

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 110 (1984)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Le bois et les matériaux composites  
**Autor:** Marmier, Jean-Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75350>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Bibliographie

- [1] STROOT Ph., *Le bois de hêtre vaut mieux que le feu des cheminées!* 24 Heures, 31 décembre 1982, p. 24.
- [2] GEHRI E., *Möglichkeiten des Einsatzes von Buchenholz für Tragstrukturen.* Schweiz. Bauwirtschaft, 1980, H. 56, S. 14.
- [3] SCHOLTEN J., *Nail-holding properties of southern hardwoods.* Southern Lumberman 1950, S. 208-210.
- [4] GEHRI E./FONTANA M., *Betrachtungen zum Tragverhalten von Passbolzen in Holz-Holz-Verbindungen.* Baustatik und Stahlbau, ETH Zürich, 1983.
- [5] GEHRI E., *Fachwerkträger aus Buche und Fichte mit Stahlknotenplatten in eingeschlitzten Hölzern.* Baustatik und Stahlbau, ETH Zürich, 1982.
- [6] GEHRI E., *Zur Berechnung und Bemessung von Fachwerkträgern mit Knotenplatten in eingeschlitzten Hölzern.* Schw. Ing. Arch. 1983, S. 145.
- [7] — : *Räumliche Tragstruktur aus Holz.* Schweizer Holzbau (1982), Heft 10, S. 31.
- [8] GEHRI E., *Neuartiger Stabrost in Holzbauweise.* Int. Ver. für Brückenbau und Hochbau, 12. Kongress Vancouver, 1984, Schlussbericht.

La mise en œuvre de lames en hêtre a permis d'augmenter considérablement la capacité portante. On remarquera que, pour les poutres hybrides, la rupture est partie du noyau en épicéa (cisaillement ou rupture dans les joints à entures multiples de la première lame tendue en épicéa).

## Conclusions

Les recherches entreprises, bien qu'elles ne soient pas systématiques, prouvent que le lamellé-collé ouvre un débouché intéressant pour l'utilisation du hêtre en charpente.

Que reste-t-il à faire?

Les résultats obtenus permettent d'établir un programme de recherches et de développement détaillé, dans le cadre des contingences suivantes :

- concentration des moyens financiers pour résoudre les problèmes de caractère général, tout en étudiant sommairement les domaines spéciaux;
- les bases nécessaires au dimensionnement sont à assurer par des recherches expérimentales, en attachant une attention particulière au comportement à long terme;
- les études porteront sur des éléments de construction conçus et réalisés selon les usages de la pratique. On tiendra compte de l'influence des divers procédés de fabrication et on en déduira la technologie la plus appropriée;
- des ossatures prototypes, convenablement contrôlées, serviront à corroborer les expériences acquises en laboratoire.

Les moyens financiers à mettre à disposition sont sans doute justifiés et les sommes nécessaires peuvent être évaluées

