

1193 3,65 euros
samedi 7 octobre 2023

I.S.S.N. : 1760 - 4672

Le **BOIS**
INTERNATIONAL

L'HEBDOMADAIRE DES PROFESSIONNELS DE LA FILIÈRE FORÊT-BOIS

Construction bois

Stent : utiliser les très gros sapins pour surélever une autoroute

p. 22



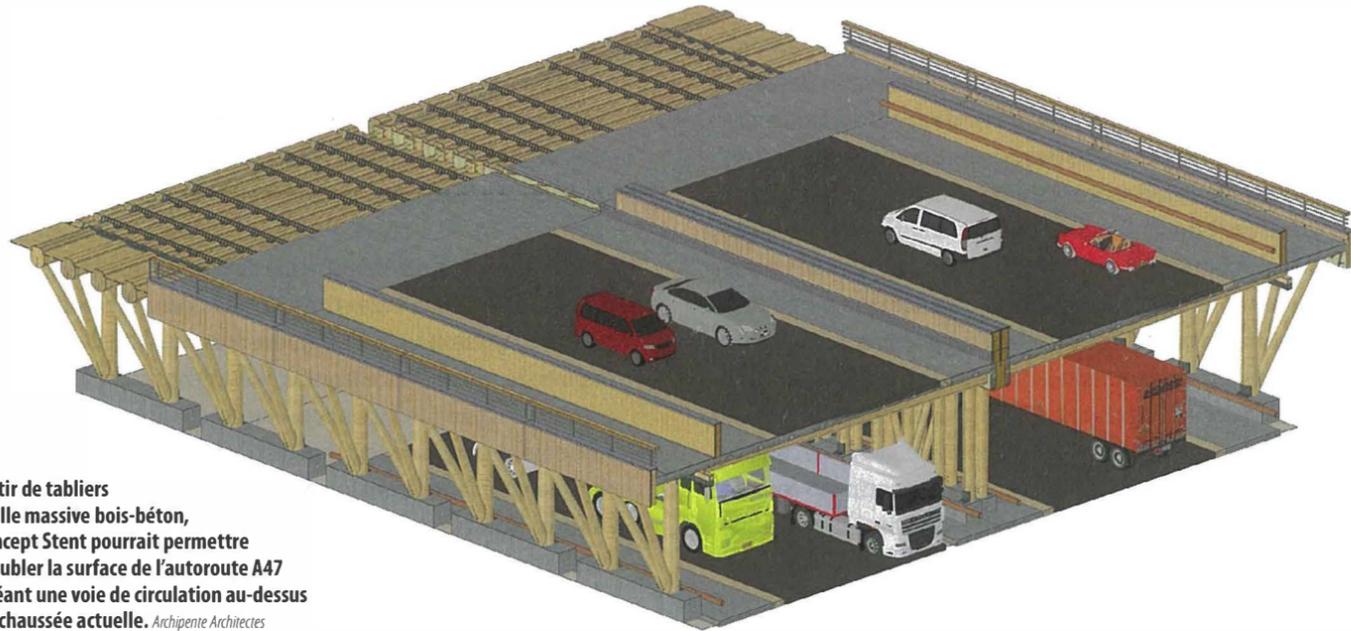
Filière forêt-bois
Vers une interprofession
nationale unique ?

p. 10

Cahier du bois-énergie
Le bois-énergie au cœur
des politiques publiques

p. 12

Menuiserie
Escaliers Plasse se dote
d'une nouvelle ligne de finition p. 26



À partir de tabliers en dalle massive bois-béton, le concept Stent pourrait permettre de doubler la surface de l'autoroute A47 en créant une voie de circulation au-dessus de la chaussée actuelle. Archipente Architectes

Génie civil

Stent : un concept de dalle bois-béton pour valoriser les grumes de gros sapins

Les gros bois sont nombreux dans les forêts françaises, notamment les gros sapins en région Auvergne-Rhône-Alpes. Ce sont parfois de vrais «kinder surprise» ce qui complique encore un peu plus le travail des scieurs dont l'outil de production n'est plus toujours adapté à ces diamètres de grumes. Réunie autour de l'architecte Dominique Molard, une équipe de professionnels a peut-être trouvé la solution pour les valoriser quand même : ne pas les transformer... ou presque pas, et les utiliser directement dans le cadre d'un système constructif bois-béton collaborant. Afin de donner de la visibilité à son concept baptisé Stent, elle planche sur un projet de surélévation de vingt kilomètres d'autoroute entre Saint-Étienne et Lyon.

