LISE HARRISSON

# CARACTÉRISATION DES PAPIERS DE FINITION ET DES PANNEAUX DE FIBRES DE BOIS DE HAUTE DENSITÉ (HDF) UTILISÉS DANS LA PRODUCTION DE PLANCHER FLOTTANT

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en sciences du bois pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

#### FACULTÉ DE FORESTERIE ET DE GÉOMATIQUE UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC

2006

© Lise Harrisson, 2006

## Résumé

La stratification à chaud des panneaux de fibres de bois à haute densité (HDF) fait parti intégrante du procédé de fabrication du plancher flottant. Cette opération n'est pas sans comporter des défis techniques pour lesquels une compréhension du phénomène de gauchissement des panneaux HDF, induit lors de la stratification, est essentielle. À cet égard, la caractérisation physico-mécanique des papiers de finition et des panneaux HDF utilisés dans la production de plancher flottant est appropriée. Les objectifs spécifiques de ce projet étaient l'évaluation du coefficient de contraction et du module d'élasticité en traction des papiers de finition, en plus de l'évaluation du coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF. L'étude du comportement des papiers de finition a été réalisée sur trois types de papiers (feuille d'usure, papier décor et feuille de contrebalancement) dans les deux directions principales (sens machine et sens travers), et ce à trois temps de pressage (0, 10 et 20 secondes). Dix répétitions furent réalisées pour chacune des conditions expérimentales. La détermination du coefficient de conductivité thermique a été réalisée sur des panneaux HDF d'une épaisseur de 7 et 8 mm. Trois températures ont été étudiées (100, 150 et 200°C) en appliquant un différentiel de température de 25°C. Chacun des trois échantillons analysés par condition expérimentale ont été soumis à trois cycles d'essais.

Le type de papier a un effet hautement significatif sur le coefficient de contraction et ce dernier augmente avec le temps de pressage et est inférieur dans le sens machine. Ces travaux ont également permis de démontrer que pour un même type de papier, le module d'élasticité est supérieur dans le sens machine et augmente avec le temps de pressage. De plus, nous avons établi que le module d'élasticité augmente linéairement avec le grammage des papiers avant imprégnation et diminue avec le contenu en résine. Dans l'étendu des masses volumiques étudiées, la variation de l'épaisseur des panneaux HDF de 7 à 8 mm n'a pas eu d'effet significatif sur la conductivité thermique.

Mots-clés : plancher flottant, papiers de finition, panneaux HDF, gauchissement, lamination, coefficient de contraction, module d'élasticité, conductivité thermique.

### Abstract

The lamination of HDF panels is an important step in laminate flooring production. This operation involves technical challenges which require knowledge regarding HDF panel warping occurring during lamination. In this regard, the determination of the physical and mechanical properties of saturated lamination papers and HDF panels used in the production of laminate flooring is strategic. The specific objectives of this study were the determination of the contraction coefficient and modulus of elasticity in traction of saturated papers, in addition to the evaluation of HDF thermal conductivity. Three types of papers were studied (overlay, decorative paper, backer) in two directions (machine direction and cross direction) and at three pressing times (0, 10 and 20 seconds). For each combination, ten repetitions were made. The determination of thermal conductivity was established on 7 and 8 mm boards, which had a density of 871 and 918 kg/m<sup>3</sup> respectively. Three temperatures were studied (100, 150 and 200°C) for the same temperature difference of 25°C. Three samples were analysed three times for each experimental condition.

The type of paper had a highly significant impact on the contraction coefficient, which is higher in cross direction and increases with pressing time. This study has also shown that for a given paper, the modulus of elasticity in traction is higher in the machine direction and increases with pressing time. We have also established that the modulus of elasticity increases linearly with paper basic weight before impregnation and decreases linearly with resin content. Temperature had a significant impact on the thermal conductivity of HDF panels most likely due to panel moisture content variation during testing. Thickness and density of HDF panels did not have a significant effect on thermal conductivity.

**Key words**: laminate flooring, saturated paper, HDF board, warping, lamination, contraction factor, modulus of elasticity, thermal conductivity.

# **Avant-Propos**

Bon nombre de personnes ont participé à la réalisation de ce mémoire. Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur de maîtrise, le Dr Alain Cloutier, pour son implication, son soutien et son professionnalisme. Mes remerciements vont également au Dr Ahmed Koubaa, codirecteur de maîtrise, qui par ses judicieux conseils et son expertise a su m'orienter dans mes démarches. Je ne peux passer sous silence la franche camaraderie et le support tout autant efficace qu'essentiel, de Messieurs Serge Plamondon et Sylvain Auger, techniciens en enseignement et recherche.

Je tiens également à remercier Ressources naturelles Canada, qui par le biais du programme Valeur au bois, a soutenu financièrement ce projet, ainsi qu'Uniboard Canada Inc., partenaire industriel associé à cette recherche.

Enfin, je ne peux terminer sans remercier ma famille et mes proches pour leur indéfectible compréhension et leur appui de tous les instants. Vous représentez tous et toutes une grande source de fierté et de motivation.

"La vie, c'est comme une bicyclette, il faut avancer pour ne pas perdre l'équilibre." Albert Einstein

# Table des matières

CHAPITRE I REVUE DE LITTÉRATURE	3
1.1 Les principaux types de laminés et leurs caractéristiques	3
1.1.1 Les laminés haute pression	3
1.1.2 Les laminés basse pression	5
1.1.3 Les feuils décoratifs	6
1.1.4 Les placages	7
1.2 Caractéristiques des différentes composantes des laminés haute et/ou basse	
pression	7
1.2.1 Feuille de recouvrement	7
1.2.2 Papier décoratif	8
1.2.3 Papier Kraft	9
1.2.4 Substrat	. 10
1.2.5 Feuille de contre-balancement	. 13
1.3 Procédé d'imprégnation	. 13
1.3.1 Papier décoratif	. 13
1.3.2 Papier Kraft	. 15
1.4 Procédé de pressage	. 16
1.4.1 Laminés haute pression	.17
1.4.2 Laminés basse pression	. 18
1.5 Le plancher flottant	. 22
1.6 Normes et standards	. 23
1.7 Le phénomène de gauchissement des panneaux laminés	. 24
1.8 Objectifs et hypothèses de recherche de l'étude	. 30
CHAPITRE II MATÉRIEL ET MÉTHODES	. 32
2.1 Matériel	. 32
2.1.1 Caractéristiques des papiers de finition	. 32
2.1.2 Caractéristiques des panneaux HDF	. 33
2.2 Méthodes	. 33
2.2.1 Coefficient de contraction des papiers de finition	. 33
2.2.2 Module d'élasticité en traction des papiers de finition	. 36
2.2.3 Coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF	. 38
CHAPITRE III RÉSULTATS ET DISCUSSION	. 45
3.1 Coefficient de contraction des papiers de finition	. 45
3.2 Module d'élasticité en traction des papiers de finition	. 50
3.3 Coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF	. 56
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	. 62
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	. 65
ANNEXE 1 LISTE DES ABRÉVIATIONS	. 69
ANNEXE 2 RÉSULTATS DES COEFFICIENTS DE CONTRACTION	. 70
ANNEXE 3 RÉSULTATS POUR LE MOE (GPa) EN TRACTION DES PAPIERS	DE
FINITION	. 78
ANNEXE 4 RÉSULTATS DE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE DES PANNEAUX	, •
HDF DE 7mm	. 79
ANNEXE 5 RÉSULTATS DE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE DES PANNEAUX	, •
HDF DE 8mm	. 88

# Liste des tableaux

Tableau 1 Coefficients de conductivité thermique (W/m°C) du bouleau pour des températures de 21 et 100°C dans les directions longitudinale et transversale (adapté
de Suleiman et al. 1999)11
Tableau 2 Coefficients de conductivité thermique (W/m°C) de divers types de panneaux
agglomérés mesurés à 20°C (LeVan 1985; Timber Trade Federation 2005; Nemli et
Kalaycioğlu 2002)
Tableau 3 Variation des coefficients de conductivité thermique en fonction de la masse
volumique des panneaux agglomérés (Timber Trade Federation 2005)
Tableau 4 Caractéristiques physiques des papiers de finition utilisés lors des essais
expérimentaux
Tableau 5 Structure expérimentale appliquée pour déterminer le coefficient de contraction
des papiers de finition (Nombre de rénétitions)
Tableau 6 Structure expérimentale appliquée pour déterminer le module d'élasticité en
traction des naniers de finition (nombre de rénétitions)
Tableau 7 Structure aunérimentale annliquée neur déterminente acofficient de conductivité
the service of the se
thermique de panneaux HDF de / mm d'epaisseur nominale
l'ableau 8 Structure experimentale appliquee pour determiner le coefficient de conductivite
thermique de panneaux HDF de 8 mm d'épaisseur nominale
Tableau 9 Coefficients de contraction des papiers de finition (%) selon la direction du
papier et le temps de pressage
Tableau 10 Analyse de variance portant sur les coefficients de contraction des papiers de
finition46
Tableau 11 Analyse par contraste ayant pour but de déterminer l'effet du contenu en résine
et du grammage du papier avant imprégnation sur le coefficient de contraction des
papiers de finition
Tableau 12 Modules d'élasticité en traction des papiers de finition (GPa), selon la direction
du papier et le temps de pressage
Tableau 13 Analyse de variance portant sur le module d'élasticité en traction des papiers de
finition
Tableau 14 Comparaisons multiples des valeurs de MOE en traction des papiers de finition
pour l'interaction papier*direction
Tableau 15 Comparaison multiples des valeurs de MOE en traction des papiers de finition
pour l'interaction papier*temps 56
Tableau 16 Analyse par contraste pour étudier l'effet du contenu en résine et du grammage
du papier avant imprégnation sur le module d'élasticité en traction des papiers de
finition
Tableau 17 Coefficients de conductivité thermique (W/m°C) pour une différence de
tampáratura da 25°C at tangura an humiditá (avant at anràs abaqua avala) das
remperature de 25 °C et teneurs en numbure (avant et après chaque cycle) des
panneaux HDF de / mm d'epaisseur nominale
Tableau 18 Coefficients de conductivite thermique (W/m°C) pour une différence de
temperature de 25°C et teneurs en humidite (avant et après chaque cycle) des
panneaux HDF de 8 mm d'epaisseur nominale
Tableau 19 Analyse de variance pour le coefficient de conductivité thermique des
panneaux HDF de 7 et de 8 mm d'épaisseur nominale60

# Liste des figures

Figure 1 Composition d'un laminé haute pression (HPL) (d'après Meadwestvaco 2005	5b)4
Figure 2 Assemblage d'un panneau laminé haute pression (HPL) (d'après Meadwestva 2005b).	aco 4
Figure 3 Composition d'un panneau laminé basse pression (LPL) (d'après Meadwestv 2005b).	aco 5
Figure 4 Composition d'un panneau laminé avec feuil (d'après Meadwestvaco 2005b) Figure 5 Procédé d'imprégnation à une seule phase utilisé pour les papiers décoratifs (d'après Meadwestvaco 2005b).	6 14
Figure 6 Procédé d'imprégnation utilisé pour le papier Kraft (d'après Meadwestvaco 2005b).	15
Figure 7 Assemblage de type double utilisé avec les HPL (d'après Meadwestvaco 200	5b). 17
Figure 8 Regroupement de laminés HPL à l'intérieur d'une ouverture de presse (d'aprè Meadwestvaco 2005b).	s 18
Figure 9 Presse HPL à ouvertures multiples (d'après Meadwestvaco 2005b) Figure 10 Presse à ouverture simple utilisée avec les LPL (d'après Meadswestvaco 20	18 05b). 19
Figure 11 Les différentes composantes du plancher flottant (d'après Meadwestvaco 20	)05a). 22
Figure 12 Les différents types de gauchissement d'un panneau (d'après Ganev 2002). Figure 13 Variation du gauchissement en fonction de l'épaisseur pour des panneaux d particules de 1200x2400 mm (adapté de Cai 2004)	24 e 25
Figure 14 Isothermes de sorption a) la couche de surface du panneau de particules, b) couche médiane du panneau de particules, c) le laminé haute pression, d) la feuill contre-balancement (adapté de Wu et Suchsland 1996).	la le de 27
Figure 15 Gabarit utilisé pour la préparation des échantillons de papier.	33
Figure 16 Appareil de mesure utilisé pour déterminer la contraction du papier.	35
Figure 17 Dispositif utilisé pour déterminer le module d'élasticité en traction des papie finition.	ers de 37
Figure 18 Face du panneau HDF adjacente à la plaque froide	39
Figure 19 Face du panneau HDF adjacente à la plaque chaude.	39
Figure 20 Positionnement des instruments de mesure sur les échantillons	40
Figure 21 Dispositif expérimental utilisé dans la détermination du coefficient de conductivité thermique.	43
Figure 22 Variation du coefficient de contraction des papiers de finition en fonction de type de papier, de la direction de la mesure et du temps de pressage	lu 47
Figure 23 Variation du module d'élasticité en traction des papiers de finition en fonction	on du
type de papier, de la direction et du temps de pressage	53
Figure 24 Coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF en fonction de leu	ur
épaisseur et de la température de la plaque chaude.	60
Figure 25 Profils de masse volumique pour des panneaux HDF de 7 et 8 mm d'épaisse	eur
nominale	61

# Introduction

Depuis les années 1990, la demande pour le plancher flottant a connu un accroissement spectaculaire sur les marchés européen et asiatique et ce au détriment du plancher de bois massif et des autres types de revêtement de plancher plus conventionnels (textile, vinyle, etc.). En Amérique du Nord, la popularité du plancher flottant n'a pris son envol qu'en 1997. La croissance rapide du marché mondial pour le plancher de bois franc, associée à la rareté grandissante de la ressource ligneuse, ont fait du plancher flottant une alternative intéressante pour l'industrie (Lefebvre et Beauregard 1999).

Le plancher flottant est considéré comme un produit d'ingénierie et fait appel à différents procédés de transformation. Notons entre autres, la fabrication de panneaux, l'imprégnation du papier ainsi que la lamination. Parmi ses composantes, le plancher flottant compte un substrat, sous la forme d'un panneau de fibres de bois à haute densité (HDF), auquel l'on adjoint différents types de papiers de finition. Les caractères hétérogènes, anisotropes et hygroscopiques de chacune de ces composantes viennent complexifier leurs interactions.

L'un des défis majeurs auquel fait actuellement face l'industrie du plancher flottant est le phénomène de gauchissement hygromécanique engendré lors de la lamination à chaud des panneaux de fibres de bois. Une meilleure connaissance des propriétés physico-mécaniques des papiers de finition et des panneaux HDF utilisés dans la production de plancher flottant permettrait une meilleure compréhension du phénomène de gauchissement décrit précédemment. Une revue de littérature a été réalisée en ce sens. Bien que cette dernière ait permis de mettre en évidence les particularités, les caractéristiques et les divergences des principaux types de laminés et leurs composantes, aucune information concernant les propriétés physico-mécaniques des papiers de finition n'a été répertoriée.

Conséquemment, la caractérisation physico-mécanique des papiers de finition et des panneaux HDF utilisés dans la production de plancher flottant constituera un jalon important dans la compréhension du phénomène de gauchissement hygromécanique survenant lors du procédé de lamination à chaud des panneaux de fibres de bois.

Cette étude a donc pour but la détermination du coefficient de contraction des papiers de finition lors du pressage à chaud, du module d'élasticité en traction des papiers de finition et du coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF.

# **CHAPITRE I REVUE DE LITTÉRATURE**

### 1.1 Les principaux types de laminés et leurs caractéristiques

Les laminés utilisés pour le revêtement de panneaux composites à base de bois sont regroupés selon quatre catégories : les laminés haute pression, les laminés basse pression, les feuils décoratifs et les placages de bois.

### 1.1.1 Les laminés haute pression

Les laminés haute pression, aussi appelés *high pressure laminates* (HPL), ont une épaisseur variant entre 1,0 et 1,5 mm. Ils sont obtenus par la superposition de plusieurs couches de papier kraft imprégnées de résine phénolique, d'un papier décoratif et d'une feuille de d'usure (overlay) très mince, tous deux fortement imprégnés de résine mélamine formaldéhyde. Cet assemblage, présenté à la figure 1, est pressé à chaud à des températures se situant entre 120 et 140°C, sous une pression allant de 7,6 à 9,6 MPa. Le temps nécessaire au pressage est d'environ une heure (Marshall et Parent 1998). L'épaisseur du laminé haute pression est déterminée par le nombre de couches de papier kraft utilisées et la quantité de résine absorbée par le papier. Les HPL ont une résistance à l'impact et à l'abrasion très élevée. Ils sont utilisés dans la fabrication de comptoirs de cuisine, de dessus de table et de plancher flottant. Ils sont également connus sous les noms commerciaux de Formica et d'Arborite (Alexopoulus 1994, CPA Technical bulletin 1998b, LMA 2001, Meadwestvaco 2005b).

On peut retrouver dans la composition d'un laminé haute pression de qualité supérieure une feuille de finition (release sheet) ainsi qu'une feuille de séparation (sand-off sheet) (Patt et Reinhard 1997). La feuille de finition, qui confère au laminé son aspect texturé ainsi que sa brillance, est enlevée après pressage. La plupart des manufacturiers ont remplacé cette feuille par l'utilisation de plaques de finition (Hoenigman 1996). Les laminés haute pression sont habituellement produits par superposition; la feuille de séparation permet alors la désunion des laminés après pressage. Cette feuille séparatrice, enlevée par sablage, est constituée de papier kraft, qui absorbe la résine phénolique provenant des laminés adjacents (Patt et Reinhard 1997).

Tel que présenté à la figure 2, l'assemblage standard d'un panneau recouvert d'un laminé haute pression se résume par une feuille de contre-balancement (backer), dont le rôle est à la fois d'équilibrer la structure du panneau et d'agir comme coupe vapeur, d'une ligne de colle, d'un substrat (MDF ou HDF), d'une seconde ligne de colle et d'un laminé haute pression (Ritterhoff 1996).



Figure 1 Composition d'un laminé haute pression (HPL) (d'après Meadwestvaco 2005b).



Figure 2 Assemblage d'un panneau laminé haute pression (HPL) (d'après Meadwestvaco 2005b).

#### **1.1.2** Les laminés basse pression

Les laminés basse pression ou *low pressure laminates* (LPL), ont une épaisseur inférieure aux laminés haute pression. Aussi appelés papier décoratif ou encore papier saturé, ce type de revêtement peut avoir une apparence unie (solide) ou avec motifs (imprimé). Après imprégnation, le papier pèse généralement entre 80 et 100 g/m<sup>2</sup>. À ce stade, la résine est partiellement polymérisée. La polymérisation finale s'effectue au moment de la lamination du papier sur le panneau (150 à 205°C et 2,1 à 2,8 MPa).

Les performances de résistance à l'impact et à l'abrasion des LPL sont inférieures à celles obtenues avec les HPL. Les propriétés physiques varient avec le pourcentage de résine utilisé, la qualité du papier et les conditions de lamination. Ce type de revêtement, présenté à la figure 3, est généralement utilisé pour des applications telles que l'ameublement de bureau, les armoires ou encore les meubles. La résine de type mélamine formaldéhyde est la plus couramment utilisée lors de l'imprégnation du papier. Cependant, l'utilisation combinée de résine urée formaldéhyde et de résine mélamine formaldéhyde est courante, afin de réduire les coûts de production. Le temps de pressage varie généralement entre 30 et 40 secondes. Moins coûteux à produire, les laminés basse pression concurrencent les laminés haute pression pour les usages verticaux (Alexopoulus 1994, CPA 1998b, LMA 2001, Meadwestvaco 2005b). Leurs coûts de production sont de 30 à 50% moins élevés que ceux associés à la fabrication de laminé haute pression (Marshall et Parent 1998).



Figure 3 Composition d'un panneau laminé basse pression (LPL) (d'après Meadwestvaco 2005b).

Tout comme les laminés haute pression, les laminés basse pression peuvent posséder une feuille de recouvrement (overlay). Cette feuille contribue à améliorer la durabilité du produit fini, à accroître la résistance aux taches et à maximiser la résistance à l'abrasion et aux égratignures. Quant à la feuille de contre-balancement, celle-ci a pour fonction d'augmenter la stabilité dimensionnelle du produit fini en agissant comme barrière à l'humidité. Toutes ces composantes sont pressées directement sur le substrat à l'aide d'une presse à ouverture simple (Marshall 2000).

Une faible proportion des laminés basse pression est fabriquée à partir de résine polyester. Cette résine est 50% plus dispendieuse que la mélamine formaldéhyde et contient 40% d'acétone. L'utilisation de ce genre de résine engendre d'importantes préoccupations environnementales (Marshall et Parent 1998).

#### 1.1.3 Les feuils décoratifs

Les feuils décoratifs ou foils sont composés de papier cellulosique très mince, dont le grammage se situe entre 40 et 140 g/m<sup>2</sup> avant imprégnation. Après traitement, ceux-ci peuvent contenir différentes quantités de résine allant de 20 à 40 g/m<sup>2</sup>. L'application d'une ligne de colle est nécessaire pour que ce type de laminé adhère au substrat. Les feuils possèdent des propriétés physiques relativement faibles. Il est suggéré d'utiliser ce type de revêtement uniquement pour des applications de surface verticale. Ce produit, présenté à la figure 4, est devenu populaire en raison de ses faibles coûts de fabrication, associés au rythme de production élevé, et à la haute définition de ses motifs.



Figure 4 Composition d'un panneau laminé avec feuil (d'après Meadwestvaco 2005b).

#### 1.1.4 Les placages

Des placages en bois de grande qualité, dont l'épaisseur varie entre 0,5 et 1,0 mm, peuvent servir de revêtement sur des panneaux MDF, des panneaux de particules de bonne qualité et sur des contre-plaqués. En raison de leur coût élevé, l'utilisation de placages comme revêtement est généralement réservée pour la fabrication d'ameublement haut de gamme (Alexopoulos 1994, CPA 1998b, LMA 2001, Meadwestvaco 2005b).

# **1.2 Caractéristiques des différentes composantes des laminés haute et/ou basse pression**

#### **1.2.1** Feuille de recouvrement

Feuille de recouvrement, feuille d'usure ou encore overlay sont les différents termes utilisés pour désigner le film de papier imprégné de résine mélamine que l'on utilise pour recouvrir le papier décor. Cette feuille devient claire et/ou transparente, lorsque pressée sur le papier décoratif (Brunborg 1997). Elle contribue à améliorer la durabilité du produit fini, à accroître la résistance aux taches et à maximiser la résistance aux égratignures et à l'abrasion (Khurana et Mehta 1997).

L'ajout de matériel abrasif à l'intérieur de la feuille de recouvrement permet d'augmenter sa dureté et sa résistance à l'abrasion. L'oxyde d'aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) s'avère être un excellent choix d'abrasif, puisqu'il est disponible selon un niveau de pureté adéquat. Ainsi, il n'induit pas de couleurs dans le laminé, car son indice de réfraction est similaire à celui de la cellulose et de la mélamine formaldéhyde. D'autres agents abrasifs sont disponibles, tels que le carbure ou le diamant. Cependant, leurs coûts et certaines de leurs caractéristiques rendent leur utilisation peu avantageuse (Khurana et Mehta 1995).

Généralement, une feuille de recouvrement possède un grammage initial allant de 20 à 40 g/m<sup>2</sup>. Suite à l'imprégnation, cette dernière absorbe entre 75 à 100 g/m<sup>2</sup> de résine mélamine formaldéhyde. Cette couche de papier procure au produit fini une résistance à l'abrasion atteignant plus de 400 cycles Taber (Marshall et Parent 1998).

#### **1.2.2** Papier décoratif

Par définition, les papiers décoratifs sont des papiers de spécialité conçus pour des applications techniques. Après avoir été imprégnés de résines artificielles, ils sont utilisés comme revêtement sur des matériaux à base de bois (Gross 1997).

Les papiers décoratifs sont faits de fibres de bois provenant d'espèces feuillues et résineuses. Les fibres provenant de feuillus, tels que l'érable, le bouleau ou l'eucalyptus, sont courtes et assurent une bonne formation du papier. Les fibres de résineux sont plus longues et confèrent au papier une bonne résistance mécanique. Des sources alternatives de fibres naturelles peuvent être utilisées, comme par exemple le linter de coton ou la bagasse. Des fibres synthétiques peuvent également servir à la fabrication du papier. Notons entre autres la rayonne, le verre et la fibre aramide (Marshall 2002 b).

Généralement, la matière ligneuse utilisée dans la fabrication des papiers décoratifs est composée à 80% de fibres de feuillus et à 20% de fibres de résineux (Marshall et Parent 1998). En plus de bonnes propriétés mécaniques, les papiers décoratifs doivent combiner les propriétés suivantes : une absorption rapide de la résine, une résistance suffisante à l'état humide, une opacité élevée, une surface lisse et une orientation homogène des fibres (Patt et Reinhard 1997).

Des niveaux de blancheur élevés peuvent être atteints en utilisant dans la fabrication des papiers décoratifs de la pâte complètement exempte de lignine et d'impuretés et dont la proportion en extractibles est faible (Patt et Reinhard 1997).

La couleur du papier est déterminée par l'usage de pigments et/ou de charges. La plupart des grades de papiers décoratifs sont formulés avec au moins trois colorants. La majorité des pigments est ajoutée au début du procédé de fabrication du papier (Marshall 2002 b). Pour chacune des qualités de papier, une combinaison précise de charges et de pigments est nécessaire afin d'obtenir la couleur et/ou l'opacité désirée(s). Certains grades de papier, généralement les blancs, peuvent contenir 40% de charge afin de fournir une feuille opaque et propre. Le dioxyde de titane et l'argile sont des charges couramment utilisées (Marshall et Parent 1998). Elles permettent d'accroître l'opacité du papier, afin d'éviter que le substrat ne soit apparent. L'utilisation de charges permet également de diminuer le contenu en résine (Marshall 2002b). Habituellement, plus la couleur du laminé est pâle, plus le grammage du papier sera élevé de manière à garantir une bonne opacité (Marshall 1996).

La rectitude (squareness) du papier décoratif est une propriété que l'on attribue généralement aux laminés basse pression. Cette propriété est directement liée à l'orientation des fibres dans le sens travers et dans le sens machine. Ce ratio affecte la façon dont le LPL se comportera lors de changements dimensionnels. Idéalement, la valeur de rectitude du papier décoratif entrant dans la composition d'un LPL devrait être similaire à celle du substrat sur lequel il est pressé (Marshall 1996). Cela aura comme effet de minimiser le risque de fendillement du papier décoratif après pressage, lorsque exposé à des changements de température et d'humidité (Marshall et Parent 1998).

Le procédé de fabrication du papier prévoit une étape de calandrage. Les calandres sont des rouleaux polis en métal ou en caoutchouc qui pressent la feuille, afin d'en améliorer la qualité de surface. Généralement, les papiers décoratifs servant à la fabrication de laminés haute pression exigent un minimum de calandrage, alors qu'une feuille de papier décoratif pour un laminé basse pression subira un calandrage plus intensif (Marshall 2002b).

#### **1.2.3** Papier Kraft

L'épaisseur du laminé haute pression dépend du nombre de feuilles de papier kraft utilisées et de leur grammage, qui habituellement se situe entre 130 et 300 g/m<sup>2</sup>. Ce papier est composé majoritairement de fibres de feuillus et est saturé en résine phénolique. La couleur et la composition chimique de ce type de papier ne constituent pas des facteurs critiques pour l'usage visé. Par contre, la saturation et la formation du papier sont des paramètres très importants.

#### **1.2.4** Substrat

Parmi les produits composites qui ont fait leur apparition sur le marché mondial au cours des dernières années, le panneau de fibres de moyenne densité (MDF) et le panneau de fibres de haute densité (HDF) sont de ceux qui connaissent la plus grande croissance. La surface du panneau, qui est unie, lisse, uniforme, dense et sans nœuds, facilite la finition et en assure l'homogénéité, particulièrement dans les cas d'applications exigeantes, telles que l'impression directe et les laminés minces. Les chants homogènes des panneaux permettent d'avoir recours à des techniques d'usinage et de finition très complexes et précises (National Particleboard Assciation 1995). La masse volumique des panneaux MDF est généralement comprise entre 600 et 800 kg/m<sup>3</sup>, tandis que celle des panneaux HDF se situe habituellement entre 800 et 950 kg/m<sup>3</sup> (FAO 1992).

La conductivité thermique du bois s'accroît, lorsque la densité, la teneur en humidité, le contenu en extractibles ou la température du dit matériau augmente (Forest Products Laboratory 1999). La conductivité thermique des panneaux composites à base de bois varie principalement en fonction de la densité et de la teneur en humidité du matériau (Le Van 1985). La conductivité thermique s'accroît avec l'augmentation de la densité et de la teneur en humidité de panneaux agglomérés (LeVan 1985).

