

Construction de mâts en bois : à la croisée du savoir-faire traditionnel et de l'innovation

LEPECQ Yannig^{1,2}, ZAMBALDI Samuel¹, ARNOULD Olivier³

¹Entreprise Woodspars - Charpentier Marine Morbihan, Locmariaquer, France

²Master 2 Sciences du bois, Faculté des Sciences, Univ Montpellier, Montpellier, France

³Equipe Bois, LMGC, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France

Contact : yannig.lepecq@etu-umontpellier.fr

Mots clés : mâts ; bois ; lamellé-collé ; charpente marine ; durabilité ; résistance mécanique

Contexte et objectifs

La construction de mâts en bois réunit de nombreux savoir-faire de la charpente navale, nécessite une grande précision et de la rigueur tout au long du procédé. En particulier, la fabrication d'espars en lamellé-collé fait intervenir des notions d'artisanats traditionnels mis en œuvre depuis des siècles, mais demande également des techniques nouvelles et innovantes, afin de garantir la sécurité des marins et la résistance dans le temps du mât face aux agents de dégradation du bois (De Chapman 1871). Ces notions de durabilité et de résistance mécanique pour ce type de lamellé-collé artisanal n'ont jamais été testées auparavant. L'objectif de ce stage de Master 1 était donc, d'une part, de mettre en lien les sources bibliographiques récentes sur le BLC (Bois Lamellé-Collé) et de transposer ces connaissances aux mâts et, d'autre part, d'élaborer un test de résistance mécanique d'une portion de mât afin de classer le BLC produit dans l'entreprise.

Des essais mécaniques en flexion ont été réalisés pour caractériser le matériau en lui-même et non un objet entier. Les résultats obtenus donnent des indications intéressantes et transposables au dimensionnement d'un mât complet. Grâce au gréement dormant, un mât est principalement sollicité en compression (Fig. 1) et, du fait de son élancement, le risque de ruine principale est dû au flambement. Comme observé sur la figure 1, la plupart des tensions exercées par le gréement ou les voiles se traduisent par une compression au niveau du mât. (Wolfer 1991).

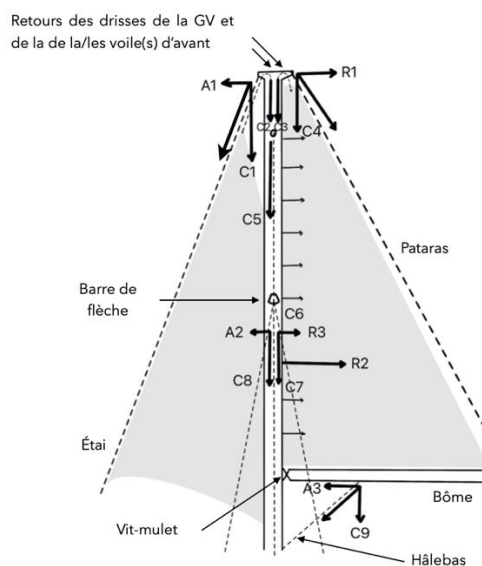


Fig. 1 : Détails d'un gréement bermudien et répartition des forces s'exerçant sur le mât dans le sens longitudinal.

Ainsi les essais en flexion apportent les données principales nécessaires pour l'utilisation des formules d'Euler (Lemagorou 2018) pour la résistance des mâts au flambement (MOE).

Matériel et méthode

Les poutres d'essai sont fabriquées dans des blocs de BLC conçues par l'entreprise Woodspars. Six d'entre elles sont conçues en BLC artisanales avec du Pin d'Oregon, aboutées grâce à des écarts (enture en biais), et quatre autres ont été conçues par une entreprise tierce de BLC industriel, avec des aboutages droits.

Les différents blocs sont rabotés à une section de 5 par 10 cm, puis deux blocs de même fabrication sont collés ensemble afin d'obtenir une poutre. Enfin, chaque poutre est mise aux dimensions grâce à une raboteuse 4 faces : section de 8 par 8 cm, longueur de 190 cm.

On distingue donc le premier collage, avec l'assemblage des lamelles par écarts et aboutages, qui forme les blocs et qui a été réalisé en amont des tests, et le deuxième collage de deux blocs assemblés pour obtenir les poutres de tests. La distinction de ce premier et deuxième collage est utile pour l'identification des biais lors des tests, ainsi que des défauts de collage et l'étape à laquelle ils sont apparus.

Le banc d'essai de flexion 3 points a été conçu et fabriqué dans l'entreprise (Fig. 2). Le cadre est constitué de poutres d'acier suffisamment résistantes pour supporter la contrainte exercée par le treuil sur la poutre. Le support métallique est mécanosoudé à l'arc, et les barres de contreventement sont nécessaires pour rigidifier l'ensemble. Pour une plus grande précision des mesures, la force sera d'abord appliquée à l'aide d'un palan jusqu'à 10 kN, puis relâchée, puis à nouveau appliquée jusqu'à rupture. Cette répétition de la force exercée est effectuée sur 6 poutres différentes de mêmes dimensions de BLC artisanale et 4 poutres de BLC industriel, afin de s'affranchir au maximum des défauts présents dans le bois.

