

STENT « Structural Timber for Ecological and Natural Transportation »
**Ouvrages de franchissement valorisant
les Très Gros Bois de nos forêts**

Dominique Molard
ARCHIPENTE
Montbrison et Paris
France



1. Les Gros et Très Gros Bois de nos forêts

1.1. Les enjeux

Dans un contexte de dérèglement climatique qui remet en cause la pérennité de la forêt française, il faut exploiter les « Très Gros Bois » pour permettre aux jeunes pousses de se développer à leur place. Gros et Très Gros Bois résineux sont des enjeux importants pour la région Auvergne-Rhône-Alpes, comme partout en France. Le CRPF pointe du doigt la problématique des bois « surannés » mettant en cause leur qualité :

« il est illusoire d'attendre des jours meilleurs pour extraire de nos peuplements ces arbres sans avenir qui constituent des obstacles à la bonne gestion forestière et à l'avenir de nos forêts... »

Extrait de la revue du CRPF

« Un autre point noir plus spécifique au sapin est sa qualité intrinsèque hétérogène, notamment en ce qui concerne les arbres surannés, qui ont connu des traumatismes dans leur longue histoire (bris de vent, verglas, blessures...). Des fentes de cœur, des roulures, des poches d'eau et une très forte hétérogénéité du bois dues aux conditions de croissance dans le temps complètent ce tableau très négatif concernant les défauts internes des gros et très gros sapins. »

Anne-Marie Bareau, présidente CNPF Auvergne-Rhône-Alpes.

« Mentionbois » n°17

1.2. Développer des techniques éprouvées

Les Gros Bois et les Très Gros Bois de la région ont des difficultés de mise sur le marché pour les deux raisons suivantes :

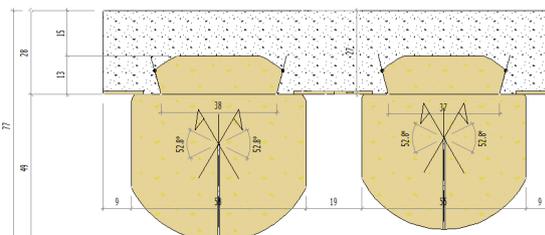
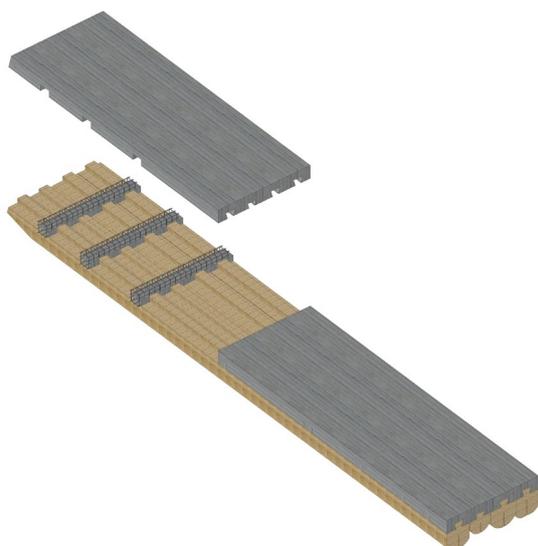
- la qualité du bois présentant des défauts cachés découverts seulement lors de la coupe en scierie.
- l'outil industriel mal adapté, la majorité des canters se limitant à des sections de 60cm. Pour autant, faut-il systématiquement utiliser du lamellé-collé couteux en infrastructure et en énergie dès lors que l'on réalise des dalles de grande portée, alors que « des poutres équivalentes » existent dans nos forêts ?

Le système de tablier « massif » permet de valoriser ces bois créant un « effet social », qui pare à la mauvaise qualité éventuelle d'une grume. Cette technique a été utilisée par le professeur NATTERER pour réaliser des ponts, de 8m à 13m de portée et des tests jusqu'à 17m à l'EPFL.

