

Exploiter la ressource feuillue pour la construction de demain

Yves WEINAND
Laboratoire des Constructions en Bois, EPFL
Lausanne, Suisse



1. Le bois en Suisse, vernaculaire et sylviculture

1.1. Matériau, mise en œuvre et tradition

Le monde de la construction s'inscrit dans une logique d'économie (de moyens logistiques et financiers, de matériaux...) et de profits, auxquels la durabilité se heurte bien souvent. La transition énergétique dans le bâtiment doit être portée par une remise en question des modes de pensée et de conception. Le bois est une des pistes sérieuses pour repenser la construction. Si nous sommes aujourd'hui capables de construire de grands édifices à partir de matériaux locaux, les infrastructures nécessaires à la mise en œuvre (machines, grues, échafaudages etc.) engendrent de lourds coûts, usuellement amortis par une marge financière calculée en amont. Il est nécessaire de repenser la construction-bois, à travers une vision holistique qui prend en considération les vrais coûts de fabrication de la matière première, sa provenance, le choix avisé de l'essence et l'utilisation optimisée des éléments structuraux. De nos jours, beaucoup tentent d'insérer le bois et ses produits dérivés dans la grande matrice logistique des entreprises générales ; à l'inverse, notre démarche démontre qu'il conviendrait d'ajuster la mécanique de construction au matériau.

1.2. Quelles ressources en Suisse ?

Grâce à une gestion rigoureuse de ses forêts, l'Europe possède bien plus de bois aujourd'hui qu'il y a 20 ou 30 ans. Pour maintenir, voire augmenter cet équilibre, il faut planter plus d'arbres que l'on en coupe, et mener une politique de préservation active. La sylviculture se fait dans l'anticipation des besoins des générations futures. En France, les pouvoirs publics exigent que les bâtiments financés par l'argent public comportent un minimum de 10% de bois en provenance de l'Hexagone. Mais ils ne sont pas certains de pouvoir logistiquement respecter ce seuil, par manque d'anticipation.

De la plantation à l'exploitation, il faut compter une trentaine d'année pour les résineux. Ce sont les essences indigènes à la croissance la plus rapide, qui fournissent l'essentiel du bois de construction. La croissance plus lente des feuillus demande jusqu'à 100 ans, pour le chêne par exemple. On comprend alors le rôle de l'anticipation et l'impact direct de notre gestion pour les générations à venir. Dans une forêt, les différentes essences se complètent et assurent un écosystème équilibré, en plus d'offrir une diversité plus intéressante pour l'exploitation. En préférant planter des forêts bio-diversifiées à de la monoculture, on limite aussi la vulnérabilité des arbres à certaines maladies endémiques, ou encore aux événements climatiques. En Suisse la proportion de feuillus représente 32% du volume de nos forêts.¹ L'épicéa, le hêtre et le sapin sont les trois essences principales et représentent 76% du volume; toutefois, le hêtre constitue l'essence principale (42%) au regard du volume de jeunes tiges (diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 12cm).

L'enjeu contemporain est de consommer local. Dans les marchés publics l'exigence du bois indigène devrait être la règle. D'autant que le bois suisse serait capable de répondre à une demande croissante pour la construction. Actuellement la Suisse exporte la majorité de son bois, principalement à destination de la Chine qui a raté le virage entre l'exploitation et la plantation. L'autre point essentiel est d'astreindre en priorité le bois issu de nos forêts à la construction. À l'heure actuelle, de très beau bois sont destinés à devenir des pellets ou des panneaux agglomérés...

En Suisse en 2019, le pays importait 49 000m³ de grumes de feuillus (provenant à 49.7% d'Allemagne, 37.4% de France et 9.1% d'Italie), contre 172 000m³ exportés majoritairement vers les pays frontaliers, tandis que l'Asie s'affirme en nouveau client avec une demande qui croit très rapidement.²

¹ Office Federal de l'Environnement (OFEV)

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/la-foret-suisse-en-bref.html>

² Annuaire La forêt et le Bois 2019, OFEV. Bafu.admin.ch

2. Transition

2.1. Interdisciplinarité

Le secteur du bois est le premier à s'être équipé de moyens de production automatisé : nous possédons donc des outils déjà existants pour repenser la construction en bois. En concentrant ses recherches sur les connecteurs bois-bois, l'Ibois a pu réaliser ces dernières années plusieurs transferts technologiques pour la mise en œuvre de structures novatrices. Citons par exemple le Pavillon en Bois du Théâtre de Vidy Lausanne.



Pavillon en bois du Théâtre de Vidy Lausanne, Architecte : Yves Weinand Architectes sarl
Transfert technologique : IBOIS. Photo :I. Kramer

L'Ibois s'inscrit dans la tradition des instituts polytechniques, avec une approche interdisciplinaire, qui lie l'analyse mécanique, l'exploration géométrique, l'architecture et la conception digitales, la modélisation paramétrique et la fabrication automatisée. Le laboratoire entend tisser davantage de liens entre ces disciplines très théoriques et les enjeux architecturaux de notre siècle.

