

# FABRICATION D'UN MATÉRIAU D'EXCEPTION

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



BOIS LAMELLÉ  
UN SIÈCLE  
D'INNOVATION  
& D'ARCHITECTURE

## **1 | Composition d'une poutre en bois lamellé**

**Le bois**

**La colle**

## **2 | Étapes de fabrication d'une poutre en bois lamellé**

**Étape 1 : enturage et aboutage**

**Étape 2 : rabotage des lamelles**

**Étape 3 : encollage**

**Étape 4 : serrage**

**Étape 5 : taillage et finitions**

## **3 | Nouveaux process**

**En amont de la fabrication**

**Fabrication et usinage**

**Levage**

## **4- Garanties de qualité**

**Respect des normes**

**Certification ACERBOIS**

**Fiches de Données Environnementales et Sanitaires**

**Attestation Excell Zone Verte**

*Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.*



## Le bois

Le bois lamellé est composé à 97 % de bois massif. Les industriels français prennent garde à sa provenance à la fois pour minimiser les transports et pour s'assurer de la bonne gestion des forêts. Ainsi, 98 % des bois utilisés pour la fabrication du bois lamellé français provient de forêts françaises ou européennes et sont, à ce titre, issus de forêts durablement gérées.

Seules sont utilisées les essences qui présentent les caractéristiques (mécaniques, humidité, classe d'usage) requises pour la fabrication de bois lamellé. Les essences plus couramment mises en œuvre sont résineuses comme le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, et le douglas. D'autres présentent les caractéristiques nécessaires et peuvent également être utilisées : western hemlock, pin laricio et pin noir d'Autriche, mélèze, pin maritime, peuplier, pin radiata, épicéa de Sitka, western red cedar.

## La colle

Les adhésifs utilisés pour les éléments de structure en bois lamellé sont principalement de trois types : Résorcine- Phénol-Formol (RPF), Mélamine-Urée-Formol (MUF) et Polyuréthane (PU).

Il s'agit avant tout de produits à vocation structurelle qui répondent en priorité à des exigences de stabilité et de fiabilité. La norme NF EN 301 définit deux types d'adhésifs, selon leurs performances :

- Type I, capable de résister à toutes les expositions extérieures et aux températures dépassant 50°C
- Type II, pour usage intérieur chauffé et ventilé ; à l'extérieur sous abri et avec une température supérieure à 50°C très occasionnelle.

La colle ne représente que deux pour mille de la surface émissive d'une poutre en bois lamellé. La proportion est faible et l'émissivité d'autant plus réduite. Un important travail a malgré tout été réalisé ces vingt dernières années de sorte à minimiser les pollutions et positionner le bois lamellé sur un terrain environnemental volontariste. Des colles de moins en moins émissives ont ainsi été mises au point et des colles sans formaldéhydes peuvent entrer dans la composition des poutres. Aujourd'hui, toutes les poutres répondent au minimum aux impératifs de la classe européenne E1. Certaines franchissent les tests de l'exigeant protocole AFSSET, très en amont des contraintes actuelles en termes d'émissions de Composés Organiques Volatiles (COV).



## Parole d'expert

« Le bois utilisé pour la fabrication de lamellé est un matériau renouvelable, à plus de 98% d'origine française ou européenne. Il est majoritairement issu de forêts gérées de manière durable, garantissant de ce fait la croissance de la forêt européenne (+7% entre 1980 et 2005). La mention FC de la marque ACERBOIS garantit cette gestion durable des forêts dont est issu le bois utilisé. Soulignons enfin qu'au maximum, le contenu en colle représente 3% de la masse d'une poutre en bois lamellé. Cette colle contient une infime partie de formaldéhyde libre. Par ailleurs, des colles sans formaldéhyde existent aujourd'hui. »

**Estelle VIAL, pôle Environnement Santé, Institut FCBA**

### Étape 1 : Enturage et aboutage

Après la phase de purge (élimination des défauts), les lamelles sont tronçonnées et aboutées grâce aux entures (collées bout à bout), afin d'obtenir les longueurs requises. La pression minimale requise pour cette phase d'aboutage est de l'ordre de 20 bars. Au cours de cette opération, la température du bois doit être supérieure ou égale à 15°C.

### Étape 2 : Rabotage des lamelles

Après aboutage, un rabotage des lamelles s'effectue au maximum 24 heures avant l'encollage. L'écart maximum admissible par rapport à l'épaisseur moyenne sur une longueur de lamelle de 1 m, est égal à 0,2 mm. Pour les adhésifs urée-formol non modifiés, cet écart doit être inférieur à 0,1 mm.

### Étape 3 : Encollage

Vient ensuite la phase de composition : les lamelles sont encollées individuellement avant d'être superposées puis pressées. Aujourd'hui, elle est réalisée à l'aide d'encolleuses à rideaux ou à rouleaux qui permettent une répartition plus uniforme de l'adhésif. Cette mécanisation permet également d'automatiser les cadences (accélération ou ralentissement) selon la prise des collages ; ou encore de varier avec précision les grammages.

### Étape 4 : Serrage

Cette étape a pour but de maintenir les pièces encollées à la pression voulue dans la forme désirée pendant le temps de polymérisation de la colle. Ce temps est variable suivant le type de colle employé, la température et l'hygrométrie de l'air ambiant, le mode de chauffage.

La pression minimale pour les différents types de colle généralement employés dépend de l'épaisseur de la lamelle ; elle varie de 6 bars (pour les faibles épaisseurs) à 8-10 bars (pour les plus fortes). Des systèmes de serrage hydraulique, des tiges filetées ou des blocs de serrage permettent de maintenir cette pression.

### Étape 5 : Taillage industriel et finition

Après rabotage, perçage et travail de taillage, traitements et finitions sont appliqués afin d'assurer la durabilité escomptée et d'obtenir l'esthétique (texture, teinte, aspect) désirée par le maître d'ouvrage. Soulignons le remplacement systématique des produits de traitement et finition solvantés par des produits à l'eau, limitant les émissions et améliorant les conditions de travail.



TAILLAGE ↘

↙ ENTURAGE

↙ ENCOLLAGE

↙ SERRAGE

## Parole d'expert

« Un travail de recherche important a été réalisé au sujet de l'incidence de la géométrie des entures d'aboutage sur le comportement mécanique de ces dernières. Ainsi l'approche des professionnels sur ce sujet a-t-elle évolué de la nécessité de mettre bout à bout des planches dans la perspectives de faciliter les opérations de manutention utiles à l'encollage, à celle de réaliser des assemblages à haute résistance mécanique dont les performances contrôlées permettent la qualification du matériau composite GL. Ce revirement de situation n'aurait pas pu être possible sans la mise au point de plusieurs générations de mélange collant travaillées dans le but d'en simplifier la mise en œuvre dans un contexte industriel, d'améliorer la performance de l'assemblage, et de diminuer le nombre de produits chimiques sur les lieux de travail. Aujourd'hui l'encollage des aboutages s'opèrent soit en composants séparés sur des colles bi-composant soit en polyuréthane mono composant. »

**Estelle VIAL, pôle Environnement Santé, Institut FCBA**

### En amont de la fabrication

Le bois lamellé est aujourd'hui le fruit de la haute technologie, et ce à chacune des étapes de son parcours. L'appui technologique commence bien avant la fabrication proprement dite, notamment avec la « mécanisation forestière ». L'exploitation de la forêt va ainsi de pair avec l'intervention de technologies de pointe telle l'informatique embarquée ou la gestion cadastrale par satellite.

La matière première « bois » est ensuite analysée pour être classée selon ses caractéristiques mécaniques. La technologie accompagne cette opération pour une plus grande fiabilité : la classe mécanique des lamelles de bois est déterminée par ultrasons, garantissant les propriétés de résistance et de rigidité.

En parallèle, à l'autre extrémité de la chaîne, on crée des bâtiments. Les bureaux d'études intègrent aujourd'hui les contraintes de fabrication et de mise en œuvre dès la phase de conception grâce aux logiciels de CAO (conception assistée par ordinateur) et FAO (fabrication assistée par ordinateur).

### Fabrication et usinage

La fabrication *stricto sensu* a également vu ses process évoluer considérablement au cours des dernières décennies. L'automatisation, le numérique et la sécurité sont venus bouleverser les différentes étapes de transformation en les rendant à la fois plus rapides, plus précises et plus sûres.

### Levage

Les poutres en bois lamellé pouvant atteindre des portées exceptionnelles, la question du levage se pose immédiatement. Pour le transport, l'arrivée sur le marché des attelages à essieux multidirectionnels a permis la diminution du nombre de transports, amélioré la maniabilité sur la route, et donc facilité et sécurisé l'accès aux chantiers. Il est ainsi possible de transporter jusqu'à 1500 m<sup>2</sup> de surface de charpente sur un unique convoi.

Sur chantier, les professionnels sont désormais équipés du matériel d'implantation adéquat, calqué sur le modèle des outils du géomètre (niveau laser et plumb-plane, laser mètre, théodolite). Ce matériel permet aujourd'hui aux entreprises d'implanter leurs ouvrages dans des temps très courts en ne mobilisant qu'un seul salarié.

Le matériel d'élévation du personnel a aussi permis des avancées importantes en termes d'amélioration des conditions de travail, donc d'efficacité et de sécurité des équipes. Les cadences de pose varient suivant la conception de la charpente et peuvent atteindre jusqu'à 5000 m<sup>2</sup> par semaine. La diversité des types de nacelles rend assez rares les situations où les constructeurs sont contraints de revenir à d'autres moyens d'accès comme les échafaudages collectifs ou les lignes de vie. Quant au matériel de grutage, il évolue d'année en année : plus rapide dans ses mouvements, plus compact, plus précis... Mais c'est sans doute l'arrivée des élévateurs frontaux télescopiques qui a le plus apporté en matière de diminution des coûts de manutention. Même si la location reste majoritairement sollicitée, plusieurs entreprises se sont équipées de leurs propres matériels de transport et de manutention.



« La phase de rabotage a gagné en rapidité grâce au montage sur un même châssis de plusieurs raboteuses : les premières travaillent à la mise à dimension des poutres, les dernières assurent une qualité de surface de haut niveau.

De même, l'encollage a connu une nouvelle évolution récemment avec la systématisation de l'encollage séparé pour les mélanges collants et l'extrusion sous vide pour les colles mono-composant (PU et EPI). Les équipements les plus récents permettant la mise en œuvre des mélanges, consistent en deux encolleuses à recyclage dédiées, l'une à l'adhésif, l'autre au durcisseur. La variation importante des débits qu'il est possible d'obtenir sur chaque encolleuse permet d'une part d'accélérer ou de ralentir la prise des collages, et d'autre part de faire varier les grammages déposés sur chacune des planches d'un collage dans le but d'optimiser la consommation de produits collants.

Concernant le séchage -ou plus précisément la polymérisation de la colle, une des technologies aujourd'hui utilisées, le séchage à hautes fréquences, permet de produire en continu dans des délais très courts. Enfin, les machines à commandes numériques permettent des découpes d'une extrême précision et la réalisation de toutes les formes possibles. »

**Jean-Baptiste MOULIE,**  
Président du Syndicat National du Bois Lamellé

## Parole d'expert

Levage d'un bâtiment logistique  
à Port Saint Louis (GSE)

### Respect des normes

Le lamellé est soumis au marquage CE. Aussi, il doit satisfaire à un certain nombre d'exigences en termes de performances (mécaniques, résistances, durabilité...) et de qualité de fabrication. Afin de justifier de ces qualités, le marquage CE exige un contrôle indépendant. En conséquence, les fabricants de bois lamellé français s'attachent à un respect scrupuleux des exigences normatives françaises et européennes, tant sur le terrain de la qualité de conception et de fabrication que de la qualité du produit (norme harmonisée NF EN 14.080) ou de sa mise en œuvre. L'attachement à ce respect est lisible par le nombre d'entreprises françaises disposant du droit d'usage de la marque ACERBOIS-Glulam. → **voir la liste des titulaires de la marque ACERBOIS.**

### Certification ACERBOIS

ACERBOIS-Glulam est une certification, relevant d'une démarche volontaire des industriels, qui assure à l'utilisateur la fiabilité et la qualité des éléments structuraux mis en œuvre grâce à des inspections indépendantes bi-annuelles. Basée sur un référentiel (déposé au ministère de l'Industrie), cette marque atteste des classes de résistance et d'usage, du produit de préservation, du type de colle utilisé ainsi que de la mise en œuvre de bois issus de forêts gérées durablement (mention FC). Cette certification garantit également que le produit provient d'une fabrication dont la qualité est contrôlée (essais et inspections) par un organisme indépendant, en l'occurrence l'Institut FCBA ou le CEBTP.

### Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire

Le bois lamellé a été l'un des premiers matériaux à avoir disposé, dès 2003, d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES, disponible sur le site [www.inies.fr](http://www.inies.fr)). Cette fiche, réactualisée en 2009, prouve que le bois lamellé répond parfaitement aux attentes impulsées par une politique sanitaire exigeante. Dans cette perspective, les produits de préservation, de finition et les adjuvants qui entrent dans la fabrication du bois lamellé ont largement évolué au cours de la dernière décennie, en conformité avec les réglementations françaises et européennes (REACH, Biocides...) Ces produits sont soumis à des évaluations de toxicité (Tox et Ecotox) excluant les solvants organiques. La certification CTB P+ atteste de leur innocuité pour l'environnement et la santé humaine.

### Attestation Excell Zone Verte

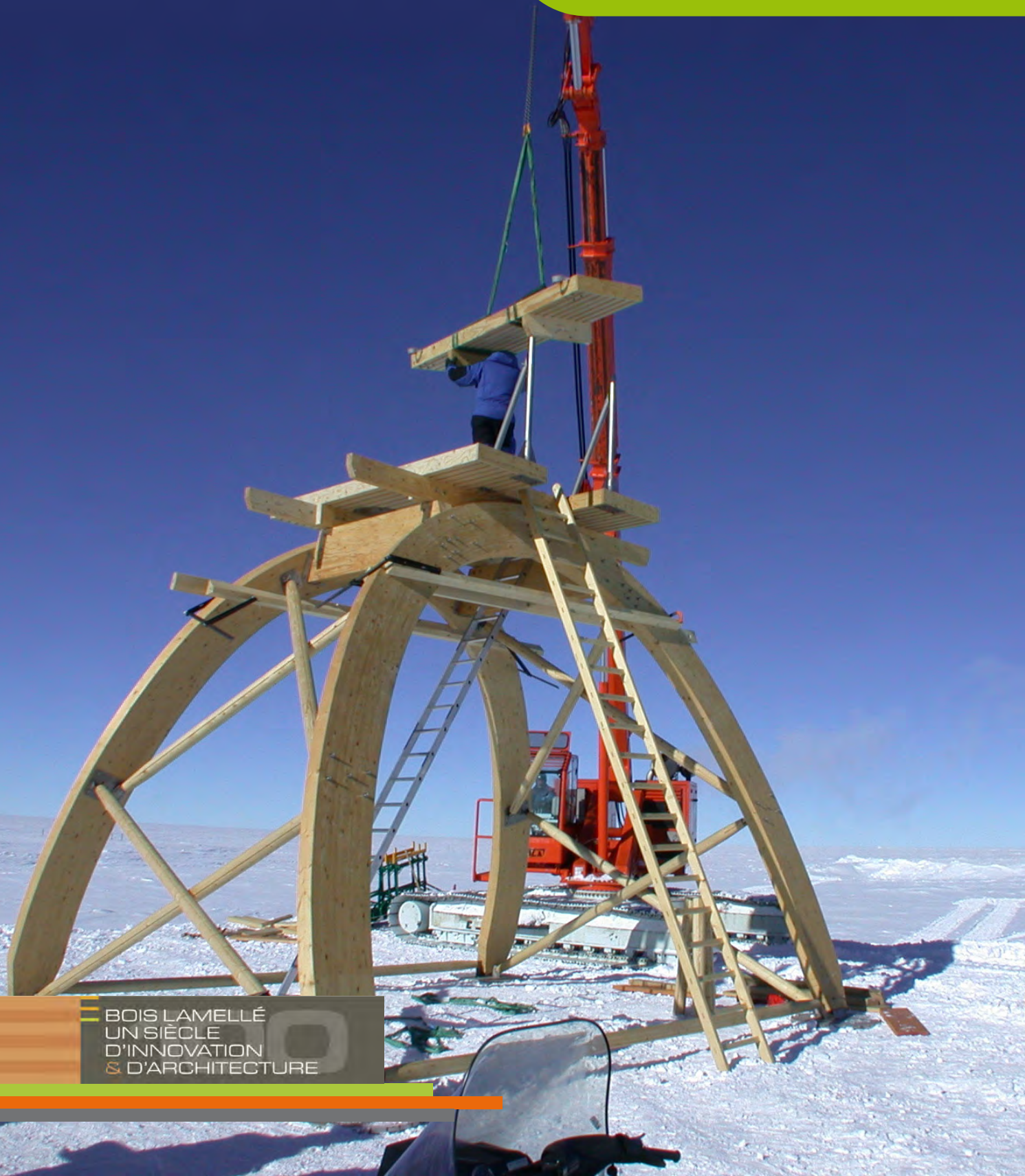
Le bois lamellé, du fait de ses qualités sanitaires, est souvent sélectionné dans le cadre de bâtiments dont l'activité repose sur une production « sensible », qui pourrait être altérée par son environnement. Au premier rang, l'industrie agroalimentaire compte de nombreux bâtiments intégrant le bois lamellé : chais, fromageries, laiteries, marchés alimentaires... sont autant d'exemples. Ce choix du lamellé est aujourd'hui motivé par l'attestation Zone Verte du Laboratoire EXCELL (Médailles d'argent et de bronze) garantissant de la totale innocuité de ce matériau vis-à-vis de la qualité de l'air et des produits qu'il abrite.



Montage de la halle du marché de Mantes la Ville  
Architecte : Agence APRAH (75)

# PERFORMANCES DU BOIS LAMELLÉ

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



BOIS LAMELLÉ  
UN SIÈCLE  
D'INNOVATION  
& D'ARCHITECTURE

## 1 | Performances mécaniques et usages

Classes de résistance

Classes d'usage

Point fort : les portées

## 2 | Performances constructives

Une multitude de formes

Dimensionnement et conception

La préfabrication au service de la construction

## 3 | Performances environnementales

Un matériau pour l'environnement

Bilan carbone

Propriétés thermiques

La Qualité Environnementale des Bâtiments

## 4 | Propriétés de résistance

Résistance au temps

Résistance au feu

Résistance aux agressions chimiques

*Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.*



*Herbert Art Gallery à Jordan Well  
au Royaume-Uni, rénové en 2008  
Architecte : Pringle Richards*

### Classes de résistance

En tant qu'élément de structure, le bois lamellé est avant tout un matériau solide qui offre une grande stabilité, ne se tord ni ne se déforme. Ses propriétés de résistance mécanique diffèrent selon les éléments qui constituent la poutre (essence et qualité des bois constituant les lamelles). De ce fait, il est aisé d'adapter une poutre en bois lamellé aux efforts auxquels elle sera contrainte. Pour faciliter cette correspondance entre les besoins d'un ouvrage et les caractéristiques mécaniques d'une poutre en bois lamellé, la norme EN 1194 a établi des classes de résistance, permettant d'évaluer les poutres. Les classes le plus couramment rencontrées en structure sont GL 24 et GL 28. Les propriétés et les contraintes caractéristiques associées ont été définies pour chaque classe. Résistance à la flexion, à la traction axiale et transversale, à la compression axiale et transversale... sont autant de propriétés connues pour chaque poutre. Ainsi, un bois lamellé de classe GL 24 affiche, par exemple, une résistance à la flexion de 24 MPa.

### Classes d'usage

La norme NF EN 335 définit 5 classes de risques d'attaque biologique conditionnant les contextes d'utilisation du bois. Ce classement permet de déterminer des classes d'utilisation en fonction de l'aptitude du bois à remplir son rôle au cours de la durée de vie requise pour l'ouvrage. Cette classe dépend des conditions d'utilisation, des risques biologiques auxquels l'ouvrage est soumis en service et de la durabilité du bois lamellé. Cette durabilité peut être naturelle ou conférée par un procédé de préservation. La certification Acerbois-Glulam reprend ces classes d'usage :

**Classe 1 :** bois lamellé destiné à une utilisation où le taux d'humidité en service reste en permanence inférieure à 18%.

**Classe 2 :** bois lamellé destiné à une utilisation où l'humidité en service reste normalement inférieure à 18 %, mais qui peut occasionnellement dépasser 20 %, ne serait-ce qu'en surface, à cause d'une humidification ou d'une condensation temporaire.

**Classe 3 :** bois lamellé destiné à une utilisation où le bois est soumis aux intempéries ou à d'autres sources d'humidité, sans être en contact avec le sol. L'humidité du bois peut dépasser 20% de manière répétitive.

**Classe 4 :** bois lamellé destiné à une utilisation où le bois est exposé aux intempéries, ou en contact avec le sol ou l'eau douce, et dont le taux d'humidité est en permanence supérieure à 20%.

### Point fort : les portées

Quelle que soit sa classe de résistance ou sa classe d'usage, le bois lamellé est caractérisé par une masse volumique, comprise entre 350 et 500 kg/m<sup>3</sup>. C'est donc un matériau relativement léger. Le rapport performance/ masse est donc particulièrement intéressant car, à la fois léger et résistant, le bois lamellé permet la réalisation de sections particulièrement importantes, capables d'assumer de très longues portées. Les franchissements de l'ordre de 40 mètres sont courants ; le record s'élevant à 130 m en France et 180 m aux Etats-Unis.



Pont de Crest, 92 m de long  
Architectes : Atelier de l'Entre (42)

### Parole d'expert

« Les produits entrant dans une construction doivent être triés par classe de résistance. A chacune de ces classes correspondent des valeurs de contraintes caractéristiques (flexion, traction, compression, cisaillement) qui sont ensuite utilisées par les bureaux d'étude ou les charpentiers pour le calcul des structures. Le bois comme les autres matériaux doit être vendu avec une classe de résistance mécanique, il en existe 3 pour les sciages : C30, C24, C18. Les lamelles ont donc chacune une classe de résistance (C24, C30...) En les associant, on forme du bois lamellé avec sa propre classe de résistance (GL24, GL28,..) »

Patrick MOLINIE, pôle Industrie Bois Construction, Institut FCBA

### Une multitude de formes

Le bois lamellé est un matériau flexible qui s'adapte, à chaque étape de la réalisation, aux besoins de l'ouvrage et à l'imagination des concepteurs. Ainsi, les sections peuvent être parallélépipédiques ou circulaires, avec une possibilité intermédiaire ovoïde. Dans un second temps, les éléments eux-mêmes (les poutres) permettent des formes variées : lignes directrices droites ou courbes, à inertie constante ou variable. La diversité offerte par ces divers types de sections et ces multiples formes de poutres, ouvre un éventail quasi infini quant aux possibilités de structure et de dessins d'ouvrage. Ajoutons à cela l'exceptionnelle portée du bois lamellé, et les structures prennent un tour créatif, original et souple.

### Dimensionnement et conception

Une fois le mode constructif choisi, une phase de calcul permet de dimensionner les éléments, déterminer leurs formes et, par conséquent, les usinages et assemblages dont les poutres devront faire l'objet. Cette étape de conception est aussi le moment d'intégrer les contraintes s'exerçant sur le bâtiment (poids de l'ouvrage, reprises de charge, pressions extérieures...) Bien entendu, l'ingénierie est aujourd'hui largement présente à ce niveau.

Dessins, plans en 3D et simulations guident le concepteur afin de concrétiser son projet. Par ailleurs, de nombreux logiciels de calculs, couramment utilisés dans le BTP, intègrent des modules de dimensionnement des structures en bois lamellé sur la base des codes de calcul réglementaires (Eurocode 5, CB 71, DTU bois-Feu...). Au-delà de la conception, l'ingénierie joue également un rôle essentiel au moment de l'exécution. Les principaux logiciels utilisés en bureaux d'études permettent ainsi la réalisation de plans de structure en lamellé avec codages et données servant à la fabrication.