1.3. STENT : Tablier en dalle massive bois-béton

Le tablier est réalisé par une dalle collaborante bois béton, selon le principe du plancher Lignadal® développé par Archipente en 1998 et sous avis technique du CSTB depuis 2000. Les arbres de diamètre supérieur à 67 cm sont sélectionnés en forêt. Ils sont abattus et débardés en bord de route comme des grumes traditionnelles. Des grumiers les transportent jusque sur le parc à grume du site de fabrication de STENT.

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 liaison avec la dalle de compression en béton coulée au-dessus.



1.4. STENT : Système constructif

Les grumes sont positionnées « tête-bêche » pour rattraper leur conicité. Le bois doit être ressuyés à 30% par un séchage naturel avant mise en œuvre.

Le séchage doit pouvoir se poursuivre jusqu'à 20% une fois les grumes mises en œuvre par une ventilation naturelle.

Des entailles sont usinées dans chaque grumes pour faire « buton » afin de reprendre les efforts de cisaillement. Des raidisseurs continus en béton armé dans ces défoncés assurent la rigidité des panneaux pour le transport et évitent « l'effet piano ». Le retrait du au séchage se fait grume par grume à cause de la queue d'aronde qui lui impose sa position. L'évolution de STENT par rapport aux travaux antérieurs de J.NATTERER est la suppression des connecteurs métalliques, afin de simplifier la mise en œuvre.

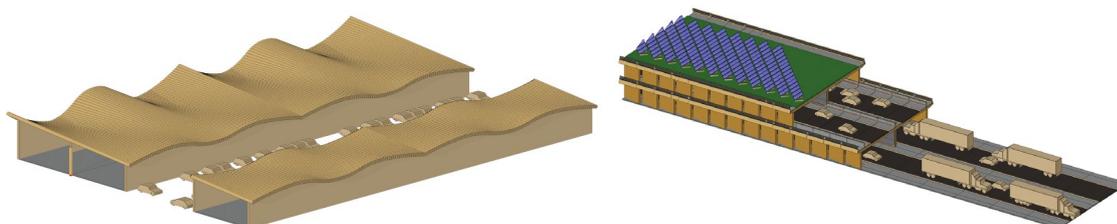
Le façonnage « frugal » est réalisé en faisant appel à des robots tenant compte de la conicité des grumes. Une couche de béton est réalisée en atelier pour assurer la stabilité dimensionnelle durant le transport et protéger des intempéries sur le chantier, tout en laissant la possibilité de poser des aciers de liaison entre deux éléments préfabriqués (zone de lacune). La dalle de compression en béton fait la majorité de son retrait avant pose définitive sur site. Puis sur site, du béton est coulé dans les zones de lacune pour solidariser les dalles entre elles et créer un diaphragme horizontal entre joints de dilatation.

1.5. Une ressource renouvelable d'où STENT 1%

« L'échelle de temps » pour la gestion de la forêt est très long. L'exploitation en masse des « Gros et Très Gros Bois » ne pourra se faire sur un temps restreint.

Aussi, nous simulons sa résorption sur 100 ans et nous quantifions ses propriétés environnementales sur une année, d'où l'appellation STENT 1%

STENT 1% permet de réaliser 360 000 de m² de dalles par an en AuRA soit 25% des locaux industriels et commerciaux nécessitant des couvertures qui devront être végétalisées pour éviter les conséquences liées à l'imperméabilisation des sols, avec une économie de 10 à 30% sur le coût de construction du support de la toiture.



Exemple : en Région AuRA, les Gros Bois représentent 3 millions de tiges, soit 17 Millions de m³. (Données OCRE de l'IGN en 2022)

Pour renouveler la matière première ponctionnée, le prélèvement de 1% du stock représente l'équivalent de 4 jours de croissance de la forêt en AuRA. STENT 1% a pour ambition d'exploiter 135 000m³ de GB correspondant à 360 000 m² de plancher, ou 135 000m³ de bois mis en œuvre, soit 135 000 Tonnes de Co₂ « fossilisé » dans la structure des ouvrages pour plus de 100 ans.