La conductivité thermique des panneaux MDF varie de 0,05 W/m°C pour un panneau dont la densité est de 250 kg/m<sup>3</sup> à 0,14 W/m°C pour un panneau de 800 kg/m<sup>3</sup> (Timber Trade Federation 2005). De la même façon, la conductivité thermique des panneaux de particules est de 0,07 W/m°C pour un panneau dont la densité est de 300 kg/m<sup>3</sup>, de 0,12 W/m°C pour un panneau de 600 kg/m<sup>3</sup> et de 0,18 W/m°C pour un panneau dont la densité est de 900 kg/m<sup>3</sup> (Timber Trade Federation 2005). Les additifs et les composantes chimiques utilisés dans la fabrication de panneaux peuvent affecter la conductivité thermique.

Le phénomène de transfert de chaleur par conduction est décrit par la Loi de Fourier en régime de flux stationnaire unidimensionnel. L'équation 1 décrit ce phénomène :

$$\frac{Q}{At} = -k \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)$$
(1)

où : Q : la quantité de chaleur (J)

A: la surface perpendiculaire à la direction du flux  $(m^2)$ 

- t: le temps (s)
- k : le coefficient de conductivité thermique du matériau (W/m°C)

$$\frac{\partial T}{\partial x}$$
: le gradient de température (°C)

Une espèce de bois dont la masse volumique est plus élevée conduit mieux la chaleur qu'un bois ayant une masse volumique moindre, et ce à cause de la plus faible proportion de vide. Le contenu en humidité favorise également une meilleure conductivité thermique, car l'eau en comparaison avec l'air conduit mieux la chaleur. Plus la quantité d'extractibles présente dans le bois est élevée, plus grande sera sa conductivité thermique. La conductivité thermique du bois est également affectée par la température. Plus la température du bois est élevée, plus grande sera sa conductivité thermique la bois est également affectée par la température.

Suleiman et al. (1999) rapportent dans leurs travaux, et tel que présenté au tableau 1, que la conductivité thermique du bois massif de bouleau varie selon la température et la direction dans le bois.

Tableau 1 Coefficients de conductivité thermique (W/m°C) du bouleau pour des températures de 21 et 100°C dans les directions longitudinale et transversale (adapté de Suleiman et al. 1999).

	Coefficient de conductivité thermique (W/m°C)		
Température (°C)	Direction longitudinale	Direction transversale	
21	0,291-0,323	0,177-0,214	
100	0,308 -0,370	0,207-0,250	

Dans leurs travaux, Kamke et Zylkowski (1989) démontrent que la relation entre la conductivité thermique des panneaux à base de bois et leur densité est similaire à celle du bois massif, bien que les valeurs de conductivité thermique sont plus faibles dans le cas des panneaux. Ils démontrent également que plus l'uniformité selon l'épaisseur du panneau est grande, moins l'épaisseur du panneau affectera la conductivité thermique. Les mêmes auteurs ont déterminé la conductivité thermique de différents types de panneaux agglomérés à base de bois. Les panneaux étudiés différaient selon leur type, leur épaisseur et leur densité. Les coefficients de conductivité thermique mesurés variaient entre 0,06 et 0,25 W/m°C et ont été établis sur la base d'une température moyenne des panneaux de 24°C avec une différence de température de 17°C. Les données des tableaux 2 et 3 présentent des valeurs de conductivité thermique pour divers types de panneaux agglomérés rapportées dans la littérature (LeVan 1985, Timber Trade Federation 2005, Nemli et Kalaycioğlu 2002).

	Conductivité thermique (W/m°C)		
Type de panneau	LeVan (1985)	Timber Trade	Nemli et
aggloméré		Federation (2005)	Kalaycioğlu
			(2002)
Panneau de particules	0,103 - 0,105	0,07-0,18	0,1065
Panneau de particules avec surfaces peinturées	-	-	0,1099
Panneau de particules avec laminé basse pression	-	-	0,113 - 0,114
Panneau de particules avec contre-plaqué	-	-	0,118 - 0,124
Panneau de fibres de moyenne densité (MDF)	0,1004	0,05 - 0,15	-
Panneau à lamelles orientées (OSB)	-	0,13	-
Panneaux contre-plaqués	-	0,09 - 0,24	-
Panneau dur (Hardboard)	0,1103	-	-

Tableau 2 Coefficients de conductivité thermique (W/m°C) de divers types de panneaux agglomérés mesurés à 20°C (LeVan 1985; Timber Trade Federation 2005; Nemli et Kalaycioğlu 2002).

	Masse volumique moyenne (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivité thermique (W/m°C)
Panneaux agglomérés	300	0,07
	600	0,12
	900	0,18

Tableau 3 Variation des coefficients de conductivité thermique en fonction de la masse volumique des panneaux agglomérés (Timber Trade Federation 2005).

#### 1.2.5 Feuille de contre-balancement

La feuille de contre-balancement, communément appelée « backer », est une feuille de papier kraft fortement imprégnée de résine phénolique. On retrouve cette dernière à l'endos de l'assemblage de manière à balancer les différentes composantes (Marshall et Parent, 1998).

### 1.3 Procédé d'imprégnation

Les résines utilisées dans la fabrication de panneaux composites à base de bois comportent deux stades (liquide et solide), alors que les résines pour l'imprégnation du papier en comptent trois. Tout d'abord, un premier stade liquide permettant la saturation du papier, lors du procédé d'imprégnation. Par la suite, vient un second stade, où la résine est semi solide entre la fin de l'imprégnation et le début de la lamination. À ce moment, la résine est partiellement polymérisée. Finalement, le stade solide, où le papier est laminé sur le substrat et que la résine est complètement polymérisée (Brunborg 1997).

#### **1.3.1** Papier décoratif

Les résines mélamine formaldéhyde (MF) utilisées dans l'imprégnation des LPL ou des HPL diffèrent au niveau de leur ratio molaire. Dans le cas des LPL, ce ratio se situe entre 1.5 :1.0 et 2.0 :1.0, et est généralement inférieur pour les laminés haute pression. L'ajout de différents catalyseurs dans la préparation de la résine MF engendre des systèmes très

rapides. Des temps de gel se situant entre 12 et 20 minutes sont obtenus pour les LPL, comparativement à des valeurs variant entre 20 et 35 minutes pour les HPL (Marshall 1996).

Tel que présenté à la figure 5, le papier décoratif est soumis à des jets de vapeur, qui humidifient la feuille afin d'en faciliter la saturation. Par la suite, le papier est dirigé vers des rouleaux, qui appliquent sur un seul côté de la feuille une certaine quantité de résine dont la température est de 40°C et la teneur en solides entre 50 et 65%. La feuille est ensuite acheminée vers une seconde série de rouleaux, laissant ainsi le temps à la résine d'éliminer l'air de la feuille et de mouiller complètement la fibre avant qu'elle ne soit totalement immergée dans une cuve de résine. Afin de contrôler la quantité de résine absorbée par la feuille, cette dernière effectue un passage entre différents rouleaux, qui selon leur proximité, règleront le contenu en résine. Le papier sera par la suite lissé par des rouleaux, qui distribueront uniformément la résine résiduelle à la surface de la feuille. Finalement, le papier supporté par des jets d'air passera à travers un séchoir, dont la température est maintenue entre 100 et 140°C, puis subira une phase de refroidissement avant d'être rembobiné ou coupé en longueur. Les vitesses d'imprégnation se situent généralement entre 20 et 70 m/min (Marshall et Parent 1998).



Figure 5 Procédé d'imprégnation à une seule phase utilisé pour les papiers décoratifs (d'après Meadwestvaco 2005b).

L'imprégnation du papier décoratif peut également être réalisée en deux phases en utilisant deux types de résine. Dans un premier temps, le papier est imprégné d'une couche de résine urée formaldéhyde, puis est partiellement séché. Une seconde couche de résine, cette fois-ci de la mélamine formaldéhyde est alors appliquée. Un dernier passage dans un séchoir à jet d'air est alors nécessaire pour terminer le séchage du papier. Ce dernier est par la suite refroidi avant d'être rembobiné. Moins dispendieuse, la résine urée formaldéhyde confère au produit fini des propriétés de surface inférieures (Marshall et Parent 1998).

#### **1.3.2** Papier Kraft

L'imprégnation du papier Kraft s'effectue avec une résine phénolique, résistante à l'eau, qui possède de bonnes propriétés mécaniques. Généralement, la teneur en solide de cette résine est d'environ de 65 à 70%. Différents agents (colorants, composés ignifuges, sels) peuvent être ajoutés à la résine, afin d'améliorer certaines propriétés, comme la couleur, la résistance au feu et la conductivité. Tel que présenté à la figure 6, la feuille de papier Kraft est d'abord dirigée vers des rouleaux chauffants de sorte à favoriser la pénétration de la résine. Par la suite, la feuille est immergée dans une cuve de résine. Le temps de trempage dans cette cuve est déterminé par la profondeur à laquelle le papier est immergée. À la sortie de la cuve, le papier est raclé à l'aide de lames sur les deux faces. L'angle et la pression de ces lames font varier le contenu en résine du papier. Successivement, le papier est dirigé à l'intérieur d'un séchoir à jets d'air (130-140°C). Finalement, le papier est refroidi de manière à prévenir une polymérisation hâtive de la résine (precure). La vitesse d'imprégnation pour ce type de papier atteint plus de 225 m/min (Marshall et Parent 1998).



Figure 6 Procédé d'imprégnation utilisé pour le papier Kraft (d'après Meadwestvaco 2005b).

### 1.4 Procédé de pressage

Lorsque soumise à la chaleur des plateaux de la presse, la résine contenue dans le papier devient liquide. La fusion débute dès que le panneau est déposé sur les tôles de finition. Par la suite, les molécules d'eau condensent, l'humidité est évacuée de la résine et le durcissement irréversible de la surface se produit (Ritterhoff et Günzerodt 1993).

Les panneaux stratifiés ont longtemps été caractérisés par leur surface luisante et froide. Ces caractéristiques peu avantageuses ont été éliminées par l'arrivée sur le marché de panneaux stratifiés texturés. Une multitude de textures et de reliefs peuvent être réalisés grâce à l'utilisation de plaques ou de tôles de finition (Ritterhoff et Günzerodt 1993). Plusieurs types de tôles sont utilisés, afin de produire différents finis. Par exemple, des plaques hautement polies sont utilisées pour produire des laminés avec beaucoup de lustre et de brillance (Marshall et Parent 1998).

Généralement les plaques de finition sont faites d'acier inoxydable, d'alliage de cuivre et de zinc, d'aluminium ou de titane. L'utilisation de plaques de finition fabriquées en acier inoxydable est préférable, car ce matériel possède une dureté plus élevée, une meilleure stabilité, un faible coefficient d'expansion/contraction, un bon transfert de chaleur et un excellent comportement à l'usinage. Les tôles remplissent plusieurs fonctions durant le pressage des laminés. Tout d'abord, elles permettent de séparer les laminés des plateaux de presse sans les endommager. Elles procurent une surface stable, comme source de transfert de chaleur, et assurent une répartition uniforme de la pression tout au long du pressage. Finalement, lorsque les plaques de finition sont utilisées directement sur le laminé, elles procurent la brillance et/ou la texture désirée au produit fini (McNamee 2002).

De sorte à minimiser les effets négatifs de l'agent abrasif contenu dans les feuilles de recouvrement sur les plaques de finition, certaines précautions peuvent être prises. La plus efficace est l'imprégnation asymétrique de la feuille de recouvrement, afin de recouvrir de résine les particules abrasives (Khurana et Mehta 1995).

#### 1.4.1 Laminés haute pression

La majorité des laminés haute pression sont produits dos à dos, ce qui nécessite une certaine planification des assemblages, afin de contrôler les caractéristiques de chacun d'entre eux (type de papier décoratif, fini désiré, épaisseur totale du laminé, etc.). La planification de toutes ces variables avant l'opération de pressage, réduit les temps d'ouverture de presse et maximise la qualité du produit fini (Marshall et Parent 1998).

Tel que présenté à la figure 7, les laminés haute pression sont pressés dos à dos par groupe de deux. Cette configuration se répète de 5 à 7 fois à l'intérieur d'une même ouverture de presse, comme le montre la figure 8. Par conséquent, une ouverture de presse regroupe entre 10 et 14 laminés. Les presses HPL modernes peuvent compter entre 12 et 25 ouvertures (Marshall et Parent 1998).

Le nombre de laminés se retrouvant dans la même ouverture de presse est restreint dû aux problèmes de transfert de chaleur que cela pourrait occasionner. Dans le cas de laminés plus épais, un seul est pressé par ouverture de presse (Hoenigman 1996). La figure 9 présente la structure générale d'une presse HPL à ouvertures multiples.



Figure 7 Assemblage de type double utilisé avec les HPL (d'après Meadwestvaco 2005b).



Figure 8 Regroupement de laminés HPL à l'intérieur d'une ouverture de presse (d'après Meadwestvaco 2005b).



Figure 9 Presse HPL à ouvertures multiples (d'après Meadwestvaco 2005b).

#### 1.4.2 Laminés basse pression

Dans la majorité des cas et tel que présenté à la figure 10, la lamination des laminés basse pression s'effectue à l'aide de presses à ouverture simple. La chaleur est transmise sur les deux côtés du laminé au moyen des plateaux de presse, chauffés avec de la vapeur d'eau chaude ou de l'huile (Marshall et Parent 1998).



Figure 10 Presse à ouverture simple utilisée avec les LPL (d'après Meadswestvaco 2005b).

Lors de la lamination de LPL, des couvertures thermiques peuvent être utilisées entre les plateaux de presse et les plaques de finition. Ces couvertures thermiques assurent une meilleure conduction de la chaleur et favorisent une distribution plus uniforme de la pression sur toute la surface du panneau (Maloney 1997).

Les laminés basse pression ayant été imprégnés de résine polyester ne se contractent pas durant la polymérisation. Par conséquent, ces laminés sont libres de contraintes et ne gauchissent pas s'ils sont refroidis à plat. De plus les laminés polyesters sont moins sujets au fendillement, offrent une meilleure résistance à l'impact et possèdent une bonne aptitude à l'usinage (Maloney 1997).

Les LPL ayant été imprégnés de résine mélamine sont peu utilisés dans des presses à ouvertures multiples. Ce genre de presse augmente le risque de polymérisation hâtive au moment du chargement. La résine mélamine se contracte légèrement durant la polymérisation (Maloney 1997).

Puisque l'on utilise souvent une résine urée formaldéhyde comme liant pour les panneaux agglomérés à base de bois, il est important de bien contrôler les conditions de pressage secondaire, afin de maîtriser la dégradation de la cohésion interne, le gauchissement excessif, les cloques, la compression et la teneur en humidité des panneaux finis. Cela est

particulièrement important si l'on applique des papiers phénoliques ou mélamines à haute température (CPA 1995).

À des températures de pressage élevées, les papiers imprégnés risquent d'être affectés par une polymérisation hâtive, en plus d'un accroissement du gauchissement des panneaux. Par conséquent, il est extrêmement important de contrôler le temps de mise en charge, de compression et de déchargement de la presse. En outre, les problèmes de pré durcissement peuvent résulter de l'âge des papiers et d'un séchage de conformation inadéquat (CPA 1995).

Si le temps de séchage de la feuille de contre-balancement est plus long, comme c'est le cas pour les feuilles de contre-balancement imprégnées de résine phénolique, c'est alors cet élément qui déterminera les conditions de pressage. Par conséquent, l'emploi de papiers différents pour le contre-balancement et le parement risque d'occasionner des difficultés (CPA 1995).

Le taux d'humidité des panneaux ne doit pas dépasser 6 à 7% pour obtenir un bon revêtement. Les papiers imprégnés constituent de tels pare vapeurs que la quantité d'humidité qui s'échappe des surfaces pendant le pressage est minime. De même, après le pressage, ils offrent une bonne résistance à la pénétration de l'humidité dans le panneau. Une haute teneur en humidité risque de contribuer à la dégradation de la cohésion interne. C'est pourquoi les conditions d'expédition et d'entreposage revêtent une grande importance. Un taux d'humidité élevé des papiers peut également poser problème, d'où le besoin de contrôler également l'entreposage du papier imprégné avant lamination. Une très faible humidité dans des salles d'entreposage à atmosphère non contrôlée provoque une dessiccation, une fragilisation et une piètre fusion du papier en raison du pré-durcissement des résines (CPA 1995).

La planéité du panneau constitue un élément très important pour les utilisateurs de laminés et doit faire l'objet d'un contrôle strict. Les panneaux doivent être plats avant la lamination, et des précautions s'imposent en cours de mise en œuvre afin d'éviter le gauchissement. Les éléments suivants ont chacun leur importance dans le contrôle du gauchissement (CPA 1995):

- empiler les panneaux à plats sur des supports appropriés ;
- entreposer les panneaux et les stratifiés dans une atmosphère relativement uniforme et protégée ;
- entreposer les feuilles de papier imprégné de manière appropriée selon leur type, leur poids et s'assurer que leur conditionnement soit uniforme (21 ± 3°C et 35 ± 5% HR pendant une semaine);
- charger et fermer la presse le plus rapidement possible;
- minimiser le temps de déchargement de la presse, afin de réduire le temps passé par les panneaux sur les plaques chaudes de la presse;
- entreposer les panneaux chauds à plat en petites piles sur de bons supports; les laisser refroidir au moins jusqu'à 50°C avant de les scier. Si possible, utiliser un refroidisseur à tablier et exposer les deux côtés des panneaux pour uniformiser le refroidissement ;
- ne pas allonger le temps de pressage ni augmenter indûment la température, garder la température et les temps de cuisson les plus bas possibles ;
- utiliser le moins d'ouvertures possible dans la presse (un trop grand nombre d'ouvertures a tendance à augmenter le pré-durcissement) ;
- garder suffisamment d'éléments volatils dans les papiers (veiller à ce qu'ils ne soient ni trop vieux ni trop secs) ;
- si l'on utilise des papiers différents, s'assurer que les conditions de pressage soient bien réglées de manière à faire durcir convenablement les deux côtés. Dans la mesure du possible, utiliser un assemblage équilibré, ainsi que des températures de pressage uniformes pour les plaques supérieure et inférieure ;
- ne jamais oublier que le gauchissement peut résulter de bien d'autres facteurs que l'état du substrat. Le changement linéaire des papiers et des plastiques est souvent plus important que le mouvement du panneau de MDF dans des conditions semblables.

### **1.5** Le plancher flottant

Le plancher flottant, développé durant les années 70, a été introduit sur les marchés européens au courant des années 80 par la compagnie Perstorp. Ce n'est que durant les années 90 que le plancher flottant fit son apparition sur les marchés nord-américains (Marshall 2000).

Tel que présenté à la figure 11, le plancher flottant est considéré comme un produit d'ingénierie. Il est composé d'une feuille de recouvrement dont les principaux objectifs sont d'accroître sa résistance aux taches, sa résistance à l'abrasion et sa résistance aux égratignures. Sous l'overlay, une feuille de papier décor recouvre le substrat. Cette dernière détermine la couleur et les motifs du produit fini ainsi que sa résistance à la décoloration. Quant au substrat, celui-ci peut prendre la forme d'un panneau de fibres de bois de type MDF ou HDF. Parfois, un panneau de paille ou de PVC peut remplir ce rôle. Le substrat assure une bonne résistance à l'impact, une bonne stabilité dimensionnelle, une résistance à l'humidité, un usinage de qualité et est facile à installer. Sous ce dernier, on retrouve une feuille de contre-balancement, qui accroît la stabilité dimensionnelle du produit fini et agit comme barrière à l'humidité. Elle sert aussi de base pour appliquer la couche acoustique (Marshall 2002a).



Figure 11 Les différentes composantes du plancher flottant (d'après Meadwestvaco 2005a).

Il existe deux catégories de plancher flottant, selon le type de laminé utilisé. Tout d'abord, le plancher flottant de type HPL, produit en deux étapes. Dans ce cas, le laminé haute pression est issu du pressage de plusieurs couches de papier Kraft, d'un papier décor et d'un overlay. Après conditionnement et sablage pour éliminer la feuille de séparation, ce dernier est pressé en continu sur le substrat en utilisant une ligne de colle résistante à l'eau (Khurana et Mehta 1995). Quant au plancher flottant de type LPL, toutes ses composantes (feuille de recouvrement, papier décoratif, feuille de contre-balancement) sont pressées directement sur le substrat sans avoir recours à une ligne de colle. (Marshall 2002a, Khurana et Mehta 1995, Marshall 2000). Dans les deux cas, une feuille de recouvrement est utilisée.

Suite à cela, l'assemblage ainsi formé est divisé en panneau et est usiné sur les côtés et sur les bouts, afin de produire le système d'attache tenon et mortaise (Marshall 2002a).

La durabilité du produit est assurée par la couche de recouvrement (overlay). Celle-ci contient en très grandes quantités des particules d'oxyde d'aluminium, un pied carré de plancher flottant en contient au-delà d'un million. La résistance à l'abrasion des feuilles de recouvrement est influencée par un bon alignement des particules d'oxyde d'aluminium,, une sélection adéquate de leur taille et de leur dureté, une localisation stratégique de ces dernières, un contrôle du ratio entre les fibres et les charges, une augmentation du grammage de la feuille de recouvrement et son contenu en cendre (Khurana et Mehta 1997).

#### **1.6 Normes et standards**

Des normes visant à standardiser les principales propriétés des laminés haute pression ont été élaborées par la National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Les normes développées permettent aux usagers et aux fabricants de HPL d'évaluer la performance de leur produit et de les comparer. La série de standard LD 3-2000 (NEMA 2002) fait référence entre autres à la résistance aux taches, à la stabilité dimensionnelle, à la résistance aux égratignures, ainsi qu'à la résistance à l'abrasion.

Les normes et standards de performance utilisés dans l'industrie du plancher flottant ont été développés et initiés par la North American Laminate Flooring Association (NALFA) et ont trait aux mêmes types de caractéristiques qu'énumérées précédemment.

### 1.7 Le phénomène de gauchissement des panneaux laminés

Le gauchissement est défini comme une déviation de la géométrie du panneau par rapport à sa forme initiale de planéité. Dépendamment du point de mesure et de la forme de la déformation, le gauchissement prend différentes appellations. La figure 12 présente les différents types de gauchissement (Ganev 2002). Tel que présenté à la figure 13, le phénomène de gauchissement varie en fonction de l'épaisseur du panneau (Cai 2004).

Pour des raisons économiques ou esthétiques, on remarque une tendance dans l'industrie qui consiste à laminer une seule face du panneau ou encore à appliquer des revêtements de qualité différente sur chacune des faces. Ces pratiques entraînent une distribution de teneur en humidité et de contraintes mécaniques non uniformes dans l'épaisseur du panneau pouvant engendrer des déformations. Le niveau de contraintes dans le panneau dépend de son profil de densité (Ganev 2002).



Figure 12 Les différents types de gauchissement d'un panneau (d'après Ganev 2002).



Figure 13 Variation du gauchissement en fonction de l'épaisseur pour des panneaux de particules de 1200x2400 mm (adapté de Cai 2004).

Le phénomène de gauchissement des panneaux laminés est lié à un déséquilibre de un ou plusieurs facteurs à travers l'épaisseur de l'assemblage. L'absorption inégale d'humidité peut entraîner un gauchissement transitoire, qui disparaîtra à l'atteinte de l'équilibre à haute humidité relative. Il peut également y avoir création de contraintes résiduelles, qui occasionneront un gauchissement permanent. La sélection du substrat et du laminé apparent avec des caractéristiques similaires ou l'utilisation de constructions trois plis sont efficaces pour contrôler le phénomène de gauchissement. Les revêtements non rigides s'adaptent mieux aux caractéristiques d'expansion du substrat, et ce sans développer d'importantes contraintes. Il peut être avantageux d'étudier la possibilité de modifier les caractéristiques des laminés haute pression, des feuilles de contre-balancement et des papiers saturés de résine, afin qu'ils conviennent mieux aux caractéristiques des substrats (Suchsland et al. 1995).

La stabilité dimensionnelle en service d'une construction équilibrée est accrue lorsque (CPA 1998a) :

- les teneurs en humidité du substrat et du revêtement sont similaires au moment de la lamination ;
- les différentes composantes utilisées dans la construction ont des coefficients d'expansion et de retrait semblables ;
- l'humidité d'équilibre du produit fini est similaire à celle rencontrée dans l'environnement de service.

Les simulations réalisées à l'aide du modèle par éléments finis élaboré par Ganev (2002) ont permis d'observer qu'il se crée rapidement une déformation convexe du panneau, lorsqu'il y a une augmentation de teneur en humidité près de la surface. Lorsque la teneur en humidité devient uniforme dans l'épaisseur du panneau, celui-ci reprend pratiquement sa forme initiale. Le profil de densité du panneau a un lien important avec sa tendance au gauchissement. En effet, les panneaux avec un profil de densité accentué connaîtront un profil de contraintes plus important et développeront de plus grandes déformations comparativement à des panneaux avec un profil de densité plus uniforme (Ganev 2002).

Les travaux réalisés par Wu et Suchsland (1996) ont permis de mesurer à différents niveaux d'humidité relative, les teneurs en humidité d'équilibre et les coefficients de diffusion pour des panneaux de particules, des laminés haute pression et des feuilles de contre-balancement. La figure 14 montre pour les différentes composantes les teneurs en humidité d'équilibre mesurées en fonction de l'humidité relative. À une humidité relative donnée, la couche de surface du panneau de particules possède une humidité d'équilibre légèrement inférieure à celle de la couche médiane. Le traitement à la chaleur beaucoup plus intense de la surface du panneau durant le pressage de l'ébauche et le nombre inférieur de liaisons hydrogènes disponibles à des masses volumiques supérieures peuvent expliquer les teneurs en humidité d'équilibre plus faibles des couches de surface du panneau. (Wu et Suchsland 1996).



Figure 14 Isothermes de sorption a) la couche de surface du panneau de particules, b) la couche médiane du panneau de particules, c) le laminé haute pression, d) la feuille de contre-balancement (adapté de Wu et Suchsland 1996).

Toujours selon les résultats de Wu et Suchsland (1996), le laminé haute pression possède une humidité d'équilibre inférieure à celle de la feuille de contre-balancement. La densité plus élevée du laminé haute pression pourrait expliquer cet écart. Les différentes couches du panneau de particules, ainsi que les différents revêtements étudiés présentent tous une hystérèse de sorption (Wu et Suchsland 1996).

Une comparaison des mesures de la teneur en humidité moyenne d'un panneau de particules, d'un panneau de particules avec un laminé haute pression et d'un panneau de particules laminé sur les deux faces a également été réalisée par Wu et Suchsland (1996), suite à une augmentation de l'humidité relative de 45% à 83%. La teneur en humidité moyenne maximale du panneau de particules a été atteinte après 40 jours. Cette même valeur a été atteinte à 70 jours pour le panneau de particule avec un laminé haute pression,

alors que pour le panneau de particules laminé sur les deux faces l'on remarquait toujours une augmentation de teneur en humidité après 90 jours (Wu et Suchsland 1996). Ces résultats signifient qu'un panneau laminé n'atteindra probablement jamais un état d'équilibre avec l'environnement, puisque en service les conditions ambiantes sont dynamiques et subissent de continuels changements. Il serait alors inexact d'affirmer que le potentiel de gauchissement d'un panneau composite à base de bois est directement relié à la teneur en humidité d'équilibre (Wu et Suchsland 1996).

La distribution d'humidité pour un panneau de particules laminé sur une seule face est caractérisée par une humidité d'équilibre inférieure du laminé haute pression. Dû au taux de transmission d'humidité plus bas du laminé haute pression, une distribution d'humidité asymétrique se développe à l'intérieur du substrat. Durant les premiers stades de sorption, la face adjacente au laminé haute pression (face 1) possède une teneur en humidité inférieure à la face 2, qui est exposée à l'air. Ces changements inégaux d'humidité à différentes positions dans le panneau entraînent la création de forces inégales, ce qui contribue au phénomène de gauchissement (Wu et Suchsland 1996).

La distribution d'humidité pour un panneau de particules laminé sur les deux faces est caractérisée par une teneur en humidité d'équilibre supérieure de la feuille de contrebalancement, comparativement au laminé haute pression. La plus grande perméabilité de la feuille de contre-balancement explique ce résultat. La teneur en humidité du laminé haute pression et de la feuille de contre-balancement est inférieure à celle du panneau de particules. La face du panneau de particules adjacente au laminé haute pression a un plus faible taux de transfert d'humidité comparé à la face du panneau adjacente à la feuille de contre-balancement. Par conséquent, un différentiel de teneur en humidité entre les deux faces du panneau de particules est présent. Cependant, ce différentiel est relativement faible (moins de 1%) et affecte peu la stabilité dimensionnelle du panneau (Wu et Suchsland 1996).

