

Théâtre de Vidy-Lausanne

Yves Weinand
IBOIS / École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Lausanne, Suisse



1. Introduction

Située à côté du bâtiment historique du théâtre de Vidy, à quelques pas des rives du lac Léman, une nouvelle salle entièrement en bois, baptisée Pavillon, a été dessinée par l'architecte Yves Weinand, directeur du laboratoire IBOIS de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Elle se caractérise par une structure aux formes « origamiques » tout en plis et lignes brisées et remplace un ancien chapiteau installé au même emplacement. Dotée d'une scène au sol, d'une ouverture entre 14 et 19 mètres et équipée d'un gradin rétractable de 250 places, cette nouvelle salle confortable autant pour les artistes que pour les spectateurs est modulable et complémentaire des autres espaces du théâtre. Dialoguant avec le bâtiment de Max Bill construit pour l'exposition universelle de 1964 et conçu grâce à un transfert de technologies innovantes appliquées à la construction en bois, le Pavillon est ainsi à l'image de l'esprit qui anime le Théâtre Vidy-Lausanne : un lieu de création porté par son histoire pour inventer le théâtre d'aujourd'hui et de demain.



Figure 1 : Vue extérieure du nouveau pavillon bois du théâtre de Vidy-Lausanne

2. Une construction durable et innovante

La technique d'assemblage à double nappe développée pour ce bâtiment utilise des panneaux CLT de faible épaisseur qui sont tout à la fois, structure porteuse et parement. Les murs et les onze arches du toit du Pavillon sont entièrement conçus en panneaux de bois fabriqués en Suisse et assemblés sans élément métallique.

La technique des joints employée s'inspire d'une des plus anciennes méthodes utilisées pour les constructions en bois, les joints bois/bois en queue d'aronde, dont la découpe précise et spécifique a été permise par le développement de la menuiserie automatisée. La structure par plis et l'incurvation des murs latéraux sont calculées informatiquement pour obtenir une répartition uniforme des forces entre les différents éléments.

Enfin, les arches et les murs sont formés par une double peau qui renforce la structure en limitant les forces de cisaillement et qui assure l'isolation phonique et thermique du bâtiment. Les recherches de l'IBOIS appliquées au Pavillon ont permis d'élaborer une structure porteuse qui peut s'étirer sur une distance de 16 à 20 m sans pilier et avec une épaisseur de panneau de seulement 45 mm. La distance entre les deux couches est de 300 mm à partir du haut du panneau extérieur et jusqu'au bas du panneau intérieur. L'espace creux d'une profondeur de 210 mm accueille l'isolation qui est réalisée en ouate de cellulose, la fibre

naturelle du bois, obtenue à partir de papier journal recyclé et soufflée entre les deux couches des panneaux de bois constituant la structure.

L'utilisation de bois domestique, ressource naturelle majeure en Suisse, garantit un très faible impact sur l'environnement : absorption du CO₂ lorsque le bois est vivant, émissions minimales pour le transport, la transformation et la construction, durabilité et renouvellement sans incidence sur le climat.