Parallèlement, le CO₂ capté par les « jeunes pousses » représente 1 350 Tonnes par an pendant un siècle pour reconstituer l'arbre, soit une « machine naturelle » qui transforme le gaz carbonique en « matériau de construction » grâce à la photosynthèse à raison de 4Tonnes de Co₂ par jour.



2. Piste de réflexion : STENT - A47

Un projet emblématique pour la région Stéphanoise : **une alternative à l'A45 avec STENT-A47**. L'autoroute A47 qui relie Lyon et Saint Etienne est saturée, son dédoublement par la A45 en projet depuis plus de 25 ans a été abandonné en Juillet 2020 dans l'attente de trouver une « alternative acceptable pour tous », environnementalement peu impactante (pas de nouvelle surface imperméabilisée, pas de nouvelles nuisances acoustiques) et qui ne monopolise pas de nouveaux terrains.

L'idée est de conserver la circulation des poids lourds sur la chaussée actuelle et de faire circuler les voitures et véhicules jusqu'à 3,5T sur le niveau supérieur. Le système porteur extérieur avec les voiles posés en biais permet de conserver une vue sur le paysage, une ventilation importante et éviter d'être classé en tunnel. La structure porteuse est protégée des intempéries par une surlargeur de la voirie haute, qui peut être mise à disposition de transports modes doux de part et d'autre.



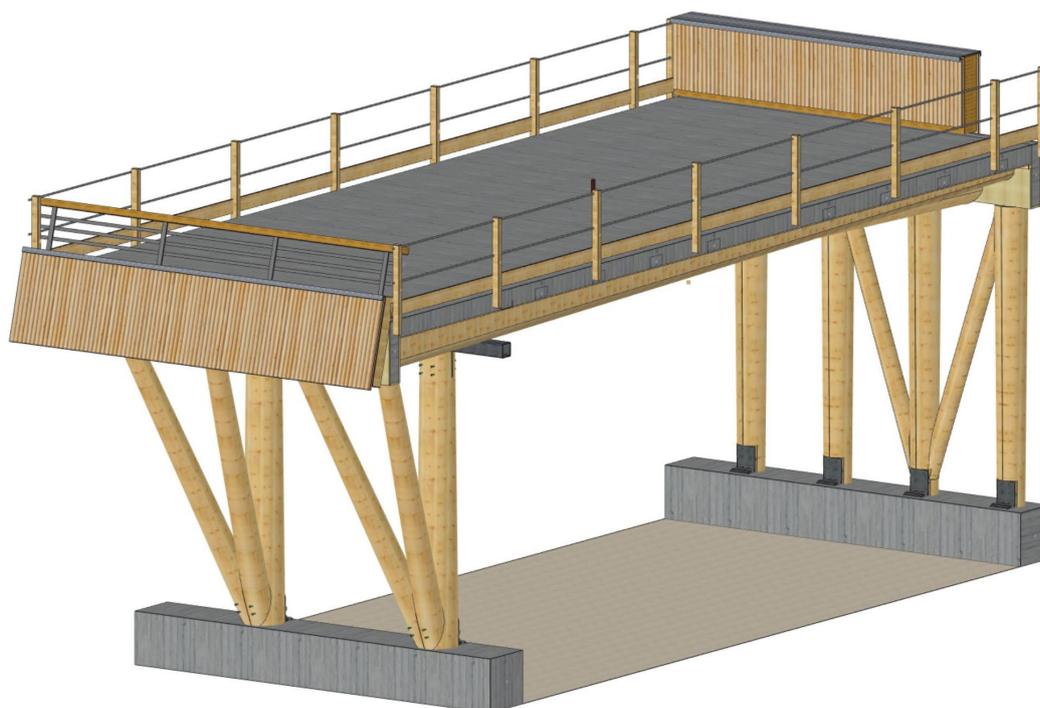
La mise en œuvre se fait par préfabrication « Hors Site » en modules 3D. Les murs porteurs sont réalisés par des panneaux de type dalle massive en bois clouées ou collées. A l'aide d'un pont roulant, le tablier STENT est levé et les murs sont positionnés en dessous et liaisonnés par encastrement en partie supérieure. Le poids de l'ensemble d'un module est de l'ordre de 25Tonnes. Le module de 3.00m est ensuite chargé sur une semi-remorque ou un grumier pour faire le chemin entre l'atelier de préfabrication et le chantier, une voirie carrossable étant déjà en place : la chaussée actuelle de l'A47.