### La préfabrication au service de la construction

Au-delà de la latitude architecturale qu'il accorde, ce matériau moderne offre aussi de grandes possibilités du côté de la préfabrication afin de maîtriser la réalisation des structures de grande taille et d'intégrer, dès la phase de conception, les contraintes s'imposant à l'édifice. Cette préfabrication permet non seulement de raccourcir considérablement les délais de montage mais aussi, elle garantit une communication optimale entre la conception, la fabrication et la mise en œuvre, qu'il s'agisse de bâtiments, d'aménagements urbains ou de ponts routiers. Pour ces ouvrages, la préfabrication (dite « préfabrication lourde » par opposition à la préfabrication légère des ossatures bois) débute avec la fabrication des poutres en bois lamellé. Elle se poursuit avec la phase de taillage en centre d'usinage. Et s'achève avec l'application de produits de préservation puis de finition.

Levage de la structure du Zénith de Limoges  
Architectes : Tschumi, BTuA (75) et Atelier 4 (87)



### Parole d'expert

« Les premières structures de très grandes portées en arcs furent réalisées avec l'apport de bureaux d'étude structure, dès les années 1950. Les enjeux qui se présentèrent aux entreprises de charpente intéressées par cette technologie, nouvelle à l'époque, peuvent se résumer en quelques points :

- Maîtriser la conception de ces structures de grande taille ou, en d'autres termes, évoluer d'une pratique empirique et expérimentale de la conception des structures vers des méthodes fondées sur la connaissance du matériau et l'application des théories de la résistance des matériaux dans un cadre réglementaire et normatif.
- Intégrer les contraintes de fabrication et de mise en œuvre dans la conception
- Garantir les voies de communication les plus courtes et les plus efficaces entre les hommes d'étude et ceux chargés de la réalisation d'ouvrages importants à la naissance d'une industrie nouvelle.

Aujourd'hui, les enjeux sont inchangés, mais les outils ont évolués (logiciels de calcul 3D, ingénieurs intégrés aux entreprises, logiciels de CAO et de FAO...) »

**Patrick MOLINIE, pôle Industrie Bois Construction, Institut FCBA**

### Un matériau pour l'environnement

Respectueux par nature, le bois apporte un grand nombre d'avantages environnementaux dans la construction (nous verrons ces avantages en détails dans le chapitre qui leur est consacré). Naturel, renouvelable et recyclable, le bois lamellé participe également à la réduction de l'effet de serre par stockage du CO<sub>2</sub> : une tonne de bois produite correspond à 1,6 tonne de CO<sub>2</sub> absorbé, 1,1 tonne d'oxygène restitué et 0,5 tonne de carbone fixé. Le bois est également un matériau à faible impact car, peu transformé, il réclame peu d'énergie. Ces dépenses énergétiques sont par ailleurs compensées par l'énergie biomasse contenue dans le bois.

### Bilan carbone

Selon l'analyse du cycle de vie réalisée par l'Institut FCBA, depuis la coupe du bois jusqu'à la fin de vie (en passant par la transformation, les transports et la période d'usage), la mise en œuvre d'1 m<sup>3</sup> de bois lamellé génère (sur sa durée de vie totale) 1500 kg eq. CO<sub>2</sub>... tandis que ce m<sup>3</sup> permet parallèlement de stocker 1800 kg eq. CO<sub>2</sub>. Soit un bilan carbone négatif, de l'ordre de -300 kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> de bois lamellé.

### Propriétés thermiques

Une structure en bois lamellé dispose de propriétés thermiques intéressantes. Si on ne peut pas, à proprement parler qualifier ce matériau d'isolant, il demeure le seul matériau de structure à offrir une faible conductivité thermique (coefficient de conductivité lambda de 0,12 W/m°C), contribuant ainsi à la cohésion de l'efficacité énergétique globale d'un bâtiment. Pour comparaison, le bois est 15 fois plus isolant que le béton et 416 fois plus que l'acier.

### La Qualité Environnementale des Bâtiments

Le bois lamellé est un matériau particulièrement pertinent dans la démarche de qualité environnementale des bâtiments (QEB), devenue une priorité pour la construction. Ainsi, le référentiel HQE définit 14 cibles en vue de maîtriser les impacts environnementaux et sanitaires. L'utilisation de bois lamellé permet de contribuer au respect de 11 des 14 cibles. Ce matériau de structure apporte des réponses efficaces aussi bien sur le terrain du respect du site (chantier à faible nuisance, matériau renouvelable) que sur ceux de la gestion de l'énergie, du confort et de la santé. Fort de ces atouts, le bois lamellé est présent dans bon nombre de réalisations HQE.

« Le bois lamellé est un matériau qui présente des atouts environnementaux indéniables. D'abord c'est un matériau durable et résistant. C'est également un matériau qui répond aux exigences des référentiels en vigueur concernant la qualité environnementale des bâtiments. »

Jean-Baptiste MOULIE, Directeur général adjoint Briand Construction

### Parole d'expert

La Maison de la Nature,  
ouvrage HQE à Muttersholtz  
Architectes : IXO architecture (67)

### Parole d'expert

« Tout au long de sa vie, depuis la pousse puis la coupe du bois jusqu'à la fin de vie, en passant par la fabrication et la construction, une poutre en bois lamellé (représentant 1m<sup>3</sup>) émet -300 kg équivalent CO<sub>2</sub>. Un bilan carbone négatif du au stockage de carbone par les arbres. 1 m<sup>3</sup> de béton émettra 255 kg eq. CO<sub>2</sub>, 1 m<sup>3</sup> d'acier émettra 14000 kg eq. CO<sub>2</sub> (pour de l'acier primaire ; 3000 kg pour de l'acier secondaire). »

Estèle VIAL, pôle santé-environnement, Institut FCBA



### Résistance au temps

La conception et la sélection de bois adaptés aux conditions d'usage (classes de résistance mécanique, classes d'usage) garantissent un ouvrage durable, qui saura résister aux outrages du temps, durant plusieurs décennies. Ce, parce que le bois lamellé fait preuve d'une grande résistance face aux variations de température et d'humidité. Les caractéristiques mécaniques du bois ne sont en effet pas affectées par une élévation de température jusqu'à environ 60/80°C. Concernant l'humidité, le bois lamellé stabilise son équilibre hygroscopique en fonction de la température et de l'humidité relative de l'espace où il se situe. Si ces conditions sont stables, le bois lamellé l'est aussi. Le plus souvent, les éléments de structure en bois lamellé sont approvisionnés avec une teneur en humidité de l'ordre de 12 %, ce qui convient parfaitement aux bureaux, locaux commerciaux, logements... D'autre part, les traitements de préservation et la qualité des finitions permettent encore d'accroître la durabilité des ouvrages en bois lamellé.

### Résistance au feu

La résistance au feu est la capacité d'un matériau à maintenir ses fonctions, en l'occurrence structurelles, afin d'améliorer la sécurité du bâtiment et d'en permettre l'évacuation. Le bois lamellé dispose ici d'un avantage certain : son comportement est prévisible, et donc maîtrisable dès la conception. La vitesse de combustion des différents matériaux de construction à base de bois est connue (0,7 mm par face et par minute pour les essences résineuses), permettant aux concepteurs de prévoir les surépaisseurs nécessaires au maintien des performances mécaniques des éléments de structure, pour le temps exigé (une demi-heure, une heure, etc.). Lors d'un incendie, les températures à l'intérieur d'une poutre en bois lamellé, derrière les fronts de carbonisation, sont très largement inférieures à 100°C.

### Résistance aux agressions chimiques

Le bois lamellé est fortement résistant à l'action de nombreux produits chimiques, comparé à d'autres matériaux de construction. Ainsi, le bois lamellé résiste bien aux acides faibles (acétique, oxalique, lactique) avec une bonne résistance jusqu'à un pH de 2 ; à l'opposé, le bois résiste de même à une ambiance basique (jusqu'à un pH de 10). Avec les sels courants, l'expérience prouve qu'il n'y a pas d'effet significatif : le bois lamellé résiste parfaitement au sel comme à l'eau de mer.

Huiles, hydrocarbures, solvants et alcools n'affectent pas le comportement mécanique des structures.

Centre polaire  
Architecte : Dubourg (78)



Centre de secours avec structure en bois lamellé à Kayserberg

# IMMOBILIER D'ENTREPRISE

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



BOIS LAMELLÉ  
UN SIÈCLE  
D'INNOVATION  
& D'ARCHITECTURE

## 1 | Bureaux et sièges sociaux

Siège social Huttopia  
La Pharmacopée  
Bureaux Groupe BH  
Crédit Agricole Centre-France

## 2 | Commerces et services

Concession Toyota  
Intermarché Stadium  
Marchés couverts  
Aire de la Baie de Somme

## 3 | Bâtiments logistiques et de stockage

Silos à produits chimiques  
Plateforme d'expédition  
Parc logistique  
Plateforme de stockage

## 4 | Bâtiments industriels et usines

Déchetterie  
Ateliers de menuiserie  
Atelier de transformation d'avions  
Usine d'aluminium

## 5 | Bâtiments agro-alimentaires

Exploitation viticole  
Bâtiment d'élevage bovin  
Bassins piscicoles  
Manège équestre

*Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.*



## 1 | Bureaux et sièges sociaux

Du haut de ses cent ans, le bois lamellé s'affirme comme un matériau d'avenir qui sait, tout à la fois, répondre aux exigences de technicité, de solidité, de sécurité, d'esthétisme, de fonctionnalité, de durabilité et de respect de l'environnement. Matériau de structure, il autorise toutes les audaces pour véhiculer une identité professionnelle hors normes mais sait se faire plus modeste lorsque la rationalité des locaux prime.

Le parti-pris environnemental, l'identité « nature » et la possibilité de se démarquer en toute subtilité sont autant d'arguments qui permettent aujourd'hui au bois lamellé de proposer une nouvelle manière de voir les bâtiments de bureaux et de valoriser son entreprise. Pour toutes ces raisons, le bois lamellé s'impose de plus en plus comme le matériau de prédilection des nouveaux immeubles de bureaux et des bâtiments destinés aux activités tertiaires.





## Siège social Huttopia

Bureaux en bois pour le spécialiste  
de l'éco-tourisme en France

Saint-Genis-les-Ollières (69) | Architecte : **Atelier 71** (71)

Regroupant les bureaux de l'entreprise spécialisée dans les « campings nature », ce bâtiment de 489 m<sup>2</sup> a mis le bois en avant avec, notamment, une structure en bois lamellé apparente.



## La Pharmacopée

Direction européenne de la qualité du médicament  
Strasbourg (67) | Architecte : **Auket Art&Build** (Belgique)

C'est à l'initiative du Conseil de l'Europe que la « Pharmacopée » se réinstalle, dès 2007, dans un bâtiment de 23 000 m<sup>2</sup>. Pour ne pas dénaturer le quartier, cet édifice devait, malgré sa taille impressionnante, se faire oublier : bois lamellé et mur rideau en verre ont répondu à cette attente.



## Bureaux Groupe BH

Programme immobilier pour 3000 m<sup>2</sup> de bureaux  
La Chaize le Vicomte (85) | Architecte : **DMT** (85)

Le maître d'ouvrage souhaitait faire construire un nouvel immeuble de 3000 m<sup>2</sup> sur deux niveaux pour accueillir une partie des bureaux de son activité.

Le bois lamellé a offert à ce projet la possibilité de jouer avec les volumes. Il a également apporté une atmosphère à la fois chaleureuse et empreinte de progrès.



## Crédit Agricole Centre-France

Siège social régional à énergie positive dans le Massif Central  
Aurillac (15) | Architecte : **AFAA Architecture** (69)

Le nouveau siège du Crédit Agricole Sistrières-Aurillac, positif en énergie, anticipe la RT 2020.

Notable, ce projet visionnaire a été réalisé en un temps record, en 17 mois.

Le bois lamellé s'est donc imposé comme matériau idéal pour répondre à cette contrainte de temps tout en correspondant aux aspirations écologiques du programme.

## 2 | Commerces et services

Présent depuis de nombreuses années en structure de grands centres commerciaux et halles de marchés couverts, le bois lamellé apporte une réponse simple à la question fondamentale de l'activité commerciale : un maximum d'espace. Le bois lamellé permet en effet de dégager l'espace au sol de toute entrave. Par ailleurs, le bois lamellé a affirmé sa position sur ce secteur du fait des garanties qu'il apporte quant à la sécurité en général et à la sécurité incendie en particulier.

Fort de ces arguments, le bois lamellé s'impose aujourd'hui sur d'autres types de bâtiments de moyennes et petites surfaces. Commerces de proximité, bâtiments de service, show-room... sont séduits par le bois lamellé du fait de l'identité « nature » que ce matériau de structure instaure. Ce type de structure, si elle répond à une conception peu complexe, est également très compétitive au niveau budget.



Magasin Biocoop de Trelissac  
Architecte : Marc Eyssartier (24)



## Concession Toyota

La première éco-concession du groupe en Europe  
Aytré (17) | Architecte : **Atelier d'architecture Frédéric Periot** (85)

Non loin de La Rochelle, cette éco-concession de 5000 m<sup>2</sup>, comptant show-room et ateliers, est la première en son genre dans toute l'Europe. Côté structure, le choix a été fait d'utiliser une structure en bois lamellé aussi bien pour une question d'esthétique et de possibilités architecturales que pour des raisons environnementales.



## Intermarché Stadium

Grande surface commerciale  
Beaufort-en-Vallée (44) | Maître d'œuvre : Cabinet A2D

Si le bois lamellé se voit dès l'extérieur avec une pergola des plus impressionnante, sa vraie fonction est à l'intérieur. Il campe en effet la structure de cet espace de 11 500 m<sup>2</sup>. Discrètement peint en blanc, le bois lamellé a permis d'ouvrir le toit pour faire entrer la lumière naturelle.

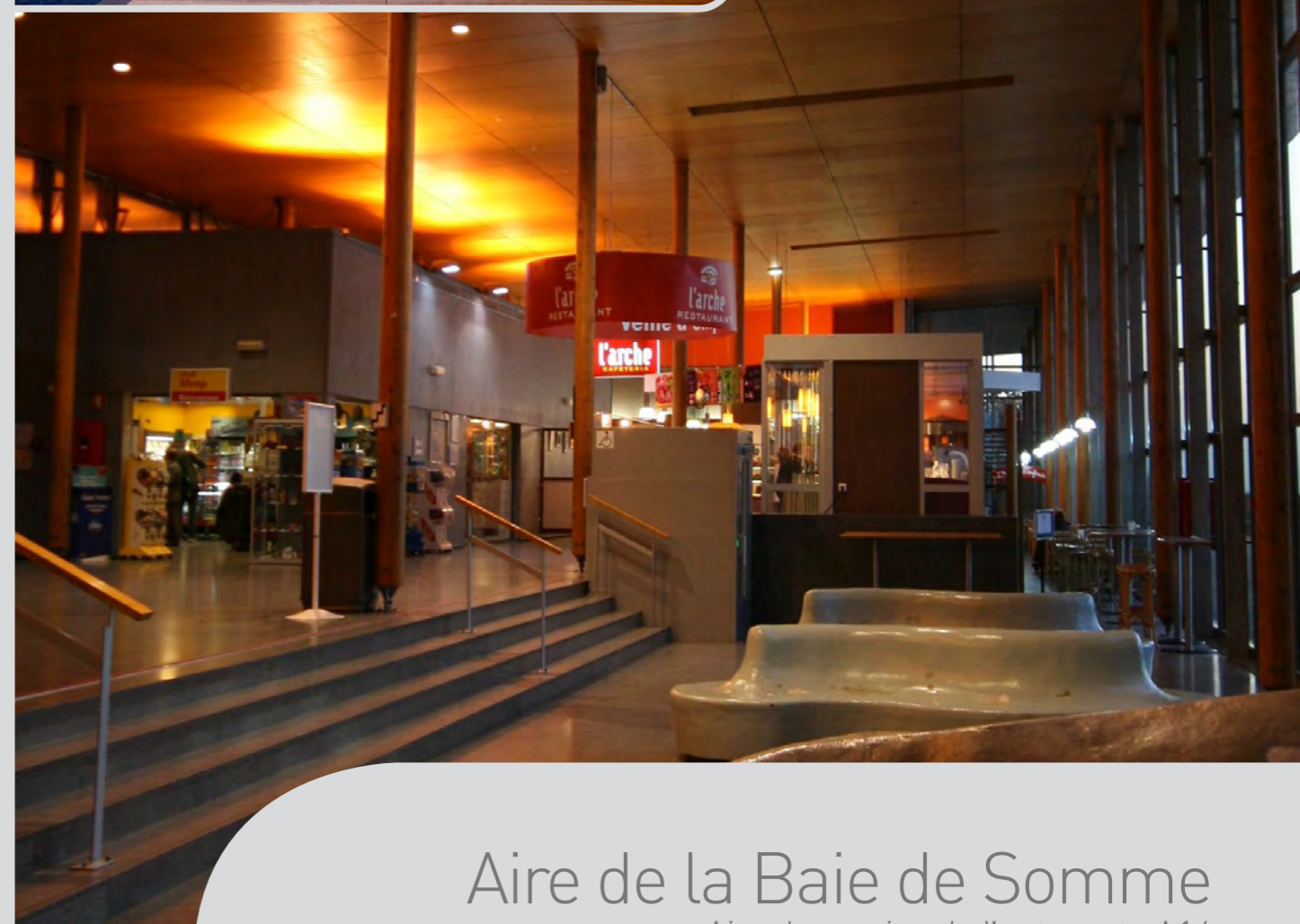
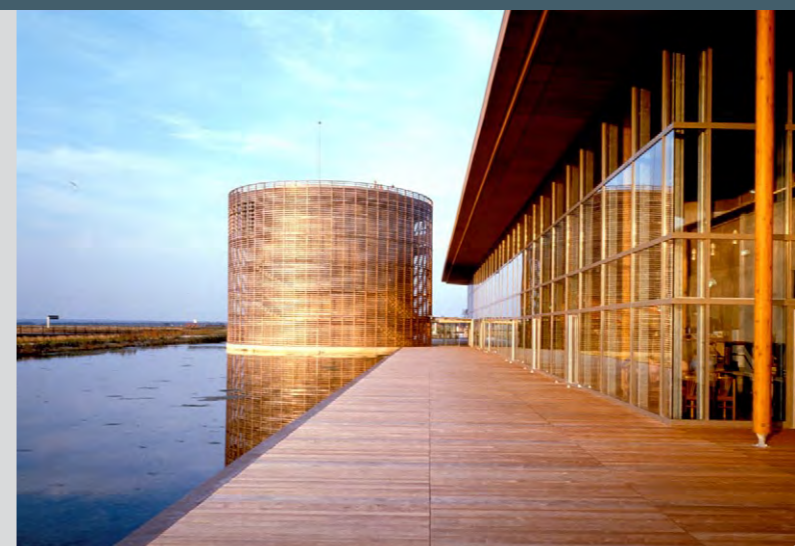




## Marchés couverts

Les halles de marché de Dreux et Mantes-la-Ville  
Dreux (27) et Mantes-la-Ville (78) | Architecte : **Agence APRAH** (75)

A Dreux comme à Mantes la Ville, c'est le bois lamellé qui a été choisi pour réaliser les nouvelles halles abritant le marché alimentaire de la ville. Ce choix de structure a permis la réalisation d'un bâtiment à la forme inattendue à Dreux, presque rond. À Mantes-la-Ville, la forme paraît plus simple, mais une fois à l'intérieur, le spectacle est tout aussi impressionnant.



## Aire de la Baie de Somme

Aire de service de l'autoroute A16  
Sailly-Flibeaucourt (80) | Architecte : **Bruno Mader** (75)

Ce projet, livré fin 1998, s'étire sur 4800 m<sup>2</sup> (surface hors œuvre brute) et comprend espaces commerciaux, restaurants, sanitaires, salle d'exposition et station essence. Le bâtiment a été conçu de sorte que l'on puisse pleinement profiter du paysage. Ainsi, la structure en bois lamellé a permis la réalisation d'un mur rideau en verre pour mieux profiter du panorama sur la plaine.

### 3 | Bâtiments logistiques et de stockage

Au cours des dernières années, le bois lamellé a su s'imposer durablement sur le terrain des bâtiments logistiques, du fait de sa préfabrication, de chantiers secs et donc particulièrement courts... et de sa compétitivité.

Dans ce type de constructions, les structures en bois lamellé sont, de fait, relativement simples et, en conséquence, peu coûteuses. Ces structures ont d'autres intérêts : tout à fait adaptées aux nouvelles exigences sur le risque sismique, les structures en bois lamellé disposent d'une excellente capacité à gérer et absorber les efforts et tassements. Enfin, les structures en bois lamellé permettent une gestion optimale de l'espace et le stockage de tous types de produits, même agressifs.





## Silos à produits chimiques

Unités de stockage horizontal  
Caen (14) et Bassens (33)

Ce type de bâtiment logistique est conçu pour le stockage de matériaux en vrac, tel le sel mais aussi le soufre ou encore les phosphates. Ici, il s'agit de silos dédiés au stockage de produits chimiques agricoles. Le bois lamellé est adapté à ce type de bâtiment pour deux raisons majeures : les longueurs de portée permettant un important dégagement au sol et la grande résistance aux ambiances corrosives.



## Les Grands Chais de France

Plateforme d'expédition

Petersbach (67) | Maître d'œuvre : Amsycom Artay

Ce bâtiment de 28 000 m<sup>2</sup> de surface (dont 11 500 m<sup>2</sup> avec structure en bois lamellé) cumule des fonctions logistiques avec une activité administrative en étages. La structure a fait appel à des poutres de 31 m de portée.



## Parc logistique Nexity

Parc d'entreprises

Atton (85) | Maîtres d'œuvre : **Corum architectes, François Machecourt**

Le parc logistique d'Atton a été réalisé pour le groupe Wolseley. Cette plateforme de 19 000 m<sup>2</sup> de surface repose sur un unique bâtiment regroupant 3 cellules de stockage et de manutention et une aire de stockage extérieur.



## Plateforme Yves Rocher

Plateforme verte de logistique

Sainte-Marie (35) | Maître d'Œuvre : **Gazeley**

Dédié à la gestion des stocks et la préparation de commandes pour les deux usines du groupe Yves Rocher, ce bâtiment logistique de 18 000 m<sup>2</sup> implanté à Sainte-Marie a été réalisé dans un contexte d'immobilier logistique durable. La structure en bois lamellé souligne ainsi la dimension « éco-logistique ».

## 4 | Bâtiments industriels et usines

Les structures en bois lamellé se révèlent particulièrement adaptées aux bâtiments industriels ou à des constructions de taille plus restreinte, comme des ateliers ou des usines.

La pertinence de ce matériau en contexte industriel tient à sa résistance, toute particulière, aux ambiances agressives. Sel, eau de mer, humidité, huiles, hydrocarbures, solvants... une structure en bois lamellé ne pâtit aucunement de tels voisinages.

En plus de quoi, le bois lamellé offre la possibilité d'évolutions ultérieures à coût raisonnable. Une souplesse qui permet aux petites et moyennes entreprises industrielles d'agrandir les locaux sans nécessiter de déménagement. Enfin, le bois lamellé offre un réel confort de travail grâce à l'ambiance qu'il procure.





## Centre de traitement des déchets de la Veuve

Traitement des déchets

**La Veuve** (51) | Architecte : **S'Pace architecture** (94) et **Sepoc** (69)

Le centre de traitement de la ville de La Veuve, dispose d'une surface totale de plus de 31 000 m<sup>2</sup> avec une structure en bois lamellé. Ce choix de matériau répond à une exigence de résistance de la structure face à l'ambiance agressive inhérente à ce type d'activité.

