

# ForestValue

## hardwood\_joint

WP4 – T 4.1

### Usinages des rainures

Rainurages, problématiques d'usinages et corrections

Élise BALBO

2021





# Avant-propos

Les usinages des rainures nécessitent l'utilisation de deux machines : une corroyeuse dite « 4 faces » pour les rainures longitudinales, et un robot cartésien 5 axes polyvalent pour les rainures transversales. Ce rapport présente les réglages nécessaires à la réalisation des différents types de rainures et les problématiques rencontrées.



# Sommaire

<b>1</b>	<b>Essais de rainurages .....</b>	<b>5</b>
1.1	Rainurages longitudinaux .....	5
1.2	Rainurages transversaux.....	6
<b>2</b>	<b>Topographie de la table.....</b>	<b>11</b>
2.1	Relevé topographique de la table d'usinage .....	11
2.2	Influence du serrage des pièces.....	12
2.3	Influence sur la qualité des usinages .....	13
2.4	Influence sur la qualité des assemblages .....	13
<b>Annexe 1</b>	<b>Étude du LVL de hêtre à plis croisés.....</b>	<b>14</b>
A1.	Données fabricant – Pollmeier .....	14
A2.	Caractérisation du LVL de hêtre .....	15
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>20</b>



# 1 Essais de rainurages

## 1.1 Rainurages longitudinaux

En suivant les paramètres de réglages de la 4 faces SCM (voir Tableau 1-1) et ses corrections dimensionnelles (voir Tableau 1-2) les rainures en sorties d'usinages correspondent aux rainures souhaitées. Pour ne pas fatiguer les courroies de la corroyeuse, la vitesse d'avance peut cependant être réduite à 5 m/min.

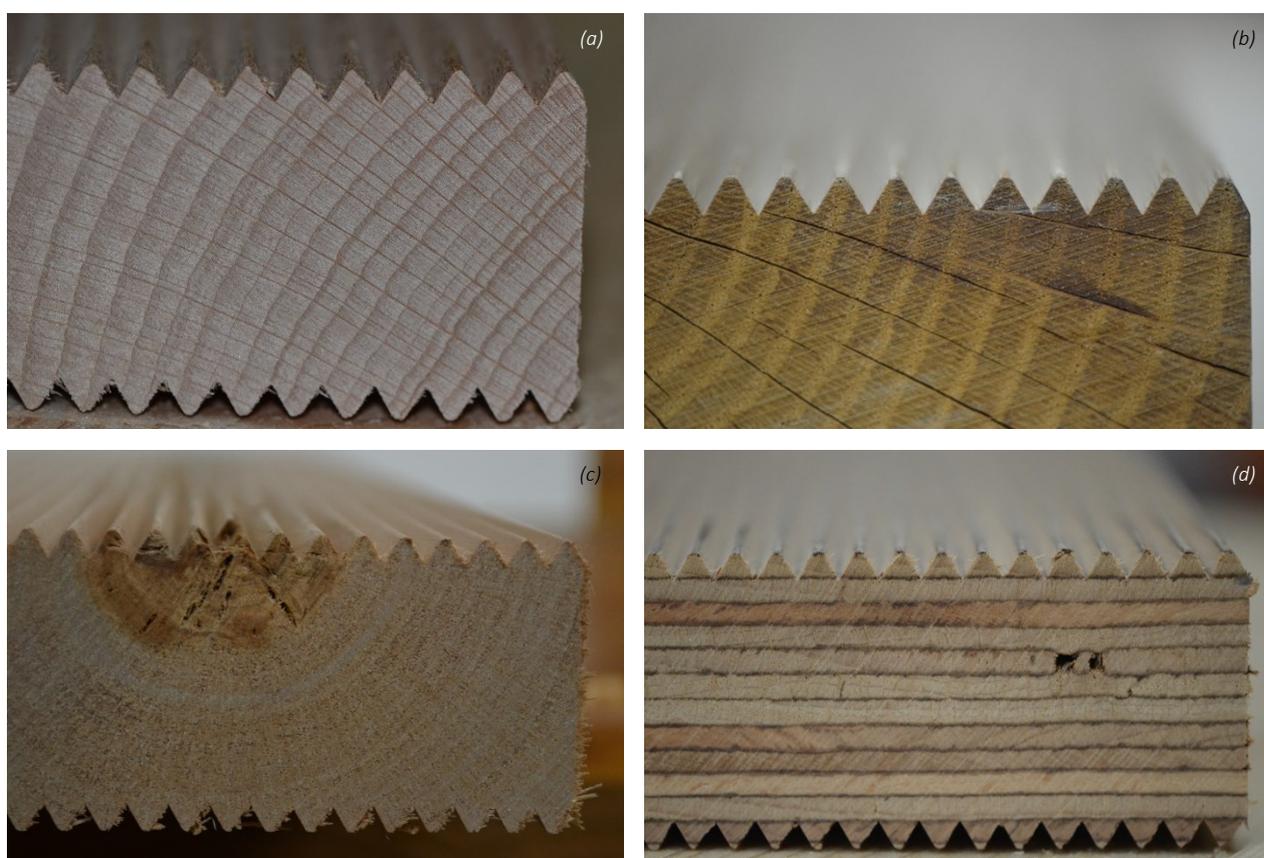


Figure 1-1 Rainurage longitudinal sur le hêtre (a), le chêne (b), le bouleau (c) et le LVL (d)

Tableau 1-1 Rainurage recto-verso - Paramètres (en mm) des réglages des outils à rainurer sur la 4 faces SCM

OUTIL	SUPERIEUR	INFERIEUR	PRISE DE PASSE
ALTITUDE	99,3**	124,2	4,0 (épaisseur)*
PROFONDEUR	344,8	15,5	3,0 (largeur)
ANGLE	9999,8	/	/

\* Si LVL, alors prise de passe de 2,5 mm

\*\* Si rainurage recto, alors descendre l'altitude telle qu'elle soit inférieure à celle de la table

Tableau 1-2 Correction des paramètres dimensionnelles entre entrée/sortie de la 4 faces Compact 23

	H01 - EPAISSEUR	H01 - LARGEUR
CORRECTION	+ 0,6 mm	- 0,5 mm
<i>POUR DIMENSIONS FINALES DE 37*120</i>	<i>37,6 mm</i>	<i>119,5 mm</i>
<i>POUR DIMENSIONS FINALES DE 37*100</i>	<i>37,6 mm</i>	<i>99,5 mm*</i>

\*attention, après essais, la correction est nulle pour une largeur souhaitée de 100mm

## 1.2 Rainurages transversaux

Les rainurages transversaux (90° et 45°) sont réalisés sur le robot. La zone rainurée est de la largeur de l'outil à rainurer, soit de 150 mm. Le programme réalisé sur Lignocam et Lot1Engine est tel que pour une origine de [0 ; 0 ; 0], les rainures sont larges de 5 mm et profondes de 3,5 mm.