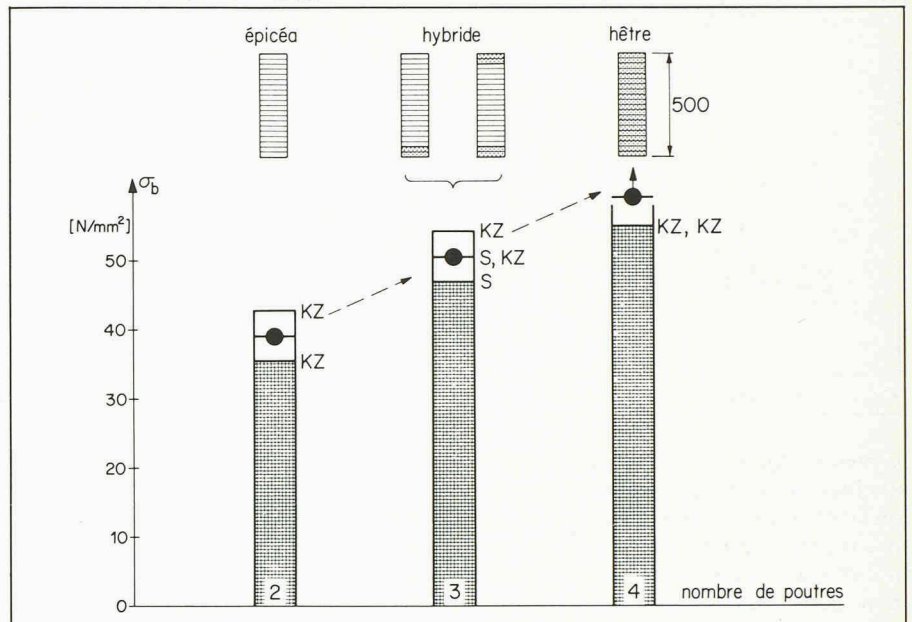


Fig. 9. — Accroissement de la résistance due à l'utilisation de lames à caractéristiques plus élevées, en particulier pour les zones extérieures tendues. KZ = ruine partant d'un joint à entures multiples; S = rupture par cisaillement (dans l'épicéa).

avec une précision suffisante. Il semble par contre malaisé de chiffrer le rendement des investissements ainsi engagés et, en particulier, de prévoir exactement le volume du marché en découlant. Même si ce débouché devait s'avérer limité, l'intérêt économique du lamellé-collé en hêtre ne doit pas être sous-estimé. A long terme, on en tirera les profits suivants :

- développements de technologies de pointe, requises pour la mise en œuvre du hêtre dans la construction. Cette contrainte peut sembler, au premier abord, restreindre l'application de cette essence; elle exercera cependant une influence favorable pour la charpente plus traditionnelle. Nous pensons ici spécialement aux contrôles de qualité du lamellé-collé: peu satisfaisants actuellement, ils portent préjudice à l'image de marque de ce produit;

- le hêtre possède des caractéristiques mécaniques plus performantes que celles des résineux, avec une majoration de l'ordre de 25 à 100% selon le genre de contraintes. Cette essence indigène convient donc parfaitement pour des éléments hautement sollicités; elle permet d'étendre le champ d'application des charpentes en bois, restreint jusqu'ici par la résistance limitée des résineux.

L'utilisation du hêtre en construction entraînera une plus-value appréciable pour ce produit de nos forêts. Il en résultera une retombée favorable tant pour la sylviculture que pour l'industrie du bois.

## Adresse des auteurs :

Ernst Gehri, ing. civil SIA, assistant scientifique, et  
Pierre Dubas, prof., dr. ès sc. techn., ing. SIA, chaire de statique appliquée et de construction métallique EPF Zurich

## Le bois et les matériaux composites

par Jean-Pierre Marmier, Lausanne

Les problèmes énergétiques de ces dix dernières années ont provoqué un regain d'intérêt pour le bois. En effet, il s'agit d'un matériau renouvelable dont l'exploitation est de plus nécessaire à l'équilibre bien compris de nos forêts et par conséquent de notre environnement. Seule ombre au tableau: il est impossible de planifier la demande future car le cycle de croissance est de l'ordre de 70 à 100 ans pour la plupart des essences. Dans une société qui a déjà de la peine à planifier ses besoins immédiats à 1, 3 voire 5 ans, il

est utopique d'essayer de prévoir les utilisations potentielles du siècle suivant. L'homme est ainsi amené à tirer parti, en fonction de ses connaissances technologiques, des disponibilités du marché et de ses besoins, d'un matériau naturel se comportant d'une manière très diverse selon l'essence, son mode de mise en œuvre ou son utilisation.

