

# Influence des paramètres de fabrication du contreplaqué sur l'apparition macroscopique du délaminage et sa caractérisation.

A. EL MOUSTAPHAOU<sup>1</sup>, A. CHOUAF<sup>1</sup>, M. CHERGUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de contrôle et de caractérisation mécanique des matériaux et des structures, ENSEM, Casablanca, Maroc.

[a.chouaf.ensem@gmail.com](mailto:a.chouaf.ensem@gmail.com) ou [anouar.most@gmail.com](mailto:anouar.most@gmail.com)

## Résumé :

Le pressage à chaud est l'étape majeure du processus de fabrication du contreplaqué. Cependant, cette étape pourrait générer plusieurs défauts critiques tels que le délaminage au niveau des bords libres. L'objectif de ce travail est de déterminer l'influence des principaux paramètres de la fabrication du contreplaqué sur l'apparition macroscopique du délaminage, et de préciser à quel point les deux essences de bois étudiées, le Fromager et le Peuplier, résistent bien à ce phénomène. Par la suite, nous présenterons la formulation qui sera considérée pour les essais qui vont nous permettre de caractériser la propagation du délaminage dans les panneaux du contreplaqué.

**Mots clés :** *contreplaqué, pressage, température, temps, colle, délaminage.*

## Abstract :

Hot pressing is the major step in the process of manufacturing plywood. However, this step could cause several serious defects, such as the delamination at the free edges. The aim of this study is to determine the influence of the main parameters of the plywood's manufacturing on the macroscopic appearance of delamination, and to know how much the wood species, Ceiba and Poplar, are resistant to this phenomenon. Afterwards, we will present the formulation that will be considered for the tests that will enable us to characterize the propagation of delamination in plywood panels.

**Keywords :** *Plywood, pressing, temperature, time, glue, delamination.*

## 1. Introduction :

L'arrivée de dérivés et de composites à base de bois, présentant des caractéristiques plus intéressantes que sa forme naturelle, a donné un nouvel élan industriel à ce matériau [1]. L'un des meilleurs dérivés et composites de bois est le panneau de contreplaqué. Le contreplaqué est un panneau constitué de minces feuilles de bois obtenues par déroulage. Ce panneau se distingue par une superposition des plis à fils croisés, la cohésion des plis est assurée par collage et pressage à chaud. Ce procédé pourrait engendrer divers défauts macroscopiques. Parmi ces défauts, nous

pouvons citer le délaminage, des micro-vides ou des impuretés [2].

Dans cette présente étude, nous allons nous intéresser à la détermination de l'influence des principaux paramètres de la fabrication du contreplaqué sur l'apparition macroscopique du délaminage. En effet, le délaminage est un mécanisme de rupture qui se caractérise par un décollement ou une décohésion entre les plis du stratifié. La cause de délaminage pourrait être attribuée, en grande partie, à l'existence des contraintes interlaminaires. Ces contraintes interlaminaires se développent à partir de la discontinuité du comportement mécanique entre les plis individuels [3]. Le niveau de ces contraintes devient très singulier au voisinage des bords libres, ce phénomène est connu par « l'effet de bord libre » [4].

La caractérisation des éventuelles propagations du délaminage sera entamée. Nous présenterons les essais expérimentaux prévus pour cette caractérisation et qui sont l'essai DCB en mode I pur, l'essai ENF en mode II pur et l'essai MMF en mode mixte I et II.

## 2. Procédé de fabrication :

Le pressage à chaud consiste dans un premier temps en pré-pressage à froid des panneaux composés à plis croisés à une pression de 4 kg/m<sup>2</sup>. Après le pré-pressage, ces panneaux sont alors introduits dans une presse chaude de façon à obtenir une polymérisation suffisante du film de colle le plus éloigné des plateaux chauffants. Ce pressage à chaud permet d'assurer la liaison physique et chimique des différents plis. La pression, la température et le temps de pressage sont déterminés par le type de colle, l'épaisseur du panneau et les types de placages utilisés.