Les travaux de Wu et Suchsland (1996) ont permis de démontrer que les deux faces d'un panneau de particules sans revêtement ont des comportements similaires, puisqu'elle sont
exposées aux mêmes conditions hygrométriques. Dans ce cas, une différence maximale de teneur en humidité de 2,2% a été observée en début d'expérience et s'est estompée graduellement pour devenir nulle à 40 jours. Aucun gauchissement n'a été engendré puisque les contraintes selon l'épaisseur du panneau avaient un profil symétrique.

En général, les laminés décoratifs, les feuilles de contre-balancement et les panneaux de particules subissent une augmentation de leurs dimensions en largeur et en longueur, lorsque leur teneur en humidité augmente. Cependant, à cause de l'orientation des fibres à l'intérieur des laminés et possiblement à cause des contraintes induites par le séchage du papier au moment de sa fabrication, le changement de dimension perpendiculaire au sens machine suite à une augmentation d'humidité relative est deux fois plus important que dans le sens machine (Heebink et Haskell 1962).

Les coefficients d'expansion thermique des laminés décoratifs sont supérieurs à ceux des feuilles de contre-balancement. Ce phénomène pourrait être causé par la feuille de recouvrement fortement imprégnée de mélamine, comprise dans la fabrication du laminé décoratif (Heebink et Haskell 1962).

Heebink (1972) émet différentes hypothèses pouvant expliquer la contraction linéaire des papiers décoratifs et des feuilles de contre-balancement au moment de la lamination :

- le refroidissement des papiers décoratifs et possiblement des feuilles de contrebalancement à l'intérieur de la presse ;
- la contraction linéaire des papiers décoratifs et des feuilles de contrebalancement, qui d'une certaine façon serait associée aux fibres ou au papier utilisé pour produire le laminé ;
- la contraction linéaire serait due au pourcentage élevé de résine contenue dans les papiers décoratifs et dans les feuilles de contre-balancement.

## 1.8 Objectifs et hypothèses de recherche de l'étude

Cette revue de littérature a permis de mettre en évidence les particularités, les caractéristiques et les divergences des principaux types de laminés et leurs composantes. Leur procédé de fabrication ainsi que les normes qui s'y rattachent ont également été abordés. Finalement, les phénomènes de gauchissement entourant la lamination des panneaux ont été présentés.

Les informations colligées à l'intérieur de cette revue de littérature ont été tirées de diverses conférences et articles scientifiques. À maintes occasions, certains paramètres d'opérations dont il a été fait mention dans cette revue de littérature diffèrent de ceux actuellement employés dans l'industrie.

Cette revue de littérature nous a également permis de confirmer l'absence de données techniques quant aux propriétés physico-mécaniques des papiers de finition utilisés dans la fabrication du plancher flottant, et ce malgré l'importance que ces informations revêtent pour l'industrie. En ce sens, la caractérisation physico-mécanique des papiers de finition et des panneaux HDF utilisés dans la production de plancher flottant constitue un jalon important dans la compréhension du phénomène de gauchissement hygromécanique survenant lors du procédé de lamination à chaud des panneaux de fibres de bois.

L'objectif général de cette recherche est d'étudier la variation des propriétés physicomécaniques des papiers de finition et des panneaux HDF utilisés dans la production de plancher flottant en fonction de diverses variables dont les paramètres du procédé et les caractéristiques du substrat et des papiers de finition. Les objectifs spécifiques du projet sont:

 Déterminer les coefficients de contraction de divers types de papiers de finition dans les sens machine et travers en fonction du temps de pressage, de la teneur en résine et du grammage du papier avant imprégnation;

- Déterminer les modules d'élasticité de divers types de papiers de finition dans les sens machine et travers en fonction du temps de pressage, de la teneur en résine et du grammage du papier avant imprégnation ;
- Déterminer le coefficient de conductivité thermique de panneaux HDF en fonction des caractéristiques du panneau (épaisseur, teneur en humidité), de la température de pressage et du nombre de cycles de pressage.

À ces objectifs spécifiques, nous rattachons les hypothèses de travail suivantes :

- Le coefficient de contraction des papiers de finition varie selon le sens où il a été mesuré (sens machine ou sens travers);
- Le coefficient de contraction des papiers varie en fonction du temps de pressage, de la teneur en résine et du grammage du papier avant imprégnation.
- Les modules d'élasticité des papiers de finition varient selon le sens ou ils ont été mesurés (sens machine ou sens travers).
- Le module d'élasticité en traction des papiers varie en fonction du temps de pressage, du contenu en résine et du grammage avant imprégnation.
- Le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF varie en fonction de la température de la plaque chaude, de l'épaisseur, de la masse volumique et de la teneur en humidité du panneau et du nombre de cycles de pressage.

# **CHAPITRE II MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## 2.1 Matériel

Les papiers, les panneaux HDF, les tôles de finition ainsi que les couvertures thermiques utilisés au cours des essais expérimentaux ont été fournis par Uniboard Canada, divisions Surfaces et Sayabec.

### 2.1.1 Caractéristiques des papiers de finition

De manière à alléger le texte, l'expression papier de finition sera utilisée pour désigner les papiers imprégnés de résine séchée, tels que la feuille de recouvrement, le papier décor ou encore la feuille de contre-balancement. Les essais visant à évaluer le coefficient de contraction et le module d'élasticité en traction des papiers de finition ont été menés sur trois types de papier. Le choix de ces papiers, tous imprégnés de résine mélamine formaldéhyde, a été effectué de sorte à représenter la composition habituelle d'un assemblage utilisé dans la fabrication de plancher flottant. Ainsi, un type de feuille d'usure (O461), un type de papier décor (PD80) et un type de feuille de contre-balancement (B80) ont été étudiés. La nomenclature utilisée, ainsi que les principales caractéristiques des papiers de finition sont résumées au tableau 4. Les essais ont porté sur le comportement individuel de chacun de ces papiers, en plus du comportement combiné entre la feuille d'usure d'usure et la feuille de papier décor (O461 + PD80).

Grammage					
Type de papier	Avant imprégnation	Après imprégnation et séchage	Teneur en résine massique		
	$(g/m^2)$	$(g/m^2)$	(%)		
Feuille d'usure (O461)	45	157	71		
Papier décor (PD80)	80	162	51		
Feuille de contre- balancement (B80)	80	220	64		

Tableau 4 Caractéristiques physiques des papiers de finition utilisés lors des essais expérimentaux.

#### 2.1.2 Caractéristiques des panneaux HDF

Des panneaux de fibres de bois de haute densité (HDF) de 7 et de 8 mm d'épaisseur nominale ont été utilisés pour déterminer le coefficient de conductivité thermique. Respectivement, ces panneaux avaient en moyenne une masse volumique de 871 et 917 kg/m<sup>3</sup>.

## 2.2 Méthodes

#### 2.2.1 Coefficient de contraction des papiers de finition

Tel que présenté à la figure 15, des échantillons de papier de 51 cm par 51 cm ont été découpés à partir de feuilles maîtresses mesurant initialement 4 pieds de largeur par 8 pieds de longueur. Un seul échantillon par feuille maîtresse a été découpé à l'aide d'un gabarit d'aluminium. Lors de la préparation des échantillons et entre les différents essais, les papiers de finition ont été entreposés dans une chambre à climat contrôlé (20°C et 55%HR).



Figure 15 Gabarit utilisé pour la préparation des échantillons de papier.

Toujours en utilisant le gabarit d'aluminium et en continuité avec la découpe des échantillons, des points de repère ont été apposés au marqueur feutre sur les papiers de finition. Ces repères au nombre de six par échantillon étaient orientés selon les deux directions du papier: trois selon le sens machine et trois selon le sens travers. Une distance d'environ 15 cm séparait les points d'une même série de repères.

Le pressage des papiers de finition a été réalisé à l'aide de la presse Becker & van Hüllen<sup>™</sup> de 600 x 600 mm de la Faculté de foresterie et de géomatique de l'Université Laval. Des plaques de finition de type dolomite, ainsi que des couvertures thermiques ont été utilisées. La température des plateaux de presse a été maintenue à 180°C et la pression appliquée sur les papiers était de 3,5 MPa.

Dans le cadre de cette étude, le temps de pressage correspond à la période de temps durant laquelle le papier repose sous pression à l'intérieur de la presse. Des temps de pressage de 10 et 20 secondes ont été étudiés, afin de d'observer l'effet de ce paramètre sur l'évolution du coefficient de contraction des papiers de finition. Cependant, les délais associés au dépôt du papier à l'intérieur de la presse et à son retrait ont fait en sorte que ce dernier reposait (sans pression) 40 secondes de plus dans la presse. En industrie, les papiers de finition stratifiés entre 10 et 20 secondes sont considérés à bas de temps cuisson.

Les distances séparant les points de repère ont été évaluées avant et après pressage à l'aide d'un binoculaire monté sur une règle de précision ( $\pm$  0,005 cm). La figure 16 montre le dispositif utilisé. Pour chacune des conditions expérimentales présentées au tableau 5, dix répétitions furent réalisées. L'équation 2 décrit le cheminement emprunté pour calculer le coefficient de contraction.



Figure 16 Appareil de mesure utilisé pour déterminer la contraction du papier.

	Temps de pressage (secondes)		
Type de papier	10	20	
	Rép	étitions	
Feuille d'usure (O461)	10	10	
Papier décor (PD80)	10	10	
Feuille d'usure + Papier décor (O461 + PD80)	10	10	
Feuille de contre-balancement (B80)	10	10	

Tableau 5 Structure expérimentale appliquée pour déterminer le coefficient de contraction des papiers de finition (Nombre de répétitions).

$$\frac{\left|\mathbf{A} - \mathbf{B}\right| - \left|\mathbf{A'} - \mathbf{B'}\right|}{\left|\mathbf{A} - \mathbf{B}\right|} \times 100 \tag{2}$$

où :

A: coordonnée sur l'échelle du binoculaire du repère A avant pressage (cm)

- B: coordonnée sur l'échelle du binoculaire du repère B avant pressage (cm)
- A': coordonnée sur l'échelle du binoculaire du repère A après pressage (cm)
- B': coordonnée sur l'échelle du binoculaire du repère B après pressage (cm)

Le dispositif expérimental que nous avons utilisé est un dispositif factoriel complètement aléatoire où les facteurs sont le type de papier (4 types), le temps de pressage (2 temps) et le sens du papier (2 sens). Ce dispositif permet aussi d'étudier les effets du grammage du papier avant imprégnation et de la teneur en résine, malgré que ces facteurs n'ont varié que partiellement à l'intérieur du dispositif. Une analyse de variance a été entreprise pour vérifier les hypothèses que nous avons formulées, soient :

- Le coefficient de contraction des papiers de finition varie selon le sens où il a été mesuré (sens machine ou sens travers);
- Le coefficient de contraction des papiers varie en fonction du temps de pressage, de la teneur en résine et du grammage du papier avant imprégnation.

Nous avons étudié les effets des facteurs et des interactions à un niveau de signification de 95%. Des comparaisons multiples ont permis d'évaluer et de comparer les variations entre les niveaux des facteurs au même niveau de signification (95%).

Les travaux menés dans cette recherche ont été limités aux propriétés élastiques des papiers de finition. Le comportement viscoélastique du matériau n'a pas été considéré à l'intérieur de la présente étude, puisque cet aspect dépassait les limites du projet.

#### 2.2.2 Module d'élasticité en traction des papiers de finition

La norme TAPPI T 494 om-88 (*Tensile breaking properties of paper and paperboard* (*using constant rate of elongation apparatus*)) fut utilisée pour déterminer le module d'élasticité en traction des papiers de finition (TAPPI 1999). Les échantillons utilisés pour déterminer le module d'élasticité en traction des papiers de finition ont été découpés à même les échantillons de 51 cm par 51cm décrits à la section précédente.

Le module d'élasticité des papiers de finition a été évalué à différents temps de pressage, soit à 0, 10 et 20 secondes. La figure 17 présente l'équipement et le montage utilisés. Pour chacune des conditions expérimentales présentées au tableau 6, dix répétitions furent réalisées.



Figure 17 Dispositif utilisé pour déterminer le module d'élasticité en traction des papiers de finition.

		Temps de pressage				
		(secondes)				
Type de papier	Direction	0	10	20		
		Répétitions				
0461	Sens machine	10	10	10		
0401	Sens travers	10	10	10		
	Sens machine	10	10	10		
PD80	Sens travers	10	10	10		
O461 + PD80	Sens machine	10	10	10		
	Sens travers	10	10	10		
B80	Sens machine	10	10	10		
	Sens travers	10	10	10		

Tableau 6 Structure expérimentale appliquée pour déterminer le module d'élasticité en traction des papiers de finition (nombre de répétitions).

Le dispositif expérimental que nous avons utilisé est également un dispositif factoriel complètement aléatoire où les facteurs sont le type de papier (4 types), le temps de pressage (3 temps) et le sens du papier (2 sens). Ce dispositif permet aussi d'étudier les effets du grammage du papier avant imprégnation et de la teneur en résine malgré que ces facteurs n'ont varié que partiellement à l'intérieur du dispositif. Une analyse de variance a été entreprise pour vérifier les hypothèses que nous avons formulées soient :

- Les modules d'élasticité des papiers de finition varient selon le sens où ils ont été mesurés (sens machine ou sens travers).
- Le module d'élasticité en traction des papiers varie en fonction du temps de pressage, du contenu en résine et du grammage avant imprégnation.

Nous avons étudié les effets des facteurs et des interactions à un niveau de signification de 95%. Des comparaisons multiples ont permis d'évaluer et de comparer les variations entre les niveaux des facteurs au même niveau de signification (95%).

#### 2.2.3 Coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF

Les essais ont été menés en conformité avec la norme ASTM C518-98 Standard test method for steady-state thermal transmission properties by means of the heat flow meter apparatus (ASTM 2001). Tel que décrit dans la norme, les échantillons de panneaux ont été découpés de manière à recouvrir la totalité de la surface des plaques chauffantes (153 mm x 153 mm). L'épaisseur moyenne de chacun des échantillons a été déterminée à l'aide d'un vernier électronique. Deux thermocouples de type T ont été utilisés afin de connaître précisément la température de chacune des deux surfaces de l'échantillon par rapport aux températures affichées sur le panneau de contrôle du régulateur de chaleur. L'évaluation du flux de chaleur s'est faite à l'aide d'un capteur de flux thermique fabriqué par Omega (film flux sensor HFS-4). La faible épaisseur des papiers de finition a rendu impossible la détermination des coefficients de conductivité thermique pour ce matériau. Un second dispositif expérimental aurait été nécessaire.

Afin de favoriser le contact des échantillons sur les plaques chauffantes, trois rainures ont été réalisées sur chacun des panneaux, de manière à encaver les thermocouples et le capteur de flux à l'intérieur du panneau. Les figures 18 et 19 présentent le type d'échantillon utilisé.

De chaque côté du panneau, nous retrouvons dos à dos deux rainures (horizontales) permettant le passage des thermocouples. Sur la face du panneau en contact avec la plaque chaude, une rainure se terminant par une encavure en forme de cercle a été pratiquée, afin de permettre le positionnement du capteur de flux thermique. Le maintien des instruments de mesure a été facilité par l'utilisation d'un ruban auto-collant fabriqué à partir de Kapton. La figure 20 montre le positionnement des différents instruments de mesure.



Figure 18 Face du panneau HDF adjacente à la plaque froide.



Figure 19 Face du panneau HDF adjacente à la plaque chaude.



Figure 20 Positionnement des instruments de mesure sur les échantillons.

Afin de réduire la perte d'humidité par les chants du panneau HDF, du silicone résistant à haute température a été appliqué sur le pourtour de l'échantillon. Préalablement aux essais, les échantillons ont été conditionnés (20°C et 55%HR). Pour l'ensemble des conditions expérimentales, une différence de température de 25°C a été appliquée, et ce pour différentes températures à la plaque chaude : 100, 150 et 200 °C.

Chacun des échantillons de panneaux a été découpé à partir d'un panneau maître. Pour une même température, trois échantillons ont étés étudiés et trois cycles (répétitions) de mesure ont été réalisés par échantillon.

Des échantillons distincts ont servi à réaliser les essais à 100, 150 et 200 °C. Les tableaux 7 et 8 résument les structures expérimentales mises en place pour déterminer la conductivité thermique des panneaux HDF.

	Température de la plaque chaude			
	100°C	150°C	200°C	
	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1	
	Cycle 1	Cycle 1	Cycle 1	
	7-P1-100	7-P1-150	7-P1-200	
	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau	Échantillon du panneau	
	Cycle 2	Cycle 2	Cycle 2	
	7-P1-100	7-P1-150	7-P1-200	
	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1	
•	Cycle 3	Cycle 3	Cycle 3	
5°C	7-P1-100	7-P1-150	7-P1-200	
6 7	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	
e d	Cycle 1	Cycle 1	Cycle 1	
tur	7-P2-100	7-P2-150	7-P2-200	
éra.	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	
du	Cycle 2	Cycle 2	Cycle 2	
ter	7-P2-100	7-P2-150	7-P2-200	
de	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	
ent	Cycle 3	Cycle 3	Cycle 3	
adie	7-P2-100	7-P2-150	7-P2-200	
Gra	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	
•	Cycle 1	Cycle 1	Cycle 1	
	7-P3-100	7-P3-150	7-P3-200	
	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	
	Cycle 2	Cycle 2	Cycle 2	
	7-P3-100	7-P3-150	7-P3-200	
	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	
	Cycle 3	Cycle 3	Cycle 3	
	7-P3-100	7-P3-150	7-P3-200	

Tableau 7 Structure expérimentale appliquée pour déterminer le coefficient de conductivité thermique de panneaux HDF de 7 mm d'épaisseur nominale.

Vous trouverez également dans ces tableaux, la nomenclature utilisée pour identifier les échantillons. Ainsi, nous avons l'épaisseur nominale du panneau en millimètre, le numéro identifiant le panneau maître et finalement, la température de la plaque chaude à laquelle l'échantillon a été soumis. Chaque échantillon a été soumis à trois cycles (C1, C2 et C3). Tel que stipulé dans la norme ASTM C518-98, la détermination du coefficient de conductivité thermique a été réalisée en soumettant les échantillons à un gradient de température constant.

	Température de la plaque chaude				
	100°C	150°C	200 °C		
	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1		
	Cycle 1	Cycle 1	Cycle 1		
	8-P1-100	8-P1-150	8-P1-200		
	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1		
	Cycle 2	Cycle 2	Cycle 2		
	8-P1-100	8-P1-150	8-P1-200		
	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1	Échantillon du panneau 1		
٢)	Cycle 3	Cycle 3	Cycle 3		
5°C	8-P1-100	8-P1-150	8-P1-200		
e 2	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2		
e d	Cycle 1	Cycle 1	Cycle 1		
tur	8-P2-100	8-P2-150	8-P2-200		
éra	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2		
np	Cycle 2	Cycle 2	Cycle 2		
ter	8-P2-100	8-P2-150	8-P2-200		
de	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2	Échantillon du panneau 2		
ent	Cycle 3	Cycle 3	Cycle 3		
ndie	8-P2-100	8-P2-150	8-P2-200		
Gra	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3		
•	Cycle 1	Cycle 1	Cycle 1		
	8-P3-100	8-P3-150	8-P3-200		
	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3		
	Cycle 2	Cycle 2	Cycle 2		
	8-P3-100	8-P3-150	8-P3-200		
	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3	Échantillon du panneau 3		
	Cycle 3	Cycle 3	Cycle 3		
	8-P3-100	8-P3-150	8-P3-200		

Tableau 8 Structure expérimentale appliquée pour déterminer le coefficient de conductivité thermique de panneaux HDF de 8 mm d'épaisseur nominale.

La figure 21 montre les deux plateaux chauffants régulés de façon indépendante, qui ont été utilisés pour déterminer le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF. Un radiateur à air a dû être employé pour éviter que la plaque chaude ne vienne augmenter la température de la plaque froide. À ce dispositif s'ajoute également un voltmètre servant à transmettre le signal du capteur de flux thermique, ainsi qu'un régulateur permettant de contrôler indépendamment la température des deux plaques. L'enceinte de travail n'était pas à humidité relative contrôlée.



Figure 21 Dispositif expérimental utilisé dans la détermination du coefficient de conductivité thermique.

Pour chacun des essais, le coefficient moyen de conductivité thermique a été déterminé à partir d'au moins cinq lectures consécutives de flux thermique, prises à cinq minutes d'intervalle, et ce après l'atteinte des conditions thermiques au régulateur. Au moment des essais, le périmètre des échantillons était pourvu de laine isolante de manière à réduire les pertes de chaleur par les chants du panneau.

Le dispositif expérimental que nous avons utilisé est également un dispositif factoriel complètement aléatoire où les facteurs sont le type de papier (4 types), la température de pressage (3 températures), l'épaisseur du panneau (2 épaisseurs) et le nombre de cycles de pressage (3 cycles). La teneur en humidité des panneaux fut considérée comme covariable dans le modèle. Ce dispositif permet aussi d'étudier les effets du grammage du papier avant imprégnation et de la teneur en résine malgré que ces facteurs n'aient varié que partiellement à l'intérieur du dispositif. Une analyse de variance a été entreprise pour vérifier les hypothèses que nous avons formulées soient :

 Le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF varie en fonction de la température de la plaque chaude, l'épaisseur, la densité et la teneur en humidité du panneau et le nombre de cycles de pressage. Nous avons étudié les effets des facteurs et des interactions à un niveau de signification de 95%. Des comparaisons multiples ont permis d'évaluer et de comparer les variations entre les niveaux des facteurs au même niveau de signification (95%).

## CHAPITRE III RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les propriétés mesurées dans le cadre de cette recherche seront discutées dans les paragraphes qui suivent. Les résultats obtenus pour le coefficient de contraction et le module d'élasticité en traction des papiers de finition seront présentés, ainsi que le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF. De plus, les résultats des analyses de variance pour chacune de ces propriétés seront discutés et feront l'objet d'une comparaison en lien avec la littérature.

## 3.1 Coefficient de contraction des papiers de finition

Les résultats obtenus pour le coefficient de contraction des papiers de finition (CC) sont présentés au tableau 9. Pour chacun des types de papier, nous retrouvons le coefficient de contraction selon les deux directions du papier, et ce pour des temps de pressage de 10 et 20 secondes. Les valeurs individuelles de ces résultats sont présentées à l'annexe 1, où on retrouve pour chacune des répétitions effectuées, les distances mesurées avant et après pressage des papiers de finition.

Les résultats de l'analyse de variance à mesures répétées pour le coefficient de contraction des papiers de finition sont présentés au tableau 10. Le seuil de signification utilisé pour cette ANOVA a été fixé à 5%. Les résidus obtenus à la suite de cette analyse sont faibles (0,08554), ce qui indique que le modèle mathématique explique bien les différents facteurs et leurs interactions. Le test de normalité effectué révèle que le postulat de normalité est rencontré et ce dernier corrobore l'aspect visuel de la distribution.

		Temps de pressage		
Type de papier	Direction	10 secondes	20 secondes	
	Song mashing	1,15	1,26	
0461	Sens machine	(0,11)	(0,10)	
0401	Song travara	0,94	1,44	
	Sens travers	(0,09)	(0,13)	
	Song mashing	0,62	0,90	
PD80	Sens machine	(0,07)	(0,08)	
	Sens travers	0,77	0,96	
		(0,01)	(0,07)	
	Song machina	0,71	0,99	
$O_{461+PD80}$	Sens machine	(0,10)	(0,15)	
0401 1 000	Song travara	0,99	0,93	
	Sells llavels	(0,13)	(0,11)	
D80	Sons machine	0,76	0,84	
	Selis machine	(0,07)	(0,09)	
100	Song travers	0,96	1,22	
		(0,09)	(0,14)	

Tableau 9 Coefficients de contraction des papiers de finition (%) selon la direction du papier et le temps de pressage.

L'erreur-type est donnée entre parenthèses.

Tableau	10 Analyse d	le variance	portant sur	les coefficie	ents de con	traction des	s papiers de
finition.							

Effet	Degrés de liberté	Valeur de F
Papier	3	13,22***
Temps de pressage	1	15,93***
Papier-Temps de pressage	3	1,37N.S.
Direction	1	8,44**
Papier-Direction	3	1,90 N.S.
Temps de pressage-Direction	1	0,59 N.S.
Papier-Temps de pressage-Direction	3	1,90 N.S.

\*\*\*significatif à un niveau de probabilité supérieur à 99 pourcent; \*\*significatif à un niveau de probabilité de 99 pourcent; \* significatif à un niveau de probabilité de 95 pourcent; N.S. non significatif à un niveau de probabilité de 95%.

Les résultats de l'analyse de variance démontrent que deux des facteurs principaux étudiés soient le type de papier et le temps de pressage ont des effets hautement significatifs sur le coefficient de contraction des papiers, alors que la direction de la mesure a un effet très significatif sur le coefficient de contraction. Par contre, aucune interaction entre les facteurs n'est significative.

La figure 22 illustre bien ces effets. De façon générale, le coefficient de contraction est supérieur dans le sens travers (ST) et augmente avec le temps de pressage. Certains cas particuliers ne répondent pas à cette règle. Notons entre autres la feuille d'usure (O461), qui à 10 secondes de temps de pressage, obtient un coefficient de contraction supérieur dans le sens machine (SM) et la combinaison feuille d'usure-papier décor, qui à 20 secondes de temps de pressage, dénote un coefficient de contraction plus important dans le sens machine. L'effet hautement significatif du type de papier de finition se traduit également graphiquement.



Figure 22 Variation du coefficient de contraction des papiers de finition en fonction du type de papier, de la direction de la mesure et du temps de pressage.

Puisqu'aucune interaction double ou triple n'a été révélée suite à l'analyse de variance, nous avons procédé à des comparaisons multiples au niveau du type de papier, du temps de pressage et de la direction de la mesure.

En ce qui a trait au type de papier, les résultats issus de la comparaison multiple montrent que le coefficient de contraction de la feuille d'usure (O461) varie de façon hautement significative, lorsque comparé un à un avec le coefficient de contraction des autres types de papier. Ce résultat concorde avec les coefficients de contraction établis à partir de la moyenne des moyennes pour chacun des types de papier. En effet, cette valeur est de 1,20 pour la feuille d'usure, alors qu'elle varie entre 0,81 et 0,94 pour les autres types de papier de finition. Nous pouvons donc affirmer que la feuille d'usure (O461) possède un coefficient de contraction moyen d'environ 36% supérieur aux autres papiers, et ce tous temps de pressage et toutes directions confondus. Aucune autre variation significative du coefficient de contraction engendrée par le type de papier n'a été relevée par la méthode des comparaisons multiples.

Ces résultats permettent de faire un parallèle avec les travaux de Heebink et Haskell (1962), qui proposaient que les coefficients d'expansion thermique des laminés décoratifs sont supérieurs à ceux des feuilles de contre-balancement. Selon eux, ce phénomène pourrait être causé par la feuille de recouvrement fortement imprégnée de résine mélamine servant dans la fabrication du laminé décoratif. Cette hypothèse sera vérifiée plus loin à l'aide d'une analyse par contraste.

Les comparaisons multiples menées au niveau du temps de pressage montrent que le coefficient de contraction est supérieur pour un temps de pressage de 20 secondes, peu importe le type de papier et la direction considérés. Le coefficient de contraction pour un temps de pressage de 20 secondes est d'environ 22% supérieur au coefficient de contraction obtenu pour un temps de pressage de 10 secondes. L'augmentation du coefficient de contraction du degré de polymérisation ou de réticulation de la résine. La résine mélamine formaldéhyde requière de la chaleur pour polymériser. Lors du pressage, la réticulation chimique entraîne

la formation d'un réseau tridimensionnel macromoléculaire. Ce réseau grandit de façon linéaire d'abord, en formant de petits agrégats, lesquels grandissent en fusionnant avec d'autres agrégats ou en accumulant du monomère. Ce phénomène de formation d'agrégats, aussi appelé taux d'avancement de la résine, correspond au pourcentage de monomère ayant réagit et dépend de l'énergie transmise, et par conséquent du temps de pressage (Riedl 2001). Associée à la polymérisation, on retrouve le phénomène de la polycondensation. La formation d'agrégats, telle que décrite précédemment, entraîne l'élimination de molécules d'eau, suite à la polycondensation (Espe 2004). Ce phénomène pourrait expliquer la contraction des papiers durant la lamination. Maloney (1997) indiquait que la résine mélamine se contracte légèrement durant la polymérisation.

