

LES PONTS EN BOIS: CONSTRUCTIONS DU PASSÉ OU DE L'AVENIR?

Caroline D. Frenette, ing. M.Sc.A., étudiante au doctorat, Université Laval, Canada

Michael Flach, professeur, Université d'Innsbruck, Autriche

Laurent Clere, gérant, bureau d'étude Arborescence s.a.r.l., France

Résumé

Au Canada, la construction en bois est souvent liée aux bâtiments résidentiels. La notion de pont en bois rappelle plutôt des structures historiques que l'on rénove afin de conserver un patrimoine. Mais les ponts en bois peuvent-ils aussi être synonymes d'innovation et de constructions d'avenir?

Suite à son expérience comme associée dans un bureau d'ingénierie en France, Caroline Frenette apporte une perspective européenne de la question. Par plusieurs projets de ponts et de passerelles réalisés en France et en Autriche, elle présente les possibilités et les contraintes de ce matériau de construction. Ancien d'utilisation mais entrant dans des concepts innovateurs, le bois est actuellement favorisé par plusieurs pays d'Europe dans un souci de réduire les émissions de CO₂, suite aux accords de Kyoto, et de soutenir un développement durable des ressources. L'étude de ces diverses réalisations montre que le bois peut être utilisé comme élément principal de structure ou en combinaison avec d'autres matériaux, tel le béton ou l'acier. Ces projets pilotes apportent des perspectives de recherche intéressantes et mettent en évidence les études spécifiques nécessaires à l'évolution de ces conceptions avant-gardistes.

Introduction

En Europe, la demande pour l'utilisation du bois dans la construction est en forte croissance depuis quelques années. D'une part, on constate que le bois est apprécié comme matériau naturel dans l'élaboration d'habitats sains et comportant des exigences environnementales ; et d'autre part les décisions politiques intègrent de plus en plus souvent le bois pour lutter contre l'effet de serre. En France, la loi sur l'air préconise une utilisation accrue du bois dans les constructions publiques. Le préjugé que l'utilisation du bois dans la construction contribue à la déforestation en Europe a aujourd'hui cédé sa place à la conviction qu'un bon moyen pour fixer le CO₂ consiste à le stocker dans le bois pour compenser une partie du CO₂ relâché par l'utilisation des énergies fossiles.

Le retour du bois dans la construction paraît évident sur le marché de l'habitation, et même pour les bâtiments publics. Il est cependant moins reconnu lorsqu'il s'agit d'ouvrages d'art, tels que passerelles ou ponts, ce domaine étant actuellement principalement réservé au béton. Malgré ses performances remarquables de résistance et de durabilité démontrées notamment en Suisse par les projets de Grubenmann et le pont de Luzerne dont certaines pièces de bois rendent toujours service depuis plus de 700 ans, le bois a été chassé de ce domaine par l'acier et le béton.

Mais il y a du changement car depuis quelque temps le bois fait timidement surface dans ce domaine, même si ces ouvrages d'art en bois, bien remarqués, restent encore d'une rareté exceptionnelle. Les quelques exemples réalisés en France présentés dans cet article en témoignent et montrent que le bois est de retour dans les ouvrages d'art pour occuper au moins une partie de la place qu'il occupait dans le passé.

Trois associés du bureau d'étude Arborescence, Michael Flach, ingénieur allemand, professeur à la Chaire du Bois et des Composites de l'Université d'Innsbruck, Laurent Clère, ingénieur français, gérant du bureau Arborescence en France, et Caroline D. Frenette, ingénieure

canadienne, actuellement étudiante au doctorat à l'université Laval présentent quelques-unes de leurs réalisations.

Passerelles

Commençons par les passerelles, structures légères de franchissement pour piétons et vélos pour lesquelles le bois n'a jamais perdu son intérêt. Grâce à son faible poids, le bois devance largement le béton sur le plan de performances / poids propre. Cette légèreté conduit à des ouvrages filigranes et élégants.

Pour cette passerelle près de Nantes, le bois a été associé à l'acier pour franchir l'autoroute avec des plateaux en bois massif de seulement 25 cm d'épaisseur sur une portée de 57 m. Le tablier est constitué de madriers posés bord à bord qui supportent un complexe de revêtement en asphalte étanche. Les plateaux de 6.50 m de longueur et de 4 m de largeur ont été préfabriqués en atelier et montés sur des traverses métalliques accrochées aux tendeurs d'haubanage en acier.

Le bois affiche sa présence notamment dans les deux structures triangulées qui soutiennent l'haubanage. La protection constructive de cette structure qui se trouve au-dessus du tablier et donc directement exposée aux intempéries justifie cette toiture qui abrite parfois les usagers de la passerelle en cas d'orage.



Franchissement d'une autoroute par une passerelle de 57 m

Le deuxième exemple est un projet de concours pour une passerelle à Grenoble élaboré avec l'architecte Yves Perret. Il montre que le bois est capable de franchir plus de 110 m sans perdre de sa légèreté.

Le tablier est réalisé par des nervures en bois lamellé collé associées à des panneaux multi-ply de forte épaisseur. Afin de pouvoir maîtriser le comportement dynamique, qui est le point délicat pour un ouvrage léger de cette portée des dispositifs anti-vibration sont nécessaires. Bien que ce projet soit resté au stade de concours, il montre le potentiel technique et esthétique des passerelles en bois, ainsi que les difficultés auxquelles il faudrait faire face.



Passerelle sur le Drac - Le tablier soutenu par haubanage pour une portée libre de 110 m

Pont routier à circulation légère

Pour les ponts routiers, ouvrages sollicités par des charges largement supérieures à celles des passerelles, le bois est rarement envisagé. Les exemples suivants nous montrent cependant que son utilisation est loin d'être exclue dans ce domaine.