## 3. Etude expérimentale de l'effet des paramètres de fabrication sur le délaminage :

L'objectif des expériences effectuées sur chaque type de panneau est, d'une part, de déterminer l'influence des paramètres de fabrication telles que la température, le temps de pressage, la pression et le dépôt de colle sur l'apparition macroscopique du délaminage (Fig. 1), et d'autre part de savoir à quel point des deux essences de bois étudiées, le Fromager et le Peuplier, résistent bien à ce phénomène [5].



Fig. 1. Délaminage du contreplaqué

Pour réaliser cet objectif, Nous avons fixé la pression à 12 kg/m<sup>2</sup> qui est le paramètre le moins influent sur l'apparition du délaminage afin d'agir sur trois variables (température, temps de pressage, dépôt de colle), ensuite nous avons affecté trois valeurs à chaque paramètre. Les placages utilisés ont un taux d'humidité égal à 12%.

Par conséquent, le nombre de combinaisons possible est égal à  $3^3 = 27$ .

Or, chaque expérience engendre 9 panneaux parce que la presse à chaud utilisée durant ces essais est composée de 9 étages. Par conséquent, les expériences génèrent un nombre total de panneaux testés égal à  $27 \times 9 = 243$ .

Le pourcentage d'apparition du délaminage (PAD) de chaque expérience est calculé en divisant le nombre de panneaux décollés sur 9.

Pour déterminer le PAD selon chaque paramètre, il faut tout d'abord commencer par calculer le PAD de chaque expérience, ensuite chaque expérience est réalisée à partir des grandeurs bien définies de chaque paramètre. Le PAD de chaque grandeur est obtenu en faisant la moyenne des PAD de toutes les expériences dans lesquelles elle intervient.

En suivant cette démarche, nous obtiendrons les résultats cités ci-dessous (Fig. 2-3-4)

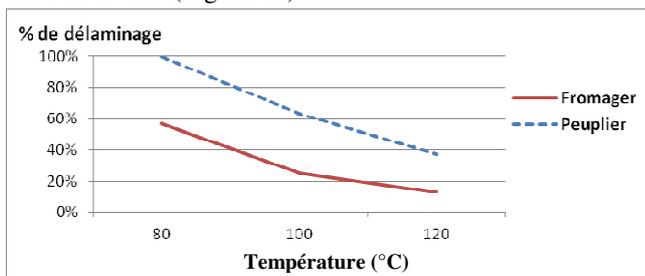


Fig. 2. Pourcentage d'apparition du délaminage en fonction de la température

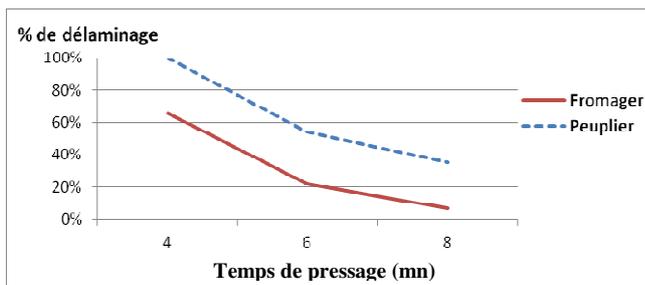


Fig. 3. Pourcentage d'apparition du délaminage en fonction du temps de pressage

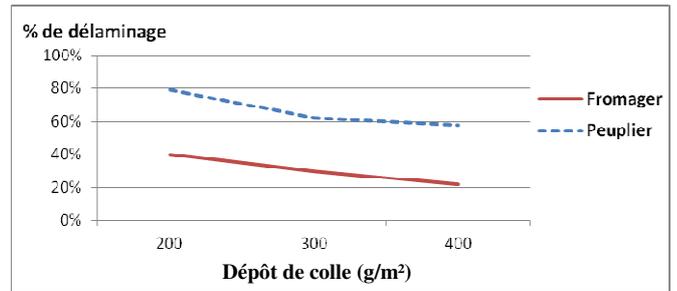


Fig. 4. Pourcentage d'apparition du délaminage en fonction du dépôt de colle

Pour savoir l'influence de la pression sur l'apparition macroscopique du délaminage, nous avons fait trois essais en fixant la température à 110 °C, le temps de pressage à 6 mn et le dépôt de colle à 300 g/m<sup>2</sup>. Les grandeurs testées de la pression sont : 7 kg/m<sup>2</sup>, 10 kg/m<sup>2</sup> et 12 kg/m<sup>2</sup>.