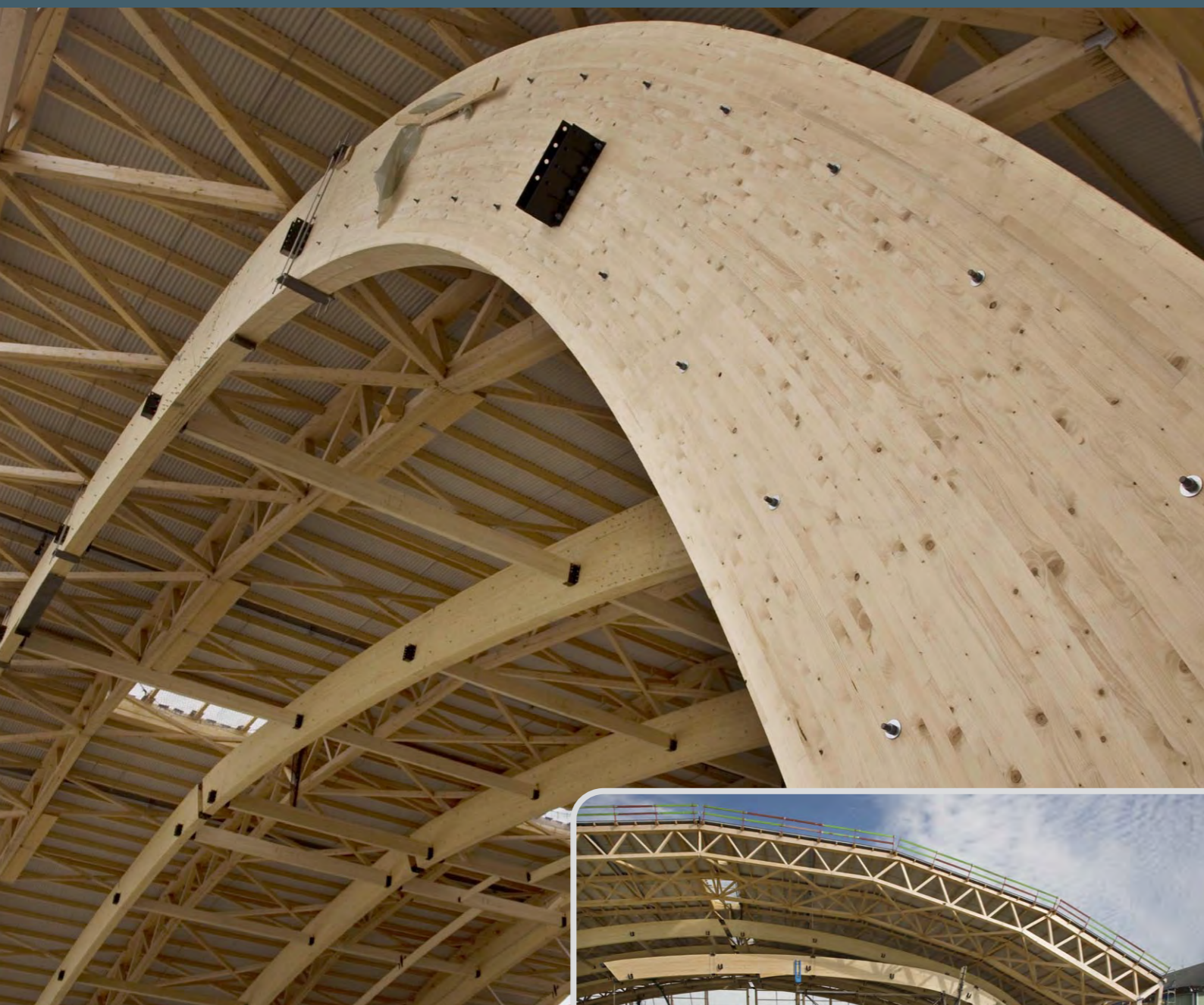


## Ateliers de menuiserie

Petite structure industrielle

**Orbec** (14) | Architecte : **D. Du Merle** (92)

Cette imprimerie, située en Normandie, a profité d'une structure en bois lamellé pour inscrire une identité originale avec deux bâtiments aux formes courbes. Le bois est mis à l'honneur et rappelé en extérieur comme un point d'orgue.



## Hangar Jet Aviation

Atelier de transformation d'avions

Bâle (Suisse) | Architecte : **Nobert Rudiger Glockner** (Allemagne)

Avec 2628 m<sup>2</sup> de surface, la contrainte majeure de cet atelier résidait dans la nécessité de libérer de l'espace au sol de sorte à faciliter le passage des avions. Pour ce faire, des poutres en bois lamellé d'une portée de 70 mètres ont été mises en œuvre. Cette longueur de portée importante permet de limiter le nombre et la fréquence des appuis.



## Société Alsacienne d'Aluminium

Usine d'Aluminium

Sélestat (67) | Architecte : **François Kieffer** (75)

Cette usine de 12 493 m<sup>2</sup> repose sur une structure en bois lamellé. Le choix de ce matériau présente l'avantage de la durabilité, d'autant qu'il ne se dégradera pas du fait de la production

## 5 | Bâtiments agro-alimentaires

Le bois lamellé est un matériau naturel et sain qui contribue à un air intérieur de qualité. Aussi, une structure en bois lamellé n'altère aucunement la qualité de l'air intérieur (pour les humains ou pour les animaux) ou la qualité de produits fragiles (productions alimentaires). Le bois lamellé dispose à ce titre d'une attestation Zone Excel qui garantit l'innocuité du matériau vis-à-vis de l'air ou de denrées qu'il abrite. Cet argument fait du bois lamellé le matériau idéal pour les bâtiments agricoles.

Les bâtiments d'élevage ou les centres équestres en bois lamellé profitent d'un véritable plus en termes d'ambiance et de bien-être des animaux. Un argument qui est confirmé par nombre d'éleveurs. Enfin, le bois lamellé est un matériau durable exigeant un entretien minime.







## Cuvier de Château la Lagune

Exploitation viticole

Ludon (33) | Architecte : **Bagio Piechaud** (33)

Le Château la Lagune avait besoin de bâtiments plus grands. De nouveaux chais ont été réalisés en bois lamellé pour ajouter une surface de plus de 3000 m<sup>2</sup>. Il s'agit ici d'une charpente mixte bois lamellé/acier.



## Élevage bovin La Petite Rivière

Bâtiment d'élevage

Saint-Symphorien (79) | Conception : **Morisset construction**

Dans ce bâtiment, l'organisation spatiale fait partie de la conception. Les circulations des animaux, des hommes et des machines nécessaires à la production ont été pensées dès le départ pour un résultat parfaitement agencé. Les équipements de production sont par ailleurs intégrés au bâtiment, de même que les bureaux.



## Bassins piscicoles Viviers de France

Elevage de poissons

Mezos (40) – Architecte : **Loisier, Baret**

Ces bassins piscicoles devaient être recouverts, à la fois pour être protégés et pour recevoir une couverture photovoltaïque de plus de 40 000 m<sup>2</sup>. Des plots béton soutiennent des fermes en bois lamellé. Des passerelles techniques sont intégrées à la charpente pour l'entretien des panneaux.



## Manège équestre de la Maison familiale et rurale de Fonteveille

Centre équestre

Châtelleraut (86) | Architecte : **Dominique Blondel** (37)

Le bois lamellé utilisé en charpente permet de satisfaire aux contraintes de portance, d'hygrométrie et de recherche d'esthétique. Il a été utilisé pour la partie boxes comme pour la réalisation du manège.

# CONCEPTION D'UN OUVRAGE EN BOIS LAMELLÉ

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



## 1 | Aspect : un matériau, des designs

Esthétique du bois lamellé

Essences et finitions

## 2 | Matériaux : bois et plus si affinité

La carte de la mixité

Assemblages : visibles ou discrets ?

## 3 | Formes : de la poutre à l'ouvrage

Formes des éléments

Forme des ouvrages

Les systèmes constructifs

## 4 | Dimensionner et dessiner : la conception assistée par ordinateur

Spécificités d'un ouvrage bois

CAO et ingénierie en conception

*Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.*



Salle des sports de Annemasse (74)  
Architecte : Atelier Wolff

## Esthétique du bois lamellé

L'aspect du bois lamellé, différent du bois massif bien sûr, est plus contemporain, avec une superposition de lamelles qui confère aux poutres une esthétique très « structurée ». Il peut, selon les attentes, présenter un aspect homogène (collage de bois de même essence et de même qualité) ou panaché (collage et panachage de qualités et d'essences différentes). Il propose, par ailleurs, différents aspects de surface, autorisant une véritable diversité de rendu. Depuis les produits issus directement des sciages, pour une matière très brute, jusqu'aux rabotés, poncés, voire sablés... la gamme des surfaces est vaste.

## Essences et finitions

Les essences les plus couramment employées en structure sont des résineux (sapin, épicéa, pin sylvestre, douglas et mélèze) mais d'autres essences, résineuses ou feuillus, répondent aux exigences fixées par les normes en vigueur. Cette diversité d'essence offre un intéressant panel de couleurs, allant du bois presque blanc (avec, par exemple, le sapin) au rosé typique du douglas en passant par le jaune d'un mélèze... Les essences pourront donc être choisies en fonction de l'aspect et de la couleur attendus et contribuer ainsi à l'esthétique de l'ouvrage. Dans le cas d'un emploi en extérieur, ces teintes naturelles peuvent évoluer (rayons UV du soleil, pour les pièces qui y sont soumises) et tirer vers un coloris argenté. Certains apprécient cet effet qui octroie aux bois de structure une certaine « patine ». Il est cependant possible d'éviter cette évolution en appliquant sur les bois des produits de finition (vernis, lasures, peintures) qui les préserveront de ce phénomène et garantiront la stabilité du coloris initial. Selon leur composition ils protégeront l'aspect originel du bois ou le modifieront. On peut ainsi faire évoluer une essence claire et accorder une autre teinte, plus soutenue ou sombre. Autre rendu, les peintures microporeuses en phase aqueuse, plus couvrantes, permettent un aplat de couleur uniforme, très contemporain.

Mais les finitions n'apportent pas que de la couleur (ou de la transparence) : elles se déclinent également sur le thème du toucher. Ainsi a-t-on vu se développer, ces dernières années, des gammes de produits à l'aspect brillant, satiné ou ultra mat qui participent pleinement à définir le style d'un bâtiment.



The Credit Valley Hospital (Ontario, Canada)  
Architectes : Farrow Partnership Architects Inc



## Parole d'expert

« Pour Tye Farrow, architecte concepteur du Credit Valley Hospital d'Ontario, l'introduction de la structure en bois lamellé dans le foyer du centre hospitalier avait pour but principal de créer un lieu de rencontre thérapeutique pour les patients et le personnel. La richesse du matériau et la configuration du système structural procurent au foyer de cet hôpital une atmosphère de calme et de sérénité nécessaires au mieux-être des patients. (...) Le détail des fixations des membrures a permis de développer un aspect esthétique très naturel (...) Le travail entre l'architecte, l'ingénieur en structure et le spécialiste en bois lamellé a permis de créer une structure qui emprunte son imagerie à la forêt. »

Joël COURCHESNE, architecte à Montréal

### La carte de la mixité

Loin de défendre jalousement son territoire, le bois lamellé accepte volontiers les mélanges avec d'autres matériaux. Une alliance qui livre encore de nouvelles possibilités, très prisées ces dernières années. Le bois lamellé offre ainsi ses compétences techniques et son esthétique au béton (ajoutant souplesse à l'ensemble). Habillée de verre, une structure en bois sera « sous les feux de la rampe ». Quant au métal, il seconde et renforce le bois lamellé pour des structures sous-tendues tout en légèreté. Ces nouvelles alliances se déclinent en autant de possibilités que le bois peut en offrir avec ses différents aspects : brut ou lisse, technique ou discret, coloré ou naturel... pour des bâtiments originaux que l'on peut parfois même qualifier d'avant-gardistes.

### Assemblages : bois ou métal ?

La structure en bois doit être appréhendée avec ses liaisons, assurant l'assemblage des éléments entre eux. Aussi, lorsque l'on élabore un système constructif, il est nécessaire de définir ces liaisons. Les solutions sont extrêmement nombreuses en la matière. Selon la structure et en fonction de son comportement mécanique, on pourra utiliser des appuis simples ou glissants, des articulations permettant un mouvement angulaire ou encaster les éléments afin d'empêcher toute rotation.

Concrètement, ces assemblages peuvent être réalisés bois sur bois (tenons/mortaises, embrèvement, entaille...), à l'aide de pièces métalliques (pointes, vis, broches, inserts ou plaques, connecteurs) ou selon la technique des assemblages collés ou métallo-collés.

D'un point de vue visuel, deux écoles cohabitent :

- celle du tout apparent, qui met en œuvre des assemblages faisant partie intégrante de la structure et volontairement laissés apparents afin d'exprimer la technicité de l'ouvrage ;
- celle de la discrétion où il s'agira davantage de masquer les liaisons afin que seul le bois ressorte de l'ensemble.

Si, de prime abord, il semble évident que la méthode discrète est plus « plastique » car plus lisse, des assemblages visibles peuvent accorder un aspect « technologique » attractif. Très en vogue ces derniers temps, les détails ramenant la technique au plan visuel se sont largement imposés, remettant l'esprit « industriel » sur le devant de la scène.

*L'Universeum de Göteborg, construite en 2001, signe le retour de la Suède à l'ère des grandes constructions en bois, après 200 ans d'abandon, suite à un édit du roi Gustav 2.*

*Cette mégastructure en bois lamellé répond à un programme déclinant le thème de la "Cité aquatique". Ce projet, que ses concepteurs ont appelé "träskeppet" (le navire de bois) est un bâtiment disposant d'une structure exclusivement en bois, en forme de nef. Ici marié au verre, le bois lamellé permet de faire entrer abondamment la lumière naturelle dans le bâtiment. »*

**Otto BOSCH, Bois Consult**

### Parole d'expert

*Université de Göteborg (Suède)  
Architecte : Wingårdhs arkitekter*



#### Formes des éléments

Tout dans une structure en bois lamellé évolue à l'envi. A commencer par les sections, circulaires ou parallépipédiques. La forme d'une section peut également évoluer d'un bout à l'autre de la poutre, passant, par exemple, du carré au rond ou même se dédoublant. La forme s'adapte aux besoins esthétiques du bâtiment. Elle propose angles ou courbes au regard, selon les exigences du maître d'œuvre.

Le bois lamellé autorise par ailleurs différentes formes de poutres. Ainsi, on peut obtenir des lignes directrices droites ou courbes, à inertie constante (la section est la même tout du long de la ligne directrice) ou variable (changement de section sur la poutre). Notons cependant que, eu égard aux pertes engendrées, plus la forme est simple, plus elle est économique à la fabrication.

#### Forme des ouvrages

La grande diversité de ces formes de sections et de poutres permet ainsi des dessins d'ouvrages aux formes multiples, souples et originales. Si, par ailleurs, on prend en compte l'exceptionnelle portée du bois lamellé (jusqu'à 40 mètres pour des chantiers courants et bien au-delà de 100 mètres pour des chantiers exceptionnels) les possibilités architecturales semblent quasiment infinies. Ici, non seulement tous les types de volumes sont envisageables, mais en plus, la structure devient un véritable spectacle. Nombre d'ouvrages intégrant une structure en bois lamellé osent ainsi les rondeurs ou la rigueur et font apparaître cette structure qui participe à l'élégance de l'ensemble.

#### Les systèmes constructifs

La diversité des formes envisageables pour les éléments en bois lamellé permet le dessin de volumes élémentaires multiples, souples et originaux. Ces volumes élémentaires sont :

- Les poutres (sur poteaux ou maçonnerie)
- Les portiques
- Les fermes (sur poteaux ou maçonnerie)
- Les arcs (sur poteaux ou maçonnerie)
- Les systèmes tridimensionnels
- Les consoles ou autre systèmes en porte-à-faux

Par combinaison de ces volumes élémentaires, on obtient un large éventail de formes possibles pour les bâtiments en bois lamellé. Selon la volonté du concepteur et le type d'ouvrage envisagé, différents systèmes constructifs sont proposés :

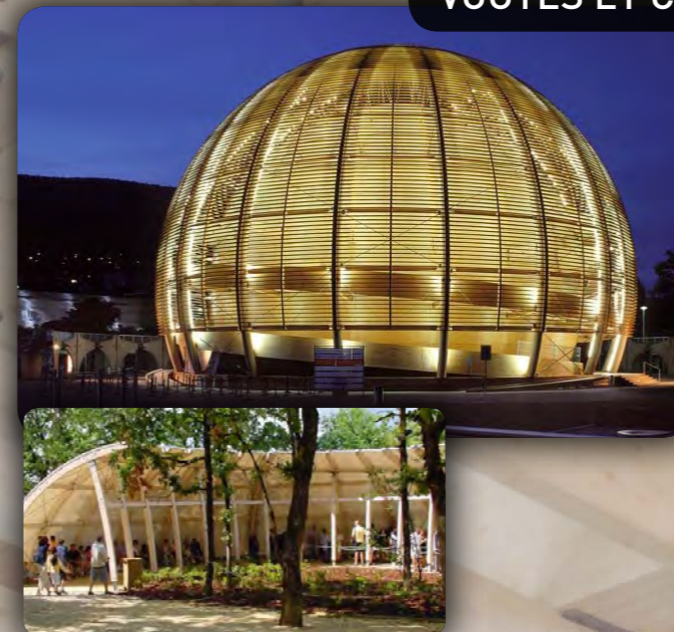
- Les systèmes isostatiques (poutres, treillis, arcs à 3 articulations) : de modélisation plus simple, ils mettent en œuvre des assemblages simples.
- Les systèmes hyperstatiques (voiles, coques, arcs à 2 articulations) : réclamant des calculs plus complexes, ils permettent cependant une optimisation des poutres grâce aux calculs et donc des économies de matières.
- L'association de ces deux systèmes.

« Le bois permet de faire des constructions expressives et cohérentes. Les piliers, les poutres, les grilles et les treillis ainsi que leurs assemblages, l'alternance des structures portantes et portées et les couches visibles des structures aident à comprendre la hiérarchie et l'atmosphère des locaux de différents caractères. »

Kari JÄRVINEN et Merja NIEMINEN, architectes finlandais

#### Parole d'expert

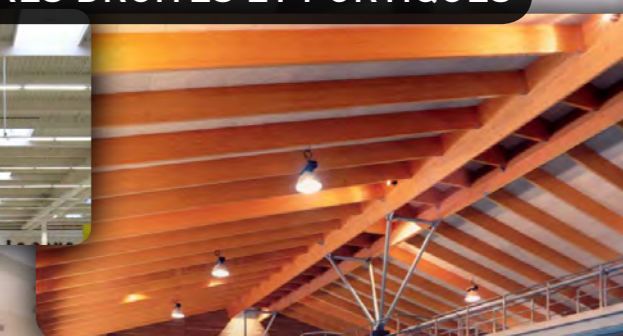
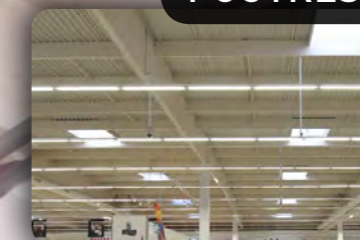
##### VOUTES ET COQUES



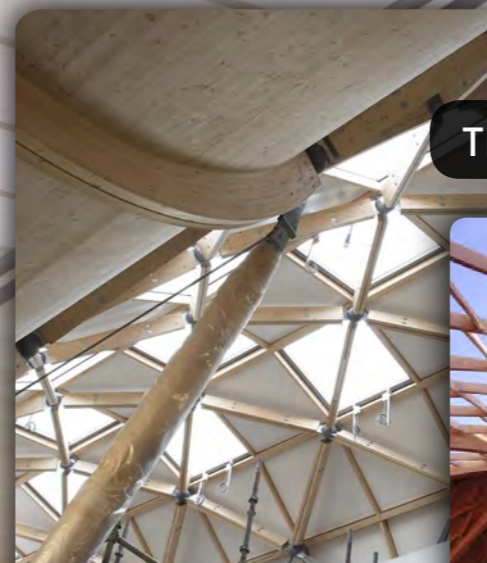
##### ARCS PLANS



##### POUTRES DROITES ET PORTIQUES



##### TREILLIS



##### STRUCTURES MIXTES



### Spécificités d'un ouvrage bois

Structures à points porteurs, les ouvrages en bois lamellé nécessitent des systèmes de stabilisation pluridirectionnels (contreventements) à la structure. Ces éléments stabilisateurs bloquent ainsi les mouvements entraînés soit par le poids de la structure ou de la neige, soit par les actions du vent ou des séismes. Au-delà de ce rôle structurel, ces éléments participent activement, tant par leur forme que par leur emplacement, à l'esthétique du bâtiment.

Autres spécificités à maîtriser lors d'un projet en bois lamellé : la hauteur des poutres ne dépassera pas 2,3 à 2,5 mètres, ce pour faciliter le rabotage ; et la longueur sera, le plus généralement, comprise entre 35 et 40 mètres, transport oblige. Au-delà, les conditions de transport deviennent difficiles. La réalisation de bâtiment réclamant de plus grandes portées nécessitera des assemblages sur chantier.

Dans le cas d'une poutre courbe : les rayons de courbure à l'intrados seront supérieurs à 5,5 mètres.

La possibilité de prévoir une contre-flèche dès la fabrication des éléments permet d'obtenir des poutres droites après application des charges permanentes. Pour finir, il ne faut pas perdre de vue que bien protéger une construction (produits de préservation, débords de toiture...), c'est assurer sa pérennité.

### CAO et ingénierie en conception

L'ingénierie est aujourd'hui largement présente dans le secteur de la construction en bois lamellé. Réalisée de manière indépendante ou, de plus en plus souvent, intégrée à l'entreprise de construction, elle accompagne le concepteur afin de concrétiser son projet. Par ailleurs, de nombreux logiciels de calculs, couramment utilisés dans le BTP, intègrent des modules de dimensionnement des structures en bois lamellé sur la base des codes de calcul réglementaires (Eurocode 5, CB 71, DTU bois-Feu...). Au-delà du dimensionnement, l'exécution n'est pas en reste. Les principaux logiciels de dessins utilisés en bureaux d'études permettent en effet la réalisation de plans de structure en lamellé avec chaînages et données de fabrication. C'est sur la base de ces plans, transmis à l'atelier, que sont fabriqués les éléments nécessaires à l'ouvrage.