Le même programme d'usinage est utilisé pour les quatre essences étudiés. Il est possible d'influencer distinctement la vitesse d'avance du robot pour chaque essence. Par défaut, une vitesse d'avance de 100 % équivaut à une vitesse de 5000 mm/min, pour une vitesse de rotation d'outils de 2000 tr/min.

La qualité des usinages en fonction de différents paramètres d'usinage (voir paramètres en Tableau 1-4) est répertoriée dans le Tableau 1-3. De manière générale, une vitesse d'avance supérieure à 25 % entraîne une qualité médiocre des rainures (arrachement), et une vitesse d'avance inférieure à 10 % entraîne de nombreuses traces de brûlures.

### 1.2.1 Rainurages transversaux dans le bois massif

Pour obtenir des rainures optimales à 90° et 45° par rapport au sens du fil du bois dans le bois massif, la vitesse d'avance de retenue est 750 mm/min, soit 15 % de la vitesse maximale (voir Figure 1-2, et Tableau 1-3).

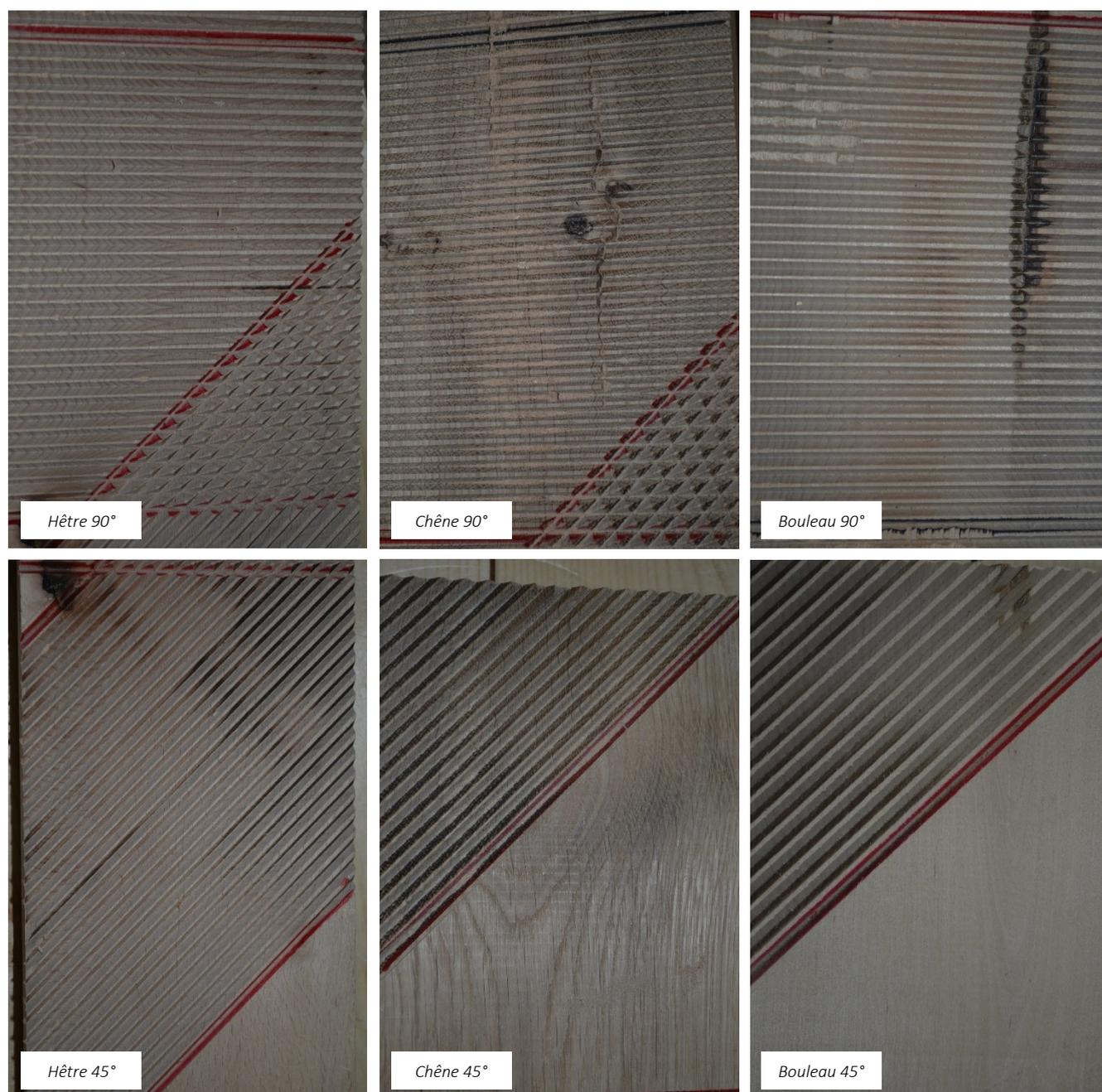


Figure 1-2 Usinage à 90° et 45° par rapport au sens du fil du bois dans le bois massif

### 1.2.2 Rainurages transversaux dans le LVL de hêtre à plis croisés

Les essais de rainurage à 90° dans le LVL de hêtre à plis croisés soulèvent de nombreuses problématiques d'usinages. En effet, la qualité d'usinage étant non seulement fonction de la vitesse d'avance, elle est également fonction de nombreux autres paramètres tels que : la couche usinée, l'humidité, une éventuelle libération de contrainte, la qualité de serrage (voir Tableau 1-4).

Les premiers essais de rainurages sont réalisés sur du LVL ramené à une section de 37 mm. La première face de la planche est rainurée longitudinalement, avec la qualité d'usinage visible en Figure 1-1. La seconde face est rabotée afin d'obtenir la section finale souhaitée. Les rainurages sont tels que la pointe de la rainure soit dans le 1<sup>er</sup> pli, le corps de la rainure dans le 2<sup>ème</sup> pli, et la base se situe sur le 3<sup>ème</sup> pli. Sur une même planche usinée en différents points, à vitesse d'avance égale ( $15 \%V_{max}$ ), la qualité d'usinage est fluctuante (voir Figure 1-3).

D'autres essais à même vitesse d'avance sont réalisés sur du LVL non raboté. L'usinage est effectué directement sur la couche de surface du LVL. L'objectif est de voir si l'arrachement des rainures n'est pas causé par une fragilité du 3<sup>ème</sup> pli, qui est directement en contact avec le pli transverse. Les essais ne permettent pas de conclure sur une fragilité du pli, puisque la qualité d'usinage sur du LVL non raboté (voir Figure 1-4) est équivalente à celle obtenue sur du LVL raboté.