Les comparaisons multiples relatives à la direction de la mesure révèlent que le coefficient de contraction du papier est significativement plus élevé dans le sens travers que dans le sens machine (papier et temps de pressage confondus). Le coefficient de contraction dans le sens travers est de 16% supérieur au coefficient de contraction du papier mesuré dans le sens machine. Ces résultats donnent lieu encore une fois à un parallèle avec les travaux de Heebink et Haskell (1962), qui ont observé que le changement dimensionnel des laminés suite à une augmentation d'humidité relative était deux fois plus important dans le sens travers que dans le sens machine. Ils ont expliqué cette différence par l'orientation longitudinale des fibres à l'intérieur des laminés et par les contraintes de séchage induites durant la fabrication du papier.

Tableau 11 Analyse par contraste ayant pour but de déterminer l'effet du contenu en résine et du grammage du papier avant imprégnation sur le coefficient de contraction des papiers de finition.

Facteur	Pente estimée	Erreur	Degré de	Valeur de t	Probabilité
		standard	liberté		
Contenu en résine	0,2596	0,04664	70	5,57	<0,0001
Grammage du papier avant imprégnation	-0,2609	0,04656	70	-5,60	<0,0001

Les résultats obtenus de l'analyse par contraste quant à l'effet du contenu en résine et du grammage du papier avant imprégnation sur le coefficient de contraction sont présentés au tableau 11. Ces résultats nous permettent d'affirmer pour tous les types de papier, que le coefficient de contraction augmente de façon linéaire avec le contenu en résine du papier et qu'il diminue linéairement avec le grammage du papier avant imprégnation. Heebink (1972) émettait des hypothèses pouvant expliquer la contraction linéaire des papiers décoratifs et des feuilles de contre-balancement au moment de la lamination. Une des premières explications amenées par ce dernier fait référence au refroidissement des papiers de finition à l'intérieur de la presse. Il nous a été donné de voir, lors de nos travaux en laboratoire, que le phénomène de contraction prenait plus d'ampleur dès les premiers moments de refroidissement des papiers. Une seconde hypothèse soulevée par Heebink (1972) est que la contraction linéaire des laminés est d'une certaine facon associée aux fibres ou au papier utilisé pour produire le laminé. Nos résultats abondent également en ce sens. Finalement, Heebink (1972) propose que la contraction linéaire des laminés est causée par le pourcentage élevé de résine dans les laminés. Nos résultats expérimentaux confirment clairement cette hypothèse.

La précision des résultats expérimentaux discutés jusqu'à présent a pu être affectée négativement par deux facteurs. L'imprécision de la mesure provoquée par le décalage des points de repère après pressage des papiers de finition et l'erreur associée à la déformation des papiers de finition après pressage.

## 3.2 Module d'élasticité en traction des papiers de finition

Les résultats obtenus pour le module d'élasticité (MOE) en traction des papiers de finition sont présentés au tableau 12. Pour chacun des types de papier de finition, nous retrouvons le module d'élasticité en traction selon les deux directions du papier, et ce pour des temps de pressage de 0, 10 et 20 secondes. Les valeurs individuelles de ces résultats sont présentées à l'annexe 2, où on retrouve pour chacune des conditions expérimentales les résultats des modules d'élasticité en traction.

		Temps de pressage			
Type de papier	Direction	0 seconde	10 secondes	20 secondes	
		4,182	4,696	6,105	
	Sens machine	(0,041)	(0,057)	(0,100)	
0461		0,20	0,17	0,13	
0401		2,982	3,687	4,687	
	Sens travers	(0,132)	(0,122)	(0,227)	
		0,20	0,17	0,13	
		6,535	7,790	9,219	
	Sens machine	(0,117)	(0,152)	(0,171)	
<b>PD8</b> 0		0,13	0,11	0,09	
FD00		5,297	6,257	7,374	
	Sens travers	(0,059)	(0,179)	(0,252)	
		0,13	0,11	0,09	
			8,075	6,088	
	Sens machine	NP	(0,175)	(0,127)	
0461+PD80			0,17	0,22	
0401 1 000			7,006	5,208	
	Sens travers	NP	(0,090)	(0,135)	
			0,17	0,22	
		5,010	6,550	6,589	
Dou	Sens machine	(0,067)	(0,088)	(0,163)	
		0,21	0,16	0,16	
D00		4,299	5,788	5,892	
	Sens travers	(0,061)	(0,079)	(0,077)	
		0,21	0,16	0,16	

Tableau 12 Modules d'élasticité en traction des papiers de finition (GPa), selon la direction du papier et le temps de pressage.

L'erreur-type est donnée entre parenthèses. En italique, est présentée l'épaisseur du papier en millimètre.

Les résultats de l'analyse de variance à trois facteurs pour le module d'élasticité en traction des papiers de finition sont présentés au tableau 13. Le seuil de signification utilisé pour cette ANOVA a été fixé à 5%. Après plusieurs tentatives de transformation des données, la normalité n'a pu être atteinte. Malgré le non-respect de ce paramètre, il a tout de même été possible de procéder à l'analyse de variance, puisque les résultats de l'ANOVA se sont avérés être très significatifs. De plus, quelle que soit la transformation utilisée, les conclusions issues s'avéraient être les mêmes. L'examen visuel des données expérimentales montre que la distribution des données sans transformation s'approche de très près d'une distribution normale. La structure factorielle utilisée dans cette analyse de

variance est incomplète, puisqu'au temps de pressage 0 seconde aucune valeur de MOE n'est disponible pour O461+DP80.

L'analyse de variance montre des effets hautement significatifs du type de papier, de la direction de la mesure et du temps de pressage sur le module d'élasticité en traction des papiers de finition. De plus, des interactions doubles hautement significatives entre papierdirection, ainsi qu'entre papier- temps de pressage sur le module d'élasticité en traction sont identifiées.

La figure 23 illustre bien que pour un même papier, le module d'élasticité est supérieur dans le sens machine et augmente avec le temps de pressage. De plus, il est possible d'observer les résultats obtenus pour chacun des types de papier.

Toujours à la même figure, on remarque une relation linéaire positive entre le temps de pressage et le module d'élasticité en traction pour la feuille d'usure (O461) et pour le papier décor (PD80). En observant la pente des droites, l'on remarque que la feuille d'usure (O461) connaît une augmentation plus importante de son module d'élasticité comparativement au papier décor, et ce pour un même accroissement du temps de pressage. En ce qui concerne la feuille de contre-balancement (B80), la relation linéaire s'estompe à 10 secondes pour devenir constante. Une réticulation complète de la résine à 10 secondes pourrait expliquer ce changement de comportement. Nous n'avons aucune explication pour justifier le comportement marginal de la combinaison feuille d'usure-papier décor (O461+PD80) pour laquelle le MOE diminue avec une augmentation du temps de pressage.

Effet	Degrés de liberté	Valeur de F
Papier	3	471,31***
Direction	1	410,64***
Papier-Direction	3	10,02***
Temps	2	400,04***
Papier-Temps	5	87,22***
Direction-Temps	2	0,91N.S.
Papier-Direction-Temps	5	0,89N.S.

Tableau 13 Analyse de variance portant sur le module d'élasticité en traction des papiers de finition.

\*\*\*significatif à un niveau de probabilité supérieur à 99 pourcent; \*\*significatif à un niveau de probabilité de 99 pourcent; \* significatif à un niveau de probabilité de 95 pourcent; N.S. non significatif à un niveau de probabilité de 95%.



Figure 23 Variation du module d'élasticité en traction des papiers de finition en fonction du type de papier, de la direction et du temps de pressage.

De manière à mieux comprendre les interactions doubles identifiées précédemment, des comparaisons multiples ont été effectuées et sont présentées au tableau 14. Dans un premier temps, deux comparaisons multiples quant à l'interaction papier\*direction (tous temps de pressage confondus) ont été menées en parallèle. La première comparaison confond tous les temps de pressage et fait abstraction des valeurs de MOE obtenues à 10 et 20 secondes pour O461 + PD80. La seconde comparaison a trait uniquement aux temps de pressage de 10 et 20 secondes et tient compte des résultats de MOE obtenus pour les quatre types de papiers. Les conclusions issues des deux scénarios sont similaires. Pour un même papier, le MOE en traction dans le sens machine est significativement plus élevé que dans le sens travers. L'amplitude de la différence entre le MOE SM et le MOE ST dépend du type de papier. Selon la comparaison 1, les MOE en traction de la feuille d'usure, du papier décor et de la feuille de contre-balancement sont respectivement plus élevés de 32%, 23% et 14% dans le sens machine. De plus, les papiers sont significativement différents entre eux, et cela dans les deux directions de mesure. Pour l'une ou l'autre des directions, le papier décor obtient le MOE en traction le plus élevé, suivi de la combinaison O461+PD80, de la feuille de contre-balancement et de la feuille d'usure.

	Comparaison 1		Com	paraison 2
	Écart (GPa)	Augmentation (%)	Écart (GPa)	Augmentation (%)
O461 SM vs O461ST	1,21***	32	1,21***	29
PD80 SM vs PD80ST	1,46***	23	1,58***	23
O461+PD SM vs O461+PD ST	-	-	0,97***	16
B80 SM vs B80 ST	0,70***	14	0,74***	13

Tableau 14 Comparaisons multiples des valeurs de MOE en traction des papiers de finition pour l'interaction papier\*direction.

\*\*\*significatif à un niveau de probabilité supérieur à 99 pourcent; \*\*significatif à un niveau de probabilité de 99 pourcent; \* significatif à un niveau de probabilité de 95 pourcent; N.S. non significatif à un niveau de probabilité de 95%.

La comparaison multiple papier-temps (toutes directions confondues), présentée au tableau 15, permet de constater une différence significative du MOE selon le temps de pressage considéré, et ce pour un même papier. Sur ce plan, la comparaison feuille de contrebalancement (B80) à 10 secondes versus à 20 secondes fait exception. Dans tous les autres cas, les MOE des papiers sont mutuellement différents et augmentent significativement avec le temps de pressage. Ces augmentations dépendent du type de papier.

Tel qu'exprimé à la figure 23 et repris au tableau 15, l'augmentation du module d'élasticité pour certains papiers suit une relation linéaire, tandis que pour d'autres papiers cette relation linéaire devient constante.

Pour un temps de pressage de 0 seconde (toutes directions confondues), la comparaison des MOE des différents papiers nous permet d'affirmer qu'il y a une différence significative entre chacun des types de papier. Dans ce cas, nous retrouvons en ordre décroissant les modules d'élasticité en traction du papier décor (PD80), de la feuille de contre-balancement (B80) et de la feuille d'usure (O461). Pour un temps de pressage de 10 secondes, nous constatons encore une fois une variation significative des MOE entre les différents types de papiers. Cependant, l'ordination des papiers est modifiée, puisque nous tenons compte de la combinaison feuille d'usure et papier décor. Nous retrouvons donc toujours en ordre décroissant, la combinaison feuille d'usure-papier décor (O461+PD80), le papier décor (PD80), la feuille de contre-balancement (B80) et la feuille d'usure (O461).

Finalement, pour un temps de pressage de 20 secondes, nous observons à nouveau une variation significative du MOE entre les différents papiers. Nous retrouvons alors en ordre décroissant de MOE le papier décor (PD80), la feuille de contre-balancement (B80), la combinaison feuille d'usure-papier décor (O461+PD80) et la feuille d'usure (O461). Selon les résultats de l'analyse par contraste présentés au tableau 16, le module d'élasticité augmente linéairement avec le grammage des papiers avant imprégnation et diminue avec le contenu en résine. Les effets de ces deux paramètres sur le module d'élasticité en traction sont contraires à ceux établis pour le coefficient de contraction.

	Écart	Augmentation
	(GPa)	(%)
O461 10 vs O461 0	0,614***	17
O461 20 vs O461 0	1,821***	51
O461 20 vs O461 10	1,206***	29
PD80 10 vs PD80 0	1,108***	19
PD80 20 vs PD80 0	2,484***	42
PD80 20 vs PD80 10	1,375***	20
O461+PD80 10 vs O461+PD80 0	-	-
O461+PD80 20 vs O461+PD80 0	-	-
O461+PD80 20 vs O461+PD80 10	1,899***	(34)
B80 10 vs B80 0	1,505***	32
B80 20 vs B80 0	1,569***	34
B80 20 vs B80 10	0,063	1

Tableau 15 Comparaison multiples des valeurs de MOE en traction des papiers de finition pour l'interaction papier\*temps.

\*\*\*significatif à un niveau de probabilité supérieur à 99 pourcent; \*\*significatif à un niveau de probabilité de 99 pourcent; \* significatif à un niveau de probabilité de 95 pourcent; N.S. non significatif à un niveau de probabilité de 95%.

Tableau 16 Analyse par contraste pour étudier l'effet du contenu en résine et du grammage du papier avant imprégnation sur le module d'élasticité en traction des papiers de finition.

Facteur	Pente	Erreur standard	Valeur de t	Probabilité
	estimée			
Contenu en résine	-1,906	0,050	-38,13	<0,0001
Grammage du papier avant imprégnation	1,642	0,052	31,55	<0,0001

## 3.3 Coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF

Les résultats obtenus pour le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF sont présentés aux tableaux 17 et 18. Pour chacune des épaisseurs de panneaux, le coefficient de conductivité thermique (k) est présenté en fonction de la température de la plaque chaude, de la teneur en humidité du panneau et du nombre de cycles ou répétitions lorsque soumis à une différence de température de 25°C.

	1	00°C		1	50 °C		2	200°C	
	k (W/m°C)	T.H. avant (%)	T.H. après (%)	k (W/m°C)	T.H. avant (%)	T.H. après (%)	K (W/m°C)	T.H. avant (%)	T.H. après (%)
				Panneau	1				
C1	0,253	4,7	3,8	0,271	3,5	1,5	0,220	7,5	1,3
C2	0,280	4,0	3,5	0,234	1,6	1,0	0,236	6,5	0,2
C3	0,271	3,6	3,0	0,231	1,1	0,9	0,240	0,3	0,2
Moyenne	0,268			0,245			0,232		
E-T	0,008			0,013			0,006		
Panneau 2									
C1	0,281	2,5	2,2	0,277	3,6	1,4	0,220	7,5	1,4
C2	0,323	2,4	2,2	0,242	1,7	1,0	0,231	6,0	0,2
C3	0,334	2,4	2,2	0,248	1,2	0,7	0,235	0,3	0,2
Moyenne	0,313			0,256			0,229		
E-T	0,016			0,011			0,004		
Panneau 3									
C1	0,256	2,0	1,9	0,239	3,8	1,4	0,211	7,5	1,4
C2	0,271	2,2	2,0	0,230	1,6	1,0	0,235	5,8	0,1
C3	0,270	2,1	1,9	0,241	0,9	0,8	0,237	0,2	0,1
Moyenne	0,266			0,237			0,228		
E-T	0,005			0,003			0,008		

Tableau 17 Coefficients de conductivité thermique (W/m°C) pour une différence de température de 25°C et teneurs en humidité (avant et après chaque cycle) des panneaux HDF de 7 mm d'épaisseur nominale.

	100°C			150 °C			200°C		
	k	T.H.	T.H.	k	T.H.	T.H.	k	T.H.	T.H.
	(W/m°C)	avant (%)	(%)	(W/m°C)	avant (%)	(%)	(W/m°C)	avant (%)	(%)
				Panneau	1				
C1	0,318	6,0	5,3	0,287	3,5	1,5	0,244	8,5	1,1
C2	0,267	5,3	4,5	0,337	5,2	1,9	0,204	1,3	0,2
C3	0,262	4,5	4,1	0,264	1,8	1,1	0,203	0,3	0,2
Moyenne	0,282			0,296			0,217		
E-T	0,018			0,022			0,014		
Panneau 2									
C1	0,297	6,0	5,2	0,226	3,7	1,8	0,243	8,7	1,3
C2	0,254	5,1	4,4	0,249	4,9	1,8	0,212	1,6	0,5
C3	0,247	4,4	4,0	0,269	1,8	1,0	0,208	0,5	0,2
Moyenne	0,266			0,248			0,221		
E-T	0,016			0,012			0,014		
Panneau 3									
C1	0,259	5,9	5,2	0,240	3,6	1,7	0,250	7,5	0,2
C2	0,252	5,1	4,6	0,289	4,0	1,7	0,241	0,3	0,1
C3	0,269	4,4	4,0	0,245	1,7	1,1	0,240	0,1	0,1
Moyenne	0,260			0,258			0,244		
E-T	0,005			0,015			0,003		

Tableau 18 Coefficients de conductivité thermique (W/m°C) pour une différence de température de 25°C et teneurs en humidité (avant et après chaque cycle) des panneaux HDF de 8 mm d'épaisseur nominale.

Les coefficients de conductivité thermique obtenus dans le cadre de cette étude varient entre 0,203 et 0,337 W/m°C, et ce toutes épaisseurs et toutes températures confondues. Ces résultats sont similaires à ceux répertoriés dans la littérature, bien que plus élevés. En effet, la Timber Trade Federation (2005) évalue le coefficient de conductivité thermique de panneaux agglomérés possédant une masse volumique de 900 kg/m<sup>3</sup> à 0,18 W/m°C, à une température de 20°C. Durant les essais en laboratoire, la détermination de k a été effectuée à des températures beaucoup plus élevées que celles mentionnées dans la littérature, ce qui peut expliquer l'obtention de valeurs de k supérieures. Plus la température à laquelle le bois est soumis est élevée, plus grande sera sa conductivité thermique (Forest Products Laboratory 1999).

Les valeurs individuelles de coefficient de conductivité thermique sont présentées aux annexes 3 et 4, où on retrouve pour chacune des conditions expérimentales les différents paramètres ayant menés à leur détermination. Nous tenons à mentionner qu'une période d'environ 30 minutes est nécessaire à l'atteinte du régime de flux stationnaire menant à l'évaluation du coefficient de conductivité thermique (k).

Une analyse de variance simple a été réalisée en éliminant les interactions les moins significatives. La covariable teneur en humidité fut exclue de l'analyse de variance, puisque trop variable. Les résultats de l'ANOVA sont présentés au tableau 19. Ceux-ci nous permettent de constater un effet très significatif de la température sur le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF. De plus, l'interaction double Épaisseur\*Cycle s'est avérée significative, alors que l'interaction triple Épaisseur\*Température\*Cycle est quant à elle très significative.

La figure 24, qui présente les coefficients de conductivité thermique moyens des panneaux HDF en fonction de leur épaisseur et de la température de la plaque chaude, permet d'illustrer l'effet très significatif de la température sur le paramètre à l'étude. Indépendamment de l'épaisseur de panneau considérée, les coefficients de conductivité thermique des panneaux HDF diminuent, lorsqu'il y a augmentation de la température, et ce pour une même différence de température. Ces résultats ne correspondent pas à ce que l'on trouve dans la littérature, qui prévoit une augmentation de la conductivité thermique du bois, lorsque soumis à une hausse de température. La teneur en humidité plus faible des panneaux après les essais aux températures plus élevées peut expliquer cet effet.

Effets	Degrés de liberté	Valeur de F
Épaisseur	1	0,06N.S.
Température	2	12,86**
Épaisseur-Température	2	1,72N.S.
Cycle	2	0,49N.S.
Épaisseur-Cycle	2	3,59*
Épaisseur-Température-Cycle	8	4,78**

Tableau 19 Analyse de variance pour le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF de 7 et de 8 mm d'épaisseur nominale.

\*\*\*significatif à un niveau de probabilité supérieur à 99 pourcent; \*\*significatif à un niveau de probabilité de 99 pourcent; \* significatif à un niveau de probabilité de 95 pourcent; N.S. non significatif à un niveau de probabilité de 95%.



Figure 24 Coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF en fonction de leur épaisseur et de la température de la plaque chaude.

Dans leurs travaux Kamke et Zylkowski (1989) démontrent que la conductivité thermique des panneaux à base de bois varie proportionnellement avec leur masse volumique et que cette propriété est supérieure pour le bois massif. Bien que cette propriété n'apparaisse pas distinctement dans l'analyse de variance, elle y ait traitée puisque dépendante de l'épaisseur. La figure 25 présente les profils de densité des panneaux étudiés.

Un écart d'environ 45 kg/m<sup>3</sup> sépare la densité des panneaux de 7 et de 8 mm d'épaisseur. Cet écart de masse volumique n'a pas eu pour effet d'influencer significativement les coefficients de conductivité thermique des panneaux que nous avons étudiés, bien que la littérature prévoie un tel effet. L'écart de densité mesuré entre les panneaux de 7 et 8 mm d'épaisseur est peut être insuffisant pour influencer significativement la conductivité thermique des panneaux.



Figure 25 Profils de masse volumique pour des panneaux HDF de 7 et 8 mm d'épaisseur nominale.

# **CONCLUSIONS GÉNÉRALES**

Les essais expérimentaux effectués dans le cadre de ce mémoire, associés aux analyses statistiques présentées précédemment, ont permis d'étudier la variation des propriétés physico-mécaniques des papiers de finition et des panneaux HDF utilisés dans la production de plancher flottant en fonction de diverses variables dont les paramètres du procédé, les caractéristiques du substrat et des papiers de finition. Trois propriétés ont été évaluées. Il s'agit du coefficient de contraction et du module d'élasticité en traction des papiers de finition, en plus du coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF.

Ces travaux ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- La direction du papier a un effet très significatif sur le coefficient de contraction.
  Le CC dans le sens travers est de 16% supérieur au coefficient de contraction dans le sens machine.
- Le temps de pressage a un effet hautement significatif sur le coefficient de contraction des papiers de finition. Peu importe le type de papier et la direction considérée, le coefficient de contraction du papier à un temps de pressage de 20 secondes est supérieur d'environ 22% au coefficient de contraction obtenu après 10 secondes de pressage.
- Pour tous les types de papiers, le coefficient de contraction augmente de façon linéaire avec la teneur en résine du papier et il diminue linéairement avec le grammage du papier avant imprégnation.
- Le type de papier de finition a un effet hautement significatif sur le coefficient de contraction. La feuille d'usure possède en moyenne un coefficient de contraction de 36% supérieur aux autres papiers, et ce tous temps de pressage et toutes directions confondus. Aucune autre variation significative du CC engendrée par le type de papier n'a été révélée par la méthode des comparaisons multiples.

- Pour un même papier, le MOE en traction dans le sens machine est significativement plus élevé que dans le sens travers. L'amplitude de cette différence dépend du type de papier. En comparaison avec le sens travers, les MOE en traction de la feuille d'usure, du papier décor et de la feuille de contrebalancement sont respectivement plus élevés de 32, 23 et 44% dans le sens machine.
- Le module d'élasticité augmente linéairement avec le grammage des papiers avant imprégnation et diminue avec le contenu en résine.
- Des interactions doubles hautement significatives entre le type de papier et la direction, ainsi que le type de papier et le temps de pressage sont associées au module d'élasticité en traction des papiers de finition. Pour un même papier, le module d'élasticité est supérieur dans le sens machine et augmente avec le temps de pressage.
- Quelque soit la direction considérée, le papier décor obtient le MOE en traction le plus élevé, suivi de la combinaison O461+PD80, de la feuille de contrebalancement et de la feuille d'usure.
- Il existe une relation linéaire positive entre le temps de pressage et le MOE en traction pour la feuille d'usure et le papier décor. Pour un même accroissement du temps de pressage, la feuille d'usure présente une augmentation plus importante de son MOE comparativement au papier décor. Quant à la feuille de contrebalancement, elle connaît une augmentation de son MOE jusqu'à 10 secondes de temps de pressage, qui devient constant par la suite.
- La température a eu un effet très significatif sur le coefficient de conductivité thermique des panneaux HDF. La baisse du coefficient de conductivité thermique avec la température de la plaque chaude est probablement due à la perte d'humidité que subie le panneau lors de la mesure. Dans l'avenir, ce paramètre devrait faire l'objet d'un plus grand contrôle.

Le gauchissement des panneaux HDF survenant lors du procédé de lamination à chaud constitue une préoccupation importante pour l'industrie du plancher flottant et toutes celles gravitant autour de ce secteur. En effet, une mauvaise compréhension du gauchissement et par le fait même un mauvais contrôle de ce phénomène entraîne des baisses de qualité, de productivité et de rendement, qui se traduisent par de lourdes pertes financières et une baisse de compétitivité sur les marchés commerciaux. La présente étude s'inscrit dans ce cadre, car elle avait pour objectif général d'étudier la variation des propriétés physico-mécaniques des papiers de finition et des panneaux HDF utilisés dans la production de plancher flottant en fonction de diverses variables dont les paramètres du procédé, les caractéristiques du substrat et des papiers de finition. Ces résultats permettront de modéliser le gauchissement hygromécanique survenant lors du procédé de lamination à chaud des panneaux de fibres de bois à haute densité, afin d'optimiser les caractéristiques des panneaux destinés à cette opération.

Finalement, des travaux futurs pourraient être réalisés afin d'évaluer l'influence du papier de base et des différents systèmes de résine sur le phénomène de contraction des papiers de finition. Cela permettrait de comprendre et de contrôler davantage le phénomène de gauchissement des panneaux survenant lors du procédé de lamination à chaud.
#### **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Alexopoulos, J. 1994. Quality assurance for the overlay panel industry. Canadian Forest Service No. 39: Forintek Canada Corp. 18 p. Project 3815N345.
- American Society for Testing and Materials. 2001. ASTM Designation C 518-98. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. Annual book of ASTM Standards 2001, section four, volume 04.06 Philadelphia, PA., USA 174-185.
- Brunborg, N. 1997. Different overlays applications and related resin systems used for various low pressure laminates. TAPPI Asian Laminates Symposium. 103-108.
- Cai, Z. 2004. Evaluating the warping of laminated particleboard panels. The 7<sup>th</sup> Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium Proceedings Volume II. Nanjing, China. 69-79.
- Composite Panel Association (CPA). 1995. MDF de l'arbre au produit fini. Composite Panel Association, Gaithersburg, Maryland USA. 43 p.
- Composite Panel Association (CPA). 1998a. Dimensional stability of particleboard and MDF-Technical Bulletin. Composite Panel Association, Gaithersburg, Maryland, USA. 6 p.
- Composite Panel Association (CPA). 1998b. Minimizing warp in laminated particleboard and medium density fiberboard (MDF)-Technical Bulletin. Composite Panel Association, Gaithersburg, Maryland, USA. 6 p.
- Espe, R. 2004. Pressure equalization in hydraulic hot presses. European laminates conference and workshop. Technical Conference Mangement. Berlin, Germany. 10 p.
- FAO. 1992. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Les panneaux à base de bois. 50 p.
- Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook Wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113.
- Ganev, S. 2002. Modeling of the hygromechanical warping of medium density fiberboard. Thèse de doctorat. Université Laval, Québec. 157 p.
- Gross, R. 1997. The global market for decorative paper and laminates. TAPPI Asian Laminates Symposium. 7-17.

- Heebink, B.G. 1972. Irreversible dimensional changes in panel materials. Forest Prod. J. 22:5. 44-48.
- Heebink, B.G., H.H. Haskell. 1962. Effect of Heat and Humidity on the properties of high pressure laminates. Forest Prod. J. 12:11. 542-548.
- Hoenigman, T. 1996. An introduction to high pressure laminates. TAPPI Plastic Laminates Symposium. 5-15.
- Kamke, F.A., S. Zylkowski. 1989. Effects of wood-based panel characteristics on thermal conductivity. Forest Prod. J. 39:5. 19-24.
- Khurana, S., M. Mehta. 1995. Future developments on high abrasion overlay Market & Technology Part 1 & 2. TAPPI European Plastic Laminates Forum. 31-43.
- Khurana, S., M. Mehta. 1997. Wear resistant overlay for flooring Market & technology. TAPPI Asian Laminates Symposium. 47-58
- Laminating Materials Association (LMA). 2001. Glossary of terms. Laminating Materials Association. Hillsdale, New Jersey, USA. 20 p.
- Lefebvre, M., R. Beauregard. 1999. Assessment of various composite floating flooring constructions. Forintek Canada corp. 18 p. Project No. 2305.
- LeVan, S. L. 1985. Flammespread variability of candidate wood-based reference materials. Journal of Fires Sciences. Volume 3: 208-223.
- Maloney, T. 1997. Modern particleboard & Manufacturing. Miller Freeman inc. 681 p.
- Marshall, P. 1996. An introduction to low pressure laminates and foils. TAPPI Plastic Laminates Symposium. 4 p.
- Marshall, P. 2000. Nailing down laminate flooring. TAPPI Plastic Laminates Symposium. 6 p.
- Marshall, P. 2002a. An overview of laminate flooring. TAPPI Decorative & Industrial Laminates Symposium. 34 p.
- Marshall, P. 2002b. Manufacturing decorative saturating paper. TAPPI Decorative & Industrial Laminates Symposium. 29 p.
- Marshall, P., B. Parent. 1998. What is a laminate? How decorative foils, low pressure laminates and high pressure laminates are produced. TAPPI Plastic Laminates Symposium Proceedings. 11 p.