2.2. Saut d'échelle

Qu'en est-il de la production de constructions bois à grande échelle ? Sur le marché, des solutions traditionnelles (solivage, structures poteaux-poutres) côtoient des éléments constructifs préfabriqués (dalles, murs) souvent assez coûteux et peu adaptés à la déconstruction et au recyclage.

L'Ibois a mené des recherches pour la production de dalles orthotropes standardisées en OSB, très économiques, qui s'emboîtent grâce à des connexions prédéfinies lors de la découpe numérique. L'OSB est peu coûteux mais déprécié des ingénieurs pour son comportement anisotrope, très difficilement calculable. Nos recherches actuelles sur le bois rond visent à utiliser au maximum le bois d'exploitation, dont une trop grande partie est jetée car jugée « inutilisable » à l'heure actuelle, selon les normes et critères d'exploitation du bois.

C'est en confrontant innovation, économie de matériaux et de mise en œuvre et contraintes de construction que l'on pourra proposer des solutions efficaces pour la production à large échelle.

3. Digitalisation

3.1 De nouveaux outils pour exploiter le bois brut

Dans les années 1980, la filière bois a su réagir et s'adapter rapidement à l'émergence des nouveaux outils de CAO (conception assistée par ordinateur). Très vite, l'industrie s'est dotée notamment de machines à découpe numérique, lui permettant de diversifier son offre et optimiser sa production.

À l'heure actuelle, si l'automatisation de l'exploitation du bois brut est largement étudiée dans les grandes entreprises bois, on constate d'importantes lacunes du côté des exploitations locales. Pourtant ces dernières présentent un immense potentiel pour l'architecture

durable. Or, et c'est tout le paradoxe, aujourd'hui, la standardisation quasi automatique des éléments de construction en bois enferment le concepteur dans une logique orthogonale carthésienne, et génère également une perte substantielle de matière au cours de la transformation, de l'arbre, brut et irrégulier, à la poutre, orthogonale, calibrée.

3.2 Scanner et optimiser l'usage du bois

À l'Ibois, les chercheurs mènent de front plusieurs thèses pour amener à une nouvelle perspective pour l'architecture locale en bois. Petras Vestartas a développé un algorithme qui permet de lier directement le bois des forêts locales à un projet architectural. Le processus développé comprend plusieurs étapes. Grâce à un scanner 3D, on effectue le relevé d'une portion de forêt. Le scanner permet de distinguer et recueillir les caractéristiques de chaque arbre (hauteur, diamètre, courbures, fourches etc) et de les classer dans une bibliothèque virtuelle. À partir de cette bibliothèque, l'architecte et l'ingénieur peuvent travailler de concomitance avec les entreprises de bois local, pour générer une structure optimisée en fonction du matériau disponible et sélectionner les arbres adéquats. Cette approche implique de renforcer significativement les liens entre les différents acteurs, dès le début du projet, et inverse notre rapport à la matière, dont le potentiel réside dans son caractère encore brut et entier.



Photo (à gauche) nuage de points obtenu par scanner 3D (à droite) d'un tronc courbe issu des forêts alpines, Ibois EPFL

3.3 Vers une conception digitale holistique

La structure résultante est libre de s'affranchir de la stricte orthogonalité tout en présentant des propriétés statiques, économiques et spatiales intéressantes. Car l'algorithme développé par Petras Vestartas permet également de concevoir et étudier une structure dans sa globalité, en intégrant les questions d'assemblage (intégration automatique des connexions des éléments entre eux) au modèle CAD, pour assurer la solidité de l'ouvrage tout en respectant les contraintes de fabrication. Enfin, l'ensemble de ces données peut ensuite être transmise à des robots, ce qui permet une automatisation de la fabrication des éléments.



Structure en coque à partir de bois ronds assemblée par des connexions bois-bois intégrées, Ibois EPFL

Plusieurs prototypes ont été réalisés en suivant cette méthodologie. Une structure en coque qui utilise des connexions latérales intégrées, et des nexorades qui utilise des assemblages latéraux et transversaux. D'autres tests ont également été menés, pour une structure treillis à partir de bois fourchu (avec Maxence Grangeot).

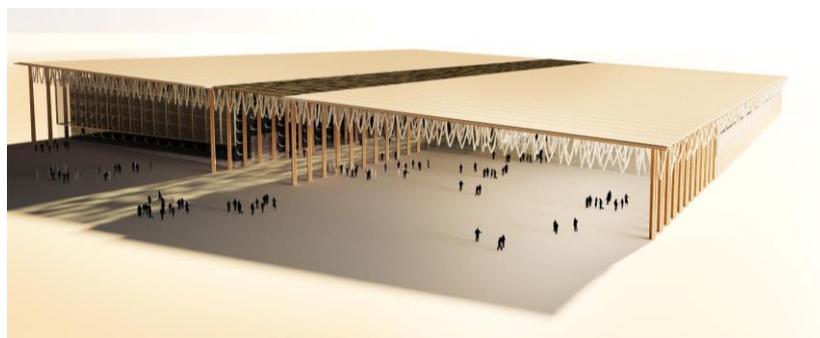


De gauche à droite : Prototypes de nexorade et treillis, P. Vestartas et M. Grangeot, Ibois EPFL

4. Deux projets à l'épreuve

4.1 Halle de Liège expo

Du prototype à la réalisation d'un bâtiment, il n'y a qu'un pas. Le projet de la halle pour Liège expo, développé par Yves Weinand et Art&Build présente une structure en bois rond, avec une toiture en structure treillis en bois de hêtre.