1 8 octobre 2018, la construction d'une nouvelle autoroute entre Saint-Étienne et Lyon prend du plomb dans l'aile. «L'État privilégie les alternatives routières et ferroviaires à l'A45», indique à nos confrères du journal le Progrès la ministre des Transports de l'époque, une certaine Élisabeth Borne. Conséquence directe, cette annonce du désengagement de l'État sonne le glas d'un projet en gestation depuis quelques décennies... Il va donc falloir trouver autre chose pour désengorger la vallée du Gier où serpente l'actuelle A47, une infrastructure dont les premiers tronçons construits dès le milieu des années 60 sont

depuis bien longtemps arrivés à saturation. Pour l'architecte Dominique Molard, c'est l'élément déclencheur. Celui qui lui permettra d'impulser la création du concept Stent, pour Structural timber for ecological and neutral transportation. À partir de tabliers en dalle massive bois-béton, ce passionné, qui œuvre au développement des utilisations du bois dans la construction depuis le début des années 80 avec son cabinet Archipente Architectes, envisage de doubler la surface de l'autoroute A47 en créant une voie de circulation au-dessus de la chaussée actuelle. «L'idée, c'est qu'on gonflait l'A47, donc Stent», lance avec malice Dominique Molard en référence

Combien ça coûte ?

Jusqu'ici, le budget mobilisé pour le développement du projet Stent est d'un peu plus de 200 000 euros : 100 000 euros pour les travaux d'étude, 60 000 euros pour la réalisation des prototypes et environ 40 000 euros pour les différentes phases de tests et mesures. Sur la base du coût du prototype développé, l'équipe à l'initiative de ce système constructif estime que l'investissement nécessaire pour surélever l'autoroute entre Saint-Étienne et Lyon serait compris entre 25 et 30 millions d'euros hors taxe du kilomètre. Sachant que le projet prévoit la construction d'un tronçon de 20 kilomètres, la facture pourrait être comprise entre 500 et 600 millions d'euros HT. Un montant évalué hors fondations spéciales, hors ouvrages de pont à modifier et hors études d'ingénierie.

à ces petits treillis métalliques utilisés en chirurgie cardiaque pour élargir les coronaires.

Absorber les très gros bois en un siècle

L'autre objectif poursuivi par Stent, c'est de trouver un débouché aux nombreux sapins qui grossissent depuis des décennies dans les forêts de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Des arbres que l'outil industriel ne permet bien souvent plus de transformer, parce qu'ils ne passent par exemple pas dans les lignes canter. Au départ, le projet avait l'ambition de valoriser les gros et très gros bois. Mais en regard de l'ampleur de la ressource, il a finalement été recentré sur les seuls très gros, ceux qui dépassent les 67,5 cm à hauteur d'homme. D'après les données IGN, la forêt française compte quelque 8 millions de tiges de très gros bois résineux (toutes essences confondues). Stent vise la valorisation de 80 000 grumes par an, soit un 1 % du stock, avec à la clé la production d'un million de mètres carrés de dalles collaborantes bois-béton par exercice. Parenthèse : la réflexion en cours, qui vise à améliorer la liaison routière entre Saint-Étienne et Lyon, représenterait environ un tiers de cette surface. Sur la base de ces calculs, l'équipe qui entoure Dominique Molard s'est donné

l'objectif de résorber le volume de très gros bois en un siècle. L'équipe parce que bien sûr, l'architecte de Montbrison dans la Loire ne porte pas seul ce projet pour le moins original. Il s'est entouré d'autres éminents spécialistes de la construction biosourcée : les bureaux d'études Lignalithe Betrec, Arborescence, CBS-CBT, la scierie Forge Mahussier et la charpenterie Lignatech, des enseignants de la post-formation en Master européen «construction bois» de la chaire bois de l'EPFL en Suisse ou encore de l'université de Limoges pour l'instrumen-