Un essai de rainurage dans du LVL de hêtre à plis non croisés, dit LVL S, est réalisé. L'objectif cette fois ci est de vérifier l'éventuelle influence d'une tension causée dans le matériau par le pli croisé. Un premier essai d'usinage dans du LVL de type S antérieurement au projet Forest Value a montré la faisabilité des rainures dans ce matériau. La même planche est réutilisée en octobre 2020 pour s'affranchir de tout biais de matériau. Le nouveau rainurage n'est pas concluant (voir Figure 1-5). Plusieurs conditions d'usinages différent lors des deux usinages : la table à rainurer est différente, l'humidité de la planche peut être différente.

De ces constatations découlent un nouvel essai d'usinage sur du LVL raboté. Le LVL à plis croisés a une teneur en eau comprise entre 6 % et 7 %. L'humidité du pli raboté est augmentée artificiellement en y appliquant un linge mouillé. L'opération est répétée sur deux planches, en appliquant le linge plus ou moins longtemps. L'objectif cette fois ci est de vérifier l'influence d'une éventuellement reprise ou perte d'humidité du matériau sur la qualité d'usinage. Les rainurages sont réalisés, à une vitesse  $V = 15\%V_{max}$ . Aucune amélioration de la qualité des rainures n'est observée. Parallèlement à cet essai, une délamination manuelle est réalisée sur du LVL non raboté et du LVL raboté. Chaque pli est passé à l'étuve afin de quantifier la reprise effective d'humidité du LVL lorsque sa couche de finition est retirée. Les résultats de cette étude sont disponibles en Annexe 1.

Les paramètres optimaux de rainurages transversaux du LVL ne sont à ce stade d'avancement pas encore déterminé. La cause des irrégularités de qualités d'usinages ne sont pas encore établis. Des essais de caractérisations du matériau sont en cours (voir Annexe 1).