- McNamee, J. 2002. Press Plate 101 An introduction. TAPPI Decorative and Industrial Laminates Symposium.18 p.
- Meadwestvaco. 2005a. Laminate flooring tutorial (Nailing down laminate flooring). In site de Meadwestvaco. [En ligne]. <u>http://www.meadwestvaco.com/mspd/specialtypaperhome.nsf/Web+Pages/A</u> <u>4DA339EE5C887A7852569C8007D9BC5?OpenDocument</u> (Page consultée le 23 octobre 2005).
- Meadwestvaco. 2005b. Laminate tutorial. In site de Meadwestvaco. [En ligne]. <u>http://www.meadwestvaco.com/mspd/specialtypaperhome.nsf/Web+Pages/A4DA33</u> <u>9EE5C887A7852569C8007D9BC5?OpenDocument</u> (Page consultée le 23 octobre 2005).
- North American Laminate Flooring Association. 2003. NALFA Standards Publication LF 01-2003.
- National Electrical Manufacturers Association. 2002. NEMA Standards Publication LD 3-2000 High-Pressure Decorative Laminates. NEMA, Rosslyn, Virginia, USA.
- National Particleboard Association. 1995. MDF de l'arbre au produit fini. Gaithersburg, MD. 43 p.
- Nemli, G., H. Kalaycioğlu. 2002. Effects of surface coating materials on the thermal conductivity and combustion properties of particleboard. Turk J Agric For. Volume 26: 155-160.
- Patt, R., A. Reinhard. 1997. Basic processes of laminate construction. TAPPI Asian Laminates Symposium. 1-6.
- Riedl, B. 2001. Notes de cours : Chimie des adhésifs et des surfaces. Université Laval Québec. 98 p.
- Ritterhoff, H., H. Günzerodt. 1993. Faster cycle times for more profit in low pressure overlaying. Proceedings 27 th International particleboard/composite materials Symposium W.S.U.: 81-89.
- Ritterhoff, H. 1996. Flooring panels based on MDF and low pressure melamine. TAPPI Plastic laminates Symposium. 239-244.
- Suchsland, O., Y.G. Feng, D.P. Xu. 1995. The hygroscopic warping of laminated panels. Forest Prod. J. 25:10. 57-63.
- Suleiman, B.M., J. Larfeldt, B. Leckner, M. Gustavsson. 1999. Thermal conductivity and diffusivity of wood. Wood Sci. Technol. Volume 33: 465-473.

- Technical Association for the worldwide Pulp, Paper, and converting Industry (TAPPI). 1989. TAPPI Test Methods – Volume one. T 494 om-88. Tensile Breaking properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus). Atlanta, GA. USA.
- Timber Trade Federation. 2005. Panel Guide. In site de Timber Trade Federation. [En ligne].http://www.ttf.co.uk
- Wu, Q., O. Suchsland. 1996. Prediction of moisture content and moisture gradient of an overlaid particleboard. Wood and Fiber Sci. 28 :2. 227-239.

## ANNEXE 1 LISTE DES ABRÉVIATIONS

C :	Cycle de mesure
CC :	Coefficient de Contraction
HDF :	Panneaux de fibres de bois à haute densité (High Density Fiberboard)
HPL :	Laminés haute pression (High Pressure Laminates)
k :	Coefficient de conductivité thermique
LPL :	Laminé basse pression (Low Pressure Laminates)
MDF :	Panneaux de fibres de bois à faible densité (Medium density Fiberboard)
MF :	Mélamine Formaldéhyde
MOE :	Module d'élasticité
SM :	Sens Machine
ST :	Sens Travers

# ANNEXE 2 RÉSULTATS DES COEFFICIENTS DE CONTRACTION

					Feuille d'u	sure (O461)	- temps de	pressage de	e 10 seconde	s - 3.5 Mpa		
			#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
	ssage	Point A (cm)	13.36	13.48	13.38	13.13	13.68	13.18	12.79	13.12	13.83	12.82
	of pre-	Point B (cm)	0.68	0.51	0.64	0.49	0.61	0.74	0.71	1.17	1.12	1.22
s 1 Ahine	Ava	Distance (cm)	12.67	12.96	12.74	12.64	13.07	12.44	12.08	11.95	12.71	11.60
epère s mac	ge	Point A' (cm)	13.01	13.42	13.64	12.64	0.33	0.94	0.70	13.16	1.42	1.43
Rens	ressa	Point B' (cm)	0.43	0.64	1.08	0.20	13.21	13.30	12.69	1.29	14.04	12.93
	nrès I	Distance ' (cm)	12.58	12.77	12.56	12.44	12.88	12.36	11.99	11.87	12.62	11.50
	<	Perte (cm)	0.09	0.19	0.18	0.20	0.20	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
		Perte (%)	0.74	1.46	1.43	1.55	1.50	0.63	0.77	0.68	0.69	0.90
	ssage	Point A (cm)	0.78	0.52	0.54	0.33	0.55	0.70	0.78	1.22	1.25	1.27
	nt pre	Point B (cm)	13.36	12.89	12.49	12.84	13.68	12.53	12.77	12.27	13.41	13.39
s 2 chine	Avai	Distance (cm)	12.58	12.37	11.95	12.51	13.13	11.83	11.99	11.05	12.16	12.12
epère s mac	8	Point A' (cm)	0.49	13.08	0.73	0.00	13.47	12.75	12.79	1.42	13.62	13.58
Rens	ressa	Point B' (cm)	12.95	0.90	12.53	12.53	0.45	1.03	0.66	13.40	1.56	1.68
	DIÈL	Distance ' (cm)	12.46	12.18	11.80	12.53	13.02	11.72	12.13	11.97	12.06	11.90
	<	Perte (cm)	0.12	0.18	0.15	(0.03)	0.10	0.11	(0.13)	(0.92)	0.09	0.21
		Perte (%)	0.96	1.49	1.23	(0.20)	0.79	0.93	(1.12)	(8.35)	0.78	1.77
	sage	Point A (cm)	13.61	12.99	12.58	12.98	13.69	12.68	12.86	13.34	13.56	13.39
	nt pre	Point B (cm)	0.60	0.70	1.49	0.72	1.18	1.13	0.27	1.37	0.72	1.22
s3 hine	Ava	Distance (cm)	13.01	12.29	11.09	12.26	12.50	11.55	12.59	11.97	12.84	12.18
epère s mac	sc	Point A' (cm)	13.69	0.93	12.64	12.63	0.91	1.38	0.29	13.33	0.85	1.54
R	ressa	Point B' (cm)	0.78	13.01	1.61	0.52	13.35	12.79	12.70	1.45	13.40	13.40
	près r	Distance ' (cm)	12.91	12.08	11.02	12.11	12.44	11.41	12.41	11.88	12.55	11.86
	<	Perte (cm)	0.09	0.21	0.07	0.15	0.07	0.14	0.18	0.09	0.29	0.32
		Perte (%)	0.70	1.72	0.62	1.24	0.55	1.23	1.43	0.72	2.23	2.63
	ssage	Point A (cm)	0.61	0.64	1.48	0.67	1.16	0.96	0.38	1.21	0.71	1.29
	nt pre-	Point B (cm)	13.39	12.99	12.83	13.44	12.72	12.44	12.55	13.61	12.84	13.36
s 1 vers	Avai	Distance (cm)	12.78	12.35	11.34	12.77	11.56	11.48	12.17	12.41	12.14	12.07
epère 1s trav	ac	Point A' (cm)	1.02	1.04	2.03	13.53	13.09	12.77	12.76	13.97	12.88	13.74
R Ser	ressa	Point B' (cm)	13.55	13.19	13.43	0.84	1.67	1.34	0.61	1.68	0.82	1.66
	NDrès I	Distance ' (cm)	12.53	12.15	11.40	12.70	11.42	11.43	12.14	12.30	12.06	12.08
	~	Perte (cm)	0.25	0.20	(0.05)	0.08	0.14	0.05	0.02	0.11	0.07	(0.01)
		Perte (%)	1.94	1.61	(0.45)	0.59	1.17	0.46	0.18	0.89	0.61	(0.08)
	SSIRC	Point A (cm)	13.50	13.20	12.99	13.59	12.88	12.40	12.70	13.68	12.82	13.46
	nt pre	Point B (cm)	0.54	0.78	0.72	0.64	0.84	1.32	1.18	1.13	1.22	1.40
s 2 vers	Ava	Distance (cm)	12.95	12.42	12.27	12.95	12.03	11.09	11.52	12.55	11.59	12.06
epèn 1s tra	8	Point A' (cm)	13.69	13.50	13.32	0.58	1.35	1.68	0.43	1.58	12.85	1.86
R	Dressa	Point B' (cm)	0.90	1.18	1.13	13.44	13.25	12.66	12.86	13.93	1.41	13.84
	VDrès I	Distance ' (cm)	12.79	12.31	12.19	12.87	11.90	10.99	12.43	12.34	11.44	11.98
		Perte (cm)	0.16	0.10	0.08	0.08	0.13	0.10	(0.91)	0.21	0.16	0.08
		Perte (%)	1.23	0.83	0.66	0.62	1.10	0.93	(7.91)	1.64	1.34	0.66
	ssage	Point A (cm)	0.42	0.63	0.78	0.54	0.74	1.32	0.99	1.28	1.26	1.37
	nt pre	Point B (cm)	13.24	13.39	12.99	13.60	12.96	12.88	12.77	13.73	12.64	12.50
e 3 Ners	Ava	Distance (cm)	12.82	12.76	12.22	13.06	12.22	11.56	11.79	12.44	11.38	11.13
tepèn 1s tra	e G	Point A' (cm)	0.76	0.97	1.25	13.56	13.67	12.94	1.43	13.96	0.41	12.90
Set R	Dressa	Point B' (cm)	13.46	13.55	13.30	0.66	1.46	1.57	13.09	1.59	12.72	1.80
	vprès t	Distance ' (cm)	12.70	12.58	12.05	12.91	12.21	11.37	11.66	12.37	12.31	11.09
	4	Perte (cm)	0.12	0.18	0.16	0.16	0.01	0.19	0.12	0.07	(0.93)	0.04
		Perte (%)	0.93	1.40	1.35	1.20	0.09	1.64	1.04	0.59	(8.16)	0.36

		Feuille d'usure (O461) - temps de pressage de 20 secondes - 3.5 Mpa									
		#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20
	Point A (cm)	12.65	13.04	12.76	12.54	11.53	12.11	12.36	12.72	12.84	12.20
	<sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sup>2</sup>	1.49	0.73	1.10	1.21	1.50	1.51	2.31	2.31	1.54	1.42
e 1 chine	Distance (cm)	11.16	12.32	11.66	11.33	10.04	10.60	10.05	10.41	11.30	10.79
epère s mac	Bo Point A' (cm)	1.74	1.01	1.02	1.42	1.76	12.36	12.06	13.01	12.90	12.53
R	Point B' (cm)	12.79	13.22	12.48	12.56	11.60	1.98	2.10	2.78	1.64	1.84
	Distance ' (cm)	11.05	12.21	11.45	11.14	9.85	10.38	9.96	10.23	11.26	10.69
	Perte (cm)	0.11	0.11	0.20	0.19	0.19	0.21	0.09	0.19	0.04	0.09
	Perte (%)	1.00	0.86	1.72	1.68	1.89	2.02	0.94	1.78	0.34	0.88
	Point A (cm)	1.46	0.77	1.16	1.25	1.68	1.41	2.34	2.41	1.43	1.51
	<sup>2</sup> <sub>E</sub> Point B (cm)	12.51	12.89	12.85	11.60	10.99	12.09	12.71	12.97	12.40	11.99
e 2 chine	Distance (cm)	11.05	12.13	11.69	10.35	9.31	10.68	10.37	10.56	10.97	10.48
epère s mae	Bo Point A' (cm)	12.72	13.19	12.96	11.85	11.07	1.78	2.38	2.80	1.68	1.92
R	Point B' (cm)	1.87	1.14	1.36	1.69	1.85	12.25	12.65	13.17	12.44	12.16
	Distance ' (cm)	10.85	12.05	11.60	10.16	9.22	10.47	10.27	10.37	10.76	10.24
	< Perte (cm)	0.20	0.07	0.09	0.19	0.09	0.21	0.11	0.20	0.21	0.24
	Perte (%)	1.79	0.60	0.75	1.83	0.98	1.98	1.02	1.86	1.88	2.29
	Point A (cm)	12.65	12.85	12.83	11.71	11.13	12.12	12.73	12.89	12.31	12.13
	Point B (cm)	1.60	1.31	1.12	0.73	1.31	1.27	0.79	2.08	1.71	2.28
s 3 chine	Distance (cm)	11.05	11.55	11.72	10.98	9.82	10.86	11.93	10.81	10.60	9.85
epère s mac	Point A' (cm)	1.54	1.50	1.25	0.51	1.59	12.37	12.64	13.15	12.41	12.51
R	Point B' (cm)	12.41	12.93	12.89	11.60	11.31	1.55	1.72	2.48	1.91	2.71
	Distance ' (cm)	10.87	11.43	11.64	11.09	9.73	10.82	10.92	10.67	10.50	9.80
	< Perte (cm)	0.18	0.11	0.08	(0.11)	0.09	0.04	1.01	0.14	0.10	0.05
	Perte (%)	1.65	0.99	0.65	(1.01)	0.93	0.35	8.49	1.26	0.91	0.48
	Bo Point A (cm)	1.58	1.25	1.12	0.66	1.31	1.16	1.67	2.15	1.75	1.61
	Point B (cm)	12.81	13.40	12.30	11.33	11.71	10.76	12.37	12.31	12.50	11.79
s 1 vers	Distance (cm)	11.23	12.14	11.18	10.66	10.41	9.60	10.70	10.16	10.75	10.18
epère is tra	e Point A' (cm)	12.81	13.59	12.00	11.28	11.79	1.42	2.12	2.27	2.15	2.45
R Ser	Point B' (cm)	1.78	1.63	0.94	0.64	1.41	10.89	12.58	12.27	12.75	12.36
	Distance ' (cm)	11.04	11.96	11.06	10.64	10.38	9.46	10.46	10.00	10.60	9.91
	Perte (cm)	0.19	0.18	0.12	0.02	0.03	0.14	0.24	0.15	0.14	0.27
	Perte (%)	1.71	1.51	1.06	0.20	0.27	1.41	2.26	1.52	1.35	2.64
	Point A (cm)	12.86	13.31	12.74	11.33	11.88	11.13	12.32	12.38	12.70	12.14
	<sup>ad</sup> <sub>H</sub> Point B (cm)	1.20	0.71	1.20	1.28	1.68	1.00	2.19	2.13	1.53	1.69
e 2 ivers	Distance (cm)	11.67	12.60	11.54	10.05	10.20	10.13	10.12	10.26	11.17	10.45
epèr 1s tra	g Point A' (cm)	1.31	1.16	1.11	0.90	1.39	11.21	12.61	12.20	13.01	12.67
R Sei	Point B' (cm)	12.78	13.60	12.41	11.03	11.42	1.23	2.54	2.20	2.08	2.38
	Distance ' (cm)	11.47	12.44	11.30	10.12	10.03	9.98	10.08	10.00	10.93	10.28
	Perte (cm)	0.20	0.17	0.24	(0.07)	0.17	0.15	0.05	0.26	0.24	0.16
	Perte (%)	1.71	1.31	2.04	(0.72)	1.62	1.48	0.48	2.49	2.14	1.56
	Point A (cm)	1.17	0.76	1.38	1.38	1.62	1.17	2.25	2.15	1.43	1.26
	Fig Point B (cm)	12.80	12.57	12.49	11.40	11.75	12.19	12.68	12.78	11.66	12.57
e 3 vers	Distance (cm)	11.64	11.80	11.11	10.02	10.13	11.02	10.43	10.63	10.24	11.31
tepèr 1s tra	Point A' (cm)	12.88	13.04	12.38	11.21	11.80	1.35	2.75	2.00	1.97	2.19
R	Point B' (cm)	1.35	1.35	1.40	1.30	1.79	12.15	12.96	12.50	12.15	13.22
	Distance ' (cm)	11.53	11.69	10.98	9.91	10.01	10.80	10.22	10.50	10.18	11.03
	<ul> <li>✓</li> <li>Perte (cm)</li> </ul>	0.10	0.12	0.13	0.11	0.13	0.22	0.21	0.13	0.06	0.28
	Perte (%)	0.90	1.01	1.15	1.10	1.25	1.97	2.06	1.26	0.59	2.50

	Papier décor (PD80) - temps de pressage de 10 secondes - 3.5 Mpa											
			#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
	ssage	Point A (cm)	13.18	13.47	13.95	14.19	13.51	0.85	0.93	1.11	1.10	1.17
	nt pre	Point B (cm)	0.87	1.78	0.89	1.40	1.09	13.37	12.84	12.89	12.46	13.23
e 1 chine	Ava	Distance (cm)	12.31	11.69	13.06	12.80	12.42	12.52	11.91	11.78	11.36	12.06
epère s mae	ge	Point A' (cm)	1.09	0.18	14.15	14.21	13.98	13.50	0.60	1.32	1.19	1.21
R	oressa	Point B' (cm)	13.33	13.49	1.16	1.48	1.55	0.95	12.35	12.94	12.50	13.22
	vprès j	Distance ' (cm)	12.24	13.31	12.99	12.73	12.43	12.55	11.75	11.62	11.31	12.00
	-	Perte (cm)	0.07	(1.62)	0.06	0.06	(0.02)	(0.04)	0.16	0.17	0.05	0.06
		Perte (%)	0.58	(13.86)	0.49	0.50	(0.12)	(0.29)	1.32	1.40	0.45	0.46
	ssage	Point A (cm)	0.66	1.46	0.81	1.08	1.15	13.31	12.99	12.92	12.52	13.31
	nt pre	Point B (cm)	12.79	13.36	12.51	13.04	12.47	1.07	1.14	1.07	0.98	1.20
e 2 chine	Ava	Distance (cm)	12.13	11.90	11.70	11.96	11.33	12.24	11.85	11.85	11.55	12.12
epèr s ma	ge	Point A' (cm)	12.82	13.41	1.10	1.22	1.18	1.10	12.33	13.01	12.55	13.50
R Sen	pressa	Point B' (cm)	0.74	1.68	12.83	13.15	12.45	13.27	0.55	1.22	1.06	1.23
	vprès j	Distance ' (cm)	12.08	11.73	11.73	11.93	11.26	12.18	11.78	11.80	11.48	12.27
	-	Perte (cm)	0.05	0.17	(0.03)	0.04	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	(0.15)
		Perte (%)	0.39	1.45	(0.24)	0.32	0.56	0.48	0.59	0.43	0.53	(1.22)
	ssage	Point A (cm)	12.92	13.40	12.62	12.97	12.42	1.17	1.18	1.13	1.06	1.10
	nt pre	Point B (cm)	0.71	0.68	0.59	1.28	1.48	12.62	12.55	12.50	13.63	13.43
e 3 chine	Ava	Distance (cm)	12.21	12.72	12.03	11.69	10.94	11.45	11.36	11.37	12.57	12.33
epèr s ma	ge	Point A' (cm)	0.82	0.84	12.72	13.27	12.62	12.74	0.21	1.26	0.90	1.32
R Sen	pressa	Point B' (cm)	12.96	13.45	0.73	1.54	1.76	1.25	11.51	12.57	13.53	13.54
	vprès j	Distance ' (cm)	12.14	12.61	11.98	11.74	10.86	11.49	11.30	11.31	12.62	12.22
	~	Perte (cm)	0.07	0.10	0.05	(0.05)	0.08	(0.04)	0.06	0.06	(0.06)	0.11
		Perte (%)	0.58	0.81	0.45	(0.42)	0.77	(0.38)	0.53	0.51	(0.46)	0.89
	ssage	Point A (cm)	0.88	0.70	0.55	0.85	1.03	13.38	12.64	12.54	13.79	1.16
	unt pre	Point B (cm)	12.56	13.12	13.37	13.06	13.48	0.79	0.77	0.79	1.23	13.63
e 1 ivers	Ave	Distance (cm)	11.68	12.43	12.82	12.22	12.45	12.59	11.88	11.75	12.55	12.47
tepèr ns tra	ige	Point A' (cm)	12.76	1.47	0.72	1.11	1.71	13.54	12.59	12.85	13.96	
R Se	press	Point B' (cm)	1.13	13.93	13.48	13.24	14.08	1.04	0.78	1.18	1.69	
	Après	Distance ' (cm)	11.63	12.46	12.75	12.13	12.37	12.50	11.80	11.67	12.27	0.00
	`	Perte (cm)	0.05	(0.03)	0.07	0.08	0.07	0.09	0.07	0.08	0.29	12.47
		Perte (%)	0.44	(0.25)	0.56	0.69	0.59	0.69	0.62	0.71	2.28	100.00
	essage	Point A (cm)	12.56	13.56	13.53	13.18	0.62	0.73	0.84	0.72	1.24	13.68
	ant pr	Point B (cm)	0.61	1.17	1.20	1.19	13.58	12.94	12.99	12.50	13.04	1.17
re 2 avers	Av	Distance (cm)	11.96	12.39	12.34	11.99	12.96	12.21	12.15	11.78	11.80	12.52
Repèr ens tra	age	Point A' (cm)	0.65	13.97	1.66	13.36	1.12	0.81	0.63	1.05	13.30	
I Se	press	Point B' (cm)	12.58	1.67	13.80	1.46	14.01	12.94	12.72	12.69	1.56	
	Après	Distance ' (cm)	11.93	12.30	12.15	11.90	12.88	12.13	12.09	11.64	11.74	0.00
		Perte (cm)	0.03	0.09	0.19	0.09	0.08	0.08	0.07	0.14	0.06	12.52
	13	Perte (%)	0.25	0.76	1.54	0.72	0.59	0.62	0.55	1.18	0.52	100.00
	essage	Point A (cm)	0.71	1.08	1.27	1.14	13.56	12.94	12.87	12.70	13.20	1.26
	ant pr	Point B (cm)	13.31	13.89	13.46	13.36	1.10	1.10	1.59	1.07	1.20	12.94
re 3 avers	Av	Distance (cm)	12.60	12.81	12.18	12.22	12.47	11.84	11.28	11.63	11.99	11.68
Repèi ins tri	age	Point A' (cm)	13.25	1.13	13.70	1.51	14.07	13.35	12.64	12.87	1.51	
Se	press	Point B' (cm)	0.79	13.87	1.60	13.56	1.68	1.60	1.33	1.31	13.44	
	Après	Distance ' (cm)	12.46	12.74	12.10	12.05	12.39	11.75	11.31	11.56	11.93	0.00
		Perte (cm)	0.14	0.07	0.08	0.17	0.07	0.09	(0.03)	0.07	0.06	11.68
		Perte (%)	1.12	0.56	0.69	1.41	0.59	0.76	(0.31)	0.60	0.52	100.00

		Papier décor (PD80) - temps de pressage de 20 secondes - 3.5 Mpa										
			#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20
	ssage	Point A (cm)	13.73	13.68	14.40	14.52	13.31	13.80	13.78	13.39	14.29	13.23
	nt pre	Point B (cm)	1.18	1.36	1.29	1.37	1.37	1.49	1.48	1.40	1.39	1.38
e 1 chine	Ava	Distance (cm)	12.56	12.32	13.11	13.15	11.94	12.31	12.30	11.99	12.90	11.86
epère s mae	ge	Point A' (cm)	1.37	1.53	1.31	1.51	1.55	13.64	14.01	13.26	14.39	13.19
R	pressa	Point B' (cm)	13.96	13.76	14.44	14.70	14.42	1.49	1.89	1.34	1.45	1.23
	Après	Distance ' (cm)	12.59	12.23	13.13	13.18	12.87	12.14	12.13	11.92	12.94	11.96
	-	Perte (cm)	(0.03)	0.09	(0.02)	(0.03)	(0.93)	0.16	0.17	0.07	(0.04)	(0.11)
		Perte (%)	(0.24)	0.72	(0.13)	(0.25)	(7.75)	1.34	1.41	0.62	(0.32)	(0.90)
	ssage	Point A (cm)	1.10	1.37	1.21	1.17	1.37	1.27	1.38	1.30	1.28	1.27
	unt pre	Point B (cm)	13.96	13.58	14.33	13.73	14.01	13.63	13.16	13.82	12.68	13.38
e 2 chine	Ave	Distance (cm)	12.86	12.21	13.11	12.56	12.64	12.35	11.78	12.52	11.41	12.11
lepèr s ma	lge	Point A' (cm)	14.05	13.73	14.32	13.76	14.23	1.44	1.63	1.30	1.40	1.37
R	presse	Point B' (cm)	1.37	1.69	1.37	1.27	1.56	13.63	13.33	13.76	12.74	13.30
	Après	Distance ' (cm)	12.68	12.04	12.95	12.49	12.67	12.19	11.71	12.46	11.35	11.93
	`	Perte (cm)	0.18	0.17	0.16	0.07	(0.03)	0.16	0.07	0.07	0.06	0.17
		Perte (%)	1.38	1.42	1.24	0.56	(0.26)	1.31	0.62	0.52	0.53	1.44
	ssage	Point A (cm)	14.08	13.57	14.30	13.88	14.23	13.78	13.25	14.29	12.74	13.82
	unt pre	Point B (cm)	1.30	1.04	1.17	1.16	1.46	1.26	1.37	1.48	1.48	1.17
e 3 chine	Ave	Distance (cm)	12.78	12.53	13.13	12.72	12.77	12.52	11.87	12.80	11.25	12.65
tepèr Is ma	ige	Point A' (cm)	1.48	1.32	1.18	1.44	1.64	14.00	13.61	14.13	12.98	13.94
Ren	press	Point B' (cm)	14.27	13.78	14.25	13.98	14.32	1.55	1.81	1.41	1.70	1.40
	Après	Distance ' (cm)	12.78	12.46	13.07	12.54	12.68	12.45	11.80	12.72	11.28	12.54
	~	Perte (cm)	0.00	0.07	0.06	0.18	0.09	0.07	0.07	0.08	(0.03)	0.11
		Perte (%)	0.00	0.53	0.49	1.41	0.68	0.54	0.61	0.64	(0.22)	0.87
	essage	Point A (cm)	1.29	1.18	1.20	1.19	1.50	1.28	1.30	1.38	1.32	1.14
	ant pro	Point B (cm)	13.56	14.23	14.22	13.60	13.79	12.90	12.99	13.80	13.59	12.78
e 1 ivers	Ava	Distance (cm)	12.27	13.05	13.02	12.41	12.29	11.62	11.69	12.42	12.27	11.64
kepèı ns tra	age	Point A' (cm)	13.61	14.51	14.49	14.64	13.81	1.16	1.53	1.32	1.26	1.00
Se	press	Point B' (cm)	1.42	1.62	1.34	2.29	1.79	12.60	13.06	13.70	13.36	12.57
	Après	Distance ' (cm)	12.19	12.89	13.15	12.35	12.02	11.44	11.53	12.38	12.11	11.57
		Perte (cm)	0.08	0.16	(0.13)	0.06	0.27	0.17	0.16	0.04	0.17	0.06
	0	Perte (%)	0.64	1.24	(0.98)	0.48	2.22	1.49	1.39	0.35	1.35	0.52
	essage	Point A (cm)	13.65	14.23	14.28	13.71	13.72	13.16	13.20	13.82	13.66	12.89
	ant pr	Point B (cm)	1.48	1.47	1.15	1.38	1.57	1.48	1.52	1.23	1.37	1.39
re 2 avers	Αv	Distance (cm)	12.17	12.75	13.13	12.33	12.14	11.69	11.68	12.59	12.29	11.50
Repè ens tr	age	Point A' (cm)	1.46	1.73	1.30	1.84	1.74	1.49	13.30	13.81	13.84	12.82
Se	press	Point B' (cm)	13.67	14.42	14.44	14.00	13.72	13.12	1.67	1.38	1.60	1.87
	Après	Distance ' (cm)	12.20	12.69	13.14	12.16	11.98	11.63	11.64	12.43	12.24	10.95
		Perte (cm)	(0.03)	0.06	(0.01)	0.17	0.17	0.06	0.04	0.16	0.06	0.55
	0	Perte (%)	(0.27)	0.45	(0.05)	1.36	1.40	0.49	0.38	1.26	0.45	4.76
	essag	Point A (cm)	1.31	1.41	1.11	1.37	1.58	1.31	1.62	1.21	1.39	1.35
	ant pi	Point B (cm)	13.53	14.24	14.59	13.72	13.63	13.53	13.82	13.54	12.71	13.31
re 3 avers	٨v	Distance (cm)	12.22	12.83	13.48	12.35	12.04	12.21	12.19	12.32	11.32	11.96
Repè >ns tr	age	Point A' (cm)	1.45	14.62	14.64	14.19	13.74	13.62	1.74	1.33	1.64	1.42
Se .	s press	Point B' (cm)	13.48	1.93	1.31	1.79	1.77	1.54	12.98	13.52	13.13	13.46
	Après p	Distance ' (cm)	12.03	12.69	13.33	12.39	11.98	12.08	11.24	12.19	11.49	12.04
		Perte (cm)	0.19	0.14	0.15	(0.04)	0.07	0.14	0.95	0.13	(0.17)	(0.07)
		Perte (%)	1.57	1.12	1.09	(0.34)	0.57	1.12	7.80	1.08	(1.47)	(0.63)

