carré ;
- $k$  facteur de correction ;
- $l$  longueur de l'éprouvette, en millimètres ;
- $t$  épaisseur de l'éprouvette, en millimètres.

## 5 Prescriptions

Aucune.

## 6 Essai de cisaillement des joints de collage

### 6.1 Principe

Une contrainte de cisaillement est appliquée dans le joint de collage afin d'entraîner la rupture.

### 6.2 Appareillage

#### 6.2.1 Machine d'essai

Machine d'essai étalonnée pouvant exercer un effort de compression grâce au dispositif mentionné en 6.2.2.

La charge maximale doit être mesurée avec une précision de  $\pm 3\%$ .

#### 6.2.2 Dispositif de cisaillement

Dispositif de cisaillement comme représenté à la figure 1. L'appui à rotule doit s'auto-aligner de manière à ce que l'effort soit uniformément réparti sur la largeur de l'éprouvette, dans le sens du bois de bout.

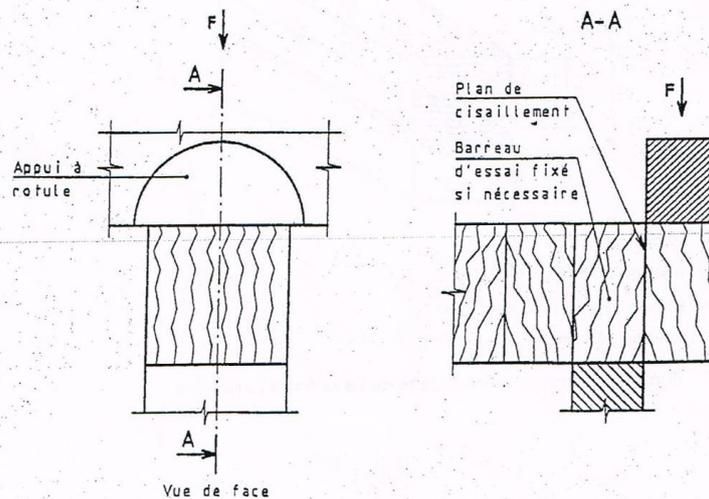


Figure 1 : Dispositif de cisaillement, avec barreau d'essai en place

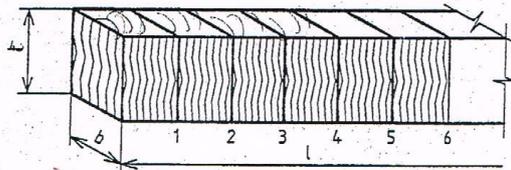
### 6.3 Préparation des éprouvettes d'essais

#### 6.3.1 Éprouvettes d'essais

Un soin particulier doit être apporté à la préparation des éprouvettes d'essais pour s'assurer que les surfaces chargées sont lisses, parallèles entre elles et perpendiculaires à la direction des fibres.

L'éprouvette d'essai doit avoir la géométrie décrite, soit à la figure 2, soit à la figure 3.

L'éprouvette courante est représentée à la figure 2.



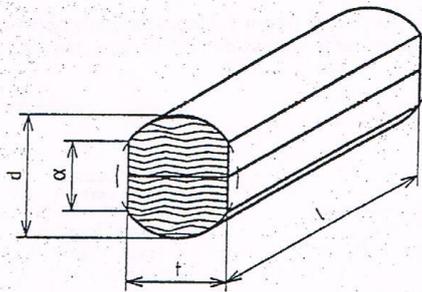
Dimensions : longueur,  $l$

largeur,  $b$  : 40 mm à 50 mm

épaisseur,  $t$  : 40 mm à 50 mm

NOTE : Si le barreau d'essai est découpé plus haut dans la section transversale, la numérotation des joints de collage ne part pas de 1, voir 6.3.3.

Figure 2 : Éprouvette courante en forme de barreau, et numérotation des différents joints de collage



Dimensions : longueur,  $l$  : 70 mm à 80 mm

diamètre,  $d$  : environ 35 mm

chants rectilignes,  $\alpha$  : environ 23 mm

épaisseur,  $t$  : environ 26 mm

Figure 3 : Carotte avec usinage de deux flans parallèles

### 6.3.2 Échantillonnage

6.3.2.1 Les barreaux d'essais doivent être découpés dans les éprouvettes d'une section entière décrites dans l'EN 386. Les essais doivent être effectués sur un minimum de trois joints de collage situés en position basse, moyenne et haute. S'il y a moins de 10 lamelles, tous les joints de collage doivent être essayés.