Dans le domaine de la construction, il faut remarquer que le bois ne fait que sortir d'une ère moyenâgeuse. La charpente traditionnelle n'a subi que peu de chan-



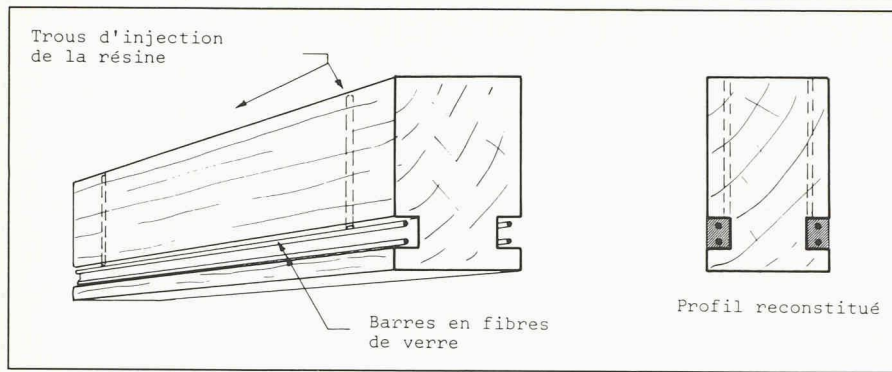


Fig. 1. — Bois armé de fibres de verre.

gements depuis le XVII<sup>e</sup> siècle. Jusqu'à maintenant, seule la découverte des colles synthétiques a fait progresser quelque peu la construction en bois. Pour le reste, utilisé sous forme de bois de charpente non transformé, le bois présente aux yeux de bien des constructeurs le défaut de ne pas être assez homogène. Les dispersions obtenues dans la définition des qualités d'un bois sont encore trop grandes pour que l'on puisse sans précautions spéciales tirer parti d'une manière rationnelle des propriétés mécaniques exceptionnelles du bois compte tenu de son poids spécifique. Il s'ensuit que les valeurs des contraintes d'utilisation du bois dans les structures porteuses n'ont pratiquement pas évolué depuis plus de cinquante ans.

Souvent détrôné temporairement par des matériaux nouveaux réalisés grâce aux progrès technologiques, le bois est toujours revenu reprendre sa place du fait de ses qualités physiques qui sont comparables aux hauts de gamme des matériaux fabriqués par l'homme avec une dépense d'énergie non négligeable. Ainsi, tour à tour, l'acier, le béton armé, l'aluminium et les matières plastiques sont venus remplacer le bois dans la construction.

Or que constate-t-on actuellement? Le bois peut parfaitement rivaliser avec l'acier lorsqu'il s'agit de grandes portées, il dame le pion au béton armé dès qu'il se trouve dans des atmosphères agressives; l'aluminium est hors de prix du fait de sa grande consommation en énergie nécessitée lors de son élaboration, le plastique vieillit plus ou moins bien que le bois. Cette faculté d'adaptation est attestée par les utilisations, souvent marginales, développées ces dernières années par des constructeurs astucieux. La caractéristique principale de ces nouveaux procédés d'application est de marier le bois avec d'autres matériaux et de conférer ainsi à l'ensemble des propriétés particulièrement bien adaptées au but recherché.

Quelques exemples pour illustrer notre propos.

### Le bois armé

Armé soit par des barres d'acier, procédé déjà expérimenté à la fin des années trente mais sans suite notable, soit par

des tiges en fibres de verre enrobées de résine: il est possible de conférer ainsi au bois une résistance et une rigidité supplémentaires.

Le renforcement à l'aide de fibres de verre est utilisé particulièrement dans les transformations d'immeubles anciens où l'on désire garder l'aspect extérieur des poutres tout en renforçant et en restaurant la structure (figure 1).

Il est aussi possible, par ce procédé, de «sauver» de la ruine des charpentes récentes mal calculées ou dont le comportement ne correspond pas à l'idée que s'en est faite le constructeur au départ. La figure 2 montre ainsi un nœud de charpente triangulée avant et après son renforcement (fig. 2).