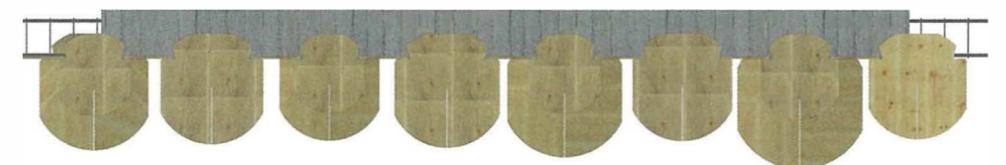
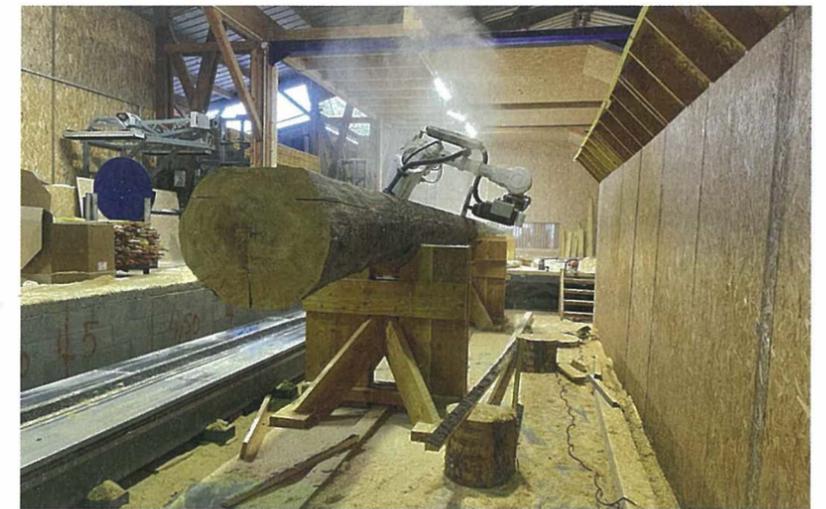
Pour porter le projet Stent, l'architecte Dominique Molard (à droite) s'est entouré d'une équipe qui compte entre autres dans ses rangs Lucien Forge (scierie Forge-Mahussier, charpenterie Lignatech). Sylvain Devun

tation et les mesures (lire par ailleurs : Un projet labellisé par Xylofutur).

Des grumes légèrement équarries

L'originalité de Stent ? Valoriser des très gros bois sans quasiment les transformer. «L'innovation dans le génie civil, c'est de créer des ouvrages de franchissement, des ponts notamment, en utilisant des techniques de lamellé-collé associé à du béton», explique Dominique Molard dans une vidéo diffusée sur la chaîne Youtube

Dans le cadre du concept Stent, les grumes sont légèrement équarries, avec une fente de retrait à cœur, une queue d'aronde en partie supérieure pour la reprise des efforts de soulèvement et assurer la liaison avec la dalle de béton coulée au-dessus. Archipente Architectes



du cabinet Archipente pour promouvoir cette initiative (1). « Lorsque j'ai vu que ces types d'ouvrages nécessitaient des poutres énormes en lamellé-collé, de 80 par 80, qu'on mettait pratiquement juxtaposées, c'est là que j'ai eu le déclic d'avoir comme référence des projets de Julius Natterer. Il utilisait justement des sections de gros bois massives, qu'il juxtaposait les unes à côté des autres, et avec un entaillage très frugal, arrivait à faire des ouvrages de franchissement de l'ordre de 15 à 20 mètres. Le projet de l'autoroute finalement, je me suis dit : ce doit être l'ordre de portée qui nécessite ces grumes ». Dans les modules de 3 mètres préfabriqués en atelier pour surélever vingt kilomètres d'autoroute entre Saint-Étienne et Lyon, les grumes seraient positionnées « tête-bêche » pour rattraper leur conicité. « Ici les sapins sont moins longs que dans