reg         reg <thr></thr> <threg< th=""> <threg< th=""></threg<></threg<>				Feuille d'usure + Papier décor (O461+PD80) temps de pressage de 10 secondes - 3.5 Mpa									
Promi A (cm)         13,60         13,25         14,21         13,87         14,19         12,57         12,85         13,24         13,19           Point B (cm)         1,47         1,27         1,27         1,28         0,48         0,69         0,70         0.58         0,69           Point A (cm)         1,44         1,46         1,46         1,411         1,37         1,31         1,32         1,328 <td< th=""><th></th><th></th><th></th><th>#21</th><th>#22</th><th>#24</th><th>#25</th><th>#26</th><th>#27</th><th>#28</th><th>#29</th><th>#30</th></td<>				#21	#22	#24	#25	#26	#27	#28	#29	#30	
Part Bar Point R cm1.471.271.371.280.480.690.700.580.69Point X (cm)1.211.1941.2441.2261.571.2481.2161.2641.269Point X (cm)1.361.361.371.381.311.381.331.331.33Point R (cm)1.3601.561.441.441.441.411.3781.311.381.33Port Cm0.070.080.660.050.010.070.080.660.03Port Cm1.301.301.101.111.190.070.0270.0230.060.03Point A (cm)1.321.321.321.301.321.321.321.301.220.241.241.241.241.24Point A (cm)1.351.321.311.301.321.321.301.321.321.321.321.321.321.321.321.321.321.341.331.341.351.241.351.241.351.241.351.241.351.241.351.341.331.351.341.331.351.341.331.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.351.341.35 </td <td></td> <td>ssage</td> <td>Point A (cm)</td> <td>13,60</td> <td>13,25</td> <td>14,21</td> <td>13,87</td> <td>14,19</td> <td>13,57</td> <td>12,85</td> <td>13,24</td> <td>13,19</td>		ssage	Point A (cm)	13,60	13,25	14,21	13,87	14,19	13,57	12,85	13,24	13,19	
Propertion         Distance from         15.41         1.2.84         1.2.48         1.2.11         1.2.88         1.2.16         1.2.64         1.2.49           Propert Con         1.5.40         1.5.6         1.4.65         1.4.61         1.4.11         1.7.88         1.3.15         1.3.38         1.3.33           Propert Con         1.3.60         1.5.6         1.4.65         1.4.61         1.6.41         1.5.41         1.2.91         1.5.41         1.2.91 <th< td=""><td></td><td>nt pre:</td><td>Point B (cm)</td><td>1,47</td><td>1,27</td><td>1,37</td><td>1,28</td><td>0,48</td><td>0,69</td><td>0,70</td><td>0,58</td><td>0,69</td></th<>		nt pre:	Point B (cm)	1,47	1,27	1,37	1,28	0,48	0,69	0,70	0,58	0,69	
Big of point from information informatinformatinformation information information information informati	; 1 chine	Avar	Distance (cm)	12,13	11,98	12,84	12,58	13,71	12,88	12,16	12,66	12,50	
Part Part Prime         Part Prime         13,60         1,56         1,45         1,404         0,56         0,98         0,96         0,78         0,99           Petre (rm)         1,205         1,205         1,225         1,241         1,219         1,249         1,249           Petre (rm)         0,07         0,08         0,06         0,031         0,17         0,07         0,030         0,06         0,031         0,17         0,07         0,030         0,06         0,031           Petre (rm)         0,17         0,180         0,211         1,300         1,21         1,300         1,21         1,300         1,21         1,300         1,21         1,300         1,22         1,21         1,200         1,21         1,300         1,21         1,20         1,20         1,21         1,20         1,20         1,21         1,20         1,21         1,20         1,21         1,20         1,21         1,20         1,21         1,20         1,21         1,20         1,21         1,21         1,20         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21         1,21	epère s mac	ge	Point A' (cm)	1,54	13,46	1,67	1,43	14,11	13,78	13,15	13,38	13,33	
PrefactDistance 1 (cm)12.0511.9012.7812.6111.4412.4112.4912.4012.42Perte (m)0.070.080.060.0010.170.070.0210.0600.08Perte (%)0.380.680.500.0211.220.570.0280.0600.032Perte (%)0.380.680.500.2201.220.570.02112.5512.47Distance (cm)0.1512.7011.8012.9113.6812.7113.0813.721.0012.12Perte (cm)0.1512.7011.8012.6612.6612.5512.4712.5512.47Distance (cm)0.1512.7011.8012.6412.6912.8312.0611.9812.51Distance (cm)0.1712.5511.6012.6912.6912.8512.6512.67Distance (cm)11.9112.5511.6312.2612.8312.2612.6512.67Perte (cm)0.1713.9113.4114.1813.4213.7512.7312.6512.75Distan (cm)13.0113.9113.4114.1813.4213.7512.7312.6512.75Distan (cm)13.7518.2213.5312.2112.6512.6512.75Distan (cm)13.7518.2213.5413.2413.7812.7312.6512.75Distan (cm)13.6518.2213.5413.78<	R Sen	pressa	Point B' (cm)	13,60	1,56	14,45	14,04	0,56	0,98	0,96	0,78	0,90	
Perte (cm)         0.07         0.08         0.06         0.03         0.17         0.07         0.03         0.06         0.08           Perte (Ch)         0.58         0.68         0.00         0.21         1.22         0.57         0.28         0.63         0.50         0.53           Perte (Ch)         0.53         1.30         1.10         1.11         1.19         0.50         0.64         0.66         0.50         0.32           Perte (Ch)         0.15         1.229         1.406         1.304         1.276         1.247         1.245         1.247         1.249         1.268         1.258         1.267         1.230         1.20         1.247         1.268         1.258         1.267         1.230         1.21         1.29         1.407         1.308         1.355         1.21         1.29         1.407         1.32         1.257         1.273         1.267         1.29         1.267         1.278         1.278         1.267         1.278         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267         1.267		vprès J	Distance ' (cm)	12,06	11,90	12,78	12,61	13,54	12,81	12,19	12,60	12,42	
$ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \$		¢.	Perte (cm)	0,07	0,08	0,06	(0,03)	0,17	0,07	(0,03)	0,06	0,08	
Property Property <td></td> <td></td> <td>Perte (%)</td> <td>0,58</td> <td>0,68</td> <td>0,50</td> <td>(0,21)</td> <td>1,22</td> <td>0,57</td> <td>(0,28)</td> <td>0,50</td> <td>0,63</td>			Perte (%)	0,58	0,68	0,50	(0,21)	1,22	0,57	(0,28)	0,50	0,63	
Provide B         Provide B (cm)         13,21         13,80         12,91         14,06         13,04         13,43         12,76         12,55         12,44           Detuna (cm)         0.15         12,70         11,80         12,26         12,51         12,10         12,10         12,10         12,10         12,10         12,11         12,10         12,11         12,10         12,11         12,10         12,11         12,10         12,11         12,10         12,11         12,10         12,11         12,10         12,11 <td></td> <td>ssage</td> <td>Point A (cm)</td> <td>13,37</td> <td>1,10</td> <td>1,11</td> <td>1,19</td> <td>0,50</td> <td>0,64</td> <td>0,66</td> <td>0,50</td> <td>0,32</td>		ssage	Point A (cm)	13,37	1,10	1,11	1,19	0,50	0,64	0,66	0,50	0,32	
Produce regionPoint A'(em)1,151,271,1801,2261,2741,2791,2401,2401,215Point B'(em)1,591,321,121,4070,580,721,150,610,53Point B'(em)1,191,2331,431,2691,2691,2831,2161,1291,219Perte (em)(1,76)0,160,170,050,0440,040,060,17Perte (m)(1,76)1,291,401,320,37(0,28)0,350,521,38Point A (em)1,301,311,331,431,4181,321,3712,7312,6512,67Point A (em)1,341,320,570,690,700,780,680,82Point A'(em)1,321,241,321,281,3611,601,271,291,171,19Point A'(em)1,341,321,341,481,370,90Case12,6512,75Point A'(em)1,351,221,261,271,281,271,291,291,29Point A'(em)1,351,281,351,31 <td></td> <td>nt pre</td> <td>Point B (cm)</td> <td>13,21</td> <td>13,80</td> <td>12,91</td> <td>14,06</td> <td>13,04</td> <td>13,43</td> <td>12,76</td> <td>12,55</td> <td>12,47</td>		nt pre	Point B (cm)	13,21	13,80	12,91	14,06	13,04	13,43	12,76	12,55	12,47	
Perform Property <td>e 2 chine</td> <td>Ava</td> <td>Distance (cm)</td> <td>0,15</td> <td>12,70</td> <td>11,80</td> <td>12,86</td> <td>12,54</td> <td>12,79</td> <td>12,10</td> <td>12,04</td> <td>12,15</td>	e 2 chine	Ava	Distance (cm)	0,15	12,70	11,80	12,86	12,54	12,79	12,10	12,04	12,15	
Provide	epère s ma	ge	Point A' (cm)	13,50	1,32	13,12	14,07	0,58	0,72	1,15	0,61	0,53	
Image: Protect (cm)         11.91         12.53         12.69         12.53         12.63         12.98         11.98         11.98           Perte (cm)         01.7         0.16         0.17         0.17         0.05         (0.04)         0.04         0.06         0.17           Perte (cm)         01.76         1.29         1.40         1.32         0.37         0.28         0.33         0.52         1.38           Perte (cm)         01.71         1.48         1.20         0.59         0.57         0.69         0.75         0.69         0.75         0.69         0.75         0.75         0.69         0.75         0.69         0.75         0.69         0.75         0.69         0.75 <td>R Sen</td> <td>pressa</td> <td>Point B' (cm)</td> <td>1,59</td> <td>13,85</td> <td>1,49</td> <td>1,37</td> <td>13,08</td> <td>13,55</td> <td>13,21</td> <td>12,59</td> <td>12,51</td>	R Sen	pressa	Point B' (cm)	1,59	13,85	1,49	1,37	13,08	13,55	13,21	12,59	12,51	
Perte (cm)         (11,76)         0,16         0,17         0,17         0,05         (0,04)         0,04         0,06         0,17           Perte (%)         (7724,70)         1.29         1.40         1.32         0.37         0.28         0.35         0.52         1.38           Point A (cm)         1.3,00         13,91         13,34         14,18         13,22         13,75         12,73         12,65         12,65         12,65         12,65         12,65         12,65         12,65         12,65         12,65         12,65         12,65         12,75         12,85         13,60         12,75         12,85         13,60         12,05         12,85         13,60         12,05         12,85         13,60         12,05         12,85         13,60         12,05         12,85         13,60         12,95         12,95         12,97         12,92         12,95         12,97         12,92         12,95         12,97         13,93         12,85         13,60         0,60         0,63         0,63         0,62         0,53         13,31         13,31         12,17         12,92         12,45         12,45         12,45         12,45         12,45         12,45         12,45         12,45         12,		Après .	Distance ' (cm)	11,91	12,53	11,63	12,69	12,50	12,83	12,06	11,98	11,98	
Perte (%)(724.70)1.291.401.320.37(0.28)0.350.521.38Point A (cm)13,5013,9113,3414,1813,4213,7512,7312,6512,67Point B (cm)1.2412,4212,1413,5912,8513,0612,0311,8711,99Point A (cm)1.3512,4212,1413,5912,8513,0612,0311,8711,99Point A (cm)1.351.421.350.841.000.90Casse12,6512,75Point F (cm)1.351.221.251.20812,6512,750.8410013,870.860.82Point F (cm)0.660.080.070.040.060.10NP0.060.980.07Perte (%)5.380.620.550.310.510.80NP0.660.59Point A (cm)1.191.191.020.500.480.610.690.710.53Point A (cm)1.35114,0013,4313,1313,3112,7812,4912,69Point A (cm)1.25112,2212,2212,2612,6412,7912,1011,7212,05Point A (cm)1.35113,4013,4313,1313,3113,3113,3112,7812,6412,69Point A (cm)1.2510.2312,2612,2612,6612,7912,1011,7212,65Point A (cm)<		1	Perte (cm)	(11,76)	0,16	0,17	0,17	0,05	(0,04)	0,04	0,06	0,17	
Prind A (cm)13,5013,9113,3414,1813,4213,7512,7312,6512,67Point B (cm)1,171,481,200,590,570,690,700,780,68Distance (cm)12,3412,4212,1413,5912,8513,0612,0311,8711,99Point A (cm)13,014,1613,4314,4813,780,90Case12,6512,75Point A (cm)13,5112,2313,500,8410,0013,85<0.860,82Point F (cm)0,660,080,07(0,04)0,060,10NP0,080,07Point A (cm)11,6712,2512,0813,6312,7812,95NP11,9211,92Point A (cm)13,7013,7113,610,940,510,80NP0,660,59Point B (cm)13,7013,7113,7013,71			Perte (%)	(7724,70)	1,29	1,40	1,32	0,37	(0,28)	0,35	0,52	1,38	
Provide Point B (cm)1,171,481,200,590,570,690,700,780,68Distance (cm)12,2412,4212,1413,5912,2513,0612,0311,8711,99Point A'(cm)13,0214,1613,4314,4813,780,90Cassé12,6512,060,82Point B'(cm)11,6712,2512,2813,6312,7812,95NP11,7211,92Perte(cm)0,660,080,070,0410,060,10NP0,060,07Perte(Cm)0,660,080,070,0410,060,10NP0,060,07Point A (cm)1,191,191,020,500,480,610,690,710,53Point B (cm)1,3013,5114,0013,4313,1313,3112,7812,4312,59Distance (cm)12,5112,2212,9812,2512,2612,7012,1011,7212,65Point A'(cm)13,4313,7613,280,540,640,690,710,57140,5612,65Point A'(cm)12,5512,8212,9212,6512,9311,9311,6511,9911,9911,9911,9911,9911,9911,9911,9911,9511,9911,9511,9911,9512,6512,9512,9212,6113,6113,6113,6113,6113,6113,6113,6113,6113,61		essage	Point A (cm)	13,50	13,91	13,34	14,18	13,42	13,75	12,73	12,65	12,67	
Protect         Pristance (cm)         12.34         12.42         12.14         13.59         12.85         13.06         12.03         11.87         11.99           Point A' (cm)         13.02         14,16         13,43         14,48         13,78         0,90         Cassé         12,65         12,75           Point B' (cm)         1,55         1,82         1,35         0,84         1,00         13,85         0,86         0,82           Perte (cm)         0,66         0,08         0,07         0,040         0,06         0,10         NP         0,66         0,59           Perte (cm)         1,19         1,19         0,50         0,51         0,88         0,60         0,71         0,53           Point A (cm)         1,19         1,22         12,98         12,65         12,70         12,10         11,72         12,29           Point A'(cm)         1,33         0,94         0,53         13,21         13,47         13,21         0,88         0,70           Point A'(cm)         1,33         0,94         0,53         13,21         13,47         13,21         0,88         0,70           Point A'(cm)         1,25         12,28         12,26         12,60	0	unt pre	Point B (cm)	1,17	1,48	1,20	0,59	0,57	0,69	0,70	0,78	0,68	
Paint A' (cm)13,0214,1613,4314,4813,780,90Casse12,6512,75Point B' (cm)1,351,821,350,841,0013,85.0,860,82Perte (cm)0,660,080,07(0,04)0,060,10NP0,080,07Perte (cm)0,660,080,07(0,04)0,060,10NP0,080,07Perte (cm)0,660,080,07(0,04)0,060,10NP0,080,07Point A (cm)1,191,191,020,500,480,610,690,710,53Point A (cm)1,25112,3212,9812,2912,6212,7012,1011,7212,20Point A' (cm)1,130,240,3313,1113,4713,210,880,70Point A' (cm)1,25112,3212,9812,2612,7012,1011,7212,20Point A' (cm)1,210,030,160,17(0,02)0,070,170,070,15Point A' (cm)12,3113,8314,2613,4713,3513,5412,9612,6812,9612,99Point A (cm)1,261,391,180,390,680,680,680,680,690,66Point A (cm)1,271,410,501,2413,0813,0913,5513,5412,9912,9111,26Point A (cm)1,271,410	e 3 chine	Чv	Distance (cm)	12,34	12,42	12,14	13,59	12,85	13,06	12,03	11,87	11,99	
Part Part Part Part Part Part Part Part	tepèr Is ma	age	Point A' (cm)	13,02	14,16	13,43	14,48	13,78	0,90	Cassé	12,65	12,75	
= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0	R	press(	Point B' (cm)	1,35	1,82	1,35	0,84	1,00	13,85		0,86	0,82	
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$		Après	Distance ' (cm)	11,67	12,35	12,08	13,63	12,78	12,95	NP	11,79	11,92	
=		,	Perte (cm)	0,66	0,08	0,07	(0,04)	0,06	0,10	NP	0,08	0,07	
Point A (cm)         1,19         1,02         0,50         0,48         0,61         0,69         0,71         0,53           Point B (cm)         13,70         13,51         14,00         13,43         13,13         13,31         12,78         12,43         12,59           Point A (cm)         12,51         12,32         12,98         12,93         12,65         12,70         12,10         11,72         12,05           Point A'(cm)         1,13         0,94         0,53         13,21         13,47         13,21         0,88         0,70           Point B'(cm)         0,00         12,35         12,82         12,76         12,68         12,63         11,93         11,65         11,90           Perte (cm)         12,51         0,003         0,16         0,17         0,02         0,07         0,17         0,07         0,15           Perte (m)         12,41         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,68         12,69         12,68         12,61         12,66         12,61         12,66         12,65         12,69         12,68         12,69         12,68         12,69         12,68         12,61		1)	Perte (%)	5,38	0,62	0,55	(0,31)	0,51	0,80	NP	0,66	0,59	
Point B (cm)         13,70         13,51         14,00         13,43         13,13         13,31         12,78         12,43         12,59           Point A (cm)         12,51         12,32         12,98         12,93         12,65         12,70         12,10         11,72         12,05           Point A'(cm)         1,13         0,94         0,53         13,21         13,47         13,21         0,88         0,70           Point B'(cm)         0,00         12,35         12,32         12,76         12,68         12,63         11,93         11,65         11,90           Perte (cm)         10,00         (0,24)         1,26         1,35         (0,19)         0,57         1,41         0,56         1,25           Perte (%)         100,00         (0,24)         1,26         1,35         (0,19)         0,57         1,41         0,56         1,25           Point A (cm)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61         1,99         1,95           Point A (cm)         1,26         1,39         1,18         0,39         0,68         0,68         0,58         0,69         0,66		essage	Point A (cm)	1,19	1,19	1,02	0,50	0,48	0,61	0,69	0,71	0,53	
Point A' (cm)         12,51         12,32         12,98         12,93         12,65         12,70         12,10         11,72         12,05           Point A' (cm)         1,13         0,94         0,53         13,21         13,47         13,21         0,88         0,70           Point B' (cm)         13,48         13,76         13,28         0,54         0,84         1,28         12,54         12,60           Perte (cm)         12,51         (0,03)         0,16         0,17         (0,02)         0,07         0,17         0,07         0,15           Perte (cm)         12,51         (0,03)         0,16         0,17         (0,02)         0,07         0,17         0,07         0,15           Perte (m)         12,51         (0,03)         0,16         1,17         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61           Point A (cm)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,68         12,69         12,68         12,69         12,68         12,68         12,69         12,68         12,69         12,29         12,96         12,72         0,989         11,97         12,76		ant pr	Point B (cm)	13,70	13,51	14,00	13,43	13,13	13,31	12,78	12,43	12,59	
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	re 1 avers	Av	Distance (cm)	12,51	12,32	12,98	12,93	12,65	12,70	12,10	11,72	12,05	
Point B' (cm)         13,48         13,76         13,28         0,54         0,84         1,28         12,54         12,60           Distance ' (cm)         0,00         12,35         12,82         12,76         12,68         12,63         11,93         11,65         11,90           Perte (cm)         12,51         0,03         0,16         0,17         (0,02)         0,07         0,17         0,07         0,15           Perte (cm)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61           Point A (cm)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61           Point A (cm)         1,26         1,39         1,18         0,39         0,68         0,68         0,58         0,69         0,66           Distance (cm)         12,47         12,44         13,08         13,08         12,68         12,85         12,39         11,98         11,95           Point A'(cm)         1,54         1,25         0,68         13,40         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance (cm)         0,00	Repèi ens tr	sage	Point A' (cm)		1,13	0,94	0,53	13,21	13,47	13,21	0,88	0,70	
Distance '(cm)         0,00         12,35         12,82         12,76         12,68         12,63         11,93         11,65         11,90           Perte (cm)         12,51         (0,03)         0,16         0,17         (0,02)         0,07         0,17         0,07         0,15           Perte (cm)         12,51         (0,03)         0,16         1,35         (0,19)         0,57         1,41         0,56         1,25           Perte (m)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61           Point A (cm)         1,26         1,39         1,18         0,39         0,68         0,68         0,58         0,69         0,66           Distance (cm)         12,47         12,44         13,08         13,08         12,68         12,25         12,39         11,98         11,95           Point A'(cm)         1,24         14,02         14,25         0,68         13,40         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance (cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           P	Σ ]	s press	Point B' (cm)		13,48	13,76	13,28	0,54	0,84	1,28	12,54	12,60	
Perte (cm)         12,51         (0,03)         0,16         0,17         (0,02)         0,07         0,17         0,07         0,15           Perte (%)         100,00         (0,24)         1,26         1,35         (0,19)         0,57         1,41         0,56         1,25           Perte (%)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61           Point A (cm)         1,26         1,39         1,18         0,39         0,68         0,68         0,58         0,69         0,66           Distance (cm)         12,47         12,44         13,08         13,08         12,68         12,85         12,39         11,98         11,95           Point A '(cm)         1,402         14,25         13,69         0,77         0,70         13,32         0,71         12,66           Point B'(cm)         1,54         1,25         0,68         13,40         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance (cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (%)         100,00		Après	Distance ' (cm)	0,00	12,35	12,82	12,76	12,68	12,63	11,93	11,65	11,90	
Perte (%)         100,00         (0,24)         1,26         1,35         (0,19)         0,57         1,41         0,56         1,25           point A (cm)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61           point B (cm)         1,26         1,39         1,18         0,39         0,68         0,68         0,58         0,69         0,66           Distance (cm)         12,47         12,44         13,08         13,08         12,68         12,35         12,39         11,98         11,95           Point A '(cm)         14,02         14,25         13,69         0,77         0,70         13,32         0,71         12,66           Point B '(cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance '(cm)         0,00         12,48         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Point A (cm)         12,47         1,19         1,12			Perte (cm)	12,51	(0,03)	0,16	0,17	(0,02)	0,07	0,17	0,07	0,15	
Point A (cm)         13,73         13,83         14,26         13,47         13,35         13,54         12,96         12,68         12,61           Point B (cm)         1,26         1,39         1,18         0,39         0,68         0,68         0,58         0,69         0,66           Distance (cm)         12,47         12,44         13,08         13,08         12,68         12,85         12,39         11,98         11,95           Point A' (cm)         14,02         14,25         13,69         0,77         0,70         13,32         0,71         12,66           Point B' (cm)         1,54         1,25         0,68         13,40         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance ' (cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,29         12,01         11,77           Perte (m)         12,47         (0,04)         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (m)         10,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Noint A (cm)         1,27         1,19		e	Perte (%)	100,00	(0,24)	1,26	1,35	(0,19)	0,57	1,41	0,56	1,25	
Point B (cm)         1,26         1,39         1,18         0,39         0,68         0,68         0,58         0,69         0,66           Distance (cm)         12,47         12,44         13,08         13,08         12,68         12,85         12,39         11,98         11,95           Point A' (cm)         14,02         14,25         13,69         0,77         0,70         13,32         0,71         12,66           Point B' (cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (cm)         0,00         0,04         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (cm)         100,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Perte (%)         100,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Point A (cm)		ressag	Point A (cm)	13,73	13,83	14,26	13,47	13,35	13,54	12,96	12,68	12,61	
Print A (cm)         12,47         12,44         13,08         13,08         12,68         12,85         12,39         11,98         11,95           Point A (cm)         14,02         14,25         13,69         0,77         0,70         13,32         0,71         12,66           Point B (cm)         1,54         1,25         0,68         13,40         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance '(cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (%)         100,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Point A (cm)         1,27         1,19         1,12         0,46         0,66         0,63         0,58         0,71         0,80           Point A (cm)         12,09         13,48         13,75         13,82         13,23         12,41         12,72         12,68         12,32           Point B (cm)         10,82	20	vant p	Point B (cm)	1,26	1,39	1,18	0,39	0,68	0,68	0,58	0,69	0,66	
Point A' (cm)         14,02         14,25         13,69         0,77         0,70         13,32         0,71         12,66           Point B' (cm)         1,54         1,25         0,68         13,40         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance ' (cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (m)         10,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Point B (cm)         1,27         1,19         1,12         0,46         0,66         0,63         0,58         0,71         0,80           Point B (cm)         12,09         13,48         13,75         13,82         13,23         12,41         12,72         12,68         12,32           Distance (cm)         10,82         12,29         12,63         13,35         12,56         11,78         12,14         11,97         11,53           Point B (cm)         10,82	sre 2 raver	Ä	Distance (cm)	12,47	12,44	13,08	13,08	12,68	12,85	12,39	11,98	11,95	
State         Point B' (cm)         1,54         1,25         0,68         13,40         13,59         1,10         12,72         0,89           Distance ' (cm)         0,00         12,48         13,00         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Perte (m)         1,277         1,19         1,12         0,46         0,66         0,63         0,58         0,71         0,80           Point B (cm)         12,09         13,48         13,75         13,82         13,23         12,41         12,72         12,68         12,32           Distance (cm)         10,82         12,29         12,63         13,35         12,56         11,78         12,14         11,97         11,53           Distance (cm)         0,00         12,32         12,46         13,40         12,48         11,70         13,08         0,86         12,46	Repè ens t	sage	Point A' (cm)		14,02	14,25	13,69	0,77	0,70	13,32	0,71	12,66	
Perte (cm)         0,00         12,48         13,00         12,62         12,89         12,22         12,01         11,77           Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (m)         100,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Perte (m)         1,27         1,19         1,12         0,46         0,66         0,63         0,58         0,71         0,80           Point A (cm)         12,09         13,48         13,75         13,82         13,23         12,41         12,72         12,68         12,32           Distance (cm)         10,82         12,29         12,63         13,35         12,56         11,78         12,14         11,97         11,53           Point A'(cm)         13,79         1,17         0,66         13,45         12,67         0,93         12,67         0,80           Point B'(cm)         0,00 <th< td=""><td>s</td><td>s pres</td><td>Point B' (cm)</td><td></td><td>1,54</td><td>1,25</td><td>0,68</td><td>13,40</td><td>13,59</td><td>1,10</td><td>12,72</td><td>0,89</td></th<>	s	s pres	Point B' (cm)		1,54	1,25	0,68	13,40	13,59	1,10	12,72	0,89	
Perte (cm)         12,47         (0,04)         0,08         0,08         0,05         (0,03)         0,17         (0,03)         0,18           Perte (%)         100,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Perte (%)         100,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,33         (0,23)         1,51           Perte (%)         12,09         1,19         1,12         0,46         0,66         0,63         0,58         0,71         0,80           Point B (cm)         12,09         13,48         13,75         13,82         13,23         12,41         12,72         12,68         12,32           Distance (cm)         10,82         12,29         12,63         13,35         12,56         11,78         12,14         11,97         11,53           Point A (cm)         13,79         1,17         0,66         13,45         12,67         0,93         12,67         0,80           Point B'(cm)         1,47         13,63         14,06         0,97         0,97         13,08         0,86         12,46           Distance '(cm)         0,00         <		Aprè	Distance ' (cm)	0,00	12,48	13,00	13,00	12,62	12,89	12,22	12,01	11,77	
Perte (%)         100,00         (0,33)         0,63         0,63         0,43         (0,27)         1,35         (0,23)         1,51           point A (cm)         1,27         1,19         1,12         0,46         0,66         0,63         0,58         0,71         0,80           Point A (cm)         12,09         13,48         13,75         13,82         13,23         12,41         12,72         12,68         12,32           Distance (cm)         10,82         12,29         12,63         13,35         12,56         11,78         12,14         11,97         11,53           point A (cm)         13,79         1,17         0,66         13,45         12,67         0,93         12,67         0,80           point B (cm)         1,47         13,63         14,06         0,97         0,97         13,08         0,86         12,46           Point B (cm)         0,00         12,32         12,46         13,40         12,48         11,70         12,16         11,81         11,66           Point B (cm)         10,82         (0,04)         0,17         (0,05)         0,08         0,01         0,16         (0,14)			Perte (cm)	12,47	(0,04)	0,08	0,08	0,05	(0,03)	0,17	(0,03)	0,18	
Point A (cm)       1,27       1,19       1,12       0,46       0,66       0,63       0,58       0,71       0,80         Point B (cm)       12,09       13,48       13,75       13,82       13,23       12,41       12,72       12,68       12,32         Distance (cm)       10,82       12,29       12,63       13,35       12,56       11,78       12,14       11,97       11,53         Point A' (cm)       13,79       1,17       0,66       13,45       12,67       0,93       12,67       0,80         Point B' (cm)       1,47       13,63       14,06       0,97       0,97       13,08       0,86       12,46         Distance ' (cm)       0,00       12,32       12,46       13,40       12,48       11,70       12,16       11,81       11,66         Perte (cm)       10,82       (0,04)       0,17       (0,05)       0,08       0,08       (0,01)       0,16       (0,14)		ge	Perte (%)	100,00	(0,33)	0,63	0,63	0,43	(0,27)	1,33	(0,23)	1,51	
Point B (cm)         12,09         13,48         13,75         13,82         13,23         12,41         12,72         12,68         12,32           Distance (cm)         10,82         12,29         12,63         13,35         12,56         11,78         12,14         11,97         11,53           Point A' (cm)         13,79         1,17         0,66         13,45         12,67         0,93         12,67         0,80           Point B' (cm)         1,47         13,63         14,06         0,97         0,97         13,08         0,86         12,46           Distance ' (cm)         0,00         12,32         12,46         13,40         12,48         11,70         12,16         11,81         11,66           Perte (cm)         10,82         (0,04)         0,17         (0,05)         0,08         0,08         (0,01)         0,16         (0,14)		pressa	Point A (cm)	1,27	1,19	1,12	0,46	0,66	0,63	0,58	0,71	0,80	
Specifie         Specifie         Distance (cm)         10.82         12.29         12.63         13,55         12.56         11,78         12.14         11,97         11,53           Point A' (cm)         13,79         1,17         0,66         13,45         12,67         0,93         12,67         0,80           Point B' (cm)         1,47         13,63         14,06         0,97         0,97         13,08         0,86         12,46           Distance ' (cm)         0,00         12,32         12,46         13,40         12,48         11,70         12,16         11,81         11,66           Perte (cm)         10,82         (0,04)         0,17         (0,05)         0,08         0,08         (0,01)         0,16         (0,14)	IS	want J	Point B (cm)	12,09	13,48	13,75	13,82	13,23	12,41	12,72	12,68	12,32	
Distance ' (cm)       13,79       1,17       0,66       13,45       12,67       0,93       12,67       0,80         Point B' (cm)       1,47       13,63       14,06       0,97       0,97       13,08       0,86       12,46         Distance ' (cm)       0,00       12,32       12,46       13,40       12,48       11,70       12,16       11,81       11,66         Perte (cm)       10,82       (0,04)       0,17       (0,05)       0,08       0,08       (0,01)       0,16       (0,14)	ère 3 trave	V	Distance (cm)	10,82	12,29	12,63	13,35	12,56	11,78	12,14	11,97	11,53	
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Rep.	ssage	Point A' (cm)		13,79	1,17	0,66	13,45	12,67	0,95	12,67	0,80	
$ \overset{\text{o}}{\leftarrow} \underbrace{\text{Distance (cm)}}_{\text{Perte (cm)}} \underbrace{0,00}_{10,82} \underbrace{12,32}_{0,04} \underbrace{12,40}_{0,17} \underbrace{12,40}_{0,05} \underbrace{12,40}_{0,88} \underbrace{11,70}_{0,08} \underbrace{12,10}_{12,10} \underbrace{11,01}_{11,00} \underbrace{11,01}_{0,16} \underbrace{11,01}_{0,14} \underbrace{11,01}_{$	01	ès pre	Point B' (cm)	0.00	1,47	13,03	14,00	0,97	0,97	13,08	0,80	12,40	
Perte (cm) $10,82$ $(0,04)$ $0,17$ $(0,03)$ $0,00$ $(0,01)$ $0,10$ $(0,14)$		Apr	Distance (cm)	0,00	12,32	12,40	13,40	12,48	11,70	12,10	0.16	(0.14)	
$\mathbf{P}_{\text{rest}}(0')$ 100.00 (0.20) 1.22 (0.26) 0.62 0.68 (0.12) 1.24 (1.18)			Perte (Cm)	10,62	(0,04)	1.23	(0,05)	0,08	0,00	(0,01)	1.24	(0,14)	