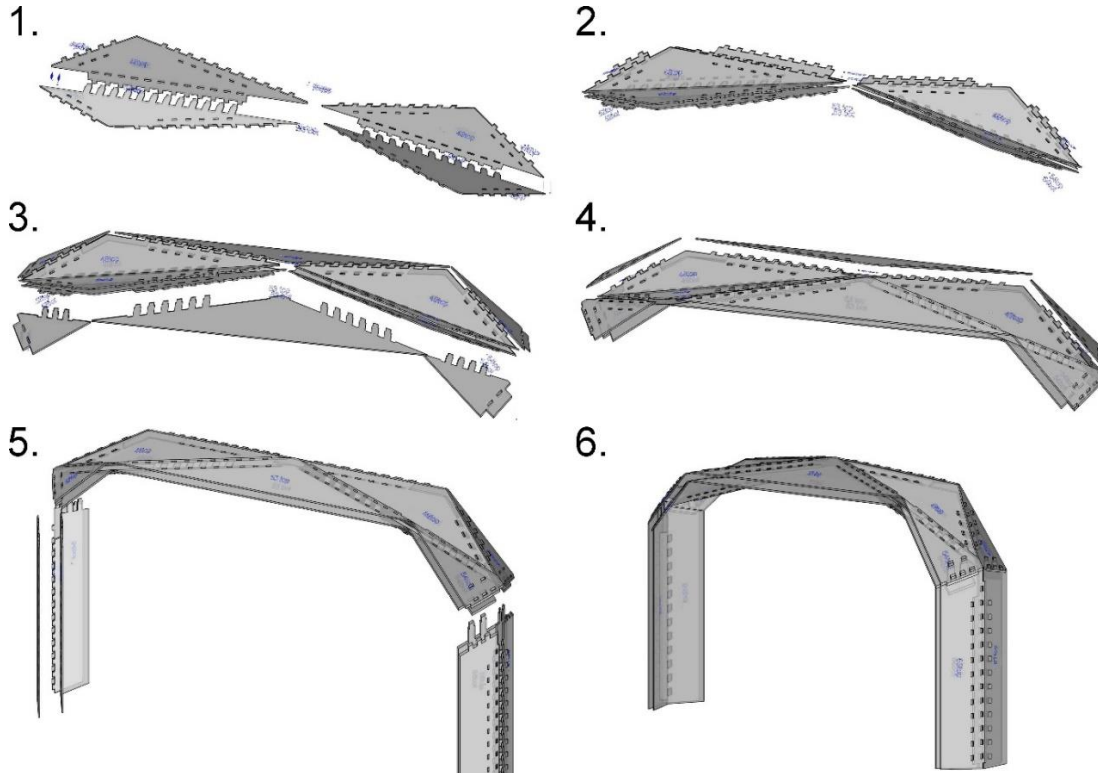


Figure 2 : Principe de construction et de montage d'une arche avec les assemblages bois/bois développés

3. Une production automatisée et paramétrable

La production de tous les composants de la structure se fait de manière automatique en utilisant un plugin CAD, élaboré sur-mesure pour le projet du Théâtre Vidy et mis au point grâce au kit de développement logiciel (SDK) Rhino Commons et le langage de programmation C#. Le plugin CAD, à partir de la surface intérieure du bâtiment, va créer automatiquement les panneaux à double couche avec l'ensemble des joints bois selon les paramètres influençant la structure. Le logiciel Grasshopper est utilisé comme interface d'utilisateur, et ses paramètres de saisie de la conception peuvent être édités et modifiés, en incluant une prévisualisation en temps réel des composants 3D. Autrement dit, les différents paramètres du projet, comme la géométrie des joints, peuvent être modifiés en temps réel automatiquement.

Ce processus de création et de production automatisé et paramétrable est indispensable pour concevoir de telle structure avec un nombre de panneaux importants et des géométries variables pour chacun d'entre-eux.

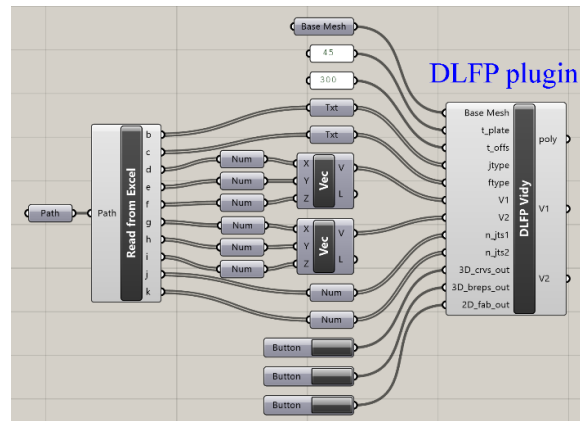
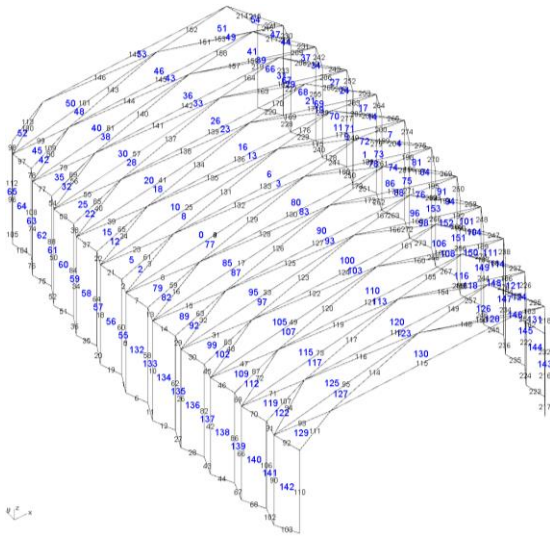


Figure 3 : Géométrie de base pour le plugin CAD / Interface Grasshoper du plugin CAD pour générer la structure du théâtre de Vidy

L'usage à 5 axes CNC requis pour les quelque 500 composants d'arêtes différents, avec des milliers de géométries de tenons inclinés, ne pourrait pas être réalisé de façon efficace avec les solutions standard pour des travaux de construction en bois ordinaires.