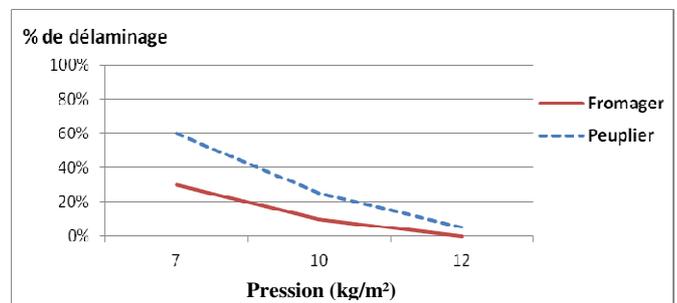


Fig. 5. Pourcentage d'apparition du délaminage en fonction de la pression

#### 4. Caractérisation de la propagation du délaminage

Le délaminage est un mode de rupture caractérisé par des grandeurs physiques mesurables expérimentalement. Le délaminage se décompose en deux phases indépendantes, une initiation et une propagation. L'initiation du délaminage est engendrée par trois contraintes interlaminaires maximales :  $\sigma_{zz}$ ,  $\sigma_{xz}$  et  $\sigma_{yz}$  (Repère de la Fig 1). En revanche, la propagation est caractérisée par trois taux de restitution d'énergie  $G_I$ ,  $G_{II}$  et  $G_{III}$ .

Afin de mesurer les taux de restitution d'énergie, il faut procéder à des essais expérimentaux. Les essais de caractérisation de la propagation du délaminage vont permettre de mesurer ces taux de restitution d'énergie pour les modes indépendants I et II, et également pour le mode mixte I et II. Une fois ces valeurs connues, il sera alors possible de prédire et d'anticiper le délaminage du contreplaqué.

##### 4.1. Essai Double Cantilever Beam (DCB) :

Le mode d'ouverture est le mode de délaminage le plus critique parce qu'il nécessite le moins d'énergie. Parmi les essais en mode I, la configuration la plus répandue est l'essai DCB (Double Cantilever Beam).

Le taux de restitution d'énergie en mode I est calculé à l'aide de la théorie des poutres modifiée :

$$G_I = \frac{3P\delta}{2B(a + \chi_I h)}$$

Où :

P : effort au point de chargement.

$\delta$  : déplacement au point de chargement.

B : largeur de l'éprouvette.

a : longueur de la fissure au cours de l'essai.

$\chi_I$  : correction de la rotation au front de fissure et de la déflexion par cisaillement.

h : demi-épaisseur de l'éprouvette.

$$\chi_I = \sqrt{\frac{E_{11}}{11G_{12}} \left\{ 3 - 2 \left( \frac{\Gamma}{\Gamma + 1} \right)^2 \right\}}$$

Avec :

$$\Gamma = 1,18 \frac{\sqrt{E_{11} E_{22}}}{G_{12}}$$

Où :

$E_{11}$  : module longitudinal de l'éprouvette.

$E_{12}$  : module transverse de l'éprouvette.

$G_{12}$  : module de cisaillement dans le plan de l'éprouvette.

## 4.2. Essai End Loaded Split (ELS) :

L'essai ELS se caractérise par sa stabilité si on le compare à l'essai de flexion trois points. Le côté sain de l'éprouvette est encastré alors que le côté contenant le défaut artificiel est chargé dans la direction de l'épaisseur. Le chargement est généralement appliqué à l'éprouvette par l'intermédiaire d'un bloc de charge ou par des charnières.

Avec la méthode de complaisance expérimentale, le taux de restitution d'énergie en mode II s'écrit :

$$G_{II} = \frac{3mP^2\delta^2}{2B}$$

Où

m : pente de la courbe de complaisance ( $C = \delta/P$ ) en fonction de  $a^3$ .