Durant la nuit, il est posé 24 modules de 3.00m, soit 72m de la chaussée « montante » ou de la chaussée « descendante ». Dès 6h du matin, les travaux de pose des modules 3D sont interrompus et **le trafic peut être rétabli sur les deux chaussées**, dans de bonnes conditions de sécurité (pas de matériel, ni de compagnons sur le site). Il faut 280 nuits pour réaliser l'une des deux chaussées. A raison de 28 jours/mois de pose, cela représente 10 mois pour la réalisation d'une des deux chaussées, soit moins de deux années de « contraintes nocturnes » pour l'ensemble de la surélévation de 20km.

3. Réalisation de prototypes

La première étape de mise en œuvre de notre projet est la réalisation d'un démonstrateur échelle 1. Celui-ci est réalisé par la mise en œuvre de deux modules de 3.00 de large*15.50m de long*6.00m de haut.



Ce « Grand Prototype » démontre la faisabilité du concept, permet de vérifier les temps de mise en œuvre et permet de faire des tests de vibration.



Deux « Petits Prototypes » de 1.50m de large*15.50m de long sont réalisés en parallèle, sur des appuis à 1m de hauteur, pour faire des tests de rupture, de mesure de la variation de l'humidité et de fluage long terme.



4. Les acteurs du projet ?

Une équipe d'experts avec des références et une philosophie commune : participer à la lutte contre l'effet de serre

Nous sommes une équipe de concepteurs : architectes, ingénieurs et entreprises œuvrant dans la construction biosourcée en partenariat avec les associations de la filière bois, avec de nombreuses références dans la construction bois et nous participons à la lutte contre l'effet de serre depuis 40 ans.

Un projet porté par

ARCHIPENTE

- ARCHIPENTE, porteur du projet. Créateur d'écoproduits et architectes spécialisés dans la construction bois depuis 1982. Nos projets utilisent le bois en structure et mettent l'arbre en valeur dans la création d'espaces d'accueil sous forme Hightech dans un premier temps et de manière « Low Tech » sur nos derniers projets. Notre objectif : la neutralité des « émissions carbone » au niveau des bâtiments.

Partenaires



Avec l'expertise de W. Winter, S. Stamm et J. Natterer

- ARBORESCENCE / BETREC Lignalithe & CBS/CBT, bureaux d'études structure bois
- La scierie FORGE MAHUSSIER et la charpenterie LIGNATECH
- Stefan STAMM : Maître Charpentier spécialisé dans le numérique.
- Université de Limoges pour l'instrumentation.

Les professeurs J.NATTERER et W.WINTER, professeurs à l'EPFL et pionniers dans le développement de produits et techniques de valorisation des bois permettant de « rendre aux forêts le rôle économique garant de leur entretien ». Depuis le décès de Julius NATTERER le 25 Octobre 2021, Joannès NATTERER s'est substitué à lui.

5. Financement des études et d'un démonstrateur :



Le projet STENT a été labellisé par le pôle de compétitivité Xylofutur en Décembre 2020.

Cette labellisation a permis de lever un financement de l'ordre de 200 k€ pour valider la faisabilité, qui se répartit entre **les financeurs publics suivants** :



Financé par



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes

Loire
LE DÉPARTEMENT

STENT est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage dans le Massif central avec le Fonds européen de développement régional.

et les financeurs privés suivants :

ARCHIPENTE



Fondation d'entreprise
CREDIT AGRICOLE LOIRE HAUTE-LOIRE
Pour l'innovation

LignaTech
Le bois pour structure

Avec le soutien de



Vue depuis la voirie basse réservée aux camions. *Image de synthèse Maxime Viarouge*

Retrouvez la présentation de STENT en vidéo sur : <https://youtu.be/9tGFWIZXT0g>