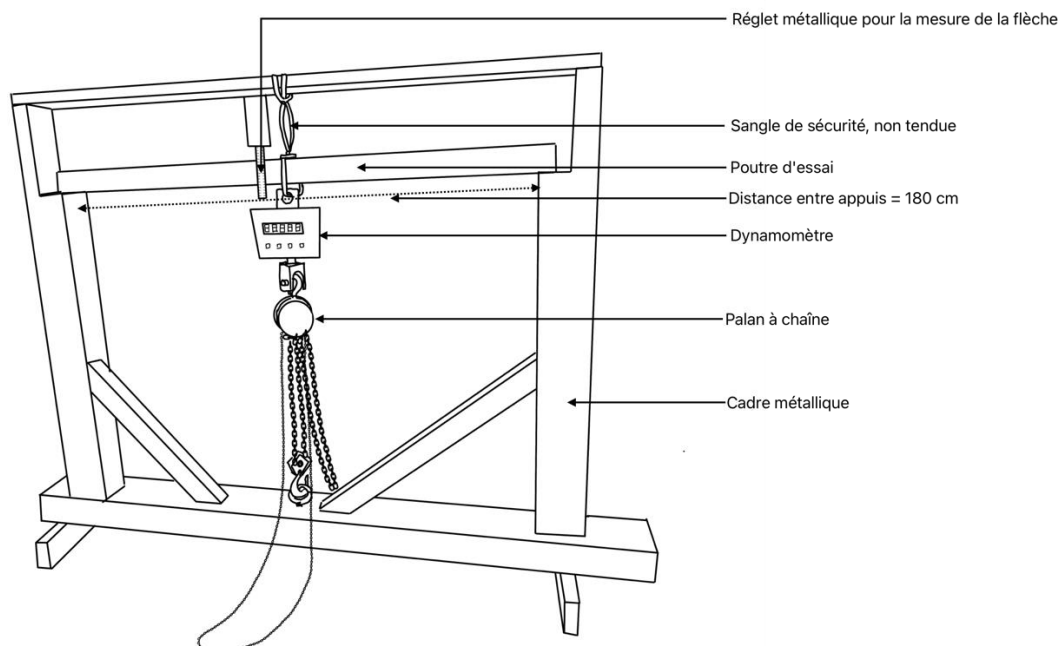


Fig. 2 : L'installation de l'essai mécanique.

Premiers résultats - Conclusion

Les résultats des tests de flexion statique et de flambage des poutres en Pin d'Oregon, différenciant les techniques d'aboutage utilisées, sont présentés dans les tableaux 1 et 2. Les poutres 1 à 6 sont en lamellé-collé artisanal avec aboutage en biais (scarf en anglais), tandis que les poutres 7 à 10 sont en lamellé-collé industriel avec des aboutages droits.

Les charges critiques en flambement sont calculées à partir de la formule d'Euler, avec les conditions d'application pour une poutre encastree libre.

Si le bois lamellé-collé offre une meilleure résistance à la flexion comparée au bois massif, on observe grâce à ces tests une différence de résistance entre le BLC artisanal et industriel. En moyenne, le MOE d'une poutre en BLC artisanal est de 19,6 GPa, contre 17,3 GPa pour le BLC industriel.

Ces résultats suggèrent donc une meilleure résistance à la flexion du BLC artisanal par rapport au BLC classique. Les entures en biais utilisées dans ce procédé de fabrication, seule différence entre les deux méthodes de conception, peuvent être considérées comme étant à l'origine de cette différence. On peut suggérer qu'elles répartissent plus uniformément les surfaces encollées, améliorant ainsi la cohésion et la résistance mécanique par rapport aux autres BLC industriels qui utilisent des entures droites, ce qui corroborerait l'étude de Bertino et Marchaison (2011).

Tab. 1 : Caractéristiques mécaniques des poutres en lamellé-collé artisanal avec des aboutages en biais (poutres 1 à 6)

| Poutre | MOE (GPa) | MOR (MPa) | Charge critique en flambement (kN) |
|---------|-----------|-----------|------------------------------------|
| 1 | 21,6 | 83,9 | 223 |
| 2 | 16,9 | 44,4 | 174 |
| 3 | 22,4 | 90,3 | 231 |
| 4 | 20,5 | 59,2 | 211 |
| 5 | 19,3 | 84,3 | 199 |
| 6 | 16,9 | 65,0 | 174 |
| Moyenne | 19,6 | 71,9 | 202 |
| RSD (%) | 10,9 | 22,9 | 11,0 |

Tab. 2 : Caractéristiques mécaniques des poutres en lamellé-collé industriel avec des aboutages droits (poutres 7 à 10)

| Poutre | MOE (GPa) | MOR (MPa) | Charge critique en flambement (kN) |
|---------|-----------|-----------|------------------------------------|
| 7 | 17,8 | 65,6 | 183 |
| 8 | 18,0 | 76,6 | 186 |
| 9 | 18,9 | 79,3 | 195 |
| 10 | 14,6 | 58,8 | 151 |
| Moyenne | 17,3 | 70,0 | 179 |
| RSD (%) | 9,4 | 11,8 | 9,3 |

Remerciements

Je remercie François Vivier, architecte naval investi dans le projet du Miguel Caldentey, qui a répondu à mes nombreuses questions.

Références

Bertino L, Marchaison R (2011) Caractérisation des pièces aboutées pour le domaine de la construction, Rapport de projet de fin d'études, Université de Lorraine/ENSTIB, 54 p.

De Chapman F-H (1871) Traité de la construction des vaisseaux, Librairie Bachelier, Paris, 219 p.

Lemagorou L (2018) Manuel du bois lamellé - Adaptation française du Glulam HandBook, CODIFAB/Swedish Wood/SNBL/ACERBOIS (vol 2). <https://handbook.glulam.org/>

Wolfer M (1991) Mâts et gréements : la connaissance des problèmes de la mâturation et du gréement, Loisirs Nautiques, HS n°26, 298 p.