## 4.3. Essai Mixed Mode Flexure (MMF) :

L'essai MMF est très pratique à employer parce qu'il utilise le même montage et la même éprouvette que ceux de l'essai ELS. Le chargement est modifié afin d'imposer une flexion dans une seule lèvre de la partie délaminée de l'éprouvette. Dans cette configuration, l'éprouvette subit à la fois un chargement de mode I et un chargement de mode II.

Les taux de restitution d'énergie en mode I ( $G_I$ ) et mode II ( $G_{II}$ ) peuvent être déterminés à l'aide de la théorie des poutres modifiée :

$$G_I = \frac{6P^2(a + \chi_I h_2)^2}{B^2 E_{11}} \frac{h_1^3}{h_2^3(h_1^3 + h_2^3)}$$

$$G_{II} = \frac{18P^2(a + \chi_{II} h_1)^2}{B^2 E_{11}} \frac{h_1 h_2}{(h_1 + h_2)(h_1^3 + h_2^3)}$$

$$\frac{G_I}{G_{II}} = \frac{h_1^2(h_1 + h_2)^2}{3h_2^4} \left[ \frac{a + \chi_I h_2}{a + \chi_{II} h_1} \right]^2$$

Où :

$h_1$  : épaisseur de la poutre inférieure libre.

$h_2$  : épaisseur de la poutre supérieure chargée.

$\chi_I$  : correction de la rotation au front de fissure et de la déflexion par cisaillement.

$$\chi_{II} = 0.42 \chi_I$$

## 5. Conclusion et perspectives :

Le présent travail nous a permis de mettre en évidence l'influence des paramètres de la fabrication du contreplaqué sur l'apparition macroscopique du délaminage. Suite aux résultats obtenus, nous pourrions associer la criticité des contraintes conduisant au délaminage à la température et au temps de pressage en premier lieu. La résistance du bois au délaminage varie d'une essence à une autre. Certaines essences sont très sensibles à la variation de ces paramètres tel que l'essence du Peuplier. Pour remédier à cette problématique, il est recommandé de combiner une essence moins sensible au délaminage comme le Fromager avec une autre plus sensible comme le Peuplier dans un même panneau pour atténuer l'apparition du délaminage.

Ensuite, pour caractériser la propagation du délaminage des panneaux de contreplaqué, nous ferons appel à l'approche énergétique qui considère que la propagation de la fissure est un phénomène de dissipation d'énergie. Le paramètre fondamental de cette approche est le taux de restitution d'énergie. Pour déterminer ce paramètre, nous ferons appel aux essais expérimentaux. Ces essais incluent l'essai DCB pour le délaminage en mode I pur, l'essai ELS pour le mode II pur, et l'essai MMF pour le mode mixte I+II. Ces essais vont nous permettre de tracer la courbe de résistance du panneau de contreplaqué étudié.

## REFERENCES

- [1] J.B. CLAUDEL : *Caractérisation du comportement mécanique de panneaux de contreplaqué sous sollicitation de flexion et flexion-compression*. Thèse de doctorat, Université de Metz, Metz, France, 2002.
- [2] M. FOUGEROUSSE, R. BARRAY, G. DEON : *Résistance des panneaux contreplaqués à la pourriture : premiers essais sur l'influence de l'épaisseur des plis*. Revue Bois et Forêt des Tropiques, n° 197, 3e trimestre 1982.
- [3] CHRISTOPHE AVRIL : *Etude expérimentale et numérique de la résistance interlaminaire en mode I de thermoplastiques à renfort tissé*. Philippe OLIVIER et Jacques LAMON. JNC 16, Jun 2009, Toulouse, France.
- [4] THOMAS VANDELLOS : *Vers un modèle de zones cohésives adaptée à l'étude du délaminage dans les composites stratifiés*. 10e colloque national en calcul des structures, May 2011, Giens, France.
- [5] JMAT-2016 (Conférence Internationale des Matériaux Innovants & Leurs Applications).