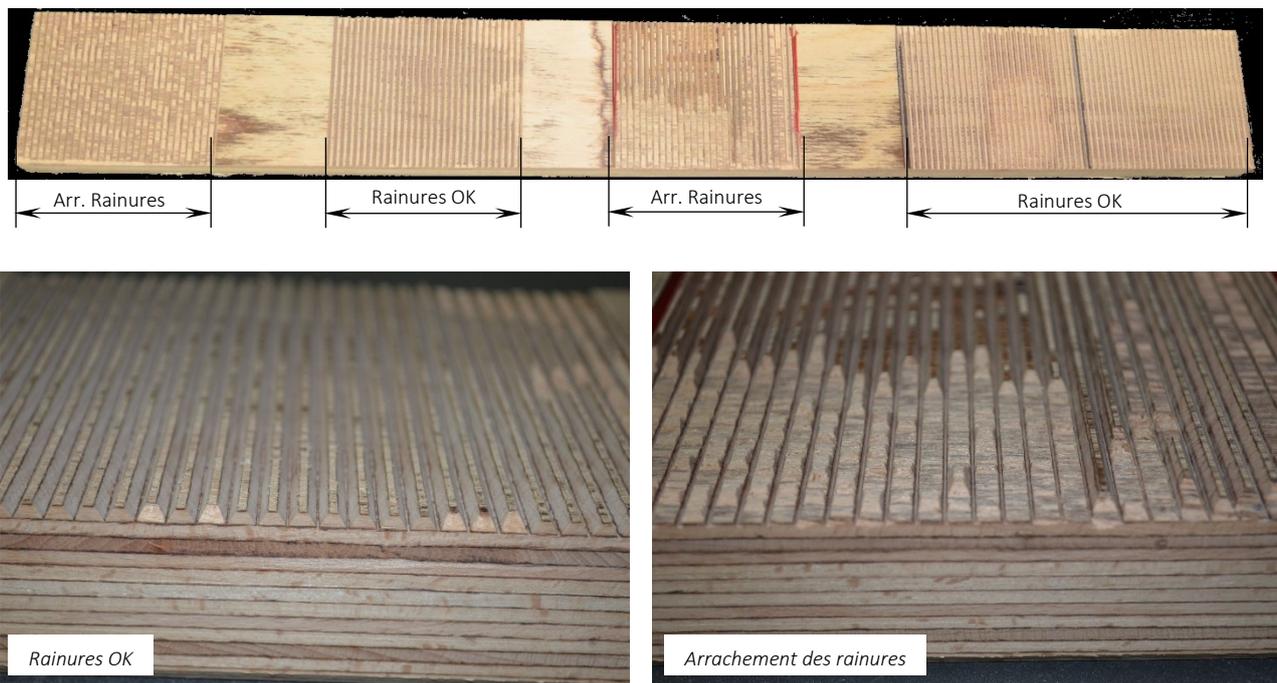


Figure 1-3 Essais de rainurages transversaux sur LVL Q raboté

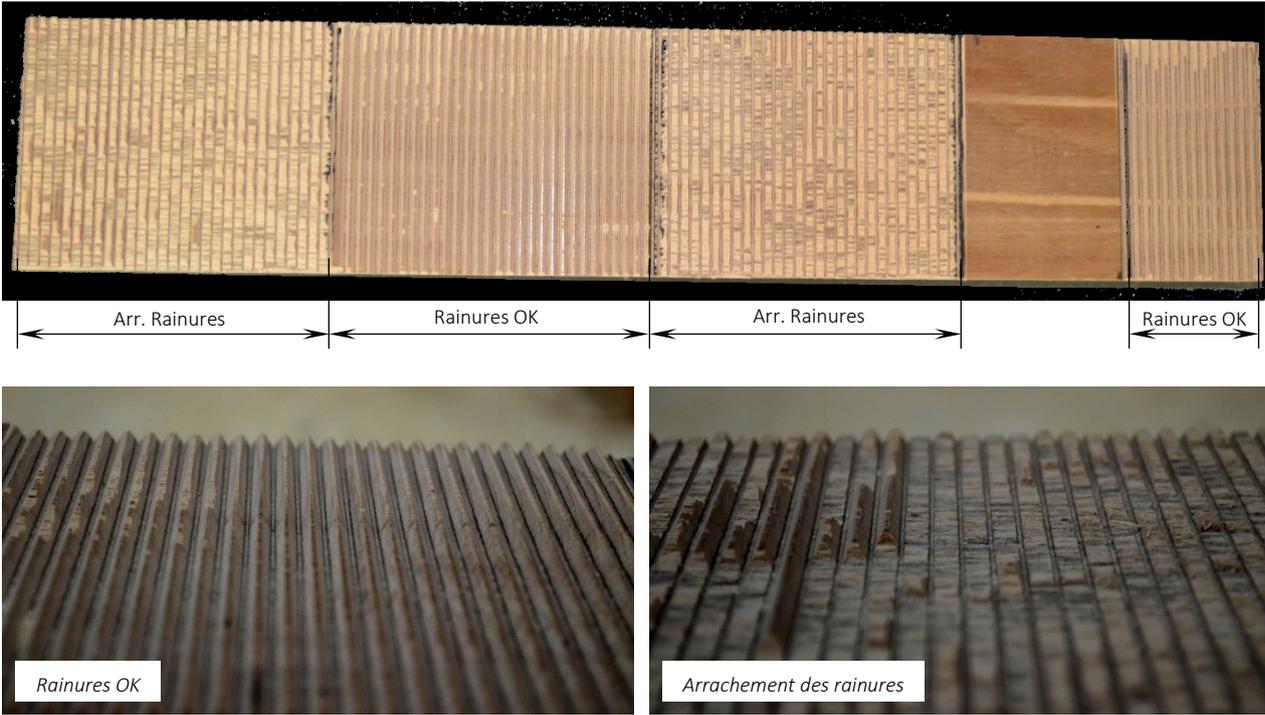


Figure 1-4 Essais de rainurages transversaux sur LVL Q non raboté

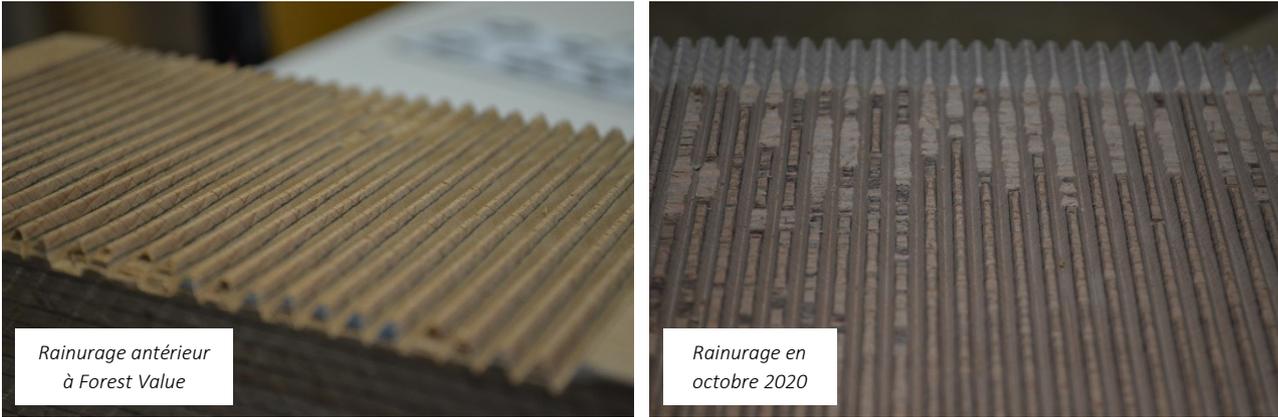


Figure 1-5 Essais de rainurages transversaux sur LVL S

Tableau 1-3 Qualité d'usinage en fonction de l'essence, de l'angle d'usinage et de la vitesse

ESSENCE	90°	45°	% VITESSE	CONSTATATIONS	COMMENTAIRES
HÊTRE	X		15-20%	/	Rainures OK
		X	15-20%	/	Rainures OK
LVL DE HÊTRE	X		10%	Arrachement de rainures	Vitesse trop élevée ?
	X		5%	Brûlure des rainures	Vitesse trop lente...
	X		15%	Arrachement de rainures	
	X		20%	Arrachement des rainures sur 80% des planches	Après augmentation successive de la vitesse d'avance, on admettra que le problème vient du LVL. Les couches ne sont pas assez homogènes dans les trois directions
	X		25%	Arrachement des rainures sur 80% des planches	
	X		25%	Arrachement des rainures sur 70% des planches	
CHÊNE	X		15-20%	/	Rainures OK
		X	15-20%	/	Rainures OK
BOULEAU	X		20%	Arrachement ponctuelle de la rainure	Vitesse trop élevée
	X		15%	/	Rainures OK sur cœur et nœud
	X		15-20%	/	Rainures OK sur cœur et nœud

### Hypothèses sur la qualité d'usinage

La qualité d'usinage des rainurages est facteur de plusieurs paramètres : le serrage, le placage, les défauts intrinsèques à la planche, l'humidité du bois, la vitesse d'usinage. La vitesse d'avance optimale est défini dans le Tableau 1-3. Les autres hypothèses influençant la qualité des rainures sont répertoriées dans le Tableau 1-4.

Quelque que soit l'essence usinée, les paramètres d'usinage appliqués et la qualité finale des rainures, un même défaut de rainurage est visible. Sur une même zone usinée, le début et la fin de l'usinage n'est pas identique. Une différence de profondeur de rainures est visible à l'œil nu. Une nouvelle hypothèse est soulevée : un défaut de la table.

Tableau 1-4 Qualité d'usinage : paramètres et conséquences

PARAMETRE	OBJECTIF	CONSEQUENCE SUR LA QUALITE ET COMMENTAIRE
SERRAGE	Maintien des planches	Un mauvais serrage entraine une mise en vibration de la planche au passage de l'outils. CSQ : mouvement de la planche, collision avec l'outils donc risque de détérioration, risque de soulèvement de la planche donc danger !
PLACAGE	Maintien des planches Rainures régulières	Un mauvais placage entraine des rainures irrégulières sur toute la longueur/largeur de la planche. (ex : moins profonde d'un côté)
DEFAUT DE MATERIAUX	/	La présence de nœud ou de cœur ne semble pas gêner la réalisation du rainurage
HUMIDITE DU BOIS	/	
VITESSE D'AVANCE	/	Une vitesse trop faible entraine une brûlure de la surface rainurée, une vitesse trop élevée entraine un arrachement des rainures
CINTRAGE DES PANNEAUX DE LVL		Cintrage des planches ; tension dans la planche lors du serrage

## 2 Topographie de la table

Plusieurs essais de rainurages transverses ont mis en évidence une irrégularité dans les usinages, que ce soit sur la continuité des rainures sur une même pièce, ou en comparant les usinages sur deux pièces distinctes.

Pour rappels, la table d'usinage est composée de quatre travées de 3 m de long, nommées A, B, C et D. Chacune de ces travées permet le serrage d'une pièce entre une règle en T fixe (composée de chêne massif) et d'une règle en aluminium amovible.

Quel que soit l'emplacement de la pièce à usiner sur la table, l'irrégularité de rainurage est constatée. La rainure est moins profonde côté règle en T fixe, et plus profonde côté règle amovible (voir Figure 2-2).

### 2.1 Relevé topographique de la table d'usinage

Un premier relevé topographique de la table est réalisé. Pour se faire, un comparateur est fixé sur le robot qui est ensuite déplacé dans l'axe des X pour mesurer les différences de hauteurs sur la largeur de la table.