Maquettes :  
Yann Brunel (93)



« Parole d'expert

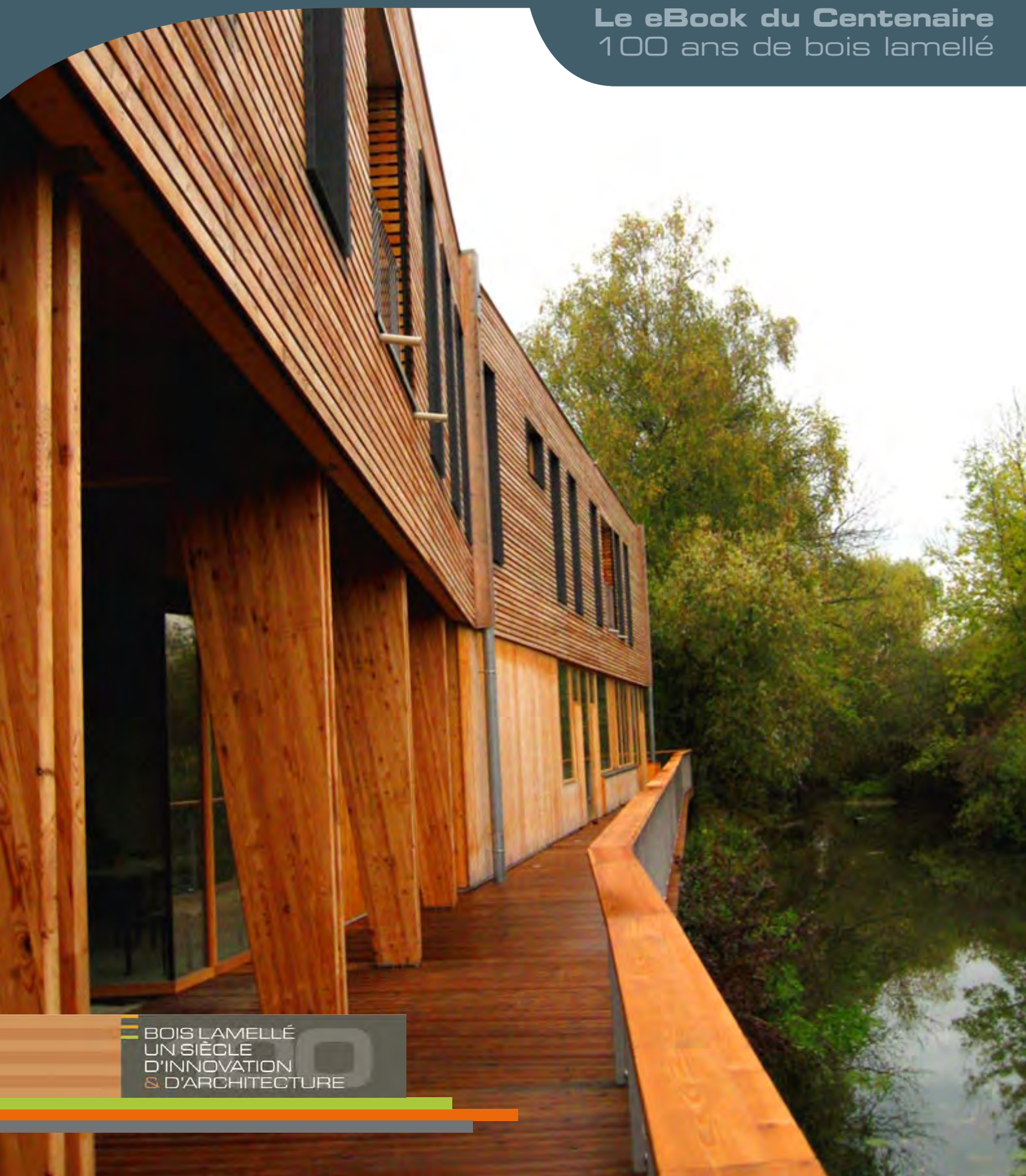
« Cette évolution dans l'étude des structures n'aurait pu être accomplie sans celles, conjointes, de la recherche et du cadre réglementaire et sans qu'il ne soit posé les fondements d'une doctrine professionnelle. Ainsi le CTBA et le CEBTP exécutèrent les programmes de recherche appliquée qui permirent l'élaboration du DTU CB71 et la doctrine fut édictée dans le guide des constructeurs en bois lamellé collé. A la veille du passage aux nouveaux codes de calcul fruit d'un travail de mise en commun au niveau européen, ces ouvrages restent le cadre de travail des bureaux d'étude de la profession. Les Eurocodes vont se substituer prochainement à ces outils, ouvrant une nouvelle période de progrès dans la compréhension du comportement mécanique du matériau. »

**Patrick MOLINIE, pôle Industrie Bois-Construction,  
Institut Technologique FCBA**



# BÂTIMENTS PUBLICS

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



## 1 | Lieux de culture

Herbert Art Gallery and Museum  
Maison de la nature  
Zénith de Limoges  
Sibelius Hall

## 2 | Bâtiments d'enseignement et de recherche

Collège Calypso  
Lycée Pierre-Joël Bonté  
Campus III, Université de Basse-Normandie  
Université de Göteborg (Suède)

## 3 | Centres sportifs et lieux de loisir

L'INSEP  
Pôle de Vouise  
Parc nautique de l'Île Monsieur  
Piscine Cap Vert

## 4 | Bâtiments d'équipement public

Caserne de Kaysersberg  
Déchetterie  
Pôle d'échanges multimodal  
Pont Brug-Sneek

## 5 | Services publics et établissements hospitaliers

Assemblée Nationale du Pays de Galles  
Maison de l'Agriculture  
Foyer d'accueil  
Hôpital Avicenne

*Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.*



## 1 | Lieux de culture

La valeur ajoutée première du bois lamellé pour la réalisation de bâtiments culturels est sa capacité à se plier à la créativité architecturale. La souplesse du matériau et la grande diversité des formes d'ouvrage qu'il permet autorisent une certaine liberté et permettent de répondre aux souhaits d'une architecture exigeante et imaginative. Le bois lamellé permet ainsi de concevoir un bâtiment porteur de sens. Un bâtiment à forte identité qui saura attirer son public vers la culture qu'il abrite.

Grâce à une architecture intelligente, le bois lamellé permet par ailleurs de concevoir des bâtiments culturels confortables et lumineux qui sauront retenir leur public à l'intérieur. Formes originales et mélange des matériaux sont capables d'offrir une architecture originale, pour la mise en valeur de la Culture.



Herbert Art Gallery and Museum Coventry (UK)  
Architecte : Pringle Richards Sharrat



## Herbert Art Gallery and Museum

Réhabilitation et extension de la galerie et du musée  
**Coventry (UK) | Architecte : Pringle Richards Sharrat**

Cette extension ouvre le Musée Herbert face à la cathédrale et à la place de l'Université de Coventry, accordant une nouvelle identité aux bâtiments. Ici, le bois lamellé a permis de réaliser une coque en résille, aux formes mouvantes comme une vague.

Le mélange du bois, du verre et de voiles d'acier ajoute à l'aspect contemporain des lieux.



## Maison de la Nature

Un éco-bâtiment dédié au respect de l'environnement  
**Muttersholtz (67) | Architecte : IXO Architecture (67)**

Cet ouvrage pédagogique a suivi une démarche de qualité environnementale des bâtiments (QEB) afin d'alléger au maximum l'empreinte de la construction. Le recours quasi systématique au bois a participé à cet objectif de faible impact. La structure, en bois lamellé d'épicéa et douglas, a permis d'ouvrir de larges espaces vitrés



## Zénith

Structure hybride pour salle de spectacle de 6000 places  
Limoges (87) | Architecte : **Bernard Tschumi, BTuA (75) et Atelier 4 (87)**

L'enveloppe extérieure repose sur une structure rayonnante de 43 arcs en bois lamellé de douglas, des pannes horizontales fixées aux arcs et des diagonales de contreventement.

Recouverte de plaques translucides, cette « résille de bois » est complètement de visible, de l'intérieur comme de l'extérieur.



## Sibelius Hall

Salle de concert et de congrès en verre et bois  
Lahti (Finlande) | Architectes : **Kimmo Lintula and Hannu Tikka**

Ce bâtiment, composé d'une salle de concert de 1250 places et d'un hall de 1000 m<sup>2</sup>, achevé en 2000, a mis un point d'honneur à combiner excellence acoustique, architecture spectaculaire et usage innovant du bois. Le hall est constitué d'une structure en bois lamellé en treillis, laissée apparente grâce à une enveloppe de verre. Le bâtiment n'en est pas moins efficace thermiquement (vitrages isolants).

## 2 | Bâtiments d'enseignement et de recherche

Le bois lamellé est le matériau idéal pour réaliser des espaces pédagogiques et ce, quel que soit l'âge des occupants. Ainsi, le bois lamellé est particulièrement approprié aux bâtiments destinés à l'accueil de la petite enfance (crèche, maternelles, écoles primaires...) du fait de ses qualités sanitaires. Ses très faibles émissions sont en effet une garantie d'innocuité et de maintien de la qualité de l'air intérieur.

Pour les collèges, lycées et universités, le bois lamellé offre la possibilité de bâtiments dynamiques et originaux répondant aux attentes d'un jeune public exigeant et attentif à l'esthétique.

D'un point de vue plus pratique, le bois lamellé permet une réelle rapidité de construction. La préfabrication rend ainsi possible la réalisation d'un bâtiment durant les courtes périodes de congés scolaires, tandis que le chantier sec permet une éventuelle cohabitation avec les élèves sans trop de nuisances.



Université de Göteborg (Suède)  
Architecte : Wingårdhs arkitekter (Suède)



## Collège Calypso

Reconstruction d'un collège en Maine-et-Loire  
Angers (49) | Architecte : Tetrarc (44)

Démarche HQE pour ce projet de plus de 7000 m<sup>2</sup>, qui a consisté à reconstruire partiellement le collège Calypso. Le projet s'est ainsi inscrit dans une démarche environnementale (efficacité énergétique, énergie renouvelable, qualité de l'air intérieur...) pour un impact amoindri et dans le but de sensibiliser les collégiens.



## Lycée Pierre-Joël Bonté

Lycée HQE de Riom

Riom (63) | Architecte : Atelier d'architecture Emmanuel Nebout (34)

Le lycée Pierre-Joël Bonté cumule plus de 14000 m<sup>2</sup> de bâtiments, comprenant ateliers, restaurant, logements, salles de classe et salles de conférence. Ces bâtiments, conçus et réalisés selon une démarche HQE, combinent différentes techniques de construction bois. Le bois lamellé est présent, notamment, dans les charpentes du restaurant et de la médiathèque.



## Campus III, Université de Basse-Normandie

Restaurant du bâtiment universitaire  
Caen (14) | Architecte : Quatr'a architectes (59)

Construction d'un restaurant universitaire couplé à un centre d'enseignement multimédia, selon une démarche HQE. Côté Nord, le bâtiment est comme suspendu tandis que côté sud il semble posé sur la prairie. Techniquement, des poutres de bois lamellé forment un treillis qui est à la fois un support de toiture et le plancher de la médiathèque.



## Université de Göteborg

Construction d'un Centre Scientifique  
dédié à l'Homme et à la Nature

Göteborg (Suède) | Architecte : Wingårdhs arkitekter (Suède)

La conception de ce Centre, en 2001, va de pair avec une approche écologique. Matériaux renouvelables, efficacité énergétique et maîtrise des impacts du chantier font partie intégrante du projet. La structure, en bois lamellé, en forme de nef, permet d'aller dans le sens de la performance mariant bois et verre pour profiter des apports solaires passifs.



### 3 | Centres sportifs et lieux de loisir

Dans bien des cas, le bois lamellé apporte une réponse intéressante et attractive à la question des bâtiments sportifs. En premier lieu parce que ce matériau de structure propose une liberté certaine quant à la forme du bâtiment, qui peut être des plus originales pour marquer les esprits ou particulièrement simple. Dans le second cas, la réalisation du bâtiment est rapide et très aisée et la plupart du temps, un tel chantier est pris en charge par les charpentiers locaux, ce qui facilite la mise en œuvre.

Soulignons également que les longues portées rendues possibles par une structure en bois lamellé permettent de libérer l'espace au sol ce qui présente un intérêt de taille pour les piscines, les dojos, les tennis, salles de basket et autre espace multisport... Enfin, le bois lamellé ne souffre nullement de l'humidité (pas de corrosion) et résiste parfaitement aux ambiances agressives... c'est donc le matériau de prédilection des piscines !

L'INSEP (Paris)  
Architecte : Agence Dusapin Leclercq (75)





## L'INSEP

Réalisation d'un pôle sportif regroupant 4 disciplines  
Paris (75) | Architecte : **Agence Dusapin Leclercq** (75)

L'Institut National des Sports et de l'Education Physique, situé au cœur du bois de Vincennes, a été doté en 2009 d'un nouveau pôle regroupant quatre disciplines sportives. La charpente de ce bâtiment se compose d'un réseau de poutres en bois lamellé et d'entretoises, posé sur des poteaux en bois lamellé et sur maçonnerie.



## Pôle de Vouise

Construction d'un espace dédié aux sports de combat  
Voiron (80) | Architecte : **r2k** (38)

Achevé en 2009 et disposant d'une surface totale de plus de 2000 m<sup>2</sup>, ce pôle est composé de deux bâtiments à toiture cintrées, réalisées à l'aide de poutres en bois lamellé. Ils abritent trois salles d'entraînement, conçues pour les sports de combat, et un espace dédié à l'événementiel de 700 m<sup>2</sup> avec tribunes.



## Parc nautique de l'Île Monsieur

Base nautique et centre d'accueil  
Sèvres (92) | Architecte : 2AD Architecture (92)

Implantés au cœur du projet du Parc de l'Île Monsieur, ces bâtiments ont été achevés en 2007. Située en site classé, la base nautique devait répondre à un cahier des charges HQE. C'est dans ce cadre que le bois lamellé a été choisi comme matériau, eu égard à son faible impact sur l'environnement : bois lamellé d'épicéa en structure, de chêne pour les platelages et de mélèze pour les bardages. Tous les bois utilisés sont FSC ou PEFC.



## Piscine Cap Vert

Centre de loisirs aquatiques

Les Herbiers (85) | Architecte : Durand, Ménard, Thibault, Cabinet DMT (85)

Lorsque la Communauté de communes du Pays des Herbiers souhaita faire construire une piscine de « dernière génération », le bois lamellé a immédiatement fait partie du projet. Pour une raison simple : ce matériau résiste comme nul autre aux ambiances chlorées et à l'humidité. Les concepteurs ont opté pour une structure rayonnante haute de 10 mètres environ avec des portées jusqu'à 36 mètres, libérant l'espace au sol.

## 4 | Bâtiments d'équipement public

Qu'il s'agisse d'infrastructures ou de bâtiments destinés à abriter des activités aussi spécifiques que la gestion des déchets ou la sécurité incendie... le bois lamellé propose des solutions architecturalement différentes et techniquement satisfaisantes.

Le bois lamellé présente, tout d'abord, l'intérêt de rendre possibles de grands franchissements. Les caractéristiques mécaniques de ce matériau lui permettent en effet de se passer de reprise de charge, favorisant la réalisation d'ouvrages nécessitant de grandes portées, par exemple des ponts. Précisons enfin qu'un ouvrage en bois lamellé ne réclame ni plus ni moins d'entretien que n'importe quel autre ouvrage.

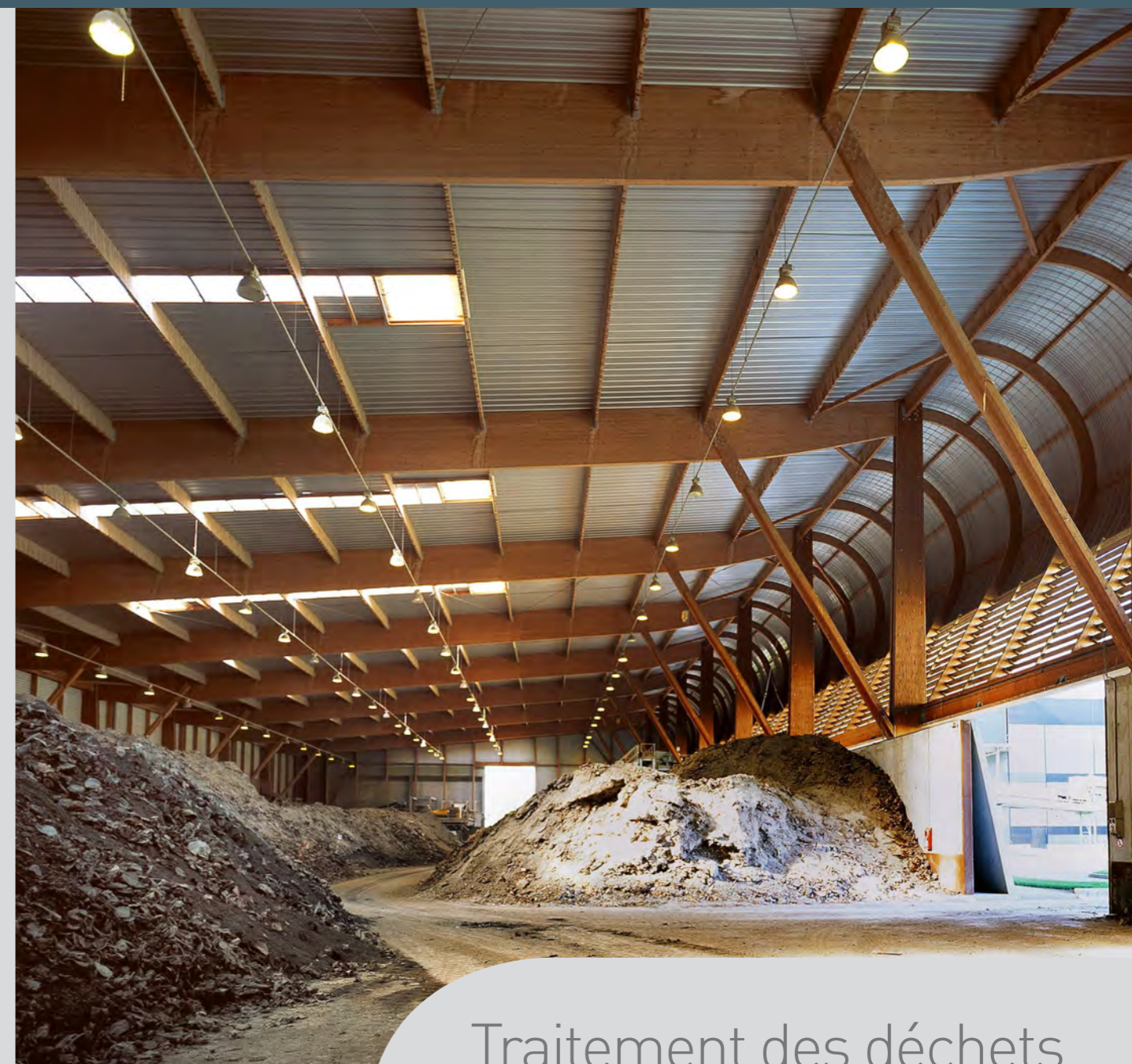
Pont Brug-Sneek (Pays-Bas)  
Architecte : OAK architecten (Pays-Bas)



## Caserne de Kayserberg

Construction d'un centre de secours  
**Kaysersberg (68) | Maître d'œuvre : Socobat**

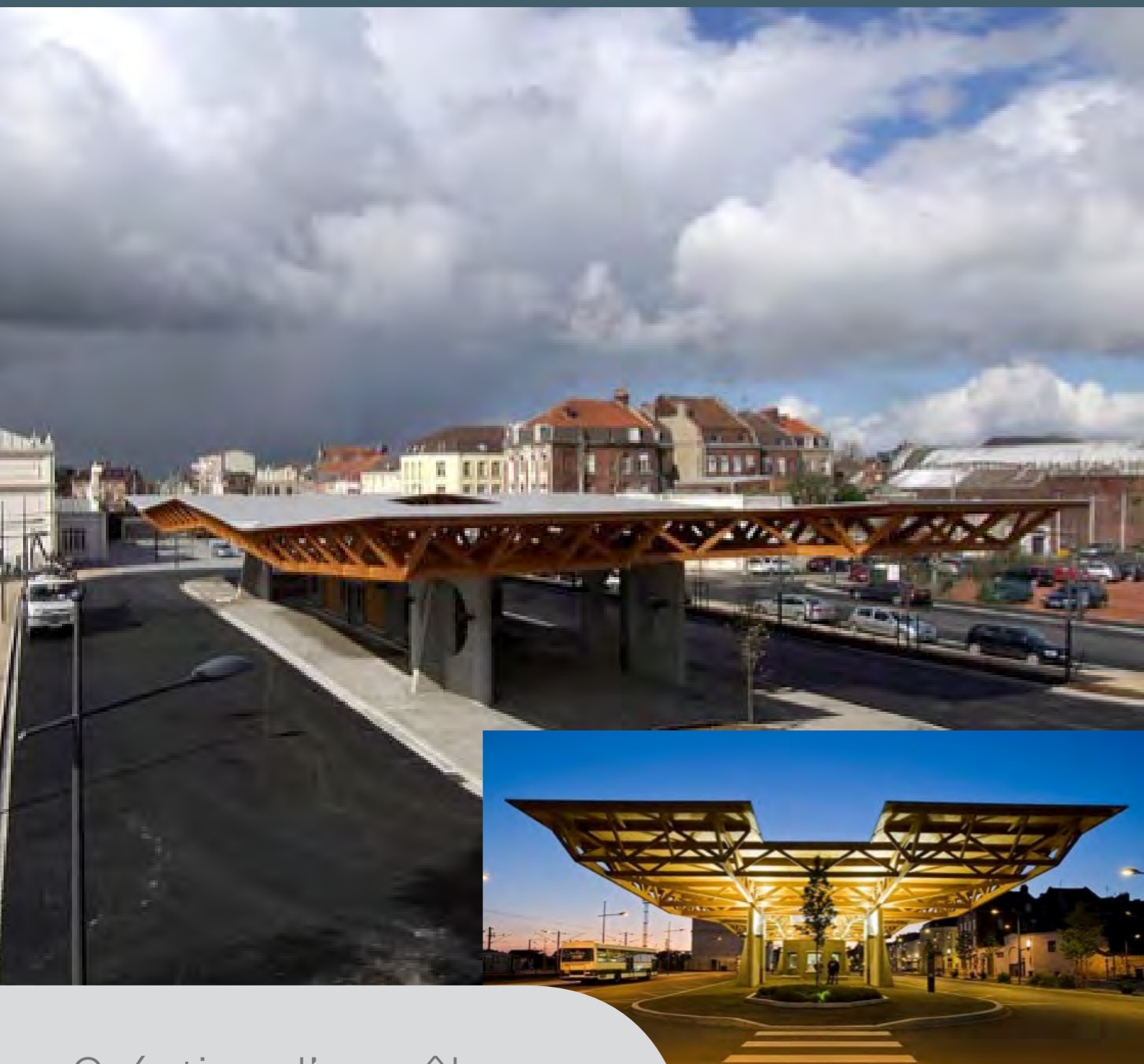
Le choix du bois lamellé pour la réalisation du centre de secours de la ville de Kayserberg n'est pas anodin : car ce matériau montre une très grande résistance au feu, assurant les conditions de sécurité nécessaires pour l'évacuation des locaux. Cette résistance est prévisible et donc maîtrisable dès la conception.



## Traitement des déchets

Centre départemental de traitement de Machefer  
**Belfort (90) | Architecte : Alter Ego (68)**

Du fait de sa résistance aux ambiances agressives, le bois lamellé se trouve être le matériau idéal dans ce genre de contexte où la production pourrait altérer la structure. Ici la stabilité est garantie et ne peut être entamée par l'ambiance intérieure.



## Création d'un pôle d'échanges multimodal

Au carrefour des modes de transport à Lille Métropole  
**Armentières (59) | Maître d'Œuvre : Lille Métropole (59)**

Ce chantier avait pour but de tisser le lien entre différents modes de transport dans la métropole lilloise. Ainsi, le pôle abrite 4 entités : une gare TER, une gare routière, un parking de 450 place et un vélo-pôle de 38 emplacements, de sorte à ce que les lillois est différents choix pour rejoindre le centre de la ville.



## Pont Brug-Sneek

Un pont autoroutier unique aux Pays-Bas  
**Sneek (Pays-Bas) | Architecte : OAK architecten (Pays-Bas)**

Ce viaduc, situé sur l'A7 dans la province de Frise aux Pays-Bas, doit son caractère unique à ses deux arches en bois lamellé longues de 32 m et hautes de 16 m, reliées entre elles grâce à des assemblages boulonnés et à des tirants. D'autre part, ce pont (qui a, depuis, un jumeau) se distingue par sa capacité – rare – à accueillir tout type de transport.