Le plugin CAD développé sur-mesure permet aussi la fabrication de la structure, pour la production automatisée en G-Code ISO. En utilisant le plugin CAD, plusieurs détails spécifiques aux assemblages intégrés ont pu être créés automatiquement, notamment les découpes d'encoches dans les angles concaves, nécessaires pour l'insertion des angles vifs des tenons dans les mortaises.

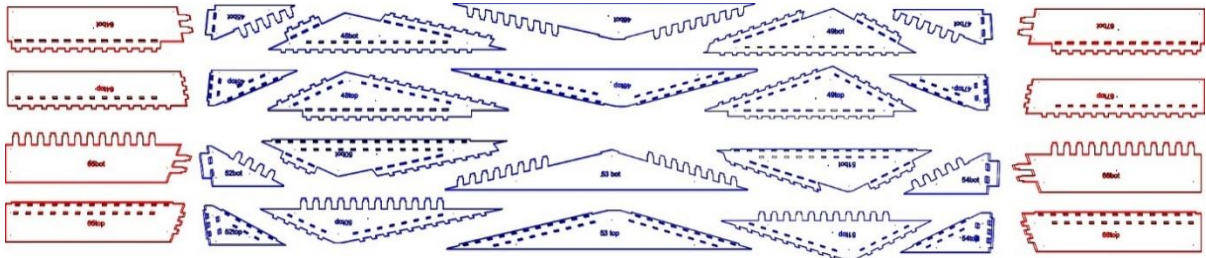


Figure 4 : Mise en place automatique des éléments de structure pour la découpe CNC 5 axes

4. La préfabrication et le montage

L'un des avantages qui définit ce système de construction est de permettre la construction de vastes structures de type coque sans avoir besoin de moule à taille réelle ou de l'élaboration de structure de soutien, comme c'est le cas pour les coques en béton ou pour d'autres types de structures de coques en bois. À la place, les joints bois/bois agissent comme des guides de montage, et définissent un sens d'insertion unique pour chacune des plaques. Cela ne permet pas seulement d'obtenir une réduction bien plus importante des coûts, du temps et du travail manuel, mais permet également la construction d'une grande quantité de plaques formées une par une. Pour le Théâtre de Vidy, ce système autorise une double courbure de la toiture, qui assure le comportement de la coque.

Pour le montage, chaque élément préfabriqué a été levé à l'aide d'une grue mobile et inséré grâce aux connexions bois/bois selon le vecteur d'insertion calculé de manière automatique.



Figure 5 : Préfabrication de la toiture en atelier avant son acheminement sur chantier



Figure 6 : Insertion d'un élément de toiture préfabriqué grâce aux connexions bois/bois

5. Conclusion

Le projet du Théâtre Vidy-Lausanne démontre comment la technologie de production automatisée, par ailleurs largement utilisée dans la filière bois, peut être utilisée pour de nouvelles solutions dans les techniques de raccords, et peut déboucher finalement sur de nouvelles typologies structurales. Les nouveaux assemblages intégrés dans la structure n'ont pas seulement permis de transférer les forces entre les différents composants, ils ont servi également en tant que supports de localisation et de positionnement intégrés. De nouvelles recherches sont en cours au sein du laboratoire IBOIS de l'EPFL pour développer de nouvelles solutions structurales à partir de ces techniques de construction.

6. Pour en savoir plus

6.1. Publications importantes

1. Baudriller, V., Gamarro, J., Jaccard, M., Robeller, C., Weinand, Y., 2017. Le pavillon en bois du Théâtre de Vidy. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. <http://www.ppur.org/produit/855/9782889151202/Le%20pavillon%20en%20bois%20du%20Theatre%20de%20Vidy%20>
2. Gamarro, J., Robeller, C., Weinand, Y., 2018. Rotational mechanical behaviour of wood-wood connections with application to double-layered folded timber-plate structure. Construction and Building Materials 165, 434–442. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.178>
3. Robeller, C., Gamarro, J., Weinand, Y., 2017. Théâtre Vidy Lausanne - A Double-Layered Timber Folded Plate Structure. Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures 58, 295–314. <https://doi.org/10.20898/j.iass.2017.194.864>

6.2. Lien Internet

1. <http://vidy.ch/un-nouveau-pavillon-en-bois>
2. <https://ibois.epfl.ch/page-139247-en.html>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=co8yamUb6nI>