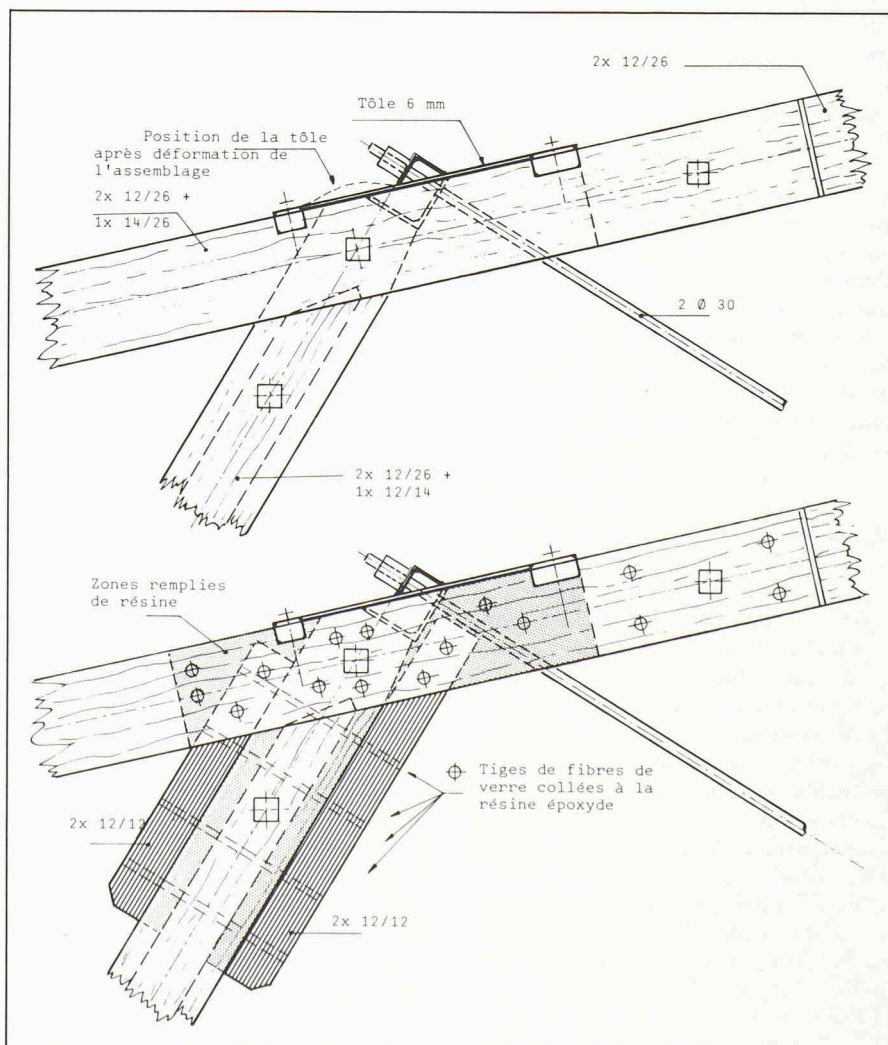


Fig. 2. — Renforcement d'un nœud de charpente.

### Le composite bois-époxy

L'utilisation du bois avec des fibres de verre, de Kevlar (fibre textile polyamide aromatique, développée par Du Pont de Nemours dès 1972) ou de carbone, combinées avec des résines synthétiques, s'est déjà répandue dans la construction navale. L'intérêt de l'adjonction de résines époxy au bois (système West) est de permettre d'isoler le bois des influences de l'humidité; la teneur en eau ne varie plus dans le temps. D'autre part, la résine chargée de microfibres ou de microballoons, puis de stratifiés en fibres de verre, renforce notablement la résistance du bois. On atteint ainsi des résistances à la flexion de 100 N/mm<sup>2</sup>. Cette technique mise au point dans la construction nautique en superposant plusieurs plis de bois dans des directions différentes et avec des densités variables (cèdre rouge: 0,33, frêne: 0,75) permet de réaliser des structures très performantes pour un poids minime (5,8 kg/m<sup>2</sup> pour une épaisseur de 12 mm). Si ce procédé est encore coûteux sous cette forme, il n'est pas difficile d'en imaginer des applications industrielles en intercalant par exemple des fibres de verre dans les joints des poutres lamellées collées. Un tel progrès ne sera toutefois réalisable que si une normalisation des profilés apparaît sur le marché (fig. 3).