Des essais à la rupture et de fluage ont également été effectués sur deux «petits» prototypes de 15 mètres de portée pour une largeur d'1,5 mètre. Archipente Architectes

le Jura. Ils font 22 à 25 mètres maximum et on peut valoriser 12 à 16 mètres à condition qu'ils soient droits », précise Lucien Forge, jamais très loin de la scierie familiale aujourd'hui dirigée par son fils, également à la tête de l'entreprise Lignatech (Loire). « Un jour il me restait des demi-bastaings dont je ne savais pas quoi faire. J'en ai parlé à Dominique et c'est comme ça qu'a débuté l'aventure du plancher Lignadal », ajoute-t-il en référence à la dalle collaborante

bois béton développée par Archipente en 1998 et sous avis technique du CSTB depuis 2000. Le système porteur imaginé pour agrandir l'autoroute entre Saint-Étienne et Lyon s'inspire directement de ce concept. « Stent est réalisé par des grumes légèrement équarries, avec une fente de retrait à cœur, une queue-d'aronde en partie supérieure pour la reprise des efforts de soulèvement et assurer la liaison avec la dalle de compression en béton coulée au-dessus », détaille l'équipe qui entoure Dominique Molard dans la plaquette de présentation du projet. « Le prédimensionnement est réalisé selon la méthode de calcul développée pour le Lignadal. Par exemple, pour une portée de 13 mètres pour des véhicules dont le poids en charge est inférieur à 3,5 tonnes : si la connexion est de 66 % comme pour Lignadal et une qualité des bois C24, le

diamètre minimum moyen des grumes doit être de 57 centimètres. Suite aux essais réalisés en juin 2023 sur un prototype, sous la charge de 24 tonnes représentant la charge de service du tablier, la flèche n'est que de 8 millimètres alors que la norme NF EN 1995-2:2005 accepte 32 mm (1/400^e de la portée). On en conclut que la connexion de Stent est proche de 100 % et que « l'effet social » du système permet de justifier une meilleure qualité des grumes dans son ensemble ». L'effet social, c'est ce qui permet de compenser la mauvaise qualité éventuelle d'une grume grâce à sa combinaison avec d'autres très gros bois dans le reste du module. Pour obtenir ces résultats, l'équipe à l'initiative de Stent a construit trois prototypes à Saint-Haon-le-Vieux, dans la Loire, sur le site de l'entreprise Lignatech. Deux petits d'abord, à hauteur d'homme, mais de 15 mètres de portée avec une largeur d'1,5 mètre quand même... Et un prototype « grande nature » de 16 mètres par 6 pour 5 mètres de deux modules. Sur celui-ci, les essais prévoient un chargement jusqu'à 24 tonnes, mais l'équipe a choisi d'ajouter 6 tonnes supplémentaires qui entraînaient par là... histoire de soumettre l'ensemble à des conditions extrêmes. « On n'a pas



Pour tester leur concept, les porteurs du projet Stent ont construit un prototype grande nature sur le site de l'entreprise Lignatech, dans la Loire. Sylvain Devun

pu s'en empêcher », sourit Dominique Molard. Le prototype n'a pas bronché. Niveau vibrations, les tests ont également été concluants. « La fréquence propre de l'ouvrage est de 5,4 Hertz, pour un objectif minimum de 2,6 hertz, on avait donc encore de la marge ».