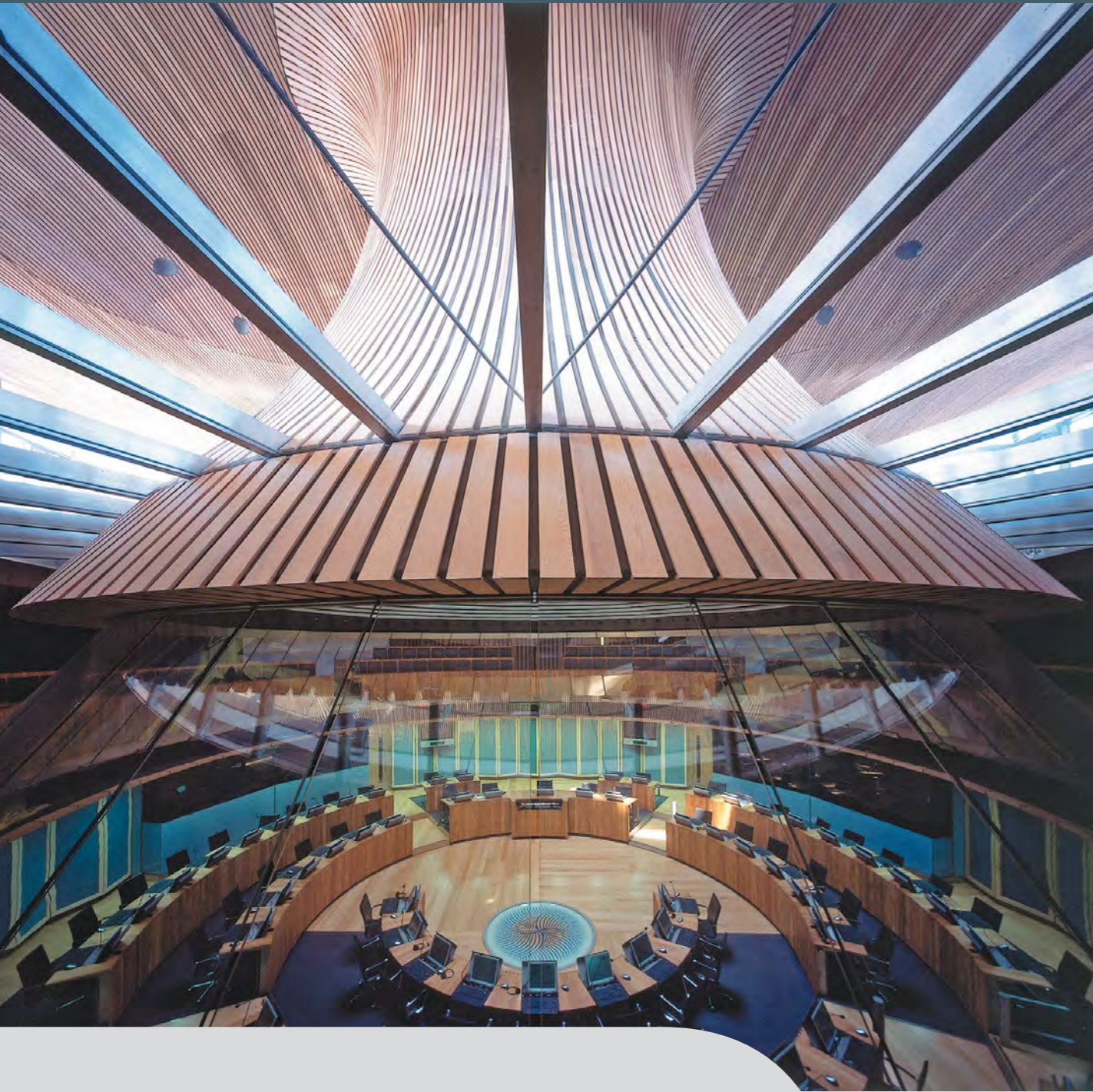
## 5 | Services publics et établissements hospitaliers

Du point de vue de la commande publique, le bois lamellé présente l'avantage d'un comportement au feu prévisible et donc éminemment sécurisant. Le bois lamellé se présente ainsi comme une bonne solution pour ériger des bâtiments recevant du public.

Il est d'usage de concevoir un ouvrage en bois lamellé de sorte à répondre à un temps de résistance au feu défini par le maître d'ouvrage (ou plus vraisemblablement par la réglementation). Enfin, notons que le bois lamellé, outre le feu, résiste également très bien au temps : sa durabilité et sa grande résistance en font le matériau des ouvrages conçus pour durer.

Pour finir, les maîtres d'ouvrage publics peuvent trouver dans le bois lamellé un allié tant du point de vue environnemental (puisque le bois lamellé répond directement à certaines cibles de la démarche HQE ; dispose d'une FDES satisfaisante ; permet d'alléger l'impact environnemental d'un chantier de même que son bilan carbone), que du point de vue financier (le bois lamellé peut permettre de réaliser des bâtiments simples et peu coûteux avec des chantiers courts) et également du point de vue de l'image en identifiant des bâtiments de manière positive (nature, engagement, originalité...)





## NAW

Assemblée Nationale du Pays de Galles  
Cardiff (UK) | Architecte : cabinet Richard Rogers Partnership (Londres)

« Un bâtiment ouvert, démocratique et cohérent avec les exigences du 21<sup>ème</sup> siècle », telles étaient les objectifs de départ. Pour accompagner l'efficacité énergétique, l'enveloppe devait être transparente, favorisant les apports solaires. Outre le verre, le matériau de prédilection est le bois et même le bois lamellé puisque la toiture en vogue de ce bâtiment hors du commun a fait appel à ses compétences.



## Maison de l'Agriculture

Services administratifs de l'agriculture et de la forêt  
Panazol (67) – Architecte : Yann Brunel (93)

Ces bâtiments s'étirent sur 6000 m<sup>2</sup> découpés en 3 zones (forêt, agriculture et pôle administratif commun) occupées par des bureaux. La structure poteau-poutre à liaisons articulées se bloque sur les cages d'ascenseur, lesquelles constituent des noyaux rigides de contreventement. Pour répondre à l'usage de bureaux (ERP de 3<sup>ème</sup> catégorie), la structure est stable au feu 30 minutes, et les planchers sont coupe-feu 30 minutes : une caractéristique présentée naturellement par les sections de bois.



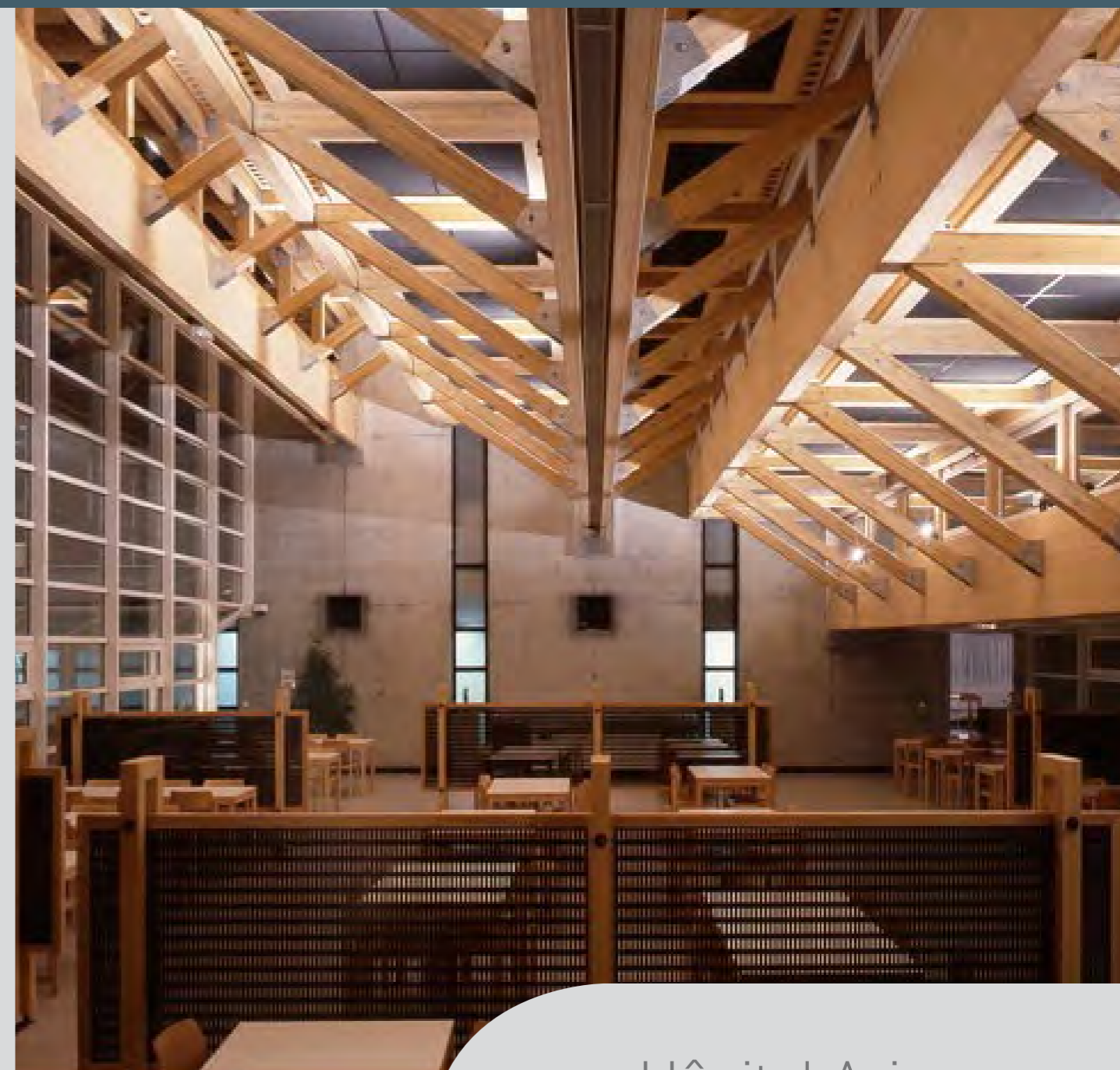


## Foyer d'accueil

Foyer d'accueil et locaux d'activité

Nonancourt (27) | Maîtrise d'œuvre : **Mangeot et Associés** (71)

Réalisé selon une démarche de développement durable, cet ensemble regroupe foyer d'accueil médicalisé (25 logements), zone d'activité et pôle médico-social. Construit sur pilotis, il se compose de 3 bâtiments reliés par des galeries. Pour la première fois en France, la cage d'ascenseur est également en bois et profite de la lumière naturelle grâce à un châssis vitré sur toute sa hauteur.



## Hôpital Avicenne

Cuisines et restaurant de l'hôpital Avicenne de Bobigny  
Bobigny (93) | Architectes : **Yann Brunel** (93)

Adeptes de la mixité, l'architecte, en réalisant cet ouvrage, s'est attaché à mêler bois lamellé et béton, selon la logique d'un système poteau-poutre. Ici, les poutres de bois lamellé contribuent à créer une atmosphère agréable et accueillante dans un lieu généralement froid et hostile.

# BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



## 1/ Logements collectifs

Appartements HLM à Vitry le François  
Résidence Royal Saône à La Mulatière  
Immeuble HQE à Saint Dié  
Logement social à Nonancourt

## 2/ Habitat groupé et zone pavillonnaire

Quartier social à Cabourg  
Quartier écologique à Wassy  
Logements sociaux en bande à Sundhouse  
Pavillons haute performance à Saint-Priest

## 3/ Maisons individuelles

Villa de Sciez en Savoie  
Maison contemporaine en Vendée  
Extension pour piscine privée en Ile de France  
Maison individuelle en Bretagne

*Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.*



## 1 | Logements collectifs

Ce que le bois lamellé apporte aux logements collectifs ? Des caractéristiques mécaniques idéales qui autorisent la construction verticale. Ainsi, la réalisation d'immeubles de plusieurs étages est facilitée par ce matériau structural, soit à travers des solutions « tout bois » (structure poteau poutre, structure bois-bois avec poutres bois lamellé et panneaux de structure) soit à travers des solutions mixtes (bois/béton, le plus souvent). Notons enfin que le comportement de ces structures en cas de séisme est tout à fait conforme aux exigences et que la conception de structures en bois lamellé répond positivement aux attentes de la réglementation.

Le bois lamellé est également un matériau intéressant du point de vue de sa mise en œuvre : préfabriquées, ne nécessitant pas de séchage, les structures en bois lamellé garantissent une rapidité certaine. Le montage de la structure est également peu contraint par le climat et les délais de chantier sont d'autant plus fiables. Les opérations immobilières en tirent un intérêt immédiat.





## Le Grand Parc

36 logements HLM

Vitry le François (51) – Architecte : **Claude Simonin** (51)

Construit sous la commande du bailleur social Vitry Habitat, cet ensemble immobilier est composé de deux immeubles et compte 36 appartements HLM en tout. Coût, rapidité, fiabilité : telles étaient les contraintes du maître d'ouvrage. Il a opté pour une structure en bois lamellé pour la réalisation des 3300 m<sup>2</sup> de surface de cet ensemble.



## Le Royal Saône

27 appartements

La Mulatière (69) – Architecte : **CRB architectes** (69)

Cet immeuble, érigé en agglomération lyonnaise, compte quatre étages pour une hauteur totale de 15 mètres. Débuté en 2010, ce projet, qui fait parti d'un ensemble immobilier ambitieux en bord de Saône, comprend 27 logements pour une surface SHON de 2700 m<sup>2</sup>.



## Immeuble HQE

20 logements de Haute Qualité Environnementale  
Saint Dié (88) – Architectes : **ASP architecture** (88)

Ce projet a suivi une démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE). A ce titre, l'usage du bois lamellé en structure a permis de satisfaire certaines exigences du maître d'ouvrage (Le Toit Vosgien) en même temps que de valider la démarche HQE. Ainsi, la préfabrication, un chantier sec et une véritable limitation des nuisances et pollutions ont fait partie des atouts du matériau.



## Ensemble immobilier social

Appartements en foyer d'accueil  
Nonancourt (27) – Architectes : **Mangeot et Associés** (71)

Ce programme immobilier concilie différents types de bâtiments avec d'un côté des appartements en foyer d'accueil médicalisé et de l'autre des locaux d'activité. Cet ensemble a répondu à un souci de développement durable avec une volonté de respecter l'environnement et limiter l'empreinte du projet et une ambition de performance thermique. Le bois lamellé a répondu à ces attentes.

## 2 | Habitat groupé et zones pavillonnaires

Le bois lamellé, utilisé pour la structure de logements groupés ou en bande, apporte une réponse rationnelle et industrialisée pour des constructions, sur plan, à moindre coût. Le degré de préfabrication, particulièrement poussé, permet ainsi non seulement des économies d'échelle non négligeables, mais également une rapidité appréciable.

Si le matériau permet de réaliser des structures extravagantes, il est aussi parfaitement capable de camper des habitats à la forme simple, type pavillon. La légèreté du matériau est également un plus, car elle va de paire avec un allègement du poids global de la construction et autorise de ce fait des solutions simplifiées en fondations. Cette caractéristique permet également d'investir des terrains fragiles.



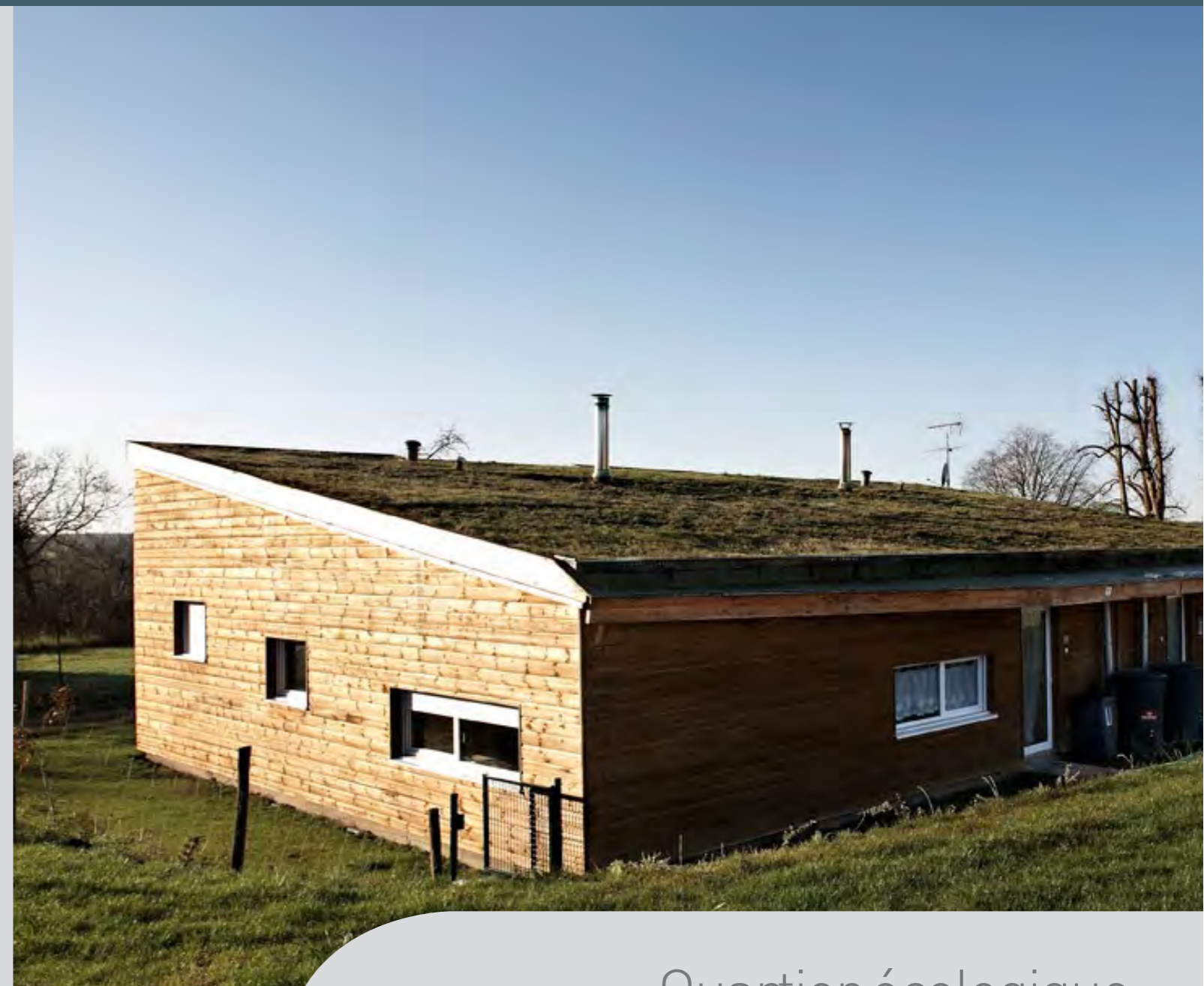


## Immeuble et maisons groupées

52 logements sociaux

Cabourg (14) – Architecte : Yann Brunel (93)

Ce programme de 52 logements sociaux, achevé en 2002, combine maisons groupées (42 logements en bande) et un immeuble (10 appartements). L'architecte, Yann Brunel, est coutumier des constructions mixtes et apprécie particulièrement les structures en bois lamellé pour leur capacité à se mélanger à d'autres matériaux. L'utilisation du bois en structure a résolu le problème de fragilité du terrain (sols marécageux) et permis de substantielles économies sur les fondations.



## Quartier écologique

10 maisons groupées respectueuses

Wassy (52) – Architecte : BCDE Architecture (51)

Ce projet s'est appuyé sur 4 objectifs : économies d'énergie, préservation de l'environnement, pas de voiture, confort architectural et domestique accru pour les occupants. Si certains logements groupés ont une forme simple, d'autres bénéficient d'une toiture cintrée, idéale pour gagner de l'espace sous comble. Une forme qui a exigé l'utilisation de poutres bois lamellé courbes.





## Logements sociaux en bande

14 logements HQE et THPE

**Sundhouse** (67) – Architecte : **Kuntz Architecture** (68)

Achévé en 2004, ce programme de 14 logements sociaux a suivi une démarche de Haute Qualité Environnementale et répondu aux contraintes de la Très Haute Performance Énergétique (THPE). Le projet a remporté le Challenge EDF Innov Elec en 2004. Ces maisons groupées sont dotées d'une charpente en bois lamellé.



## Pavillons haute performance

Le quartier des Hauts de Feuilly

**Saint-Priest** (69) – Architecte : **Atelier Thierry Roche** (69)

Les 31 maisons de cet ambitieux programme, implantées à Saint-Priest en banlieue lyonnaise, répondent à de hautes exigences en termes de performances thermiques et environnementales. Thermiquement très efficaces, les maisons sont certifiées Passivhaus, ce qui signifie qu'elles ne réclament que très peu d'énergie pour leur confort. Ici, le bois lamellé a apporté une solution architecturale flexible en même temps qu'une réponse industrialisée et standardisable.

### 3 | Maison individuelle

A la construction de maisons individuelles, le bois lamellé apporte une certaine dose de créativité et fournit aux concepteurs une vraie liberté architecturale. Les longueurs de portée permettent des structures poteau-poutre, synonymes de grands volumes et de moindre contrainte de reprise de charge.

Le bois lamellé est également intéressant car il est particulièrement résistant par rapport à son poids. Aussi, la structure est-elle notablement légère. Un avantage, lorsqu'il s'agit d'envisager les fondations d'une maison et le poids qu'elles devront supporter... Un avantage également, lorsqu'il est question de livrer les matériaux sur un terrain difficile d'accès.

Notons enfin que les particuliers sont de plus en plus sensibles, et leurs architectes avec eux, à l'empreinte environnementale de leur construction. Le bois lamellé est, à ce titre, une solution constructive particulièrement satisfaisante : stockeur de carbone, naturel, renouvelable, peu transformé, léger (donc peu gourmand en énergie pour son transport) et valorisable en fin de vie : il a toutes les qualités.





## Villa en Savoie

Une maison prototype

Sciez (74) – Architecte : Jacques Molho (67)

Construite en 2006 près du Lac Léman, cette maison d'architecte adopte une forme un U pour plus d'intimité. Certifiée BBC et répondant à une démarche d'éco-conception elle fait usage d'énergies renouvelables et de matériaux naturels. Le bois lamellé a répondu aux attentes écologiques autant qu'aux objectifs d'originalité architecturale. Elle est tournée vers le Sud-Ouest, et sa structure en bois lamellé a permis l'intégration de vastes baies vitrées afin de faire pénétrer la lumière naturelle.



## Maison contemporaine en Vendée

Jeu de volumes

Le Poiré sur Vie (85) – Architecte : Nicolas Tétaud (85)

Cette maison contemporaine se distingue par une forme tout en longueur et est largement ouverte sur sa façade Sud-Ouest, massivement vitrée. Le bois y est très présent et même affiché et de fait, certains poteaux de structure sont demeurés apparents.



## Extension pour piscine privée

Charpente en bois lamellé

Barbizon (77) – Architecte : Pèle (91)

Une extension a été ajoutée à cette maison existante de sorte à abriter une piscine privée qui, jusqu'alors, était découverte. La structure en bois lamellé offre, dans ce contexte, deux intérêts principaux : la possibilité d'une extension entièrement vitrée pour un effet dedans/dehors ; la résistance de ce matériau et sa parfaite adaptation aux ambiances humides et chlorées, typiques d'une piscine.