## Constructions mixtes bois-béton

Comme le bois armé, ce type de liaison entre deux matériaux trouve son application essentiellement dans les transformations d'immeubles. Ce mode de renforcement suppose par contre une pourtraison en bon état et un bois sain. Le béton utilisé comme dalle de compression (fig. 4), peut être soit du béton normal, soit du béton léger à base de granulés d'argile expansée selon le but recherché. Il est ainsi possible d'améliorer la résistance et l'inertie phonique d'un plancher existant.

La liaison entre le bois et le béton peut se réaliser par clouage (clous prépercés) ou par tire-fond. L'emploi de tiges de fibres de verre est à déconseiller, le verre étant attaqué par les alcalis du ciment.

## Les assemblages

Les assemblages ont toujours été les points faibles des structures porteuses en bois. Les dimensions des barres d'une poutre triangulée sont dictées par les possibilités des assemblages. Les assemblages traditionnels ne permettent que rarement une utilisation optimale du bois, les rendements entre section brute de la barre et assemblage n'atteignant qu'exceptionnellement 50%. Il est donc naturel que les constructeurs cherchent dans ce domaine des améliorations. Depuis une quinzaine d'années diverses plaques clouées ont ouvert une voie.

L'acier, finement divisé, en particulier dans le système Menig (fig. 5), permet ainsi une transmission dense des efforts sans affaiblissement notable de la section du bois.

Dans la même optique, le choix d'essences résistant aux efforts localisés, telles que le hêtre sous forme de bois lamellé-collé (le hêtre n'avait jusqu'il y a peu que la réputation d'un excellent bois de feu) permet l'utilisation de broches en acier de haute résistance avec comme corollaire une amélioration très sensible des caractéristiques des assemblages. Des essais systématiques exécutés à l'EPFZ ont montré l'intérêt de conjuguer l'utilisation de bois plus denses avec la technique de l'assemblage par broches métalliques et goussets en tôles (procédé Blumer) (fig. 6).

## Perspectives

Les quelques exemples esquissés ci-dessus et les prévisions à moyen terme concernant les disponibilités en énergies et en matières premières laissent augurer d'immenses possibilités pour les applications industrielles du matériau bois. En effet, les produits qui ont supplanté temporairement le bois sont pour la plupart des dérivés du pétrole ou nécessitent, pour leur élaboration, de grandes quantités d'énergie. Leur coût de production est actuellement plus bas que des produits

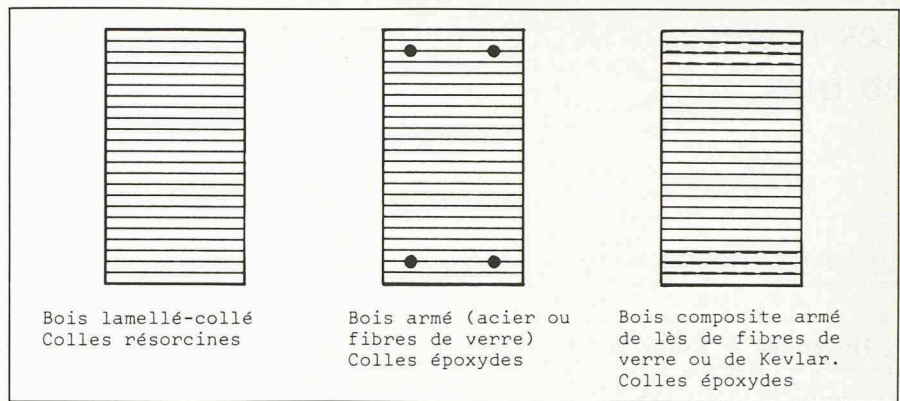


Fig. 3. — Bois lamellé-collé, armé.