4.2 Auditoire éphémère

En 2019 le Forum International Bois lançait un appel à projet pour un auditoire éphémère, destiné à prendre place au sein du Grand Palais Éphémère.

Deux variantes ont été proposées pour ce concours. Ces deux projets se distinguent par la mise en œuvre de bois rond de faible diamètre (15 à 20cm), et de longueur variable, usuellement considérés comme inutilisables dans la construction.

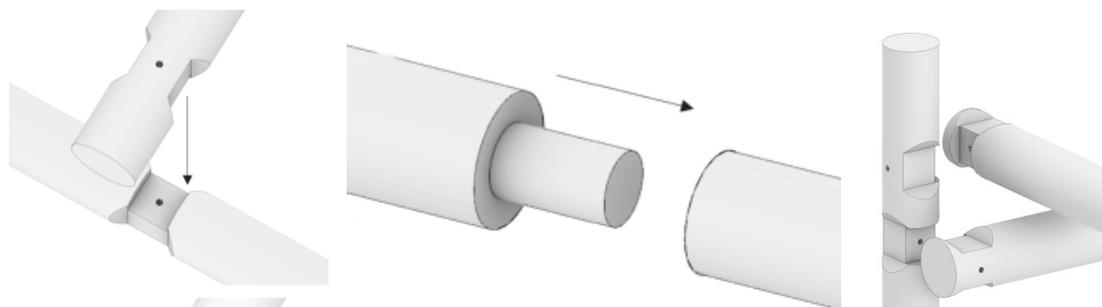
La première, une structure tridimensionnelle composée de bois de petite dimension assemblés grâce à un système de fourches dans lesquelles les éléments de bois viennent s'insérer, rappelle une nef voûtée, avec ses circulations latérales. Le projet ambitieux démontre la multiplicité des formes et structures possibles avec le matériau bois, lorsque ce dernier est couplé à la puissance des outils numériques, et réfléchit au-delà de l'orthogonalité.



Variante 1. Architectes Yves Weinand Architectes sàrl Lausanne, Art & Build
Transfert technologique : Ibois EPFL

Les délais très courts (initialement le forum devant se tenir en 2020 avant la pandémie ne vienne tout stopper) ont incité les concepteurs à proposer une seconde variante, plus rapide à mettre en œuvre.

La seconde variante propose une structure orthogonale, dont la couverture est une structure réciproque en bois rond à double couche, entièrement assemblée grâce à des connexions bois-bois (tenon-mortaises, mi-bois).



Variante 2. Détails des connexions définies grâce à la conception paramétrique.

Architectes Yves Weinand Architectes sàrl Lausanne, Art & Build
Transfert technologique : Petras Vestartas, Ibois EPFL

En mettant à profit les recherches du laboratoire Ibois sur le bois rond, le scannage du bois et les connexion bois-bois, ces projets ouvrent des terrains encore inexplorés pour l'utilisation de la biomasse.

Conclusion

En plus de posséder des qualités statiques très intéressantes le bois est un produit à la fois durable renouvelable et abondant en Suisse. Aujourd'hui et devant la crise écologique à laquelle nous faisons face, la question du coût de construction devrait impérativement être liée au coût énergétique de production et de déconstruction (appelée énergie grise). C'est pourquoi il convient de prendre en considération tant le transport, que la manufacture des matériaux, trop souvent ignorée alors qu'elle représente environ 11% des émissions à l'échelle mondiale. S'il semble difficile d'imaginer remplacer le béton partout, les progrès techniques et technologiques permettent d'envisager des structures entièrement en bois et des chantiers automatisés, un vrai pas en avant vers la transition énergétique.

Dans les forêts, paysages et biodiversité sont aujourd'hui préférés à la plantation uniforme, encore préconisée il y a quelques années. Le regard porté, tant pas les constructeurs que par notre société, sur la ressource bois est en train de changer. Repenser la filière bois aujourd'hui nécessite l'implication de la totalité des acteurs (garde forestier, scieries, concepteurs) à reconsidérer leur relation entre eux, et leur relation à la matière avec l'objectif de mettre en œuvre la revalorisation (et donc la rentabilisation) de l'entier de la biomasse, « déchets » y compris. La revalorisation de ce matériau local et renouvelable implique un ré-examen du matériau, de ses propriétés et caractéristiques et de ses capacités dans son ensemble, pour développer de nouvelles méthodes constructives, et, in fine, optimiser l'exploitation de la ressource.