## Maison individuelle

Moderne et bretonne

Brignogan (29) – Architecte : Atelier Baggio-Piechaud (33)

A mi-chemin entre le très moderne et le traditionnel, cette maison, réalisée récemment à Brignogan, dans le Finistère, dispose d'une structure en bois lamellé pour répondre aux exigences de l'architecte. Elle ne joue cependant pas la carte du « tout bois » et alterne crépis blanc, touches ardoises et bardage en façade

# HISTOIRE D'UN MATÉRIAU D'AVENIR

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



BOIS LAMELLÉ  
UN SIÈCLE  
D'INNOVATION  
& D'ARCHITECTURE

## 1 | Genèse du matériau : du XVI<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle

Apparition du principe de lamellation  
Travail sur l'assemblage des lamelles  
Charpente en arc avec le premier bois lamellé

## 2 | Invention du lamellé au XX<sup>e</sup> siècle

Otto Hetzer, inventeur du lamellé collé  
Le matériau  
Les premières réalisations

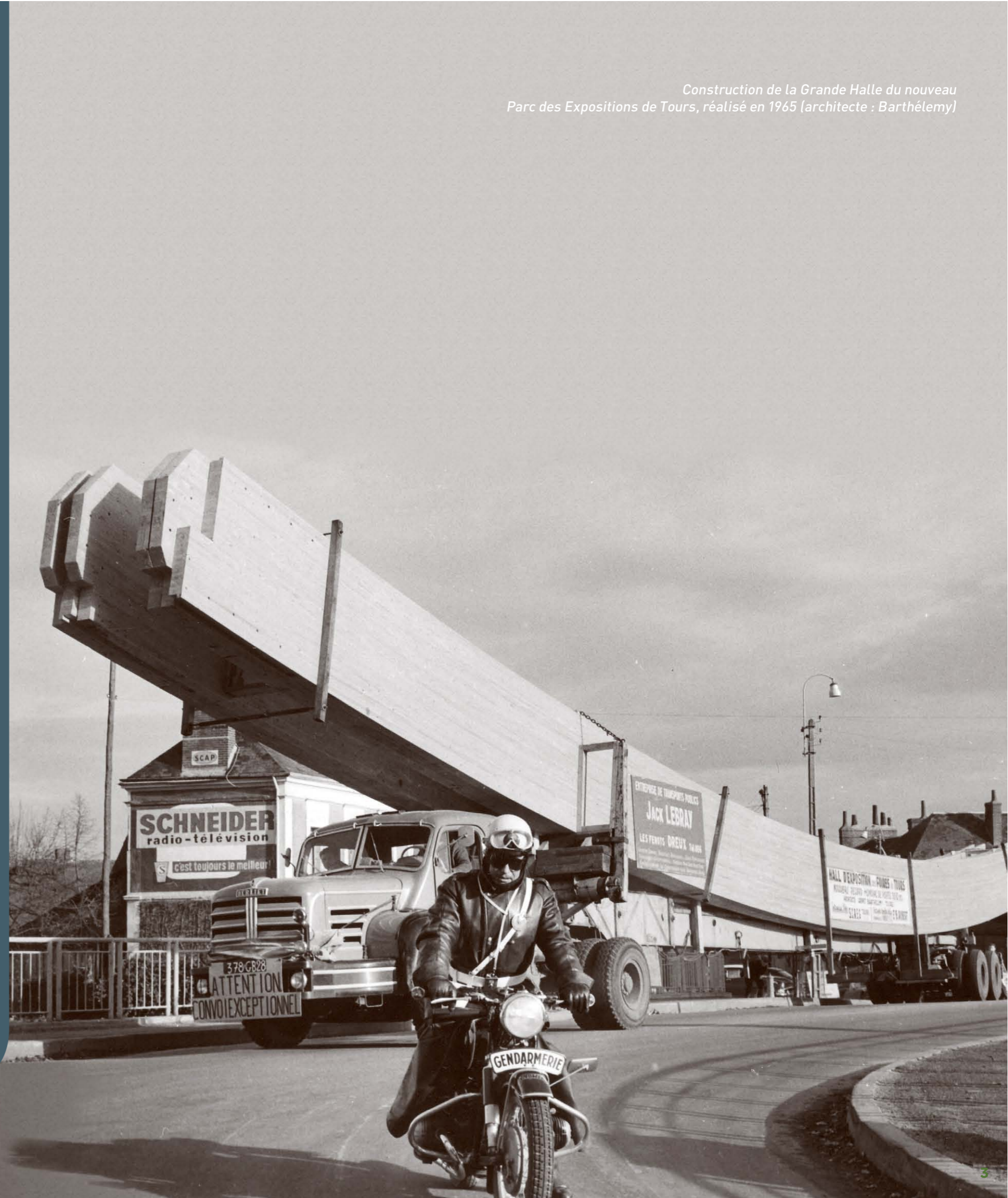
## 3 | Développement du bois lamellé en France

Evolution du procédé de fabrication  
Les premières réalisations en France

## 4 | De la charpente à la construction

Des hommes de talents  
Evolution d'un métier

Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.



## Apparition du principe

C'est à l'architecte français Philibert Delorme que l'on doit les prémices du bois lamellé. A la fois spécialiste de la pierre et de la charpente marine, il est le premier à avoir eu l'idée, au cours 16<sup>e</sup> siècle, de réaliser des charpentes en arc avec du bois, ce qui ne se faisait qu'avec de la pierre à l'époque. Il invente alors une nouvelle forme de charpente, « à l'impériale », révolutionnaire. Un type de charpente que l'on retrouve aujourd'hui encore sur certains bâtiments, notamment en Lozère. Ces charpentes en arches sont composées de courtes sections de bois, solidarisées entre elles par des clavettes afin de réaliser des fermes cintrées.

Le procédé de la lamellation était né.

## Evolutions et expérimentations au 18<sup>e</sup> siècle

A la fin du 18<sup>e</sup>, les militaires reprennent cette technique pour la construction de leurs manèges et casernes. Ils modifient cependant légèrement la charpente pour obtenir des toits plans, plus simples à couvrir. Les méthodes d'assemblage des « planches » varient, expérimentant différentes solutions dont on retrouve des traces à Mont-Dauphin (assemblage par clavette en bois), au manège d'Arras (assemblage par boulons) ou encore au manège de Saint Germain-en-Laye (assemblage par clous).

Au même moment, en Suisse, le charpentier Hans Ulrich Grubenmann réalise des ponts au moyen d'arcs en madriers, assemblés les un aux autres par des pendillards moisants. Un procédé qui fut mis en œuvre pour la construction du pont de Wettingen entre 1764 et 1766.

## Lamelles collées au 19<sup>e</sup> siècle

Carl Friedrich Von Wiebeking, ingénieur allemand, fit construire un pont à Altenmark. Ce pont est réalisé à partir d'arcs, où il est, pour la première fois, fait usage d'une liaison par collage après que les lamelles aient été chauffées au feu de charbon. Le colonel Emy perfectionne ce procédé de sorte à augmenter la portée des arcs. Sa solution : l'empilement de planches disposées horizontalement en ménageant des joints décalés. Ces planches sont cintrées et serrées avec des étriers en métal. Un procédé qui fut appliqué au manège de Libourne en 1821 et de Bayonne en 1826 avec des portées de 21 mètres. Mais le premier bâtiment à pouvoir véritablement se targuer d'une charpente en bois lamellé collé tel que nous le connaissons aujourd'hui est la halle de réunion du collège du Roi Edward à Southampton, construite en 1860.

« Le colonel Emy garda la forme en arc de Philibert Delorme sous des arbalétriers pour les toits plans mais imagina de constituer des arcs par l'empilement de planches à plat. Les joints sont décalés et l'ensemble est serré par des étriers métalliques et des potelets moisants sous-tenant les arbalétriers. Le cisaillement longitudinal est repris par le serrage des étriers et des boulons traversants. Les fermes descendent profondément le long des murs latéraux et un tirant métallique fixé en pied des arbalétriers vient limiter les poussées sur les murs. »

**Les Compagnons du Devoir**

Parole d'expert



Atelier de charpente



### Otto Hetzer, inventeur du lamellé collé

A l'aube du 20<sup>e</sup> siècle, le bois lamellé, tel qu'on le définit aujourd'hui, est inventé par l'Allemand Karl Friedrich Otto Hetzer. Né près de Weimar en 1846, il fait son apprentissage de charpentier entre 1860-1863 (de 14 à 17 ans) pour créer, à 26 ans, en 1872, sa propre entreprise de charpente et scierie actionnée à la vapeur. En 1880 l'entreprise compte 80 employés. Cette entreprise, inventive, fabrique, entre autre, des planchers sous forme de caisson ; elle met au point un système de poutres en U collées pour assurer la ventilation de la sous face de plancher. Otto Hetzer dépose un premier brevet pour ce système dès 1892 et un autre sur les poutres en I composées en 1900. Un troisième brevet concernant les poutres composées paraboliques est déposé en 1903. Mais une autre invention attend le charpentier novateur : la poutre de bois lamellé collé.

### Le matériau

Tout en maintenant l'assemblage de lamelles à plat et le principe de joints décalés du colonel Emy, Otto Hetzer a l'idée de remplacer les pièces métalliques par des collages à la caséine pour assembler les lamelles entre elles (un procédé mis en place au cours du 19<sup>e</sup> siècle par Wiebeking, mais la formulation de la colle utilisée par Hetzer resta un secret bien gardé par son inventeur). Le lamellé collé était né. Entre 1906 et 1907, le brevet de ce nouveau matériau est déposé en Allemagne sous le n° 197 773, puis en France et en Suisse. Le procédé de ces poutres lamellé collées courbes prouve d'un tel génie que son application en charpente est évidente et son développement immédiat. Soucieux de valoriser la matière et d'adapter les formes des poutres à la stricte nécessité mécanique, Otto Hetzer réalisera quasiment toujours des poutres composées en I à inertie variable.

### Les premières réalisations en Europe

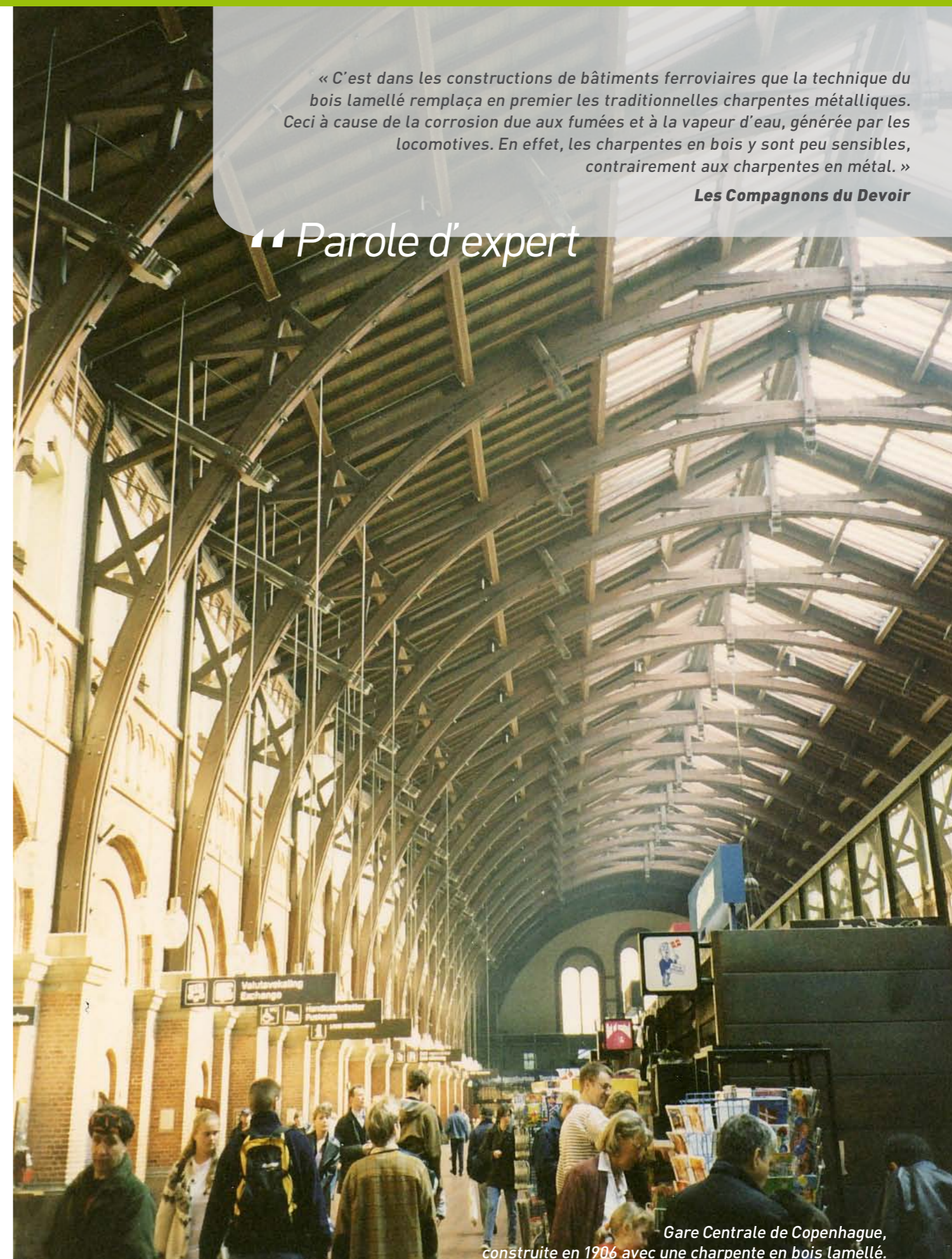
À compter de cette invention, la charpenterie disposait d'un matériau bois qui la libérait des dimensions et de la forme naturelle de l'arbre, tout en améliorant les performances mécaniques par l'utilisation de lamelles de faibles épaisseurs (15 à 45 mm). Ce matériau cumule solidité (des tests de résistance mécaniques sont réalisés en Suisse dès 1913), longueur de portée (dès 1910 un hall d'exposition à Bruxelles réclame des portées de 43 mètres) et originalité des formes. D'utilisation simple et efficace, le bois lamellé allait inspirer l'architecture et offrir plus de liberté au monde de la construction.

Dès 1910 le procédé fut employé partout en Europe. Il y eut ainsi des entreprises titulaires de licences en Autriche, Espagne, Danemark, Finlande, Hollande, Italie, Suisse, Suède et Tchécoslovaquie...

« C'est dans les constructions de bâtiments ferroviaires que la technique du bois lamellé remplaça en premier les traditionnelles charpentes métalliques. Ceci à cause de la corrosion due aux fumées et à la vapeur d'eau, générée par les locomotives. En effet, les charpentes en bois y sont peu sensibles, contrairement aux charpentes en métal. »

Les Compagnons du Devoir

### Parole d'expert



Gare Centrale de Copenhague,  
construite en 1906 avec une charpente en bois lamellé.



#### Procédé de fabrication

Secret de fabrication : Otto Hetzer n'aboutait pas ses planches mais décalait les joints avec des planches plus longues sur les parties externes des poutres. A partir de 1933, la norme allemande DIN 1052 vient réglementer petit à petit la fabrication des charpentes en lamellé collé. En 1935 L'entreprise Christophe et Unmak propose une enture désaboutée assemblée par deux boulons. A partir de 1937 Otto Graf et Karl Egner effectuent des recherches intensives sur les aboutages, qui mèneront, en 1942, à l'aboutage avec « entures en doigt de gants » que nous connaissons aujourd'hui. Ces entures ont été essayées dans les deux sens de la planche. Elles sont aujourd'hui réalisées sur le plat de la lamelle afin de répartir l'effort sur toutes les dents. A partir des années 90, les taillages des charpentes se font sur des bancs de machines à commandes numériques, permettant une très grande précision et une parfaite cohésion entre la conception et l'usinage. Au niveau de la composition, les industriels français n'ont eu de cesse, ces dernières années, d'améliorer la composition du seul autre composant que le bois, à savoir les colles. Une FDES, régulièrement mise à jour, vient prouver des bons résultats de ce travail : avec une faible émissivité et un total respect de la qualité de l'air intérieur.

#### Développement en France et dans le monde

Nous pouvons remarquer, qu'à l'instar des premières réalisations de Otto Hetzer, les charpentiers français ont réalisé très rapidement des ouvrages présentant des architectures évoluées, avec de grandes portées et des formes cintrées.

A Vincennes une charpente de 20 mètres de portée est réalisée par des prisonniers allemands après la grande guerre. Les sections sont rectangulaires mais les arbalétriers à inertie variable comportent 3 lamelles continues collées sur l'extrados. Dans le quartier des Halles de Paris, un entrepôt en bois lamellé (avec des entrants retroussés cintrés) est érigé à la même époque, mais, détruit dans les années 70, on ne peut plus l'admirer aujourd'hui.

A l'international, c'est entreprise hollandaise Némaho (qui a récupéré une partie des salariés des entreprises Hetzer, après liquidation de cette dernière en 1926) qui œuvre au développement de la charpente en bois lamellé. Citons en exemple un hall d'exposition avec des portées de 30 mètres à Amsterdam en 1921 et surtout la réalisation en 1952 d'un hall avec des portées de 68 mètres à Baranquilla en Colombie.

Aux Etats-Unis, ce sont des émigrés allemands qui exportèrent le procédé pendant l'entre-deux-guerres, à l'image de l'ingénieur Max Hanish. En 1934, il crée l'entreprise Unit Structures Company, à Peshtigo dans le Wisconsin.

Entre 1945 et 1954, la France construisait moins de 90 000 logements par an. L'activité des entreprises de charpente était essentiellement constituée de rénovation, ne permettant pas de réelles évolutions techniques. Mais à partir de 1954 (et sous l'action d'Emmaüs) nous sommes passés de 90 000 à 500 000 logements par an.

Puis dès 1960, les lois gaulliennes ont impulsé une politique d'équipement, développant la construction de bâtiments tels les gymnases, les universités, les salles polyvalentes. Des programmes qui ont permis de doter notre pays d'une véritable industrie de la construction.

Cette première vague de développement a conduit bon nombre de charpentiers à moderniser et développer leur production. »

**Claude Weisrock, fondateur de l'entreprise Weisrock, membre de l'Institut de la Charpente et de la Construction Bois d'Angers**

Parole d'expert

Caserne du quartier Bruat de Colmar, érigée en 1913, alors que l'Alsace était encore sous domination allemande.

### Des hommes de talents

En 1947 Jean Campredon, alors conservateur des Eaux et Forêts et directeur des laboratoires de l'Institut National du bois, présenta la technique du bois lamellé lors d'une conférence à l'Institut Technique du Bâtiment. Cinq ans plus tard, l'entreprise Alizon à Grenoble, spécialisée dans la réalisation de bâtiments de stockage réfrigérés et dont le département charpente était animé par Yves Praly s'intéressa au collage. En 1956, l'entreprise Margueron réalisa son premier ouvrage en bois lamellé, avec l'aide du charpentier suisse François Soudan. Au même moment, à Fécamp, la société de Georges Paris débutait une activité soutenue de fabrication de bois lamellé et de construction de bâtiments industriels. 1958 est une année charnière qui, en France, peut être retenue comme l'année du véritable démarrage de la charpente en bois lamellé. Pour citer quelques noms supplémentaires : Messieurs Fanjat de Saint Font, Brochard, Lourdin, Hualde et Bernier ont marqué l'histoire du bois lamellé français en tant qu'ingénieurs ; Bernard Robert, l'entreprise Bermaho, Georges Paris, Ephrem Longépé, Claude Weisrock, Edouard Charles, mais aussi Laganne, Fournier, Fargeot, Mathis... sont autant d'entrepreneurs de charpente qui ont accompagné le développement du bois lamellé et amorcé la transformation du métier au cours du 20<sup>e</sup> siècle. Très rapidement de grands architectes (Berthelot, Philippe et Colboc, Arsène Henri, Taillibert, Arretche, Novarina, etc...) ont perçu les possibilités offertes à l'architecture par le bois lamellé

### Evolution d'un métier

En France, avec l'introduction du bois lamellé, les charpentiers sont passés quasiment du jour au lendemain de charpentes simples et de faibles portées à des ouvrages plus complexes à l'architecture recherchée. Cette transition n'aurait pu se faire sans ces hommes à l'esprit ouvert, compétents, conscients de l'évolution du monde de la construction et de la nécessité d'appliquer rapidement de nouvelles exigences. Les petites entreprises de charpente ont ainsi rapidement intégré les évolutions techniques pour faire évoluer le métier de charpentier vers celui de fabricant/constructeur. La conception de structure est ainsi devenue partie intégrante de ces entreprises, en lien direct avec la fabrication et la mise en œuvre. Côté technologies, mécanisation des usines, puis développement de logiciels de conception et de calcul ont achevé de transformer un métier traditionnel en une profession à la pointe du progrès et de la précision. Tout un travail de qualification et de normalisation, mené à travers le Syndicat National des Constructeurs en Bois Lamellé Collé puis par le Syndicat National du Bois Lamellé, a enfin permis au bois lamellé de s'imposer sur le marché français comme un produit sûr, stable, qualitatif et fiable.

*De nouveaux ateliers sont construits et l'outillage manuel est rapidement remplacé par des machines, fixes ou portatives, qui améliorent considérablement la qualité et la productivité. (...) C'est en réalité le marché qui nous a "tendu la perche du progrès". Les charpentiers ont su saisir cette perche et évoluer vers la qualité et la modernité. En réponse, l'architecture contemporaine leur a permis de marquer leur époque avec des ouvrages remarquables, dont certains font école sur le plan international. »*

**Claude Weisrock, fondateur de l'entreprise Weisrock, membre de l'Institut de la Charpente et de la Construction Bois d'Angers**

## Parole d'expert



Grande Halle du nouveau Parc des Expositions de Tours, réalisé en 1965 (architecte : Barthélemy)

# BOIS LAMELLÉ INNOVATIONS ET PROSPECTIVES

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



## 1 | Le bois lamellé jusqu'à aujourd'hui

Évolutions de la fabrication  
Une conception révolutionnée

## 2 | Matériau d'avenir pour l'environnement

La ressource forestière  
Progrès environnementaux et sanitaires

## 3 | Matériau intelligent pour architecture visionnaire

Évolutions attendues pour le bois lamellé  
Ouvrages de demain : mixité et verticalité

Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Swedish Wood, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.

### Évolutions récentes de la fabrication du bois lamellé

La fabrication du bois lamellé repose sur les trois étapes principales que sont l'aboutage (assemblage bout à bout des planches pour obtenir une longueur de poutre désirée), le collage (assemblage des planches après rabotage et encollage) et le rabotage de trois ou quatre faces des poutres fabriquées.

Chacune de ces opérations a bénéficié d'innovations au cours des dernières décennies.

Un important travail de recherche a ainsi été réalisé sur l'incidence de la géométrie des entures d'aboutage sur le comportement mécanique de ces dernières. Ainsi l'approche des professionnels sur ce sujet a-t-elle évolué vers une recherche de haute résistance mécanique avec des performances contrôlées. Cette évolution essentielle du matériau bois lamellé a été rendue possible par la mise au point de nouvelles générations de colles simplifiant la mise en œuvre dans un contexte industriel et améliorant la performance de l'assemblage.

Notons également que la fin du XX<sup>e</sup> siècle a vu, en France, le bois lamellé s'affirmer grâce à un cadre normatif et réglementaire. La constance dans les caractéristiques du produit est également rendue possible grâce à la marque de certification Acerbois Glulam, qui permet de distinguer un bois lamellé de qualité contrôlée. Aujourd'hui, chaque lamelle composant du bois lamellé est identifiée et ses caractéristiques mécaniques connues.

Depuis une quinzaine d'années des progrès considérables ont également été apportés aux encolleuses, notamment du point de vue des rejets (eaux de lavage et résidus de collage).

Enfin, au-delà du produit, les process de fabrication du bois lamellé ont notablement changé au cours du passé récent, posant les bases des évolutions à venir. Dans ce domaine, l'évolution majeure est la généralisation des machines à commandes numériques à la fin des années 90 pour l'usinage des bois (5 machines CN en France pour la taille des charpentes en 1995, 100 en 2002). Une mécanisation de haute technicité qui participe à la démarche de grande précision propre à cette industrie.