Un relevé « topographique » de la table est réalisé à l'aide d'un comparateur placé sur le robot, et déplacé sur toute la largeur de la table (voir Figure 2-1). Trois points de mesures sont relevés sur les 4 travées composant la table, ainsi que 2 points supplémentaires à l'extrémité de la table. Ce relevé met en évidence la non-planéité de la table sur toute sa largeur. On observe un profil de la table en « dents de scie », où un décalage allant de 0,10 mm à 0,15 mm est mesuré d'une extrémité à l'autre d'une même travée, et cela malgré plusieurs surfaçages.

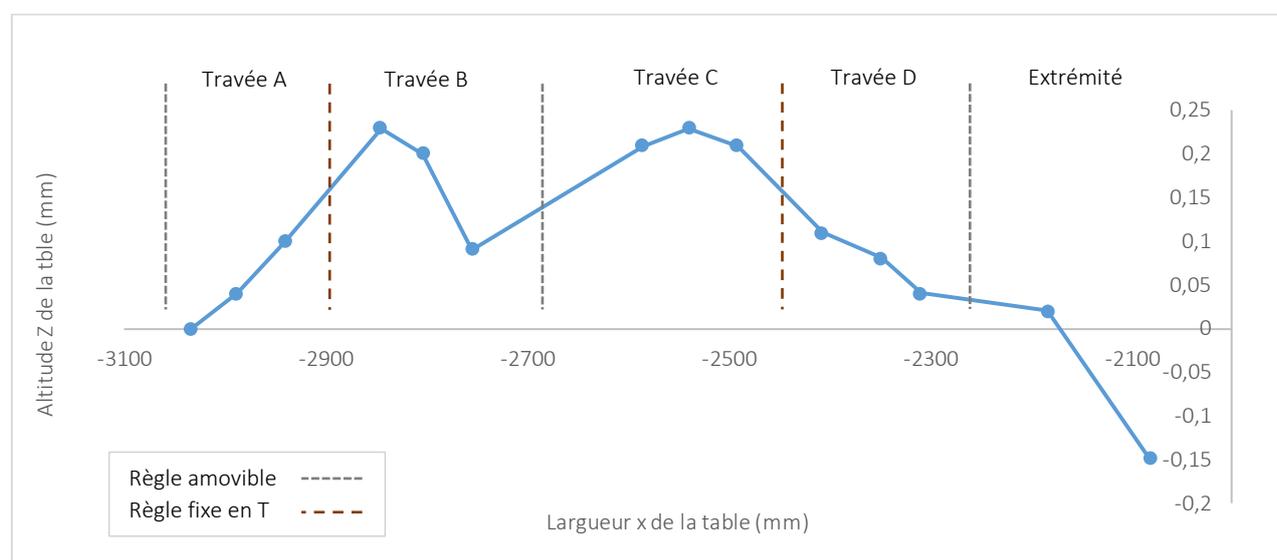


Figure 2-1 Relevé topographique de la table à rainurer

#### 2.1.1 Causes de l'irrégularités

Les possibles causes de l'irrégularité de la planéité de la table peuvent être multiples. Les causes actuellement recensées sont listées dans le Tableau 2-1.

Tableau 2-1 Liste des causes possibles de la non-planéité de la table

HYPOTHÈSE	DESCRIPTION	CONSTATATION	REFUTÉ	VALIDÉ
1	L'outils « bouffe-tout » 120/200 n'usine pas droit	Un surfacage est réalisé dans une autre pièce de bois. À l'aide d'un comparateur placé sur le robot, la planéité de l'usinage est vérifié.	X	
2	Gonflement du panneau de LVL composant le plateau de la table	Des rainures ont été réalisé dans le LVL afin d'accueillir les règles en T, une reprise d'humidité le long des règles est envisagée		X
3	Mauvais programme de surfacage de la table	Un « bourrelet » de matière est présent au pied des règles en T		X
4	Autres, non définis à ce stade d'avancement du projet			X

### 2.1.2 Corrections possibles

Ce surplus de matière le long des règles en T, présent à cause d'un mauvais usinage initial de la table, et amplifié par un gonflement du LVL, a été corrigé à plusieurs reprise (voir liste en Tableau 2-2). Les corrections apportées n'ont pas amélioré la qualité des usinages. La dernière solution envisagée est finalement de ne rien faire pour corriger la non-planéité de la table.

Tableau 2-2 Liste des corrections possibles à la non-planéité de la table

OPTION	DESCRIPTION	COMMENTAIRE	NON RETENUE	RETENUE	DATE DE REALISATION
1	Fraiser le long des règles en T			X	09-2020
2	Corriger la surface au ciseau à bois le long des règles en T			X	09-2020 02-2021
3	Ne rien faire	Réaliser plusieurs assemblages, et constater l'influence d'un rainurage imparfait		X	02-2021

## 2.2 Influence du serrage des pièces

Une fois l'irrégularité de table mise en évidence, l'influence du serrage des pièces par les règles amovibles est mesurée. L'objectif étant de constater ou non l'amplification du phénomène « W inversé » visible sur la table.

Deux autres relevés « topographiques » sont réalisés en où premièrement une lame de bois calibrée est « libre » de mouvement entre les règles, puis lorsqu'elle est serrée. La même lame de bois est déplacée sur les 4 travées afin de s'affranchir d'un biais de mesure.

Le premier relevé met en évidence une imperfection d'usinage de la lame : elle n'est pas un parallépipède parfait. En effet, le défaut de la table est accentué sur la lame alors que celle-ci n'est pas serrée.

Le second relevé quant à lui met en évidence une influence irréfutable du serrage des règles sur le positionnement des lames. Le serrage de la pièce de bois entre les guides accentue le phénomène de non-planéité. La pièce est donc soulevée par le serrage du guide amovible.

Le défaut de planéité de la table couplé au soulèvement des pièces lors du serrage entraîne une variabilité d'altitude des pièces allant de 0,3 à 0,6 mm selon la travée.

## 2.3 Influence sur la qualité des usinages

Le profil en « dents de scie » de la table associé au soulèvement des pièces lors du serrage entraîne une irrégularité de profondeur de rainures d'un bout à l'autre de la zone rainurée. Au point bas, les rainures sont entières, au point haut, les rainures sont moins profondes et donc incomplètes (Figure 2-2).

L'irrégularité de profondeur est égale au défaut d'altitude quantifié précédemment, soit de 0,6 mm.