Le pont de Crest construit en 2001 avec une longueur de 94 m se distingue par sa forme arborescente. Les contrefiches spatiales soutiennent le tablier comme les branches d'un arbre pour porter des nervures en bois lamellé collé de Douglas. Les puissantes piles en béton, base de l'arborescence, garde une forme hydrodynamique et peuvent faire face aux éventuels caprices de la rivière.



Pont de Crest - Pont routier franchissant la Drome sur 94 m

Les points d'appuis intermédiaires que constituent les piles permettent de réduire les portées de l'ouvrage et ainsi de diminuer l'épaisseur du tablier et le nombre de contrefiches. Le jeu de triangulation a permis une optimisation de la structure et les assemblages par emboîtement assurent une liaison par contact. Afin de réduire les surfaces de contact et d'assurer la reprise des efforts en traction dans certains assemblages, de tiges encollées dans le bois à la résine ont été utilisées.



Pont de Crest - Assemblage des contrefiches sur les nervures du tablier et sur l'appui béton

L'autre nouveauté est l'utilisation de plateaux bois en 5 plis constitués de planches croisées et recollées à plat. Le bois utilisé est du Douglas purgé d'aubier de provenance locale, comme pour tous les bois de la structure principale. Les plateaux de grand format ont été fixés aux nervures par assemblages mécaniques pour assurer le contreventement transversal du tablier. Ils supportent également le complexe d'étanchéité de la chaussée, ainsi que les charges concentrées induites par un essieu de 2 tonnes. La circulation sur le pont est limitée à des véhicules légers de moins de 3.5 tonnes, même si le dimensionnement a été fait pour un camion de 10 tonnes.



Pont de Crest - Stabilisation transversale de la structure en sous-face

Ponts routiers à circulation lourde

Le pont des Fayettez peut supporter des charges lourdes correspondant à 4 camions de 30 tonnes. Cet ouvrage qui s'inspire des ponts maisons traditionnels est, malgré son apparence, un pont composite réalisé en acier, en béton et en bois lamellé collé.

Les trois matériaux ne sont pas seulement associés mais connectés afin d'utiliser les meilleures capacités de chacun. La difficulté réside cependant dans l'appréciation du comportement différentiel entre les matériaux. En effet, l'acier et le béton ont le même coefficient de dilatation

thermique et varient très peu sous la variation hygrométrique, alors que le bois est beaucoup moins sensible aux variations thermiques mais varie sensiblement sous les changements hygrométriques. Outre ces différences, l'intérêt de connecter une structure bois-béton réside d'une part dans la capacité du béton de reprendre de fortes charges concentrées et de supporter un complexe d'étanchéité traditionnel, d'autre part, dans l'allègement sensible de la structure du à l'utilisation du bois. Le gain de poids est de 50% par rapport à une dalle béton traditionnelle.



Pont des Fayettees - ouvrage tri-composite de dernière technologie

Cette conception utilise les 3 matériaux de façon optimale selon leurs capacités propres et leur compatibilité. Les performances et le coût d'un pont multi-matériau avec dominante bois sont en effet intéressants et compétitifs.

Le dernier pont présenté est un pont routier en bois-béton construit en 2002. Il s'agit d'un pont d'accès à une aire d'autoroute, il est autorisé aux camions, ainsi qu'aux chars militaires de 120 tonnes. Il traverse l'autoroute sur 56 mètres avec une pile centrale.



Le pont routier qui franchit l'autoroute A89 sur 56 m

Contrairement à l'ouvrage précédent, les deux matériaux ont été soigneusement dissociés. Cette exigence a été imposée pour deux raisons : d'une part, à cause du manque de références au sujet

de la connexion du bois et du béton sur une si grande longueur, et d'autre part, du à la réglementation française sur l'ancrage des glissières de sécurité qui est uniquement agréé pour une dalle en béton armé non-connectée. Il est à noter qu'un plancher bois aurait également été exclu compte tenu des fortes charges localisées.

La dalle en béton à haute performance en B50 repose, par intermédiaire de plots en Téflon, sur des nervures en bois lamellé collé qui forment la structure principale. Ces appuis permettent le glissement horizontal de la dalle en béton par rapport à la structure en bois afin que les deux matériaux puissent se dilater librement. Des butées réalisées par équerres métalliques étaient toutefois nécessaires pour relier les deux structures ponctuellement de façon à transmettre les efforts de freinage et les chocs sur la glissière de sécurité sans toutefois empêcher la libre dilatation du tablier.

La dissociation des deux matériaux a complexifié le système constructif tout en augmentant l'épaisseur du tablier. En effet, la hauteur de la dalle en béton s'est ajoutée à la hauteur des nervures en bois sans pour autant augmenté leur hauteur statique. L'expérience de ce pont montre qu'il est plus difficile de dissocier deux matériaux que de les connecter.



Des assemblages de taille et de poids pour distribuer des efforts de 500 tonnes

Conclusion

Des exemples de réalisations ont démontré la place que le matériau bois peut prendre dans la conception d'ouvrage d'art. Pour la construction de passerelles et de ponts à circulation légère, des structures entièrement en bois sont envisageables. L'importance des charges concentrées que doivent supporter les ponts à circulation lourdes demandent souvent l'association d'une structure secondaire en béton. Dans le cas de structures mixtes, les comportements différentiels des matériaux utilisés doivent être intégrés aux analyses. Des recherches sont donc nécessaire pour permettre l'élaboration de systèmes mixtes incluant l'étude de ces comportements différentiels.