*L'apparition, le développement, puis la généralisation des machines à commandes numériques ont permis la « seconde révolution industrielle » des charpentes en bois.*

### Parole d'expert

*« Hier, la conception d'objets complexes tels que les bâtiments était organisée en niveaux de conception depuis les phases préliminaires jusqu'aux phases finales, avec un certain cloisonnement entre les étapes. Demain, nous irons vers plus de transversalité. Grâce aux outils d'aide à la décision et à la modélisation numérique, nous assisterons au développement de systèmes informatiques experts de gestion des connaissances techniques dans le but d'améliorer la qualité des projets par la prise en compte simultanée de toutes les données et contraintes des opérateurs. »*

**Philippe Galimard et Jean-Luc Coureau,  
Unité des Sciences du Bois et des Biopolymères Université Bordeaux 1**

## Une conception révolutionnée

Dès le début de la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, les premières structures en arcs de très grande portée apparaissent dans le paysage architectural français. Ces ouvrages sont le fruit de la participation des bureaux d'étude structure aux côtés des entreprises de charpente. Il s'agissait alors de passer d'une démarche empirique et expérimentale à une technique plus scientifique reposant sur l'application de connaissances sur le matériau.

Depuis cette « révolution », diverses innovations sont intervenues dans la conception. L'arrivée des ingénieurs dans des entreprises jusqu'alors artisanales... L'apparition des premiers programmes de calcul de structures planes et le développement des premiers programmes de calcul d'assemblage et d'éléments isostatiques... Le passage de la conception en deux dimensions à la « 3D »... Et enfin, l'avènement de la CAO ou Conception Assistée par Ordinateur, puis de la FAO ou Fabrication Assistée par Ordinateur. Chacune de ces étapes a contribué au développement d'une filière de pointe, reposant sur des process de haute technologie.

Cette évolution de la conception a, par ailleurs, été appuyée par une homogénéisation des codes de calculs en Europe, une meilleure connaissance des caractéristiques du matériau et la création de classes de résistance caractérisant les différentes poutres disponibles sur le marché.

Dans les années à venir, la conception d'ouvrages en bois lamellé va poursuivre son évolution sur cette route de la haute technologie et de la précision. Ainsi, la modélisation devrait permettre de plus en plus de fiabilité et l'optimisation des structures en bois lamellé. Par exemple, l'arrivée des calculs aux éléments finis permettra de dimensionner certains comportements ou certains assemblages. On peut ainsi envisager un dimensionnement automatisé sur commande numérique, la détermination des propriétés réelles d'une poutre (chaque poutre ferait l'objet d'une caractérisation durant l'usinage) ou encore le développement de centres d'usinage intelligents.

*Test de résistance réalisé à Egletons au cours d'une campagne de recherche expérimentale visant à améliorer les performances des poutres. Ici, la surface d'une poutre est mouchetée de capteurs, reliés à un ordinateur, permettant l'acquisition de données.*



◀ Parole d'expert

*« Nous assisterons probablement dans les années à venir à l'avènement d'un bois lamellé THP, Très Haute Performance, qui devra répondre aux exigences de finesse, de performances, de souplesse, de design et d'architecture. Ce nouveau matériau permettra le passage d'un dimensionnement par la mécanique des structures (aujourd'hui en œuvre) à un dimensionnement par la thermique des bâtiments, vers la recherche d'une continuité parfaite de l'enveloppe. »*

**Philippe Galimard et Jean-Luc Coureau,  
Unité des Sciences du Bois et des Biopolymères Université Bordeaux 1**

### La ressource forestière

La politique volontariste de Développement Durable en Europe et les contraintes environnementales qui y sont associées permettent une véritable valorisation des ressources renouvelables de proximité... et donc du bois.

On constate d'ores et déjà une croissance remarquable au cours des dernières décennies en Europe. Et, tandis que les surfaces augmentent, les temps de croissance et les durées de rotation diminuent. Ainsi, pour le hêtre, les durées de révolution sont diminuées de 40% (le diamètre 60 cm est atteint à 90 ans au lieu de 150 ans) et à l'âge de 65 ans, les hauteurs sont augmentées de 4 mètres (Source : INRA, Becker et al. 1994).

Mais soulignons que pour d'autres essences, ce raccourcissement des durées de rotation peut aboutir à des diamètres plus faibles, mal conformés.

Un schéma de croissance de la ressource forestière dans les années à venir serait forcément bénéfique au développement du bois lamellé ; toutefois, même si la surface boisée décroissait, l'utilisation croissante du bois dans la construction serait malgré tout assurée. Son rôle de puits de carbone, son caractère renouvelable et la source d'énergie qu'il représente sont des atouts indispensables pour l'avenir de nos sociétés. Si l'on envisage un scénario où le bois deviendrait une matière précieuse, alors son usage se resserrerait autour du rôle structural. Les structures en bois lamellé pourraient donc poursuivre leur développement.

### Progrès environnementaux et sanitaires

Le bois lamellé présente certains atouts qui assureront son développement dans les années à venir, du fait de l'attention accrue portée au respect de l'environnement et de la santé humaine :

- Avant tout c'est une matière renouvelable, atout de poids pour un avenir où la croissance démographique et la finitude des matières et des énergies fossiles risquent de poser problème.
- C'est également un matériau qui se révèle précieux dans la lutte contre les gaz à effet de serre, un argument qui devrait garantir son usage dans la construction.
- C'est enfin un matériau capable d'accompagner une démarche qualitative de la construction et d'assurer une meilleure durabilité des ouvrages.

Aussi, le bois lamellé affirme une responsabilité environnementale incontestable, au-delà de sa nature, avec le développement des marquages et certifications d'origine contrôlée. Parallèlement, le bois lamellé poursuit une amélioration remarquable sur le terrain sanitaire avec des colles de moins en moins émissives (tout en étant de plus en plus efficaces) et de réels progrès sur le terrain des produits de traitement et de finition. Dans les années à venir, des colles végétales (à base d'amidon de maïs ou de soja ou de tannins) devraient se développer.

Au niveau des produits de traitement, le recours au thermo-traitement ou aux traitements thermo-chimiques propose déjà des solutions intéressantes, à même de se développer dans un futur proche.

« Dans 100 ans, la première question sera l'énergie !  
Seul matériau de construction qui peut s'obtenir sans intervention de combustible,  
le bois lamellé s'affirme comme un produit de construction incontournable pour  
les 100 ans à venir... et plus. »

Régis Pommier,  
École Supérieure du Bois de Nantes

Parole d'expert

© GÖSTA WENDELINUS, UMEÅ

Université de Göteborg (Suède)  
Architecte : Wingårdh arkitekter

### Évolutions attendues pour le bois lamellé

À écouter les experts, le bois lamellé pourrait devenir un produit de construction « haut de gamme », sur mesure, assumant à la fois les fonctions structurelles et esthétiques d'un bâtiment. Il pourrait également s'imposer sur le terrain de l'intelligence et offrir de nouveaux rôles à la structure, comme la régulation thermique, le captage et le stockage d'énergie, ou encore, pourquoi pas, des propriétés antiseptiques, participant activement à la qualité sanitaire d'un bâtiment.

En matière de progrès pour le matériau, on souligne le potentiel offert par la chimie verte au bois lamellé avec la possibilité de développer, à l'aide de la modification génétique, des essences encore plus durables.

À l'Unité des Sciences du Bois et des Biopolymères de l'Université Bordeaux 1, on envisage de truffier le bois lamellé de capteurs afin d'assurer un suivi de la structure in situ et d'en mesurer les mouvements et la rigidité. L'intégration des puces RFID dans la matière est en cours de réflexion afin de mémoriser et récupérer des données à distance.

Le soudage du bois est également dans tous les esprits mais nécessite des travaux de recherche et de qualification, indispensables à tout matériau de structure.

Enfin, en pensant à l'avenir, on évoque volontiers les matériaux mixtes, où le bois lamellé est renforcé par l'intervention d'autres matières comme le béton collé au bois (renforcement de la raideur et de la résistance), ou un renfort multicouche en carbone (amélioration de la résistance seule)... L'inclusion de matières issues des nano-technologies est également envisagée, avec des nano-tubes de carbone permettant de renforcer et surveiller la structure. Les structures pourraient ainsi être instrumentées pour assurer le suivi et la maintenance d'un bâtiment, détectant les incidents, identifiant les besoins et transmettant les informations par voie numérique.

Autre solution pour augmenter les performances mécaniques : densifier la matière, assurer la continuité des fibres dans les liaisons et augmenter l'inertie du matériau... des solutions qui semblent tout droit sortie d'une imagination débordante et qui, pourtant, sont déjà en œuvre en laboratoire.

« Un exemple parmi d'autres est celui des grandes mégalopoles qui ont été bâties après la découverte du pétrole. Elles ont été conçues en intégrant l'automobile depuis le début et deviendront en grande partie inhabitables. En particulier, tous les lotissements pavillonnaires situés à la périphérie des villes, non desservis par les transports en commun, seront les premières victimes de la fin du pétrole. Une redensification des villes semble inévitable. Note optimiste : le pétrole devenu hors de prix, nous saurons concevoir des villes nouvelles avec un habitat collectif de qualité, convivial (avec de nombreux locaux collectifs) pourquoi pas des tours insonorisées, isolées aux normes HQE, avec, au pied, des jardins familiaux et de vastes espaces verts ? »

**Laurent Bleron**  
Arts et Métiers ParisTech Cluny

### Parole d'expert





### Ouvrages de demain : mixité et verticalité

La fin de l'étalement urbain est une perspective à laquelle le monde se prépare. Cette hypothèse constructive, la plus probable, est liée à une volonté certaine de préserver l'environnement en diminuant les besoins de transport et en limitant les pollutions. Une telle perspective va de pair avec une nécessaire densification des villes et donc avec une construction qui, en lieu et place d'un mode de développement horizontal, deviendrait verticale.

La fin annoncée du pétrole et la quête de matières peu énergivores conduisent à penser que l'habitat de demain comprendra du bois : car une structure en bois réclame 24 fois moins d'énergie (fabrication et vie en œuvre du bois) qu'une structure métallique (fabrication et vie en œuvre de l'acier). Si l'on ajoute à ça la nécessité de densification urbaine et de verticalité, le bois lamellé s'impose comme LA solution d'avenir. Le bois permet aussi de répondre aux nouvelles exigences de performance énergétique avec des constructions basse consommation, voire positives en énergie.



*Palais de l'équilibre, Neuchâtel (Suisse) |  
Architecte : Groupe H (Paris, Genève)*



*Université de Göteborg (Suède)  
Architecte : Wingårdhs arkitekter*



*Maison de l'Agriculture, Panazol (67)  
Architecte : Yann Brunel (93)*

# OUVRAGES D'EXCEPTION

Le eBook du Centenaire  
100 ans de bois lamellé



BOIS LAMELLÉ  
UN SIÈCLE  
D'INNOVATION  
& D'ARCHITECTURE

## Institut de recherche Metla

Finlande

## Cloître cistercien

Norvège

## Centre culturel Djibaou

Nouvelle-Calédonie

## Parlement de Cardiff

Pays de Galles

## Observatoire polaire

Antarctique

## Pont de Crest

France

## Palais de l'équilibre

Suisse

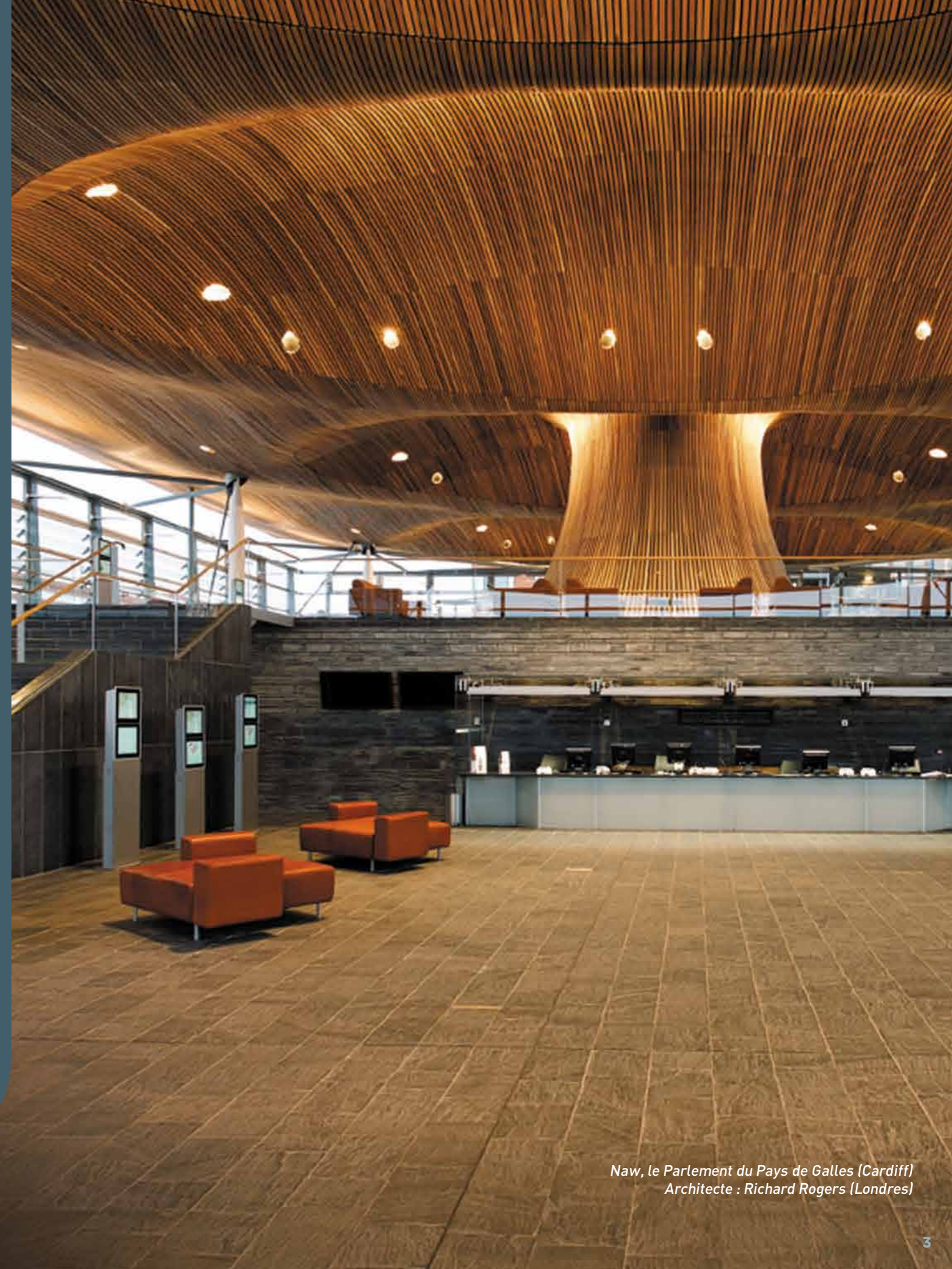
## Tennis de la Cavalerie

France

## Zénith de Limoges

France

*Cet eBook est réalisé dans le cadre d'une campagne conçue et financée par la Finish Forest Foundation (FFF), Skogsindustrierna, le Syndicat National du Bois Lamellé (SNBL), ACERBOIS et le CODIFAB.*



## Ouvrages d'exception

D'un naturel audacieux, le bois lamellé se prête particulièrement bien à la conception d'ouvrages hors du commun. Formes courbes, grandes hauteurs, portée, légèreté du matériau et grande résistance... ne sont que quelques exemples des atouts qui s'offrent aux concepteurs afin d'ébaucher les ouvrages de demain.

Ainsi, des bâtiments sphériques, dômes et autres bulles viennent divertir le paysage urbain ou rural avec des formes qui, jusqu'ici, demeureraient rares. Au-delà de la forme, les bâtiments en bois lamellé gagnent en originalité lorsque le bois se marie à d'autres matériaux. Béton, acier et verre sont ses partenaires privilégiés. Ensemble, ils livrent des ouvrages extraordinaires de solidité, de gigantisme ou de légèreté.

Avec toute cette inventivité, le bois lamellé s'est déjà prêté à la construction de nombre d'ouvrages extraordinaires. Abbaye, observatoire en Terre Adélie, musée en forme de bulle ou centre de recherche transparents... témoignent d'une créativité débridée qui n'a de cesse de se renouveler.



Bâtiments de recherche  
**Mixité bois, béton, verre**



## Institut finlandais de la recherche sur la forêt

Projet réalisé entre 2003 et 2004

Joensuu (Finlande) | Architecte : **SARC architects** (Helsinki)

La construction du « Metla », ou Finnish Forest Research Institute, a été achevée en octobre 2004. Erigé sur le campus de l'Université de Joensuu, le bâtiment apparaît de l'extérieur comme une boîte en bois. Mais côté intérieur, il est entièrement habillé de verre pour ouvrir les locaux sur un patio. Les bureaux et le laboratoire sont implantés autour de ce patio.

La salle de conférence épouse la forme d'une coque inversée et, planté au beau milieu de la cour, prend des allures d'OVNI tombé du ciel. Ici, l'objectif premier était d'utiliser le bois finlandais de manière innovante. Le bois s'affirme donc comme matériau principal, aussi bien en structure qu'en parement, pour toutes les différentes parties du bâtiment.

La structure répond à un principe de mixité avec des poteaux en bois lamellé associés à des dalles béton. En 2004, c'est la première fois que ce type constructif mixte est appliqué à une telle échelle.

Lieu de culte  
**Lumière, ouverture  
et inspiration**



## Cloître de l'abbaye de Tautra

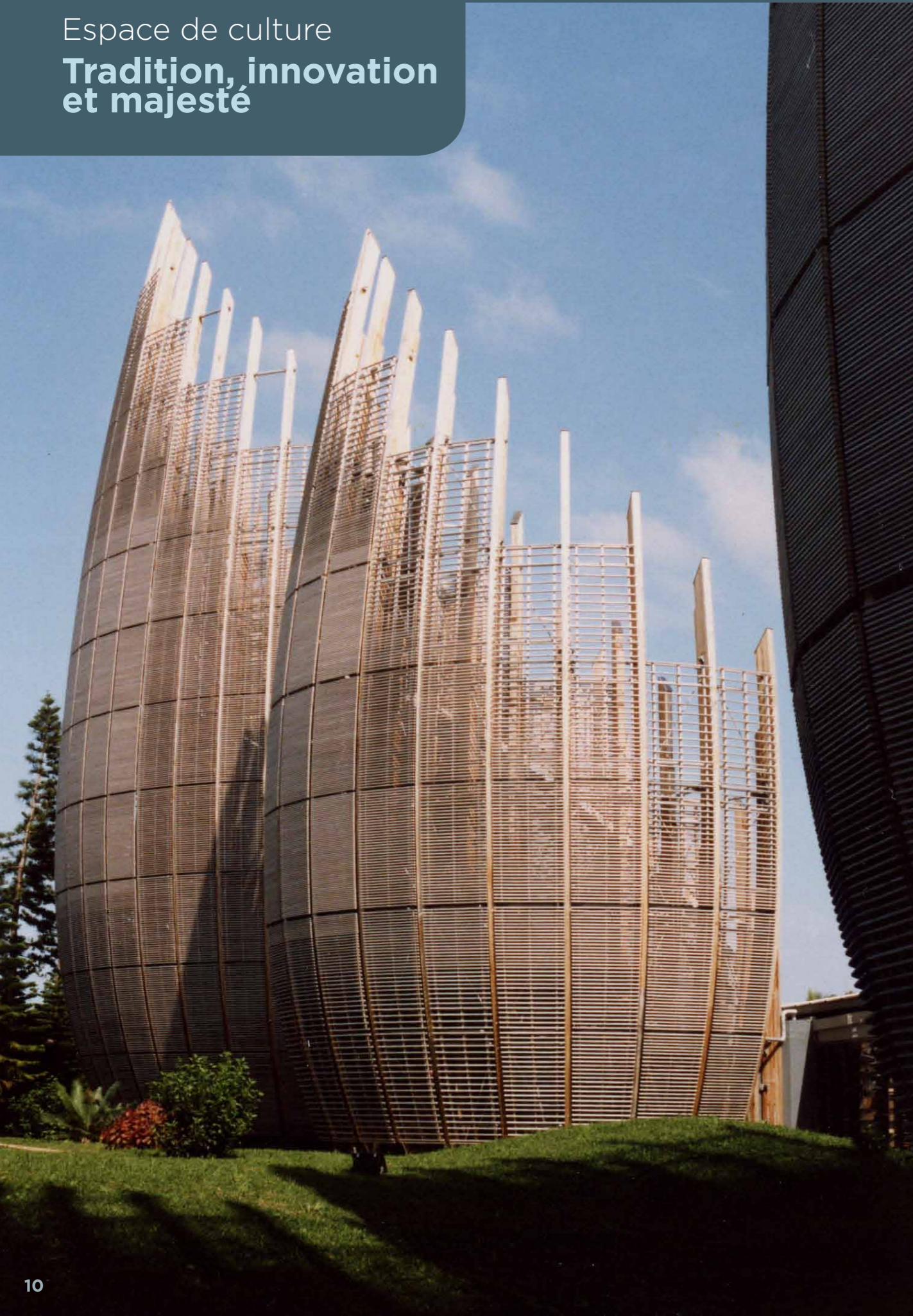
Projet réalisé en 2006  
île de Tautra (Norvège) | Architecte : **Jensen & Skodvin** (Oslo)

Cette Abbaye cistercienne est située sur l'île de Tautra au centre de la Norvège. Fondée en 1207, l'Abbaye, après une destruction quasi-complète au cours du XVI<sup>e</sup> siècle, fut refondée en 1999.

En 2003, la reine Sonja de Norvège relance le chantier de construction de la nouvelle abbaye. C'est dans ce contexte que ce cloître somptueux a été réalisé en 2006. Il est totalement ouvert sur le Fjord de Trondheim grâce à l'utilisation conjointe d'une structure en bois lamellé et d'une enveloppe en verre. L'idée première des architectes était de créer un bâtiment bas, tout en longueur, ponctué d'une série de sept jardins, procurant de la lumière mais donnant une impression d'intimité et d'exclusion. Car le bâtiment est à la fois relativement fermé sur lui-même et baigné de lumière, grâce à un principe d'ouverture zénithale, particulièrement symbolique dans ce lieu de culte. Parallèlement, le bâtiment est totalement ouvert sur la vue spectaculaire du fjord, depuis les salles communes.

Ce travail majestueux autour d'une charpente en bois particulièrement élaborée propulse le Cloître de Tautra au rang des ouvrages de référence. Certains disent même que Tautra serait au bois lamellé ce que La Tourette est au béton.