NOTE : Il est recommandé de prélever les éprouvettes de section entière dans des zones de l'élément en bois lamellé collé où a été exercée une pression de serrage suffisante. Dans la pratique, les éprouvettes sont cependant couramment découpées en bout de l'élément où la pression de serrage peut être variable ou insuffisante. Toutefois, si la valeur prescrite de la résistance au cisaillement est atteinte, la qualité du joint de collage est considérée satisfaisante.

6.3.2.2 L'essai de cisaillement doit, autant que possible, concerner la largeur totale de la section transversale de l'élément de bois lamellé collé. Le nombre de barreaux d'essais à prélever doit être celui qui est donné dans le tableau 1.

Tableau 1 : Nombre de barreaux d'essais

Largeur de la section entière, voir figure 4	≤ 100 mm	> 100 mm ≤ 160 mm	> 160 mm
Nombre de barreaux	1	2	3

Dimensions en millimètres

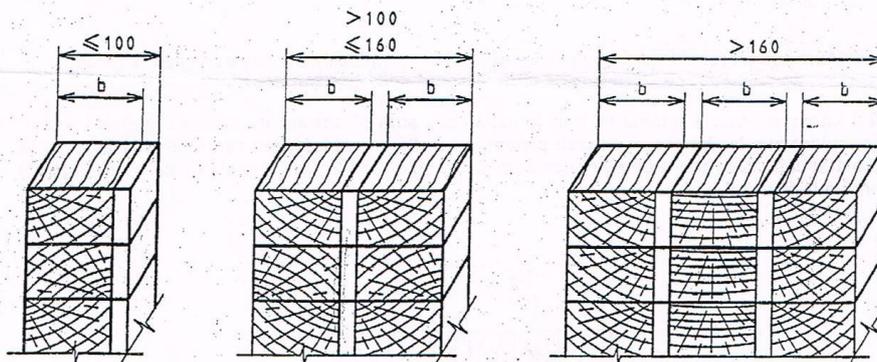


Figure 4 : Barreaux d'essais à découper dans la section transversale entière de l'échantillon

6.3.2.3 Lorsque deux éléments ou plus de bois lamellé collé sont placés simultanément sur le même dispositif de serrage, voir figure 6, les barreaux d'essais requis d'après les prescriptions spécifiées au 6.3.2.2 doivent être prélevés sur chacun de ces éléments.

6.3.2.4 Pour l'essai de plan de collage dans l'élément en bois lamellé collé, il faut prélever des carottes. Les carottes doivent être découpées perpendiculairement à la face de l'élément en bois lamellé collé, de telle sorte que le plan de collage se trouve au milieu de la carotte.

NOTE : Pour guider l'approche de l'outil, il est recommandé d'utiliser un support approprié.

Les carottes doivent être usinées sur deux faces perpendiculaires au joint de collage comme indiqué sur la figure 3, et divisées, longitudinalement, de telle sorte que les différentes éprouvettes aient une surface de cisaillement rectangulaire.

### 6.3.3 Marquage

Chaque barreau d'essais doit porter un marquage durable permettant son identification. Celui-ci doit indiquer la position de l'éprouvette dans la section transversale de l'élément en bois lamellé collé.

NOTE 1 : La figure 5 représente une méthode possible d'identification en fonction de la position.

Si l'élément en bois lamellé collé est collé verticalement, la partie avant de l'élément est marquée U et la partie arrière L.

Il convient de numérotter les joints de collage des éléments en bois lamellé collé en partant de l'arête inférieure de l'élément, voir figure 2.