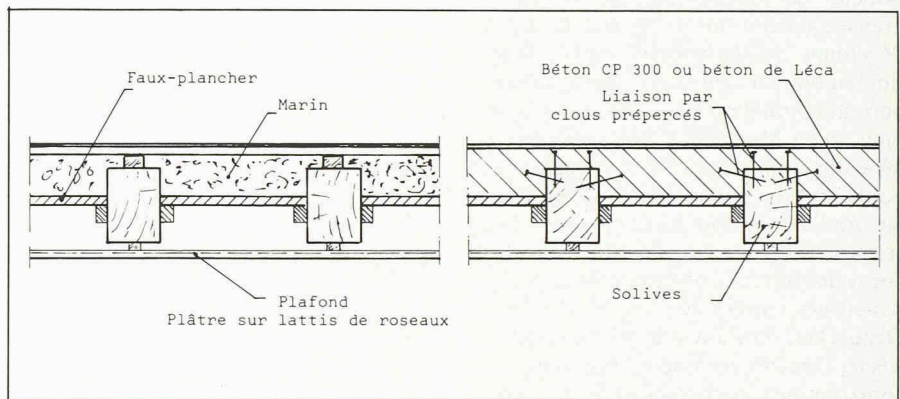


Fig. 4. — Restauration d'un plancher traditionnel.

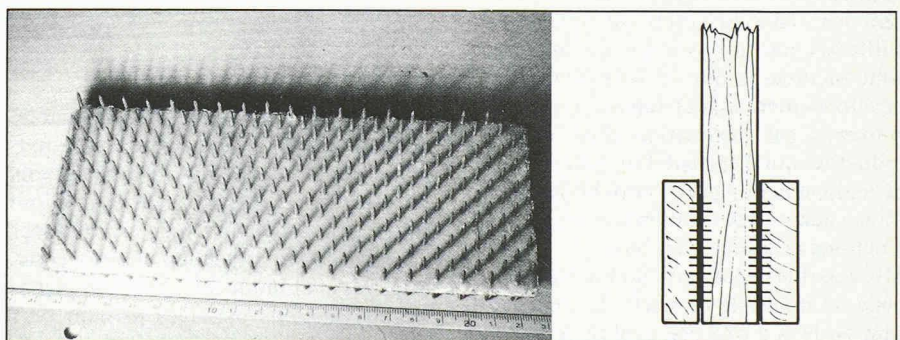


Fig. 5. — Plaque à aiguilles type Menig.

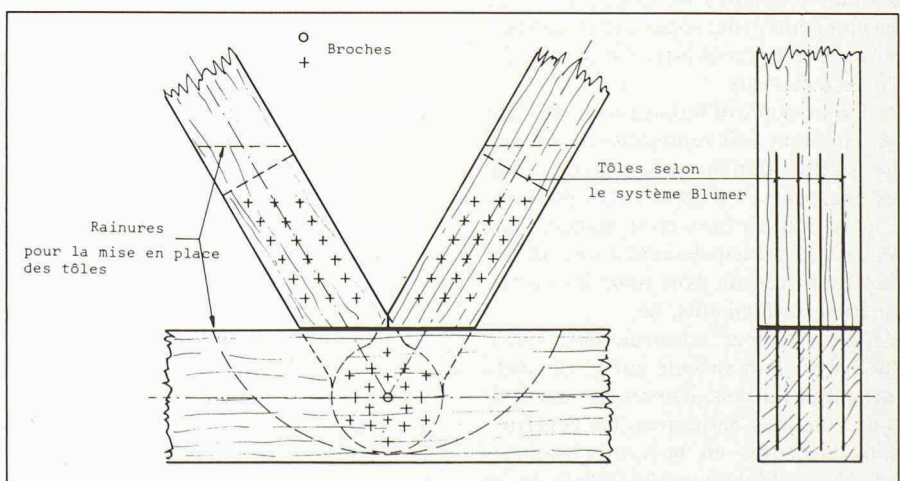


Fig. 6. — Assemblage par broches et goussets métalliques.

similaires en bois fabriqués selon des procédés traditionnels. De très légères modifications du marché de l'énergie, donc du pétrole, devraient suffire pour provoquer un regain d'intérêt pour le bois ; le gaspillage actuel ne saurait durer longtemps si l'humanité veut survivre.

Adresse de l'auteur :  
Jean-Pierre Marmier  
Ingénieur civil SIA  
c/o Hunziker & Marmier  
Rumine 11  
1005 Lausanne