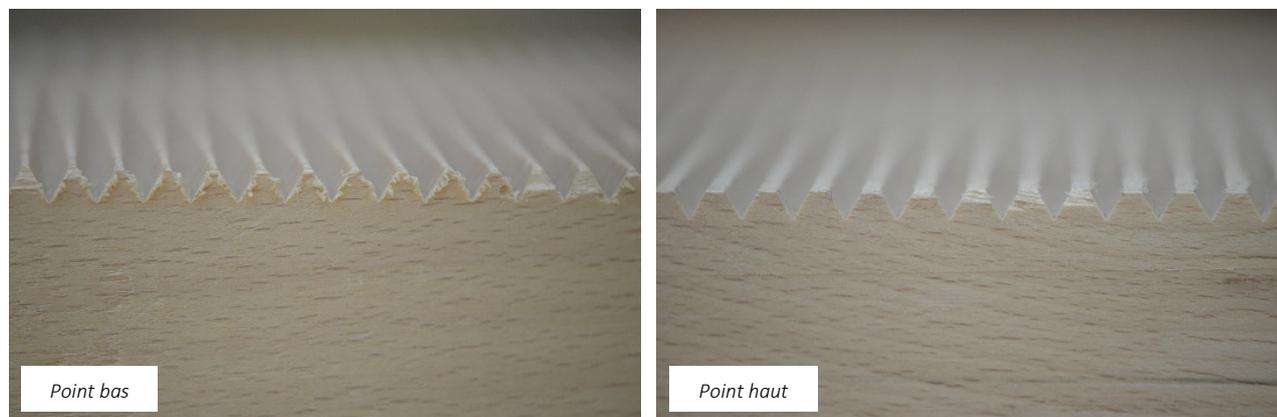


Figure 2-2 Influence des défauts de la table sur la qualité des rainures

## 2.4 Influence sur la qualité des assemblages

Le défaut de rainurage étant quantifié (voir *Partie 2.1 et Partie 2.2*), l'altitude Z du programme de rainurage sur Lot1Engine est corrigée telle que  $Z = -0,6$  mm.

Plusieurs éprouvettes de cisaillement à 0° sont réalisées. Les montants composants l'assemblages sont choisis de manière aléatoire après avoir été usinés pour être assemblés. Les zones rainurées étant placées en « miroir » les unes par rapport aux autres, les défauts d'une zone semblent être compensés par le défaut de la zone voisine (voir Figure 2-3).

Le défaut de rainurage n'empêchant donc pas un assemblage « rainures dans rainures », il est jugé comme étant négligeable.



Figure 2-3 Influence des défauts de la table sur la qualité d'assemblage

# Annexe 1 Étude du LVL de hêtre à plis croisés

## A1. Données fabricant – Pollmeier

Le LVL de hêtre à plis croisés est un produit issu de l'industrie comme le montre la Figure A 1.1. Sa production est donc répétitive, et supposée homogène et régulière. Il est communément appelé « BauBuche Q ».

Comme tout produit industriel, certaines informations sont publiques, d'autres ne sont pas diffusées. Les informations de composition et de comportement jugées pertinentes dans le cadre de l'utilisation du LVL dans le projet Forest Value sont répertoriées dans le Tableau A 1.1 [1].

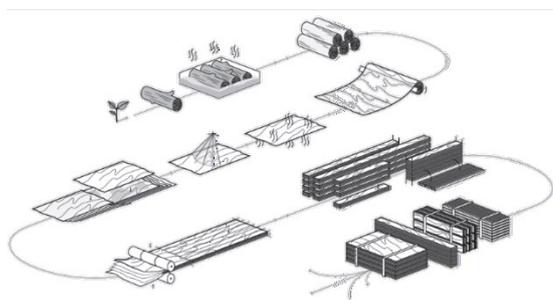


Figure A 1.1 Processus de fabrication du LVL de hêtre de Pollmeier

Tableau A 1.1 Commentaires sur la composition et le comportement du LVL selon Pollmeier

SUJET		SOURCE
COMPORTEMENT RE-TRAIT / GONFLEMENT	« L'utilisation du BauBuche Q avec placages croisés provoque un « effet de blocage » et ainsi une réduction des déformations à l'échelle du panneau. »	FAQ, Pollmeier <a href="https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques">https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques</a>
COLLE	Colle phénolique ( <i>fournisseur : Dynea</i> )	FAQ, Pollmeier <a href="https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques">https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques</a>
MODULE D'ELASTICITE ET FLAMBAGE SOUS POIDS PROPRE	« En principe, il y a toujours un flambage sous l'effet du poids propre. Le flambage est minime et doit être pris en compte dans les calculs. »	FAQ, Pollmeier <a href="https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques">https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques</a>
« PRISE D'EAU » EN PHASE MONTAGE	« La résistance du BauBuche n'est pas altérée en cas de brève exposition aux intempéries durant le montage. Le BauBuche risquerait toute fois de gonfler »	FAQ, Pollmeier <a href="https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques">https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques</a>
TAUX D'HUMIDITE	« Une fois séchés, les placages présentent une humidité de 2 à 3 %. Ensuite, ils sont conditionnés jusqu'à ce que l'humidité du bois atteigne 5 à 6 %. L'application de la colle augmente à nouveau le taux d'humidité, et le produit final présente une humidité du bois d'environ 7 %. »	FAQ, Pollmeier <a href="https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques">https://www.pollmeier.com/fr/Produits/a-propos-du-BauBuche/Aspects-techniques</a>

## A2. Caractérisation du LVL de hêtre

### A2.1 Hypothèses

Les constatations liées à l'usinage transversal du LVL (voir *Partie 1.2.2*), ont soulevé plusieurs hypothèses : une reprise d'humidité éventuelle, la présence de contraintes internes dues aux plis transverses, une fragilité dans les joints de colle. Parallèlement, les panneaux de LVL sont stockés sur la tranche, et présentent un fléchissement important.

### A2.2 Teneur en humidité (délamination manuelle et étuve)

La teneur en humidité est prise sur 2 types d'éprouvettes : du LVL « non usiné », et du LVL raboté à jour-j. L'objectif étant de quantifier l'éventuelle reprise d'humidité dans les couches accueillants les usinages et les couches voisines.

#### Mesures sur LVL « non usiné »

Afin d'avoir des données de référence, les premières études sont faites sur du LVL non usiné, donc non raboté. On distingue alors parfaitement les 14 couches telles que montrées en Figure A 2.1. On procède à une délamination de chaque couche. Chaque couche est donc successivement retirée à l'aide d'un ciseau à bois, puis pesée et placée à l'étuve (103°C).