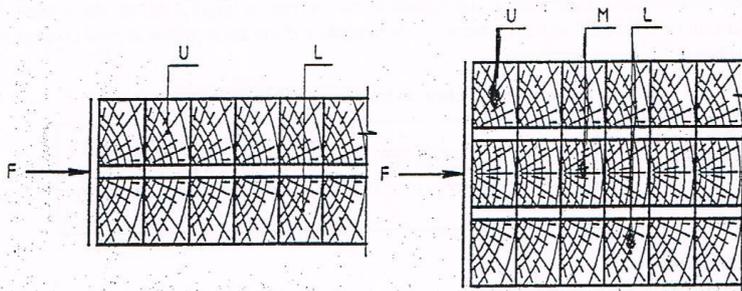


Figure 5 : Méthode d'identification proposée, montrant l'emplacement des barreaux d'essais dans la section transversale d'un élément collé horizontalement

NOTE 2 : Lorsque deux éléments en bois lamellé collé sont placés sur un même dispositif de serrage, il convient que les barreaux d'essais provenant de l'élément inférieur soient en outre marqués du chiffre 1 et ceux provenant de l'élément supérieur, du chiffre 2. Un exemple de ce marquage est représenté à la figure 6.

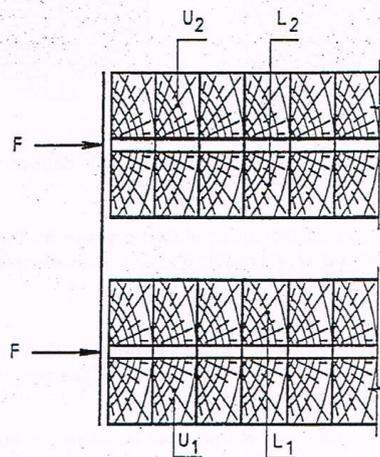


Figure 6 : Identification numérique complémentaire indiquant la position de l'élément en bois lamellé collé lors du serrage

## 6.4 Mode opératoire

6.4.1 Conditionner les éprouvettes d'essai jusqu'à une humidité d'équilibre dans l'atmosphère normalisée 20/65 définie par l'ISO 554, c'est-à-dire à une température de  $(20 \pm 2)$  °C et une humidité relative de  $(65 \pm 5)$  %. Pour les contrôles internes de qualité, l'humidité doit être uniforme sur l'ensemble de l'éprouvette et comprise entre 8 % et 13 %.

6.4.2 Mesurer à 0,5 mm près les dimensions à partir desquelles est calculée l'aire de la surface de cisaillement. Utiliser, par exemple, un pied à coulisse.

6.4.3 Installer l'éprouvette d'essai dans le dispositif de cisaillement de telle sorte que la charge s'exerce suivant la direction du fil. Le joint de collage doit être positionné de façon à ce que sa distance au plan de cisaillement ne soit en aucun point supérieure à 1 mm.

6.4.4 Appliquer la charge à vitesse constante et de façon à ce que la rupture se produise qu'au bout de 20 s au minimum.

6.4.5 Estimer le taux de rupture dans le bois, arrondi au multiple de cinq le plus proche.

6.4.6 À partir de chacun des barreaux d'essais comportant au moins cinq joints intacts une partie doit être marquée avec indication du numéro de commande, du numéro de l'élément, de la date du collage et de la position de l'éprouvette d'après 6.3.3, et conservée pendant un temps donné, fixé en accord avec l'organisme certificateur.

## 6.5 Résultats

Déterminer, avec deux chiffres significatifs, la valeur de la résistance équivalente au cisaillement  $f_v$  d'après la formule :

$$f_v = k \frac{F_u}{A}$$

où :

A est l'aire de cisaillement. Pour un barreau d'essais  $A = b t$ , et pour une carotte  $A = l t$ ;

k est un facteur de correction :  $k = 0,78 + 0,0044 t$ ;

t est l'épaisseur, en millimètres.

NOTE : Le facteur k permet de corriger la valeur de la résistance des éprouvettes pour lesquelles la longueur parallèle au fil est inférieure à 50 mm.

## 6.6 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes :

- a) la date de l'essai ;
- b) l'identification des éprouvettes essayées et des éléments dans lesquelles elles ont été découpées. Toute autre information significative, par exemple relative au pré-conditionnement ;
- c) l'essence du bois ;
- d) le type de l'adhésif ;
- e) les dimensions des éprouvettes ;
- f) la charge de rupture et la résistance au cisaillement ;
- g) toute observation significative faite pendant ou après les essais ;
- h) la signature de la personne responsable des essais.

NOTE : Il n'est pas nécessaire d'enregistrer et de consigner directement les informations e) à h), si elles peuvent être déduites de certaines des autres données enregistrées.