		Feuille d'usure + Papier décor (O461+PD80)												
			temps de pressage de 20 secondes - 3.5 Mpa #31 #32 #33 #34 #25 #36 #27 #29 #20 #40											
	age	Point A (cm)	12.81	12 76	12 69	12.60	12.69	12 75	12.78	0.59	12.47	12.49		
	press	Point B (cm)	0.70	0.69	0.61	0.69	0.56	0.60	0.47	12 24	0.61	0.71		
1 ine	Avant	Distance (cm)	12 11	12.08	12.07	12.00	12 12	12.16	12 31	11 64	11.86	11.77		
oère mach		Point A' (cm)	1 27	0.97	0.47	0.73	12.43	13.02	12,91	12.54	1 59	12.53		
Rel	essage	Point B' (cm)	13.18	12.96	12.45	12.64	0 39	0.94	0.60	0.98	13.27	0.99		
01	rès pr	Distance ' (cm)	11.91	11.99	11.98	11.91	12.04	12.08	12.23	11.57	11.67	11.53		
	Ap	Perte (cm)	0,20	0,09	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,08	0,18	0,24		
		Perte (%)	1,63	0,71	0,78	0,71	0,70	0,61	0,59	0,66	1,55	2,05		
	sage	Point A (cm)	0,79	0,63	0,51	0,80	0,59	0,54	0,51	12,29	0,63	0,61		
	t pres	Point B (cm)	12,67	12,65	12,69	12,32	12,31	12,78	12,80	0,76	12,48	11,50		
2 hine	Avan	Distance (cm)	11,87	12,02	12,19	11,52	11,72	12,24	12,29	11,53	11,85	10,89		
epère i mac	e	Point A' (cm)	12,94	13,04	12,65	12,58	0,50	0,97	0,31	0,98	13,39	0,72		
Res	ressag	Point B' (cm)	1,14	1,20	0,62	0,93	12,25	13,05	12,52	12,42	1,61	11,45		
	près p	Distance ' (cm)	11,80	11,84	12,02	11,64	11,75	12,07	12,22	11,44	11,78	10,73		
	×	Perte (cm)	0,07	0,19	0,17	(0,12)	(0,04)	0,17	0,07	0,09	0,07	0,16		
		Perte (%)	0,62	1,55	1,37	(1,08)	(0,30)	1,40	0,60	0,78	0,63	1,49		
	ssage	Point A (cm)	12,68	12,68	12,68	12,47	12,48	12,66	0,79	0,81	12,48	11,47		
	nt pre	Point B (cm)	0,56	0,69	0,50	0,69	0,60	0,58	12,47	12,32	1,61	0,62		
e 3 chine	Ava	Distance (cm)	12,13	11,99	12,18	11,78	11,88	12,08	11,68	11,51	10,87	10,85		
cepèr s ma	ge	Point A' (cm)	0,68	Cassé	12,63	0,90	Cassé	13,03	12,61	Cassé	2,50	11,66		
R Sen	pressa	Point B' (cm)	12,73		0,52	12,62		1,03	1,09		13,32	1,17		
	Après	Distance ' (cm)	12,05	NP	12,11	11,72	NP	12,01	11,52	NP	10,81	10,49		
-	~	Perte (cm)	0,08	NP	0,07	0,06	NP	0,07	0,16	NP	0,06	0,36		
		Perte (%)	0,64	NP	0,58	0,49	NP	0,60	1,41	NP	0,51	3,34		
	essage	Point A (cm)	0,58	0,72	0,58	0,70	1,10	0,50	12,59	12,49	1,62	0,75		
	ant pr	Point B (cm)	12,70	12,80	12,55	12,45	13,24	12,66	1,17	0,51	12,18	10,91		
re 1 avers	Av	Distance (cm)	12,12	12,08	11,97	11,75	12,13	12,16	11,42	11,98	10,55	10,16		
Repèi ens tr	age	Point A' (cm)	12,88	Cassé	0,89	12,49	14,37	0,93	1,36	12,43	Cassé	11,11		
~ s	s press	Point B' (cm)	0,88		12,76	0,86	2,33	12,88	12,67	0,78		1,01		
	Aprè	Distance ' (cm)	12,01	NP	11,87	11,63	12,04	11,96	11,31	11,65	NP	10,10		
		Perte (cm)	0,11	NP	0,10	0,12	0,09	0,20	0,11	0,33	NP	0,07		
	e	Perte (%)	0,92	NP	0,83	1,00	0,76	1,62	0,97	2,72	NP	0,65		
	ressag	Point A (cm)	12,66	12,87	12,67	12,46	13,28	12,60	1,29	0,62	12,58	11,19		
s	vant p	Point B (cm)	0,73	0,60	0,69	0,59	0,80	0,58	12,46	12,24	1,23	0,73		
ère 2 Iravei	×	Distance (cm)	11,93	12,27	11,97	11,88	12,48	12,01	11,18	11,62	11,35	10,46		
Rep sens 1	ssage	Point A' (cm)	0,90	Casse	13,06	0,70	1,78	12,85	1,33	0,97	12,49	1,27		
01	ès pre	Point B' (cm)	12,82	ND	1,21	12,49	14,18	0,94	12,43	12,45	1,14	11,55		
	Apr	Distance (cm)	0.01	NP	0.12	0.00	12,40	0.11	0.08	0.14	0.00	0.17		
		Perte (cm)	0,01	NP	0,13	0,09	0,08	0,11	0,08	1.22	0,00	0,17		
	age	Point A (cm)	0.70	0.61	0.59	0,70	0,04	0,92	12.56	0.78	1 12	0.73		
	press:	Point B (cm)	12 55	12 50	12 58	12 45	12 54	12 64	0.69	12 35	1,12	12 94		
3 STS	Avant	Distance (cm)	11.76	11.80	11.00	12,45	12,34	12,04	11.87	11.57	11.12	12,24		
père : trave	~	Point A' (cm)	12.61	Cassé	12.74	12.56	13 34	0.99	12.72	1 00	0.77	13 45		
Re <sub>l</sub> Sens	essage	Point B' (cm)	0.94	04550	0.85	0.80	1.62	13.16	0.96	12.47	11.79	1.34		
	nès pr	Distance ' (cm)	11.66	NP	11.89	11.75	11.72	12.17	11.77	11.47	11.02	12 11		
	Υb	Perte (cm)	0.10	NP	0.10	0.00	0.03	(0.01)	0.10	0.10	0.10	0.10		
		Perte (%)	0,86	NP	0,84	0,02	0,23	(0,07)	0,87	0,84	0,94	0,83		

	Feuille de contre-balancement (B80) - temps de pressage de 10 secondes - 3.5 Mpa											
			#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
	ssage	Point A (cm)	12.80	12.54	12.60	12.79	13.12	12.53	12.63	1.57	12.67	1.40
0	unt pre	Point B (cm)	1.17	0.30	1.39	1.39	1.61	1.41	1.30	1.21	1.21	13.77
e 1 chine	Ave	Distance (cm)	11.63	12.24	11.21	11.40	11.51	11.12	11.33	0.36	11.46	12.36
tepèr s ma	age	Point A' (cm)	12.95	12.48	1.42	12.61	1.58	1.33	11.45	12.24	1.21	13.51
Ren	press	Point B' (cm)	1.49	0.38	12.74	1.26	13.14	12.41	1.27	1.04	12.53	1.21
	Après	Distance ' (cm)	11.46	12.10	11.32	11.35	11.56	11.08	10.18	11.20	11.32	12.31
		Perte (cm)	0.17	0.14	(0.11)	0.05	(0.05)	0.04	1.15	(10.85)	0.14	0.06
	0	Perte (%)	1.43	1.15	(0.97)	0.43	(0.42)	0.36	10.19	(3020.97)	1.21	0.45
	essage	Point A (cm)	1.13	0.32	1.20	1.28	1.70	1.35	1.26	1.85	1.17	13.75
9	ant pr	Point B (cm)	12.31	12.72	12.61	12.53	12.89	12.76	12.68	12.50	12.68	1.22
re 2 achin	Av	Distance (cm)	11.18	12.40	11.41	11.25	11.20	11.40	11.42	10.65	11.51	12.53
Repèr ns mi	sage	Point A' (cm)	1.35	0.34	1.25	12.57	12.80	12.77	1.14	1.76	12.59	1.08
Ser	s press	Point B' (cm)	12.49	12.66	12.61	1.26	1.65	1.33	12.51	12.24	1.14	13.53
	Après	Distance ' (cm)	11.15	12.32	11.36	11.31	11.15	11.44	11.37	10.48	11.44	12.45
		Perte (cm)	0.04	0.08	0.06	(0.05)	0.05	(0.04)	0.06	0.17	0.07	0.08
	0	Perte (%)	0.35	0.67	0.49	(0.48)	0.42	(0.34)	0.51	1.56	0.59	0.64
	essage	Point A (cm)	12.62	13.16	12.71	12.58	12.85	12.81	12.84	12.66	12.64	1.20
e	ant pr	Point B (cm)	0.58	1.39	0.67	1.23	1.50	1.63	1.71	1.12	1.22	13.09
re 3 achin	Av	Distance (cm)	12.04	11.77	12.04	11.35	11.35	11.18	11.13	11.54	11.42	11.89
Repèi 1s má	age	Point A' (cm)	12.88	13.10	12.87	1.35	1.68	1.58	12.68	12.48	1.17	1.09
Sei	press	Point B' (cm)	0.72	1.30	0.76	12.51	12.88	12.67	1.61	1.00	12.53	12.93
	Après	Distance ' (cm)	12.16	11.80	12.11	11.16	11.21	11.09	11.07	11.48	11.36	11.83
		Perte (cm)	(0.12)	(0.03)	(0.07)	0.19	0.14	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06
	e	Perte (%)	(1.02)	(0.24)	(0.56)	1.64	1.23	0.82	0.59	0.50	0.49	0.49
	ressag	Point A (cm)	0.56	1.23	0.50	1.15	1.48	1.52	1.18	0.81	1.25	13.12
io.	/ant pi	Point B (cm)	12.98	12.88	12.04	12.79	12.27	12.27	12.60	12.80	11.95	1.43
re 1 aver	Ą	Distance (cm)	12.41	11.65	11.54	11.64	10.80	10.75	11.42	11.98	10.71	11.69
Repè ens tr	sage	Point A' (cm)	0.61	1.46	0.19	12.77	12.11	12.14	1.27	0.66	11.55	1.18
Š	s pres	Point B' (cm)	12.86	12.96	11.68	1.29	1.37	1.45	12.63	11.47	0.93	12.79
	Aprè	Distance ' (cm)	12.24	11.50	11.49	11.48	10.74	10.70	11.36	10.81	10.62	11.61
		Perte (cm)	0.17	0.15	0.05	0.16	0.06	0.05	0.06	1.17	0.08	0.08
	e	Perte (%)	1.37	1.31	0.47	1.39	0.54	0.48	0.50	9.79	0.77	0.65
	ressag	Point A (cm)	12.99	13.17	12.13	12.88	12.65	12.32	12.78	11.85	12.25	1.28
ş	vant p	Point B (cm)	1.29	1.50	1.31	1.22	1.64	1.32	1.17	1.01	1.43	12.80
ère 2 ravei	V	Distance (cm)	11.70	11.67	10.82	11.66	11.01	11.01	11.61	10.85	10.82	11.52
Rep.	ssage	Point A' (cm)	13.00	13.21	12.17	1.16	12.33	1.40	12.48	11.59	0.96	12.58
00	ès pre:	Point B' (cm)	1.47	1.68	1.33	12.66	1.49	12.35	0.85	0.82	11.71	1.05
	Aprè	Distance ' (cm)	11.54	11.53	10.84	11.50	10.85	10.95	11.63	10.77	10.75	11.52
		Perte (cm)	0.16	0.14	(0.02)	0.16	0.16	0.06	(0.02)	0.08	0.07	(0.00)
	ge	Perte (%)	1.40	1.24	(0.22)	1.34	1.45	0.53	(0.13)	0.74	0.65	(0.04)
	ressa	Point A (cm)	1.22	1.58	1.46	1.38	1.54	1.28	1.14	0.85	1.31	12.89
	-	Point B (cm)	12.31	12.50	12.70	12.91	12.36	1.68	12.39	12.37	13.41	1.14
S	vant			10.00			111 01	0.40	11.25	11.51	12.10	11.75
ère 3 ravers	Avant	Distance (cm)	11.09	10.92	11.23	11.53	10.82	11.55	10.04	0.00	12.10	0.00
Repère 3 tens travers	ssage Avant	Distance (cm) Point A' (cm)	11.09 1.25	10.92 1.67	11.23	11.53	1.41	11.75	12.06	0.68	13.03	0.89
Repère 3 Sens travers	is pressage Avant	Distance (cm) Point A' (cm) Point B' (cm)	11.09 1.25 12.28	10.92 1.67 12.55	11.23 1.34 12.42	11.53 12.80 1.22	10.82 1.41 12.19	11.75 1.59	12.06	0.68	13.03	0.89
Repère 3 Sens travers	Après pressage Avant	Distance (cm) Point A' (cm) Point B' (cm) Distance ' (cm)	11.09 1.25 12.28 11.03	10.92 1.67 12.55 10.87	11.23 1.34 12.42 11.08	11.53 12.80 1.22 11.58	1.41 12.19 10.78	0.10 11.75 1.59 10.17	12.06 1.07 10.99	0.68 12.14 11.46	13.03 1.07 11.95	0.89 12.48 11.59

Feuille de contre-balancement (B80) - temps de pressage de 20 secondes - 3.5 Mpa									
#11 #12 #13 #14 #15 #16 #17	#18 #20								
Point A (cm) 1.14 14.03 1.28 13.37 13.15 13.14 12.57	13.76 1.31								
$\frac{g}{H}$ Point B (cm) 12.49 2.22 12.41 1.41 1.52 1.26 0.92	0.36 13.50								
$\overline{a} = \frac{100}{100} \stackrel{10}{\leq} \frac{100}{100} \frac{11.35}{11.81} = 11.12 = 11.96 = 11.63 = 11.88 = 11.65$	13.40 12.20								
$\sum_{n=1}^{2} \sum_{n=1}^{2} \sum_{n=1}^{2} Point A'(cm)$ 12.14 2.19 1.01 1.15 12.63 12.79 12.62	13.63 13.06								
C B Point B' (cm) 0.97 13.93 12.15 12.95 1.18 0.81 1.04	0.38 0.92								
<b>Distance ' (cm)</b> 11.17 11.73 11.14 11.80 11.45 11.98 11.58	13.25 12.14								
Perte (cm) 0.18 0.07 (0.02) 0.16 0.18 (0.10) 0.07	0.15 0.06								
Perte (%) 1.61 0.60 (0.16) 1.38 1.55 (0.85) 0.57	1.12 0.46								
B Point A (cm) 12.53 2.28 12.67 1.23 1.34 1.19 0.97	0.49 2.07								
Point B (cm) 1.46 12.60 1.41 12.59 12.41 12.54 13.36	14.40 13.51								
S = = = = = = = = = = = = = = = = = = =	13.92 11.44								
Los Point A' (cm) 12.38 12.08 12.44 12.71 1.00 0.65 1.06	0.29 1.69								
$\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} Point B'(cm) = 1.27 = 1.82 = 1.32 = 0.91 = 12.00 = 11.93 = 13.41$	14.16 13.16								
<b>Distance ' (cm)</b> 11.11 10.26 11.11 11.80 11.00 11.29 12.35	13.86 11.47								
Perte (cm) (0.05) 0.06 0.15 (0.43) 0.08 0.07 0.04	0.05 (0.03)								
Perte (%) (0.43) 0.58 1.37 (3.79) 0.75 0.59 0.36	0.39 (0.30)								
Point A (cm) 1.28 12.61 11.96 12.62 12.64 12.51 13.48	14.47 13.57								
E Point B (cm) 12.39 1.26 1.31 1.24 1.32 1.23 1.23	0.95 1.17								
$c_{0} \stackrel{\text{def}}{=} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} $	13.52 12.40								
2.50 Point A' (cm) 1.18 0.81 1.11 0.95 12.50 12.08 13.54	14.27 13.12								
$\vec{c}_{0} = \vec{c}_{1} $	0.78 0.88								
<b>Distance ' (cm)</b> 11.03 11.28 10.56 11.30 11.37 11.19 12.22	13.49 12.24								
Perte (cm) 0.08 0.08 0.08 0.08 (0.05) 0.09 0.03	0.03 0.16								
Perte (%) 0.70 0.67 0.76 0.68 (0.40) 0.80 0.28	0.20 1.30								
<sup>50</sup> Point A (cm) 12.66 1.15 1.24 1.15 1.16 1.31 7.01	0.02 1.23								
Point B (cm) 1.15 12.51 13.50 12.37 11.88 12.59 14.84	13.84 12.65								
$\frac{1}{22} \stackrel{\text{fo}}{\underset{\text{magenta}}{\underset{magenta}}}{\underset{magenta}}{\underset{magenta}}{\underset{magenta}}{\underset{magenta}}{\underset{magenta}}{\underset{magenta}}{\underset{magenta}}{\underset{magenta}}}{\underset{magenta}}{ma$	13.82 11.41								
$\begin{array}{c} 26 \\ 27 \\ 27 \\ 27 \\ 57 \\ 77 \end{array}$ Point A' (cm) 12.33 11.85 13.39 12.19 1.15 1.18 6.84	0.84 1.12								
<sup>56</sup> <sup>26</sup> Point B' (cm) 1.01 0.06 1.10 0.93 11.77 12.38 14.54	13.49 12.47								
<b>Distance '(cm)</b> 11.32 11.79 12.29 11.26 10.62 11.20 7.70	12.65 11.36								
Perte (cm) 0.19 (0.43) (0.03) (0.04) 0.10 0.08 0.13	1.18 0.06								
Perte (%)         1.69         (3.82)         (0.25)         (0.34)         0.91         0.74         1.69           2.         2.         3.         <	8.51 0.49								
Point A (cm) 1.18 12.53 13.67 12.67 12.20 12.80 14.03	13.78 12.67								
Point B (cm) 12.51 1.40 1.44 1.29 1.23 1.63 1.63	1.12 1.28								
$[c_1]_{b_1} = \frac{c_1}{2} $ <b>Distance (cm)</b> 11.33 11.13 12.23 11.37 10.96 11.17 12.39	12.65 11.39								
$\begin{array}{c} \mathbf{A} & \mathbf{C} \\ \mathbf{A} & \mathbf{C} \\ \mathbf{A} & \mathbf{C} \\ \mathbf{A} & \mathbf{C} \\ \mathbf{C} \\ \mathbf{C} & \mathbf{C} \\ \mathbf{C} \\ \mathbf{C} & \mathbf{C} \\ \mathbf{C} \\ \mathbf{C} & \mathbf{C} \\ $	13.56 12.33								
$^{\circ}$ $\stackrel{o}{\underline{g}}$ Point B' (cm) 11.98 0.94 13.16 12.32 1.12 1.54 1.44	1.08 1.00								
<b><u>The Distance (cm)</u></b> 11.22 11.00 12.05 11.30 10.78 10.98 12.43	12.48 11.33								
Perte (cm) 0.10 0.13 0.18 0.08 0.18 0.19 (0.03	0.17 0.06								
Perte (%) $0.92$ $1.13$ $1.46$ $0.69$ $1.66$ $1.71$ $(0.28)$	) 1.35 0.54								
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0.44 1.26								
Point B (cm) 2.10 12.89 15.09 12.80 12.70 12.52 13.64	13.// 11.46								
$r_{2} = \frac{1100}{2}$	15.34 10.20								
$\begin{array}{c} \begin{array}{c} \begin{array}{c} \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \begin{array}{c} \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \begin{array}{c} \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \begin{array}{c} \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \begin{array}{c} \end{array}{} \\ \\ \\ \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \\ \\ \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \\ \\ \end{array}{} \\ \\ \end{array}{} \\ \\ \\ \end{array}{} \\ \\ \\ \end{array}{} \\ \\ \\ \\ \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \end{array}{} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array}{} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\$	1.17 1.16								
<sup>27</sup> g round B (cm) 1.77 12.94 0.90 12.55 12.25 12.47 15.71	13.43 11.28								
$= \frac{\text{Distance (cm)}}{\sqrt{2}} = 0.20  0.12  (0.04)  0.02  0.22  0.00  0.12$	12.26 10.13								
	1.06 0.07								

ANNEXE 3 RÉSULTATS POUR LE MOE (GPa) EN TRACTION DES PAPIERS DE FINITION

	Temps de pressage 0 seconde								
		<b>O461</b>		]	PD80		<b>B80</b>		
Échantillons	SN	/	ST	SM	ST		SM	ST	
1	4,16	67	3,149	6,562	5,28	36	5,010	4,531	
2	4,07	71	2,899	6,746	5,18	37	5,130	4,395	
3	4,18	82	2,712	6,581	5,35	52	4,841	4,252	
4	4,31	19	2,305	6,525	5,05	56	5,086	4,257	
5	5 4,300		3,129	6,525	5,21	18	4,963	4,269	
6	3,94	43	2,532	6,490	5,54	14	4,956	4,091	
7	4,03	35	3,375	6,728	5,46	57	5,462	ND	
8	4,31	12	3,337	6,576	5,33	36	4,965	ND	
9	4,21	18	3,405	5,592	4,99	93	5,061	ND	
10	4,27	75	ND	7,031	5,52	28	4,627	ND	
	0.1/4			de pressag	ge de 10 s	econdes			
	04	461	PI	<b>)8</b> 0	<b>O461</b>	+PD80	E	880	
Echantillons	SM	ST	SM	ST	SM	ST	SM	ST	
1	4,772	3,349	8,456	6,611	8,039	7,172	6,142	6,256	
2	4,773	3,229	7,165	5,865	7,814	7,562	6,702	6,144	
3	4,712	3,700	7,165	6,368	8,054	6,881	6,794	5,638	
4	4,494	3,737	7,827	6,140	7,897	6,773	6,129	5,726	
5	4,936	3,588	7,668	6,739	6,970	6,930	6,553	5,639	
6	4,554	4,374	8,071	6,084	8,242	6,983	6,510	5,670	
7	4,632	3,684	8,162	5,536	8,893	6,811	6,813	5,685	
8	ND	3,832	8,371	7,236	8,433	6,936	6,592	5,692	
9	ND	ND	7,248	5,736	8,329	ND	6,324	5,641	
10	ND	ND	7,766	ND	ND	ND	6,942	ND	
			Temps	de pressag	e de 20 se	econdes	5		
<u> </u>	04	<u>461</u>	PD	280	0461+	-PD80	B	<u>80</u>	
Echantillons	SM	ST	SM	ST	SM	ST	SM	ST	
1	6,573	5,497	9,868	7,522	5,977	5,014	5,872	6,019	
2	6,017	3,850	9,996	7,977	6,043	4,671	6,816	5,911	
3	5,989	5,029	8,877	7,196	5,775	5,147	6,066	6,156	
4	6,106	4,646	9,209	7,150	6,039	5,586	6,678	5,885	
5	6,127	4,680	9,279	6,955	6,855	4,980	6,828	5,760	
6	6,158	4,420	9,507	7,706	5,657	5,140	6,527	5,621	
7	5,574	ND	9,061	8,477	6,047	5,219	6,573	ND	
8	6,299	ND	8,416	7,904	6,554	5,906	7,352	ND	
9	ND	ND	8,763	5,509	5,849	ND	ND	ND	
10	ND	ND	ND	7,341	ND	ND	ND	ND	