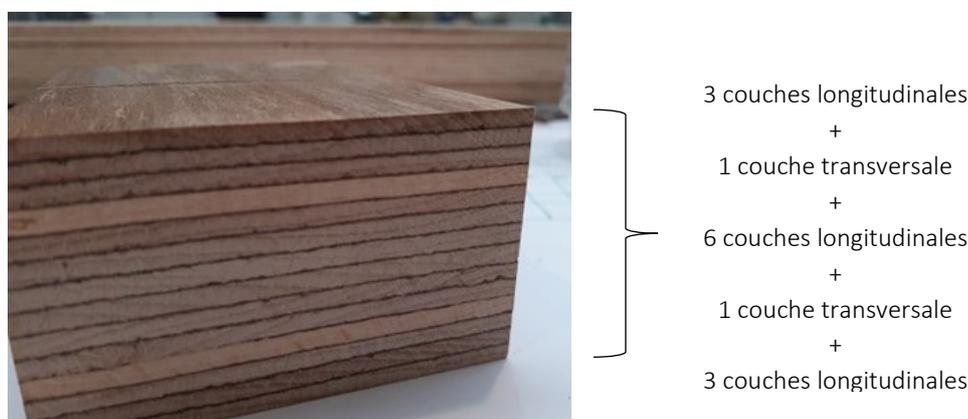


Figure A 2.1 LVL non usiné – Visualisation des 14 couches

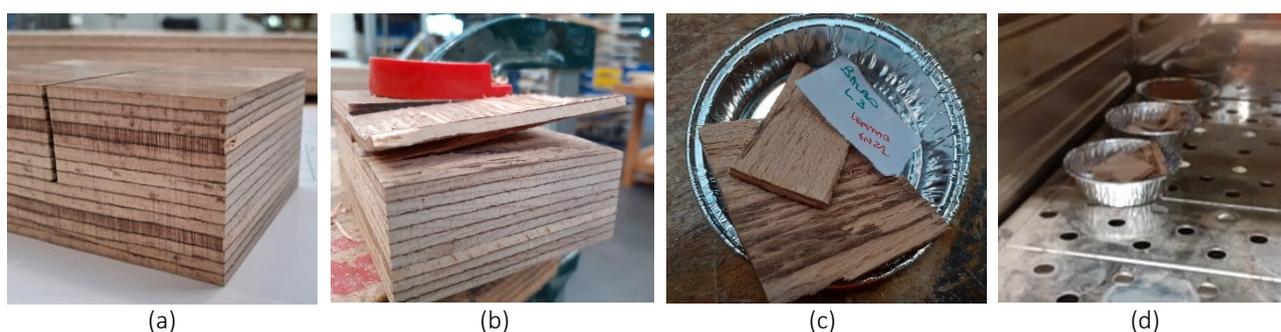


Figure A 2.2 Étapes de la délamination jusqu'à la mise à l'étuve : trait de scie pour faciliter la découpe (a), désolidarisation d'une lame après passage du ciseau à bois (b), pesée (c), mise à l'étuve (d)

Une fois placée en étuve, des pesées régulières sont menées. Tant qu'il y a une évolution de la masse, le chip de LVL n'est pas sec. Une fois la stabilité obtenue, la masse anhydre est répertoriée et sert ensuite à déterminer la teneur en humidité (voir Eq. (2-1)).

$$TH = \frac{m_{humide} - m_{sec}}{m_{sec}} \cdot 100 \quad (2-1)$$

où

 $TH$  Teneur en humidité, en % $m_{humide}$  Masse initiale de l'échantillon $m_{sec}$  Masse anhydre de l'échantillon

Tableau A 2.1 Teneur en humidité du LVL non usiné

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TYPE	L (brute)L	L	L	T	L	L	L	L	L	L	T	L	L	L (brute)
MASSE HUMIDE [g]	6,06	5,51	7,86	7,28	7,10	6,18	5,40	7,19	6,20	7,23	7,63	6,58	7,58	6,83
MASSE SEC [g]	5,72	5,20	7,40	6,84	6,65	5,77	5,06	6,71	5,80	6,77	7,14	6,15	7,13	6,46
TENEUR EN HUMIDITE [%]	5,95	5,96	6,22	6,43	6,67	7,11	6,72	7,15	6,90	6,79	6,86	6,99	6,31	5,73

### Mesures sur LVL « rainuré longitudinalement + raboté » à J+1

Le LVL étant rainuré d'un côté, et raboté de l'autre, son épaisseur finale est de 37mm. Ainsi, nous avons retirée 2,5mm de matière sur chaque face. Chaque couche ayant une épaisseur de 3 mm, la couche 1 et la couche 14 ont encore 0,5 mm de leur épaisseur mais sont retirées.

Tableau A 2.2 Teneur en humidité des lames composant le LVL raboté à jour-J

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TYPE		L (R.Long)	L	T	L	L	L	L	L	L	T	L	L (rabo- tée)	
MASSE HUMIDE [g]		5,87	6,45	6,99	8,11	8,04	8,17	5,38	7,99	7,52	8,47	5,72	10,04	
MASSE SEC [g]		5,51	6,05	6,54	7,57	7,51	7,63	5,02	7,46	7,03	7,91	5,33	9,43	
TENEUR EN HUMIDITE [%]		6,53	6,61	6,88	7,13	7,06	7,08	7,17	7,10	6,97	7,08	7,32	6,47	



Figure A 2.3 Evolution de la teneur en humidité des couches du LVL avant et après usinages

### A2.3 Essai de délamination selon NF EN 16351

L'essai de délamination sur le LVL de hêtre a pour but de mettre en évidence la présence ou non d'un défaut dans les joints de colle. L'Annexe C de la norme NF EN 16351 [2] décrit les conditions d'essai de délamination des joints de collages entre les couches de lamellé-collé. Cette même norme sera appliquée pour l'essai de délamination sur le LVL de hêtre.

Trois éprouvettes sont étudiées. Avant le cycle de délamination, aucun défaut notable n'est visible sur les éprouvettes (Figure A 2.4). Conformément à l'Annexe C.3 [2], elles ont des dimensions latérales telles que la surface vue de dessus soit d'au moins 10 000 mm<sup>2</sup>. Toutes les dimensions des éprouvettes sont répertoriées dans le Tableau A 2.3.

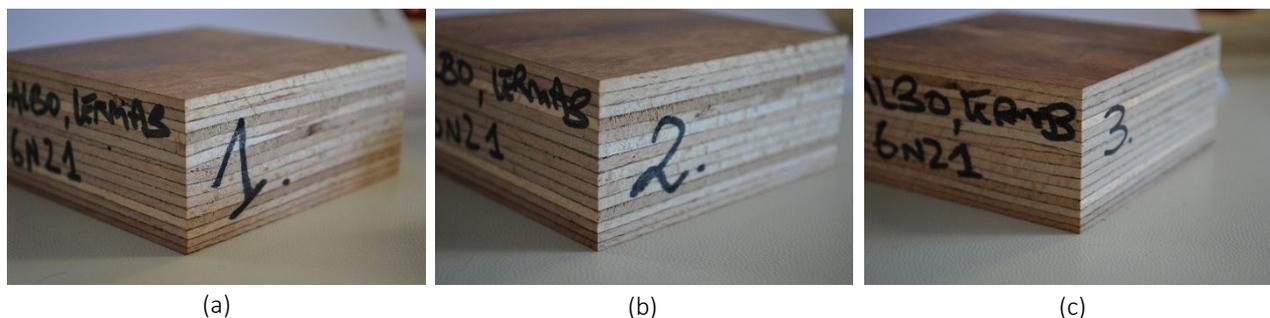


Figure A 2.4 Eprouvettes de LVL de hêtre, 100\*100\*42 avant mise à l'autoclave : 1 (a), 2 (b) et 3 (c)