Espace de culture  
**Tradition, innovation  
et majesté**



## Centre culturel Jean-Marie Djibaou

Projet réalisé en 1997

Nouméa (Nouvelle Calédonie)

Architecte : **Renzo Piano** (Paris, Gênes, New York)

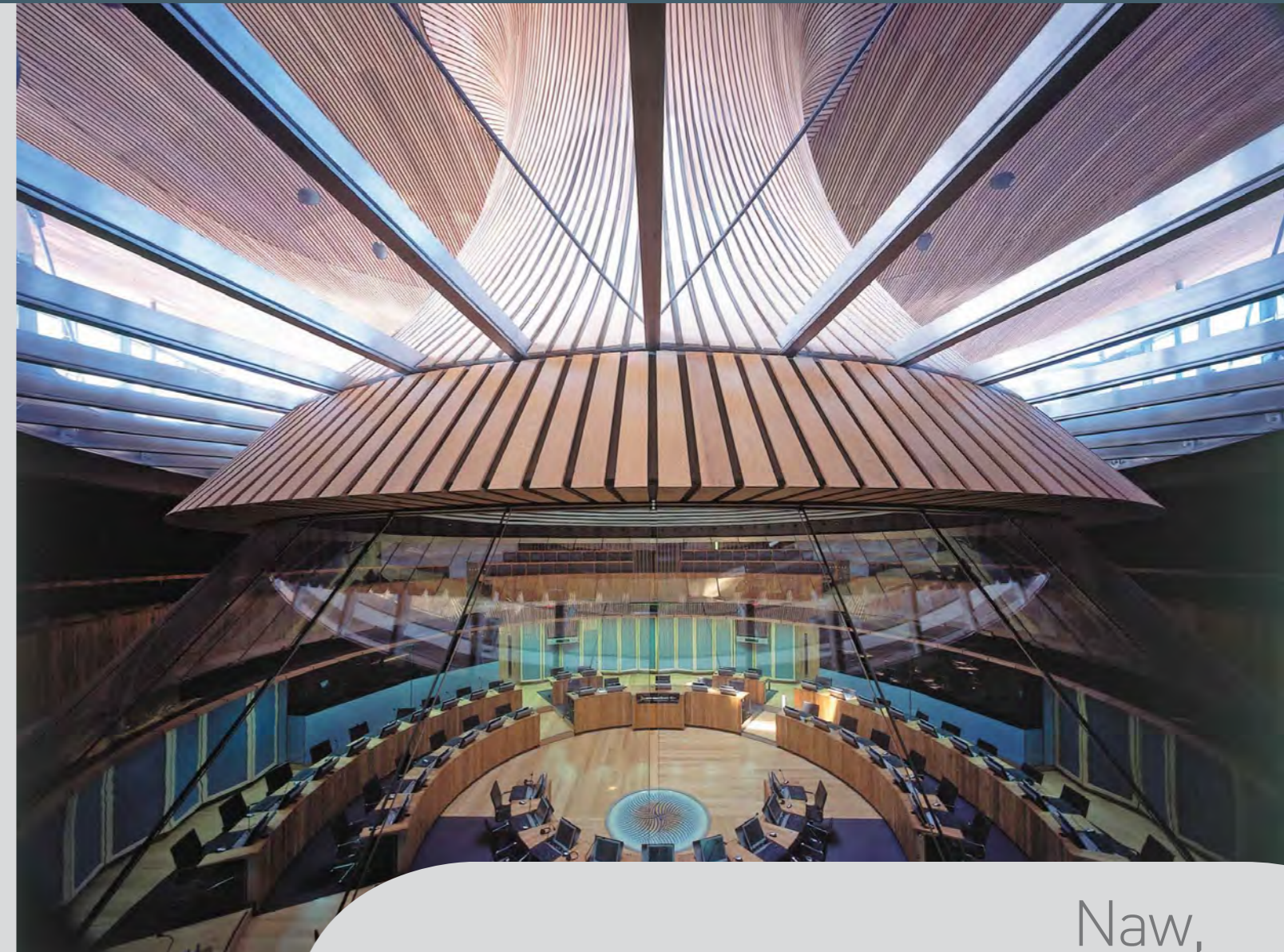
Le Centre Jean-Marie Tjibaou de Nouméa est entièrement dévolu à la culture canaque.

Il a été érigé sur une langue de terre entourée par l'eau : une situation exceptionnelle qui appelait un ouvrage hors du commun. L'ouvrage en question, imaginé par Renzo Piano, repose sur dix pavillons, conçus à l'image des huttes traditionnelles canaques, répondant à une forme de coque.

Ces huttes, recomposent, en quelques sorte, un village canaque. Leur faitage varie de 20 à 31 mètres de hauteur. Les pavillons, littéralement immergés dans la végétation qui a été préservée à dessein, rappellent que de tout temps, la culture canaque fut intimement liée à la nature. Les pavillons, qui abritent salle de conférence, bibliothèque, auditorium, amphithéâtre... disposent de structure mixtes, faites de bois lamellé d'iroko, de métal et de verre.

En tout, une surface de 1000 m<sup>2</sup> a été construite avec une véritable volonté de préserver l'environnement et de concevoir un ouvrage en harmonie avec ce dernier. Cette démarche adoptée par Piano a fait de cette réalisation une référence dans le domaine de l'éco-architecture.

Lieu de décision politique  
**Impressionnant, avant-gardiste  
et écologiquement engagé**



## Naw, le Parlement du Pays de Galles

Projet achevé en 2005  
Cardiff, Pays de Galles (Royaume-Uni)  
Architecte : **Richard Rogers** (Londres)

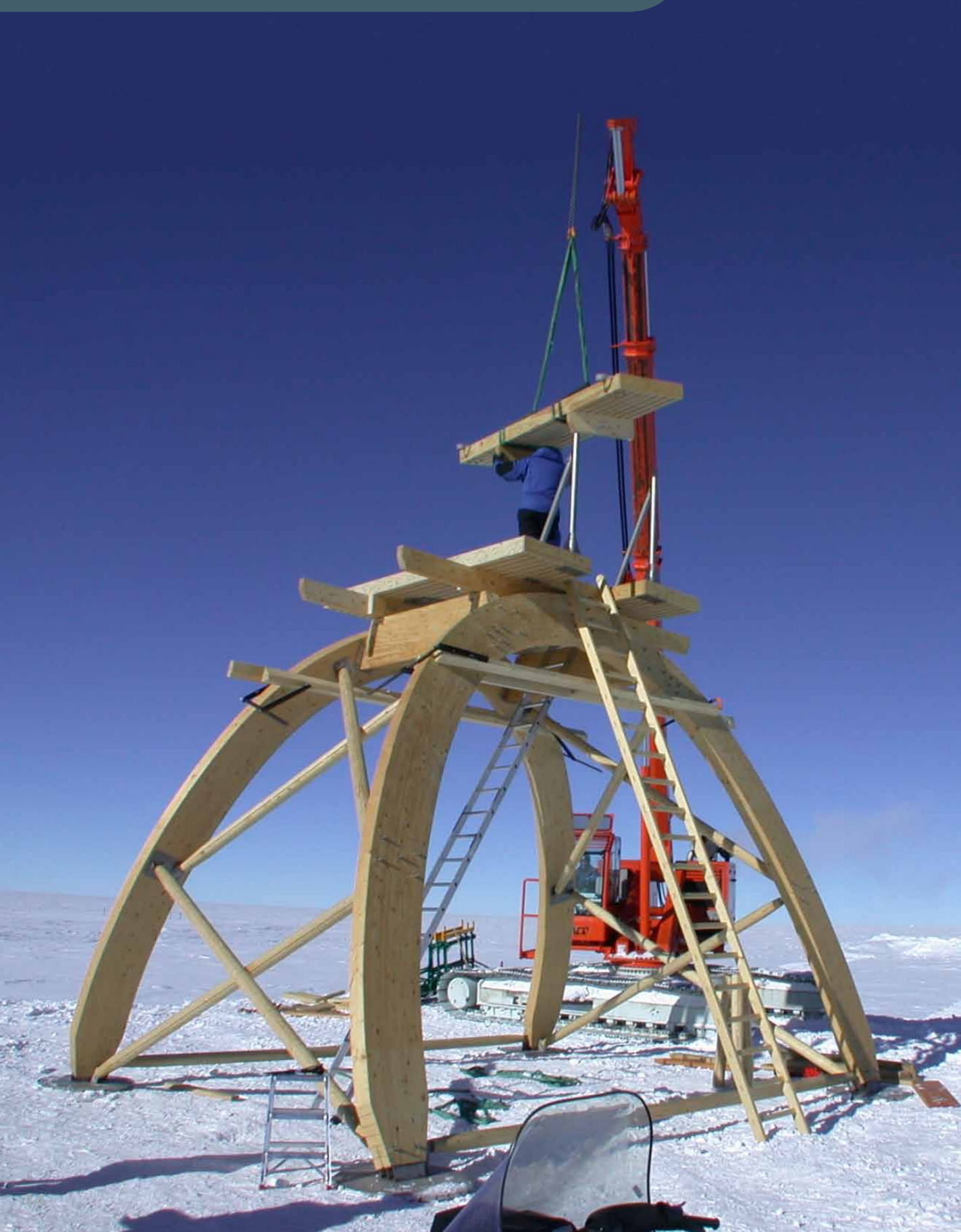
Inauguré en 2006 par Her Majesty la reine Elisabeth, l'Assemblée Nationale du Pays de Galles devait répondre à un objectif d'éco-construction doublé d'originalité architecturale, symbolisant une nouvelle forme de démocratie dont tout le Pays de Galles serait fier.

À des fins d'économie d'énergie, l'accent est d'abord mis sur une exploitation maximale de la lumière naturelle. L'enveloppe, transparente, du bâtiment va dans ce sens. Le plafond en forme de dôme ouvert est conçu de sorte à faire entrer le plus possible de lumière zénithale (utilisation du verre avec structure en bois lamellé). La toiture est composée, de plus, d'une série d'anneaux réflecteurs qui décuplent les rayons du soleil ; un miroir conique suspendu permet également de capter les rayons hivernaux, plus bas. Si l'enveloppe de ce bâtiment se devait impérativement d'être en verre (pour symboliser la transparence), les autres matériaux sélectionnés devaient tous faire preuve de leur totale adéquation avec les enjeux environnementaux de cette construction.

Le choix s'est donc porté sur trois matériaux en particulier : le bois (certifié FSC) avec un bois lamellé pour les rôles structurels, l'ardoise et la pierre.



Structure d'observation  
**Extrêmement résistant,  
stable et fiable**



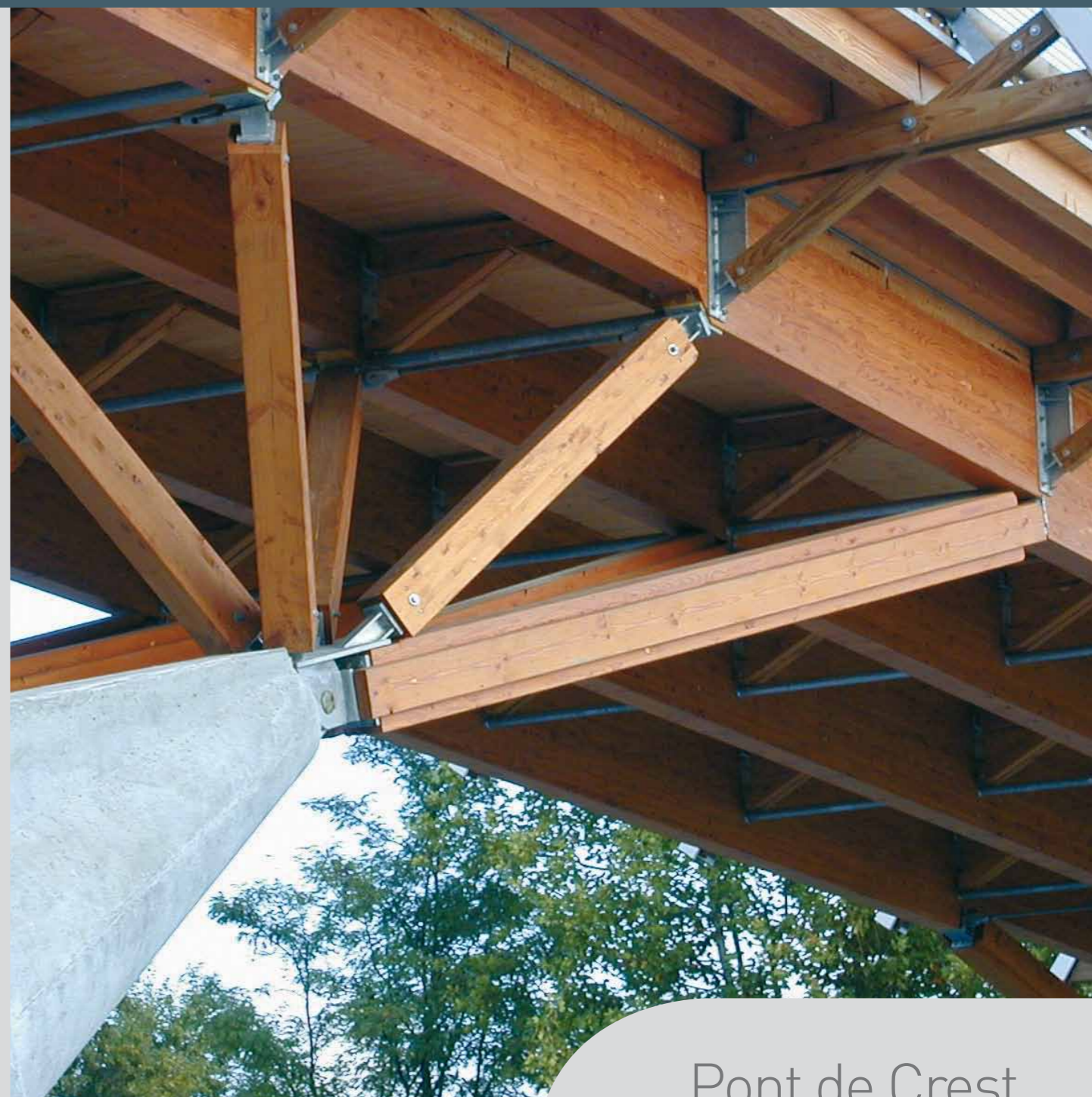
## Station polaire Concordia

Projet achevé en 2004  
**Station Concordia** (Antarctique, Terre Adélie)  
Architecte : **Jean Dubourg** (Bordeaux)

Le site du Dôme C est situé à 3600 mètres d'altitude et est sujet à des conditions extrêmes : -30°C y est la température la plus clémente, au cœur de « l'été » et elle peut descendre en dessous de -70°C et le lieu est difficilement accessible. Au début des années 2000, il faut construire une plate-forme de réception de matériel scientifique pour cette station dans l'Antarctique. Une contrainte s'impose d'emblée, du fait de la destination de l'ouvrage : les plate-formes doivent être particulièrement stables pour garantir une assise sans faille au matériel d'observation, d'une grande précision (il s'agit d'éviter toute vibration). Elles doivent par ailleurs résister aux conditions climatiques polaires et pouvoir être transportées et construites facilement dans ces lointaines contrées difficiles d'accès.

Le bois lamellé apporte une réponse satisfaisante à ce contexte. Ce matériau a en effet permis de réaliser les structures porteuses sur lesquelles des planchers en kerto reposent. La stabilité de ces structures et leur durabilité ont été largement éprouvées... et prouvées.

Ouvrage d'art  
**Longueur de portée,  
mixité et légèreté**



## Pont de Crest

Projet achevé en 2001

Crest (France) | Architecte : **Atelier de l'Entre** (Saint-Etienne)

92 mètres : c'est la distance qui sépare les deux rives de la Drôme à Crest... C'est aussi la distance que franchit le pont qui y a été aménagé en 2001. Plutôt que de louer à l'Etat un pont métallique initialement destiné à la continuité d'un itinéraire bis, la ville de Crest a fait construire un superbe pont écologique en bois. Le pont de Crest est ainsi devenu le plus long pont en bois de France.

Sa structure, en lamellé de douglas, est aussi légère au regard que résistante aux passages. Ici, le douglas sélectionné prouve d'excellentes performances et correspond aux classes de résistance C 30 et C 35. Ainsi cet ouvrage autorise le passage de véhicules de 3,5 tonnes en même temps que celui des cyclistes et des piétons, grâce à deux travées latérales. Des contre-fiches (en lamellé également) ont été ajoutées afin de transférer les charges tout en renforçant l'esthétique de l'ensemble.

Bâtiment d'exposition  
**Emblématique,  
renouvelable et performant**



## Palais de l'équilibre

Projet achevé en 2005

Neuchâtel (Suisse) | Architecte : **Groupe H** (Paris, Genève)

Le Palais de l'Equilibre est une réponse au Sommet de Rio de 1992, concrétisant les objectifs de performance économique, de solidarité et de respect de l'environnement dans une perspective de développement durable. Le Conseil Fédéral suisse s'est ainsi fixé pour but de mettre en œuvre ces principes adoptés à la conférence de Rio.

« Ce fut une première mondiale de construire une sphère en bois de pareille dimension, s'élevant jusqu'à 27 mètres d'altitude avec aussi peu de matière. En effet, 18 arcs en bois lamellé d'un diamètre de 60 cm vont soutenir la sphère extérieure et sont assemblés sur le vortex central qui, à lui seul, est un chef d'œuvre de technologie. Le bois utilisé, un des symboles du développement durable, était le sapin mélangé à l'épicéa et provient des forêts de Suisse romande. La peau à lamelles extérieure est en mélèze et fut exécutée avec les éléments recyclés du pavillon suisse de Hanovre. Les assemblages et les liaisons ont été effectués avec une technologie révolutionnaire faisant appel au collage par résine. Le montage s'effectua comme un simple jeu de lego, ce qui permettra, après l'exposition, une réutilisation facile et pragmatique de l'ouvrage. C'est un consortium de 11 entreprises alémaniques et romandes de construction bois qui fut chargé de mettre en œuvre cette merveilleuse construction.

Il aura fallu environ 2000 m<sup>3</sup> de bois brut pour construire cet ouvrage. Sachant que la forêt suisse a une croissance de 700 m<sup>3</sup> à l'heure et qu'actuellement, on exploite à peine le 50 % de son potentiel, il est édifiant de réaliser que toutes les 3 h il pousse en Suisse l'équivalent d'un Palais de l'Equilibre ! »

*Hervé Dessimoz, Groupe H.*

En octobre 2004, le Palais de l'Equilibre inaugure sa seconde vie, en présence de Jacques Chirac, Président de la République française, Joseph Deiss, Président de la Confédération suisse et Juan Carlos, Roi d'Espagne : il devient le Globe de l'innovation et de la recherche, sous l'égide du CERN (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire).

Espace sportif  
**Créatif, adapté  
à la rénovation et élégant**



## Tennis sur les toits

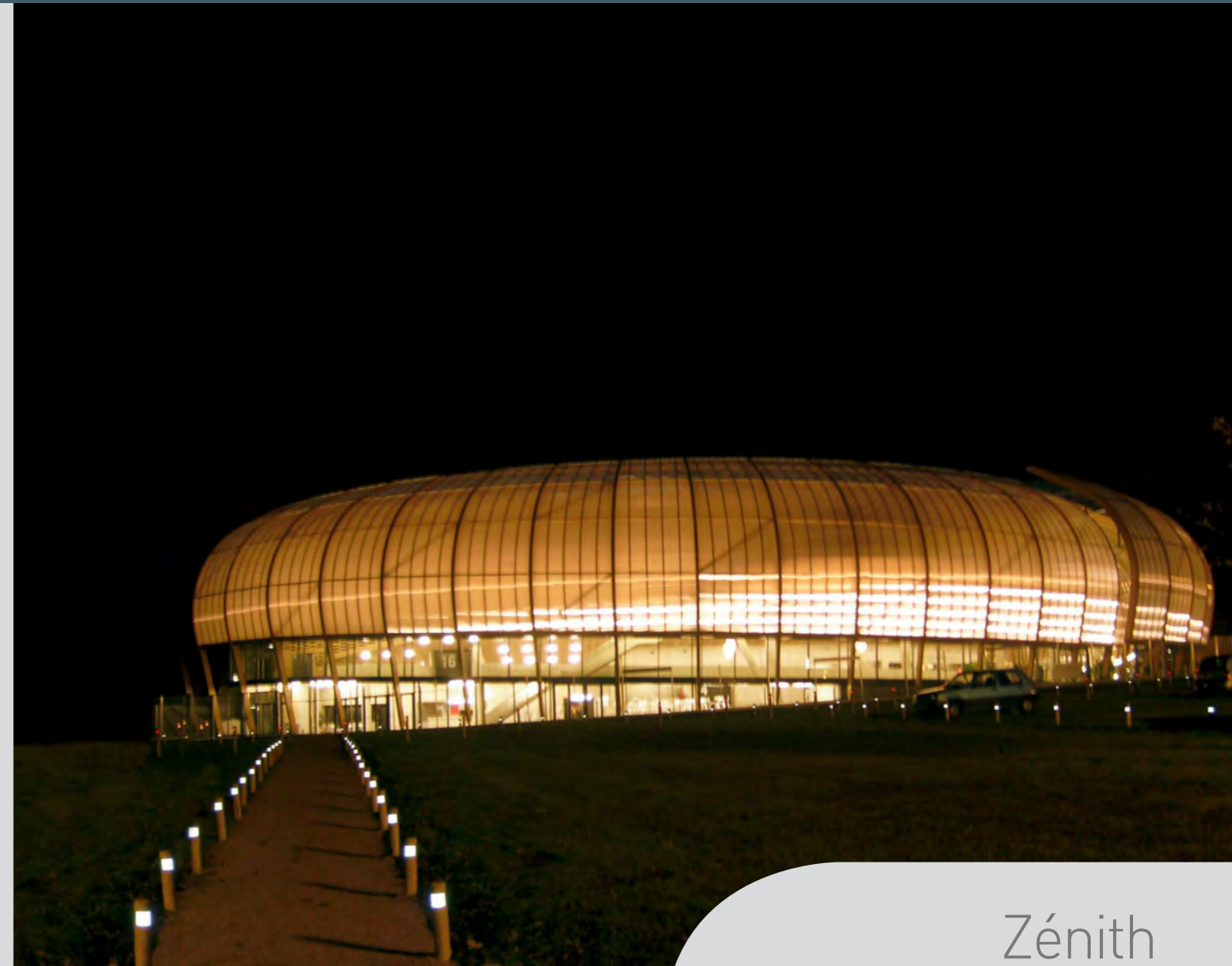
Projet achevé en 2000

Paris (France) | Architecte : **Grégoire Nomidi** (Paris)

Ce tennis, assis sur les toits d'un immeuble parisien situé rue de la Cavalerie, était coiffé d'une résille, supportant la couverture. Cette verrière zénithale s'était effondrée lors de la tempête de décembre 1999. L'immeuble, inscrit à l'inventaire des monuments historiques depuis 1986, exigeait une réfection de ce tennis à l'identique. Une exigence qui devait être combinée aux normes de construction actuelles. La nouvelle structure en résille, auto-stable, se déploie sur 1000 m<sup>2</sup>.

Elle est à présent renforcée par une charpente à base d'arcs paraboliques en bois lamellé. La résille est ainsi déchargée de sa fonction porteuse. Son rôle se limite à celui des pannes de charpente. Elle fournit une assise à la couverture et contribue au contreventement des arcs. Pour rendre la présence des arcs aussi discrète que possible, ceux-ci ne viennent pas en sous face de la résille, mais prennent naissance dans le même plan.

Salle de concert  
**Courbes,  
transparence et audace**



## Zénith

Projet mené entre 2003 et 2007

**Limoges** (France)

Architectes : **Bernard Tschumi/ BTuA** (Paris, New-York)

et **Atelier 4** (Clermont-Ferrand)

La ville de Limoges s'est dotée en 2007 d'une très belle salle de spectacle.

Mieux ? Un Zénith de 8000 places.

Aérien, léger, lumineux, cet ouvrage fait non seulement la part belle au lamellé mais surtout il le montre. L'ouvrage repose sur un principe de double enveloppe : une peau extérieure campée par 43 arcs en bois lamellé (de douglas) recouverts d'une feuille de polycarbonate rigide et une peau intérieure à fonction acoustique, réalisée en douglas également. L'implantation de l'ouvrage au cœur d'un territoire forestier et entouré d'arbres a très largement inspiré ce choix de matériau.

La résille de bois laissée visible par l'effet translucide du polycarbonate accorde au bâtiment une luminosité naturelle fort appréciable de jour et rend le Zénith comme « phosphorescent » à la nuit tombée.

## Le Bois Lamellé

6, avenue de Saint-Mandé  
75012 Paris

Tél | 01 43 45 53 43  
Fax | 01 43 45 52 42  
snccblc@magic.fr

[www.glulam.org](http://www.glulam.org)



Conception et rédaction **Claire Leloy**  
Conception graphique **Sébastien Wyseur**