De nombreuses applications

Mi-2021, l'équipe à l'initiative de Stent avait écrit à Pascal Mailhot, alors préfet de la région Auvergne-Rhône-Alpes, pour lui présenter son projet. Aujourd'hui, le représentant de l'État sur le territoire a changé mais les résultats, condition sine qua non pour continuer de convaincre les pouvoirs publics, sont quant à eux bien au rendez-vous. L'équipe espère donc pouvoir poursuivre l'aventure. Au-delà de la rénovation de cette liaison autoroutière entre Saint-Étienne et Lyon,

elle est surtout mue par une communauté d'esprit qui la pousse à penser sans cesse de nouvelles utilisations pour son système constructif. « Au départ, nous sommes tous des gens concernés par le problème des émissions de CO₂ », confirme Dominique Molard. En conséquence, il a d'ores et déjà imaginé avec ses partenaires de nombreuses applications auxquelles le concept Stent pourrait être adapté : construction de parking silo, d'ombrières photovoltaïques avec végétalisation, couverture de voiries, surélévation avec élargissement de la chaussée pour circulation des modes de déplacement doux et des transports collectifs... Dominique Molard ne manque pas d'idées. « Nous venons de faire traduire notre plaquette de présentation en anglais et en japonais. Je suis en train de draguer au Japon, parce que c'est un pays qui a aussi des gros bois », précise l'architecte ligérien. Avec ce système constructif, l'équipe réunie autour du projet Stent vise plus haut, et donc aussi plus loin. Elle n'envisage en tout cas pas de limiter le partage de ses recherches à un territoire. Ce n'est pas le genre de maison... en bois bien sûr !

Sylvain Devun

(1) www.youtube.com/@archipente

Un projet labellisé par Xylofutur

L'équipe à l'initiative du projet Stent est composée d'architectes, d'ingénieurs et d'entreprises œuvrant dans le domaine de la construction biosourcée :

- Archipente Architectes
- bureau d'études Lignalithe Betrec
- bureau d'études Arborescence
- bureau d'études CBS-CBT
- scierie Forge-Mahussier
- charpenterie Lignatech
- Enseignants en post-formation Master européen construction bois à la Chaire bois de l'EPFL : Professeur Julius Natterer (†) ; Professeur Wolfgang Winter ; Professeur Jean-Luc Sandoz ; Professeur Johannes Natterer
- Lucien Forge (expert en scierie) ; Stefan Stamm (expert en robotisation)
- université de Limoges : Rémi Tautou (enseignant chercheur) ; Jérôme Dopeux (enseignant chercheur)

Le projet Stent a été labellisé en décembre 2020 par le pôle de compétitivité Xylofutur. Il est par ailleurs aussi soutenu par Fibois Auvergne-Rhône-Alpes, Fibois 42, l'ONF, la marque de certification Bois des territoires du Massif central et financé par l'Union européenne, France Relance, la région Auvergne-Rhône-Alpes, le département de la Loire, Archipente Architectes, la fondation innovation du Crédit Agricole Loire-Haute-Loire, l'entreprise Lignatech.



« Sous la charge de 24 tonnes représentant la charge de service du tablier, la flèche n'est que de 8 millimètres alors que la norme NF EN 1995-2:2005 accepte 32mm », indique Dominique Molard. La charge testée représente l'équivalent de 16 véhicules d'1,5 tonne ! Archipente Architectes

La construction de parking silo est une autre des pistes envisagées par l'équipe à l'initiative de Stent pour développer son concept de dalles collaborantes bois-béton.

Archipente Architectes



Une ressource abondante

Sur la base de l'Outil de calcul des résultats (OCRE) d'inventaire forestier de l'IGN, l'équipe à l'initiative du projet Stent estime à 45 millions de m³ le volume de très gros bois résineux en France (ceux supérieurs à 67,5 cm de diamètre). Ce volume représenterait 8 millions de tiges de très gros résineux, soit 0,5 % du nombre total d'arbres résineux présents dans les forêts françaises (1 481 millions). Parmi ceux-ci, il y aurait environ 4 millions de tiges de très gros sapin pectiné pour un volume de 25 millions de m³, sur un total national évalué à quelque 222 millions de m³ de sapin pectiné.