Tableau A 2.3 Caractéristiques géométriques des éprouvettes de délamination

	UNITE	1	2	3
LONGUEUR	mm	101	101	101
LARGEUR	mm	99	99	99
SURFACE VUE DU DESSUS	mm <sup>2</sup>	9999*	9999*	9999*
MASSE	g	338,64	328,83	334,43

\*Cette surface sera admise comme  $\approx 10\,000\text{ mm}^2$

Les éprouvettes, placées dans l'autoclave (Figure A 2.5), sont immergées dans une eau comprise entre 10°C et 20°C, puis l'autoclave est mis en dépression à -0,8 bar<sup>1</sup> pendant 30 min. La dépression est ensuite relâchée afin d'appliquer une pression P telle que  $500\text{ kPa} \leq P \leq 600\text{ kPa}$  pendant 2 heures.



Figure A 2.5 Eprouvettes 1, 2 et 3 dans à l'autoclave avant le cycle dépression-pression (a) et après (b)

Après le cycle de pression-dépression, aucune délamination n'est observable sur les trois éprouvettes testées. Le rôle des plis transverses est mis en évidence : ils empêchent le retrait total du matériaux, visible en Figure A 2.6.

<sup>1</sup> NB : 1 bar = 100 kPa

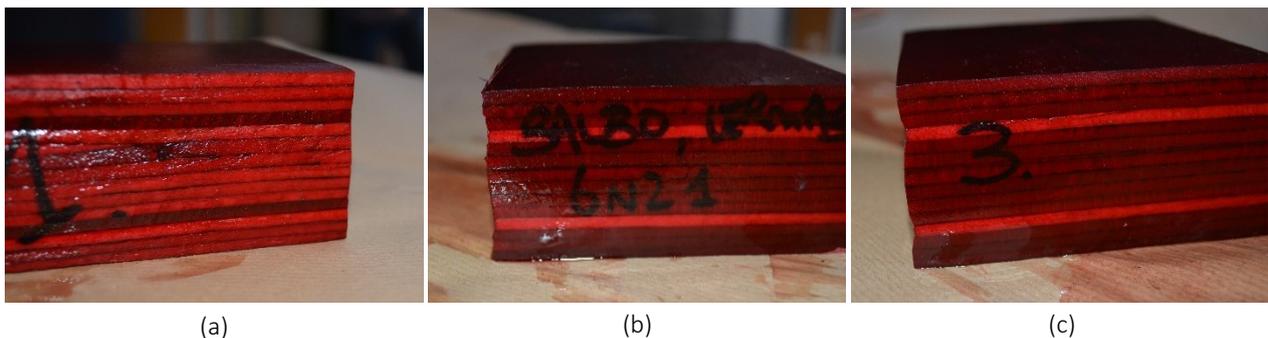


Figure A 2.6 Epreuves à la sortie de l'autoclave : 1 (a), 2 (b) et 3 (c)

Une fois sortie de l'autoclave, les trois éprouvettes sont séchées dans une étuve à une température de 65°C pendant 15 heures (Figure A 2.7). L'essai est complètement réalisé, aucune délamination n'est observable sur l'éprouvette 1 (Figure A 2.8), l'éprouvette 2 (Figure A 2.9) et l'éprouvette 3 (Figure A 2.10). Pour les conditions d'essais appliquées, aucun défaut de collage a été mis en évidence.

Face à ces constatations, un second essai de délamination à l'autoclave sera réalisé, en modifiant les conditions d'essais imposés par la norme NF EN 16351, qui est défini pour le lamellé-collé.



Figure A 2.7 Epreuves dans l'étuve après 15 heures de séchage à 65°C



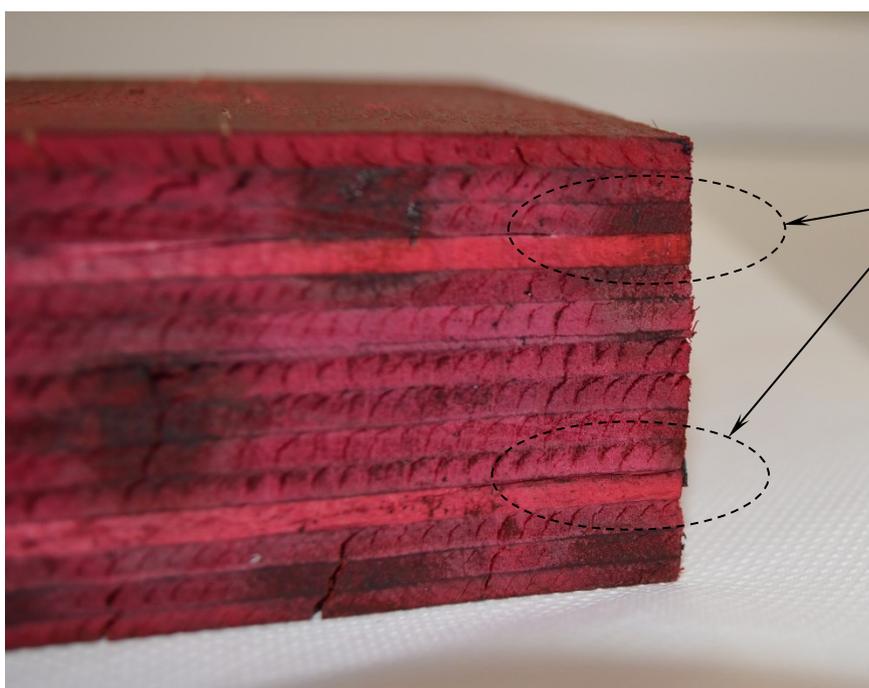
Aucune délamination observable le long des plis transversaux de l'éprouvette 1, ni le long des autres plis

Figure A 2.8 Epreuve 1 après mise à l'étuve



Aucune délamination observable le long des plis transversaux de l'éprouvette 2, ni le long des autres plis

Figure A 2.9 Eprouvette 2 après mise à l'étuve



Aucune délamination observable le long des plis transversaux de l'éprouvette 3, ni le long des autres plis

Figure A 2.10 Eprouvette 3 après mise à l'étuve

#### A2.4 Autres essais de délamination

*D'autres essais de délamination à l'étuve vont être réalisés en amplifiant les conditions imposées par la norme NF EN 16351 [1].*

# Bibliographie

- [1] H. J. Blaß et J. Streib, « BauBuche Lamibois hêtre Guide Technique de conception et de dimensionnement à l'Eurocode 5 3ème édition », p. 78.
- [2] « NF EN 16351 (P21-362) - Structure en bois - Bois lamellé collé - Exigences ». AFNOR, nov. 28, 2015.