THERM	IQUE	DES PANI	NEAU	X HDF DF	2 7 <b>mm</b>
		Température	en surface	du panneau	
Échantillon	Temps	Plaque chaude	Gradient	Plaque froide	Flux
	(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(µv)
7-P1-100-C1	25	96,8	22,6	74,2	1 644
	30	96,8	22,3	74,5	1 624
	35	97,0	22,3	74,7	1 624
	40	97,2	22,6	74,6	1 651
	45	97,3	22,8	74,5	1 676
	50	97,2	22,7	74,5	1 680
	55	97,2	22,5	74,7	1 678
		Moyenne du	flux après	équilibre (µv):	1 654
		Différence de te	mpérature	moyenne (°C):	22,6
		É	paisseur du	u panneau (m):	0,00669
			Facteur	de correction:	0,940
		Consta	ante Heatfl	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conductiv	vité thermi	que ( $W/m \cdot {}^{o}C$ ):	0,253
7-P1-100 C2	20	95,5	22,5	73,0	1 818
	25	95,4	22,7	72,7	1 842
	30	95,7	22,9	72,8	1 867
	35	95,8	22,8	73,0	1 848
	40	95,7	22,9	72,8	1 853
		Moyenne du	flux après	équilibre (µv):	1 846
		Différence de te	mpérature	moyenne (°C):	22,8
		É	paisseur du	ı panneau (m):	0,00669
			Facteur	de correction:	0,940
		Consta	ante Heatfl	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conductiv	vité thermi	que ( $W/m \cdot {}^{o}C$ ):	0,280
7-P1-100 C3	15	95,9	21,6	74,3	1 745
	20	95,8	20,8	75,0	1 618
	25	95,2	20,9	74,3	1 630
	30	95,0	21,3	73,7	1 661
	35	95,0	21,5	73,5	1 702
	40	95,1	21,6	73,5	1 694
	45	95,0	21,7	73,3	1 700
		Moyenne du	flux après	équilibre (µv):	1 675

### ANNEXE 4 RÉSULTATS DE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE DES PANNEAUX HDF DE 7mm

		Différence de te	noyenne (°C):	21,343					
		É	Epaisseur du	panneau (m):	0,00669				
			Facteur	de correction:	0,940				
		Const	ante Heatflu	$(\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820				
		Conducti	vité thermiq	ue (W/m·°C):	0,271				
7-P2-100 C1	20	95,9	21,9	74,0	1 740				
	25	95,7	22,1	73,6	1 778				
	30	95,7	22,4	73,3	1 814				
	35	95,8	22,3	73,5	1 816				
	40	96,0	22,2	73,8	1 799				
	45	96,2	22,4	73,8	1 801				
	50	96,2	22,5	73,7	1 800				
	55	96,1	22,5	73,6	1 805				
		Moyenne du	flux après é	equilibre (µv):	1 793				
		Différence de te	férence de température moyenne (°C):						
		É	Épaisseur du panneau (m):						
			Facteur de correction:						
		Const	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):						
		Conducti	vité thermiq	ue (W/m·°C):	0,281				
7-P2-100 C2	20	95,5	21,8	73,7	1 980				
	25	95,0	21,6	73,4	1 990				
	30	94,9	21,6	73,3	1 997				
	35	95,0	21,8	73,2	2 028				
	40	95,1	21,9	73,2	2 031				
	45	95,0	21,7	73,3	2 013				
		Moyenne du	flux après é	equilibre (µv):	2 007				
		Différence de te	mpérature n	noyenne (°C):	21,7				
		É	Epaisseur du	panneau (m):	0,00677				
			Facteur	de correction:	0,940				
		Const	ante Heatflu	$(\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820				
		Conducti	vité thermiq	ue (W/m·°C):	0,323				
7-P2-100 C3	10	96.6	23.3	73.3	2 254				
	15	96.1	23.1	73.0	2 198				
	20	95.6	22.8	72.8	2 161				
	25	95.5	22.9	72.6	2 181				
	30	95.5	22.9	72.6	2 199				
	35	95,6	23,1	72,5	2 214				

	40	95,7	23,1	72,6	2 2 1 0
		Moyenne dı	ı flux après é	quilibre (µv):	2 202
		Différence de t	23,0		
		]	Épaisseur du	panneau (m):	0,00677
			Facteur	de correction:	0,940
		Cons	tante Heatflu	x ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,334
7-P3-100 C1	10	95,7	22,6	73,1	1 672
	15	95,4	22,6	72,8	1 665
	20	94,8	22,5	72,3	1 658
	25	94,7	22,5	72,2	1 673
	30	94,8	22,7	72,1	1 693
	35	95,0	22,9	72,2	1 699
	40	95,2	23,0	72,2	1 714
		Moyenne dı	ı flux après é	quilibre (µv):	1 682
		Différence de te	empérature n	noyenne (°C):	22,7
		]	Épaisseur du	panneau (m):	0,00669
			Facteur	de correction:	0,940
		Cons	tante Heatflu	x ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,256
7-P3-100 C2	15	96,6	23,5	73,1	1 829
	20	96,2	23,5	72,7	1 841
	25	96,2	23,9	72,3	1 904
	30	96,0	23,6	72,4	1 848
	35	96,1	23,5	72,6	1 850
	40	96,2	23,6	72,6	1 844
		Moyenne dı	ı flux après é	quilibre (µv):	1 853
		Différence de te	empérature n	noyenne (°C):	23,6
		]	Épaisseur du	panneau (m):	0,00669
			Facteur	de correction:	0,940
		Cons	tante Heatflu	x ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,271
7-P3-100 C3	15	96,7	23,4	73,3	1 812
	20	96,3	23,7	72,6	1 829
	25	96,2	23,8	72,4	1 862
	30	96,0	23,5	72,5	1 841
	35	96.2	23.5	72.7	1 855

	40	96,1	23,5	72,6	1 852
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 842
		Différence de te	23,6		
		Η	0,00669		
			Facteur	de correction:	0,940
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conducti	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,270
7-P1-150 C1	35	148,0	26,8	121,2	2 206
	40	147,7	26,7	121,0	2 214
	45	148,3	26,8	121,5	2 235
	50	148,0	26,4	121,6	2 179
	55	147,4	26,5	120,9	2 1 3 0
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	2 193
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	26,6
		I	Épaisseur du	panneau (m):	0,00667
			Facteur	de correction:	0,900
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conducti	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,271
7-P1-150 C2	20	149,2	26,6	122,6	1 860
	25	148,1	26,2	121,9	1 825
	30	147,6	26,4	121,2	1 893
	35	147,7	26,6	121,1	1 914
	40	147,7	26,7	121,0	1 916
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 882
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	26,5
		I	Epaisseur du	panneau (m):	0,00667
			Facteur	de correction:	0,900
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conducti	vité thermiq	ue (W/m·°C):	0,234
7-P1-150 C3	15	149.6	26.9	122.7	1 860
	20	149,0	26,9	122,1	1 858
	25	148,0	26,7	121,3	1 872
	30	147,9	26,9	121,0	1 897
	35	148,0	26,8	121,2	1 895
		Movenne du	l flux après é	quilibre (Uv):	1 876
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	26,8
		Í	Épaisseur du	panneau (m):	0,00667
			-	• · · /	

		Facteur de correction:			0,900
		Cons	1,820		
		Conduct	tivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,231
7-P2-150 C1	25	147,6	25,5	122,1	2 084
	30	147,2	25,6	121,6	2 117
	35	147,4	25,9	121,5	2 184
	40	147,7	26,1	121,6	2 190
	45	147,8	26,1	121,7	2 178
		Moyenne du	u flux après é	équilibre (µv):	2 151
		Différence de t	empérature r	moyenne (°C):	25,8
			Épaisseur du	panneau (m):	0,00672
			Facteur	de correction:	0,900
		Cons	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,277
7-P2-150 C2	20	148,2	25,8	122,4	1 868
	25	147,5	25,8	121,7	1 871
	30	147,3	26,3	121,0	1 916
	35	147,5	26,4	121,1	1 918
	40	147,7	26,6	121,1	1 942
		Moyenne di	u flux après é	équilibre (µv):	1 903
		Différence de t	empérature r	noyenne (°C):	26,2
			Épaisseur du	panneau (m):	0,00672
			Facteur	de correction:	0,900
		Cons	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	$[ue (W/m \cdot \circ C)]$	0,242
7-P2-150 C3	20	1/18 1	25.8	122.3	1 888
7-12-150 C5	20	143,1	25,0	122,5	1 800
	30	147,5	25,7	121,0	1 027
	35	147,0	25,0	121,2	1 027
	35 40	140,9	25,7	121,2	1 955
	40	Movenne di	20,1 u flux apràs é	121,1	1 902
		Différence de t	e nus apies t compérature r	$\frac{(\mu v)}{(\mu v)}$	25.8
			Épaissour du	$\frac{10}{2} = \frac{10}{2} $	23,0 0.00672
			Epaissour uu Eastaur	de correction:	0,00072
		Cong	racicul tanta Uaatfly	$(1) \times (1) \times m^2 / W^{2}$	1 820
		Conduct	ivitá thormio	$IX (\mu v III / w).$	1,020
		Conduct	ivite meriniq	[uc(w/m, C)]	0,248

7-P3-150 C1	20	148,5	26,5	122,0	1 870
	25	147,6	26,2	121,4	1 834
	30	147,5	26,3	121,2	1 889
	35	147,7	26,4	121,3	1 896
	40	147,9	26,5	121,4	1 896
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 877
		Différence de te	empérature n	noyenne (°C):	26,4
		]	Épaisseur du	panneau (m):	0,00680
			Facteur	de correction:	0,900
		Cons	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,239
7-P3-150 C2	15	148.2	26.0	122.2	1 749
,	20	148.0	26.0	122.0	1 751
	25	147.4	25.9	121.5	1 767
	30	147,1	26,1	121,0	1 809
	35	147,2	26,2	121,0	1 816
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 778
		Différence de te	empérature n	noyenne (°C):	26,0
		]	Épaisseur du	panneau (m):	0,00680
			Facteur	de correction:	0,900
		Cons	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,230
7-P3-150 C3	15	148,9	26,3	122,6	1 863
	20	148,3	26,0	122,3	1 871
	25	147,8	26,0	121,8	1 843
	30	147,4	26,1	121,3	1 856
	35	147,6	26,1	121,5	1 878
	40	147,8	26,0	121,8	1 883
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 866
		Différence de te	empérature n	noyenne (°C):	26,1
		]	Épaisseur du	panneau (m):	0,00680
			Facteur	de correction:	0,900
		Cons	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,241
7 D1 000 C1					
7-P1-200 C1	65	195,9	24,1	171,8	1 710
7-P1-200 C1	65 70	195,9 198,5	24,1 26,2	171,8 172,3	1 710 1 819

	80	200,0	27,9	172,1	1 866
	85	199,3	27,7	171,6	1 782
		Moyenne du	1 808		
		Différence de te	26,6		
		ł	Épaisseur du	panneau (m):	0,00670
			Facteur	de correction:	0,880
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,220
7-P1-200 C2		196,0	23,6	172,4	1 801
		197,2	24,3	172,9	1 829
		198,1	24,7	173,4	1 795
		198,0	24,8	173,2	1 758
		197,9	24,8	173,1	1 762
		198,0	24,6	173,4	1 744
		Moyenne du	ı flux après é	équilibre (µv):	1 782
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	24,5
		ł	Épaisseur du	panneau (m):	0,00670
			Facteur	de correction:	0,880
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,236
7-P1-200 C3		196,2	24,2	172,0	1 822
		197,3	24,3	173,0	1 833
		198,0	24,8	173,2	1 821
		198,1	25,1	173,0	1 825
		198,0	24,9	173,1	1 825
		198,0	24,8	173,2	1 828
		Moyenne du	ı flux après é	équilibre (µv):	1 826
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	24,7
		I	Épaisseur du	panneau (m):	0,00670
			Facteur	de correction:	0,880
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820
		Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,240
7-P2-200 C1	15	199.6	27,6	172,0	2 043
	20	200,4	27,7	172,7	1 862
	25	199.7	27.2	172,5	1 763
	30	198.0	26.7	171,3	1 701
	35	197,1	26,0	171.1	1 703

	Moyenne du flux après équilibre (µv):				1 814	
		Différence de température moyenne (°C):				
		I	0,00679			
			de correction:	0,880		
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820	
		Conducti	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,220	
7-P2-200 C2		196,9	26,9	170,00	2 008	
		197,9	26,3	171,6	1 968	
		197,8	26,2	171,6	1 845	
		197,3	25,9	171,4	1 798	
		196,8	25,2	171,6	1 731	
		196,5	25,0	171,5	1 725	
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 813	
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	25,7	
		Í	Épaisseur du	panneau (m):	0,00679	
			Facteur	de correction:	0,880	
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820	
		Conducti	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,231	
7-P2-200 C3	15	200,1	27,8	172,3	1 875	
	20	200,3	27,6	172,7	1 902	
	25	199,5	27,3	172,2	1 951	
	30	198,2	26,8	171,4	1 911	
	35	197,1	26,1	171,0	2 067	
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 941	
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	27,1	
		Ι	Épaisseur du	panneau (m):	0,00679	
			Facteur	de correction:	0,880	
		Const	tante Heatflu	$x (\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820	
		Conducti	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,235	
7-P3-200 C1	20	199,7	27,6	172,1	1 780	
	25	198,9	27,4	171,5	1 757	
	30	198,2	27,0	171,2	1 754	
	35	198,0	26,7	171,3	1 738	
	40	198,1	26,8	171,3	1 754	
		Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 757	
		Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	27,1	
		I	Epaisseur du	panneau (m):	0,00674	

		Facteur	de correction:	0,880			
	Cons	1,820					
	Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,211			
7 D2 200 C2	200.2	27.1	172 1	2 023			
/-F3-200 C2	200,2	27,1	173,1	2 025			
	200,0	27,2	172,8	1 933			
	199,7	26,9	172,8	1 918			
	199,6	26,8	172,8	1 921			
	199,6	26,7	172,9	1 901			
	Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 944			
	Différence de te	Différence de température moyenne (°C):					
	]	Épaisseur du panneau (m):					
		Facteur de correction:					
	Cons	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):					
	Conduct	ivité thermiq	ue (W/m·°C):	0,235			
7-P3-200 C3	200,4	27,4	173,0	2 019			
	200,1	27,2	172,9	1 958			
	199,6	26,7	172,9	1 931			
	199,5	26,6	172,9	1 925			
	199,5	26,6	172,9	1 937			
	Moyenne du	ı flux après é	equilibre (µv):	1 954			
	Différence de te	empérature r	noyenne (°C):	26,9			
	]	Épaisseur du	panneau (m):	0,00674			
		Facteur	de correction:	0,880			
	Cons	tante Heatflu	$(\mu v \cdot m^2/W)$ :	1,820			
	Conduct	ivité thermio	ue (W/m·°C):	0.237			

	<u> </u>				
		Température	en surface	du panneau	
Échantillon	Temps	Plaque chaude	Gradient	Plaque froide	Flux
	(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(µv)
8-P1-100 C1	15	96,7	25,3	71,4	2 007
	20	97,2	25,3	71,9	2 024
	25	97,8	25,5	72,3	2 020
	30	98,0	25,4	72,6	2 027
	35	98,2	25,8	72,4	2 121
		Moyenne d	lu flux après	s équilibre (µv):	2 040
		Différence de	température	e moyenne (°C):	25,5
			Épaisseur o	łu panneau (m):	0,00768
			Facter	r de correction:	0,940
		Con	stante Heat	flux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conduc	tivité therm	ique (W/m·°C):	0,318
8-P1-100 C2	15	98,5	26,1	72,4	1 717
	20	97,5	25,2	72,3	1 654
	25	96,6	24,4	72,2	1 627
	30	96,9	23,9	73,0	1 684
	35	97,3	25,3	72,0	1 718
		Moyenne d	lu flux après	s équilibre (µv):	1 680
		Différence de	température	e moyenne (°C):	25,0
			Épaisseur o	lu panneau (m):	0,00768
			Facter	ir de correction:	0,940
		Con	stante Heat	flux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conduc	tivité therm	ique (W/m·°C):	0,267
8-P1-100 C3		96.7	24,4	72,3	1 605
		96,8	24,4	72,4	1 635
		97.4	25.1	72.3	1 687
		Movenne d	lu flux après	s équilibre (Uv):	1 642
		Différence de	température	e moyenne (°C):	24,6
			Épaisseur o	lu panneau (m):	0,00768
			Facter	ir de correction:	0,940
		Con	stante Heat	flux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Conduc	tivité therm	ique $(W/m^{\circ}C)$ :	0,264
				• ` /	<i>,</i>

### ANNEXE 5 RÉSULTATS DE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE DES PANNEAUX HDF DE 8mm

8-P2-100 C1	20	97,8	25,2	72,6	1 877
	25	97,2	25,0	72,2	1 866
	30	97,0	24,8	72,2	1 876
	35	97,1	24,9	72,2	1 890
	40	97,1	24,8	72,3	1 873
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 876
		Différence de	e température i	moyenne (°C):	24,9
			Épaisseur du	ı panneau (m):	0,00765
			Facteur	de correction:	0,940
		Co	nstante Heatfl	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ctivité thermic	que (W/m·°C):	0,297
8-P2-100 C2		97 7	25.3	72.4	1 647
01210002		98.0	25.6	72.4	1 652
		98 0	25.6	72.4	1 650
		98,0	25,5	72,6	1 628
		97.8	25.5	72.3	1 618
		Movenne	du flux après	équilibre (Uv):	1 639
		Différence de	e température i	movenne (°C):	25.5
			Épaisseur du	i panneau (m):	0,00765
			Facteur	de correction:	0,940
		Co	nstante Heatfl	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ctivité thermic	que $(W/m \cdot \circ C)$ :	0,254
0 <b>D2</b> 100 <b>D2</b>					1.605
8-P2-100-R3		98,0	25,7	72,3	1 605
		97,3	24,9	72,4	1 539
		97,1	25,3	71,8	1 603
		97,4	25,7	71,7	1 626
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 593
		Différence de	e température i	moyenne (°C):	25,4
			Epaisseur du	ı panneau (m):	0,00765
		~	Facteur	de correction:	0,940
		Со	nstante Heatfl	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ictivité thermic	que (W/m·⁰C):	0,248
8-P3-100 C1	20	99,5	27,1	72,4	1 755
	25	97,6	25,3	72,3	1 623
	30	96,9	24,7	72,2	1 609
	35	97,1	24,9	72,2	1 658
	40	97,4	25,2	72,2	1 671

		Moyenne	équilibre (µv):	1 663	
		Différence de	moyenne (°C):	25,4	
			u panneau (m):	0,00768	
			0,940		
		Co	onstante Heatf	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	uctivité thermi	que (W/m·°C):	0,259
8-P3-100 C2		98,4	26,5	71,90	1 748
		98,8	26,3	72,50	1 660
		98,1	25,8	72,30	1 615
		97,7	25,5	72,20	1 608
		97,3	25,3	72,00	1 598
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 646
		Différence de	e température	moyenne (°C):	25,9
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00768
			Facteur	de correction:	0,940
		Co	onstante Heatf	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	uctivité thermi	que (W/m·°C):	0,252
8-P3-100 C3		96,7	23,4	73,3	1 587
		96,3	23,7	72,6	1 576
		96,1	23,8	72,3	1 607
		96,3	23,9	72,4	1 643
		96,7	24,1	72,6	1 664
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 615
		Différence de	e température	moyenne (°C):	23,8
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00768
			Facteur	de correction:	0,940
		Co	onstante Heatf	ux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	activité thermi	que (W/m·°C):	0,269
8-P1-150 C1	20	147,9	25,5	122,4	1 909
	25	147,5	25,3	122,2	1 894
	30	147,3	25,8	121,5	1 928
	35	147,1	26,0	121,1	1 973
	40	147,1	26,2	120,9	2 007
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 942
		Différence de	e température	moyenne (°C):	25,8
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00769
			Facteur	de correction:	0,900

		Cor Condu	1,820 0,287		
8-P1-150 C2		148,8	26,9	121,9	2 410
		147,3	25,9	121,4	2 218
		147,3	25,8	121,5	2 207
		147,2	25,7	121,5	2 193
		147,1	25,7	121,4	2 200
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	2 246
		Différence de	e température	moyenne (°C):	26,0
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00769
			Facteur	r de correction:	0,900
		Co	nstante Heatf	lux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ctivité thermi	que (W/m·°C):	0,328
8-P1-150 R3		147.1	26.2	120.9	1 795
		146,6	25,6	121,0	1 746
		146,3	25.5	120,8	1 791
		146,3	25,6	120,7	1 788
		146,3	25,5	120,8	1 801
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 784
		Différence de	e température	moyenne (°C):	25,7
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00769
			Facteur	r de correction:	0,900
		Co	nstante Heatf	lux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ctivité thermi	que (W/m·°C):	0,264
8-P2-150 C1	30	148,6	27,6	121,0	1 636
	35	148,8	28,1	120,7	1 705
	40	148,8	28,1	120,7	1 663
	45	149,2	28,0	121,2	1 685
	50	150,0	28,5	121,5	1 723
	55	149,2	28,1	121,1	1 632
	60	148,7	27,9	120,8	1 658
	65	148,8	28,0	120,8	1 686
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 674
		Différence de	e température	moyenne (°C):	28,0
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00767
			Facteur	r de correction:	0,900
		Co	nstante Heatf	lux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820

8-P2-150 C2		149,0	27,5	121,5	1 803
		148,3	26,9	121,4	1 758
		148,0	26,8	121,2	1 746
		148,1	26,9	121,2	1 763
		148,2	26,9	121,3	1 786
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 771
		Différence de	e température	moyenne (°C):	27,0
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00767
			Facteur	r de correction:	0,900
		Co	nstante Heatf	lux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ictivité thermi	que (W/m·°C):	0,249
8-P2-150 C3		147,7	26,7	121,0	1 861
		147,2	26,3	120,9	1 844
		147,2	26,4	120,8	1 871
		147,0	26,1	120,9	1 850
		147,2	26,2	121,0	1 898
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 865
		Différence de	e température	moyenne (°C):	26,3
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00767
			Facteur	r de correction:	0,900
		Co	nstante Heatf	lux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ictivité thermi	que (W/m·°C):	0,269
8-P3-150 C1	20	149,3	27,3	122,0	1 751
	25	148,7	27,0	121,7	1 702
	30	147,9	26,9	121,0	1 681
	35	147,7	26,9	120,8	1 707
	40	147,7	26,8	120,9	1 709
		Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 710
		Différence de	e température	moyenne (°C):	27,0
			Épaisseur d	u panneau (m):	0,00767
			Facteur	r de correction:	0,900
		Со	nstante Heatf	lux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
		Condu	ictivité thermi	que (W/m·°C):	0,240
8-P3-150 C2		147,8	27,4	120,4	2 080
		147,3	26,6	120,7	1 989

Conductivité thermique (W/m·°C): 0,226

	146,7	26,0	120,7	1 928	
	146,6	26,0	120,6	1 975	
	147,0	26,3	120,7	2 013	
	Moyenne du flux après équilibre (µv):				
	Différence de température moyenne (°C):				
		Épaisseur du panneau (m): Facteur de correction: Constante Heatflux (μv·m <sup>2</sup> /W): Conductivité thermique (W/m·°C):			
	Co				
	Condu				
8-P3-150 C3	148,5	27,1	121,4	1 722	
	148,3	26,8	121,5	1 725	
	148,0	26,6	121,4	1 719	
	148,1	26,7	121,4	1 743	
	148,3	27,0	121,3	1 758	
	Moyenne	du flux après	équilibre (µv):	1 733	
	Différence de	Différence de température moyenne (°C):			
		Épaisseur du panneau (m):			
		0,900			
	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):			1,820	
	Condu	Conductivité thermique (W/m·°C):			
8-P1-200 C1	195,6	23,9	171,7	1 696	
	196,6	24,7	171,9	1 698	
	197,5	25,9	171,6	1 679	
	197,4	25,9	171,5	1 624	
	197,1	25,6	171,5	1 587	
	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 657	
	Différence de température moyenne (°C):			25,2	
	Épaisseur du panneau (m):			0,00769	
		Facteur de correction:			
	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):			1,820	
	Conductivité thermique (W/m·°C):			0,244	
8-P1-200 C2	199,2	28,5	170,7	1 537	
	198,9	27,2	171,7	1 509	
	198,5	26,5	172,0	1 457	
	198,3	26,4	171,9	1 434	
	198,9	26,9	172,0	1 482	

	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 484
	Différence de	27,1		
	Épaisseur du panneau (m): Facteur de correction: Constante Heatflux (μv·m <sup>2</sup> /W): Conductivité thermique (W/m·°C):			0,00769
				0,880
				1,820
				0,204
8-P1-200 C3	198,5	26,6	171,9	1 459
	198,3	26,3	172,0	1 432
	198,3	26,1	172,2	1 421
	198,3	26,0	172,3	1 421
	198,3	26,1	172,2	1 424
	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 431
	Différence de température moyenne (°C):			26,2
	Épaisseur du panneau (m):			0,00769
		Facteu	r de correction:	0,880
	Co	nstante Heatf	lux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):	1,820
	Condu	Conductivité thermique (W/m·°C):		
8-P2-200 C1	197,6	27,3	170,3	1 942
	198,6	26,6	172,0	1 791
	198,2	26,1	172,1	1 646
	197,6	25,5	172,1	1 592
	196,8	24,9	171,9	1 555
	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 705
	Différence de température moyenne (°C): Épaisseur du panneau (m): Facteur de correction:			26,1
				0,00768
				0,880
	Co	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):		
	Conductivité thermique (W/m·°C):			0,243
8-P2-200 C2	197,9	26,8	171,1	1 546
	198,1	26,2	171,9	1 509
	198,2	26,1	172,1	1 500
	197,7	25,4	172,3	1 438
	197,7	25,4	172,3	1 440
	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 487
	Différence de température moyenne (°C):			26,0
	Épaisseur du panneau (m):			0,00768
		Facteu	r de correction:	0,880

	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):		1,820	
	Condu	activité thermi	ique (W/m·°C):	0,212
8-P2-200 C3	197,5	25,1	172,4	1 433.000
	197,7	25,4	172,3	1 434.000
	197,7	26,1	171,6	1 453.000
	197,7	25,4	172,3	1 418.000
	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 434,500
	Différence de température moyenne (°C):			25,5
		Épaisseur du panneau (m):		
		Facteu	r de correction:	0,880
	Co	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):		
	Condu	Conductivité thermique (W/m·°C):		
8-P3-200 C1	196,1	24,2	171,9	1 743.000
	197,4	25,3	172,1	1 728.000
	197,6	25,5	172,1	1 708.000
	197,7	25,3	172,4	1 661.000
	197,6	25,3	172,3	1 634.000
	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 694,800
	Différence de température moyenne (°C):			25,1
	Épaisseur du panneau (m):			0,00767
	Facteur de correction:			0,880
	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):			1,820
	Condu	ictivité thermi	ique (W/m·°C):	0,250
8-P3-200 C2	172,2	0,1	172,1	1 654
	197,7	25,4	172,3	1 651
	197,7	25,3	172,4	1 641
	197,6	25,3	172,3	1 639
	197,6	25,3	172,3	1 628
	Moyenne du flux après équilibre (µv):			1 643
	Différence de température moyenne (°C):			25,3
	Épaisseur du panneau (m):			0,00767
	Facteur de correction:			0,880
	Constante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):			1,820
	Conductivité thermique (W/m·°C):			0,241
8-P3-200 C3	197,6	25,3	172,3	1 623
	197,6	25,2	172,4	1 633

197,6	25,1	172,5	1 640
197,6	25,3	172,3	1 637
197,6	25,4	172,2	1 635
Moyenne	e du flux après équilibre (µv):		1 634
Différence de	e de température moyenne (°C):		25,3
	Épaisseur d	u panneau (m):	0,00767
	Facteur de correction:		0,880
Co	Sonstante Heatflux ( $\mu v \cdot m^2/W$ ):		1,820
Condu	ctivité thermi	que (W/m·°C):	0,240