

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 151 (2000)

**Heft:** 7

**Artikel:** Techniques d'assemblage permettant de placer les sciages feuillus sur le marché de la construction

**Autor:** Mischler, Adrian

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1098367>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

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

# Techniques d'assemblage permettant de placer les sciages feuillus sur le marché de la construction<sup>1</sup>

ADRIAN MISCHLER

Keywords: Forest products, brodleaved species, timber engineering, wood constructions. FDK 176.1 : 832.2 : 833

## 1. Introduction

Dans le domaine de la construction en bois, les techniques d'assemblage jouent un rôle primordial, car les assemblages influencent de manière décisive

- l'esthétique,
- la durabilité,
- l'aspect économique et
- la performance

d'une structure porteuse en bois.

Si la structure porteuse doit rester visible, l'esthétique de l'assemblage est particulièrement importante. Il s'agit donc essentiellement d'offrir des techniques d'assemblage qui ne satisferont non seulement aux exigences de durabilité et de rendement économique, mais aussi à celles de l'esthétique.

Du point de vue statique, les assemblages représentent les points faibles d'une construction en bois. Les performances élevées des bois feuillus ne peuvent donc être mises en valeur complètement que si l'on dispose d'une technique d'assemblage adéquate.

## 2. Les critères statiques pour le dimensionnement des assemblages

Les exigences techniques auxquelles doivent satisfaire les assemblages sont les suivantes:

- capacité portante,
- rigidité,
- ductilité.

### 2.1 Capacité portante et degré d'efficacité

La capacité portante constitue le critère décisif dans la vérification de la sécurité structurale. Elle comprend la résistance de l'assemblage aux actions du milieu ambiant. La qualité d'un assemblage par rapport à sa capacité portante correspond au degré d'efficacité qui est défini selon la formule suivante

$$\text{Degré d'efficacité } \eta = \frac{R_{u, \text{assemblage}}}{R_{u, \text{élément non assemblé}}}$$

et qui représente la relation entre la résistance de l'assemblage et la résistance des différents éléments non assemblés (tirant, sommier, ...).

### 2.2 Rigidité

En plus de sa sécurité structurale, l'aptitude au service d'une construction porteuse doit également être démontrée. De cette manière, on cherche à s'assurer que les déformations dues aux agressions attendues du milieu ambiant ne dépassent pas les valeurs admises. Les déformations au niveau des assemblages peuvent être la cause d'une part importante du

fléchissement total d'une structure porteuse. C'est pourquoi les assemblages doivent présenter une grande rigidité à l'emploi.

### 2.3 Ductilité

D'une façon générale, les assemblages sont les points faibles d'une construction. Ils doivent par conséquent être conçus pour ne céder que sous déformation extrême, c'est-à-dire de manière ductile. La ductilité d'un assemblage est décisive pour:

- la résistance globale de la structure porteuse

Le matériau bois se montre très fragile s'il est sollicité en traction. La ductilité globale d'une structure porteuse ne peut donc être obtenue qu'à travers son assemblage, pour autant que ce dernier soit dimensionné en conséquence. En rendant possible le déplacement des efforts tranchants, ce dimensionnement ductile renforce la capacité portante globale de l'ouvrage, même s'il diminue la capacité de charge des éléments d'assemblage pris séparément.

- la résistance de l'assemblage

Les assemblages mécaniques sont le plus souvent composés de plusieurs moyens d'assemblage. La capacité de charge totale de l'assemblage dépend de la possibilité d'additionner les capacités de charge de ses moyens d'assemblage. Des variations minimales de fabrication peuvent déjà provoquer une répartition inégale des charges sur les différents moyens d'assemblage montés en série. Ainsi, le cumul des capacités de charge n'est possible que si l'assemblage ne cède que sous une déformation plastique extrême.

En raison de ces exigences, le comportement idéal d'un assemblage peut être exprimé au moyen d'un diagramme mettant en rapport la charge et la déformation qui en résulte (Figure 1).

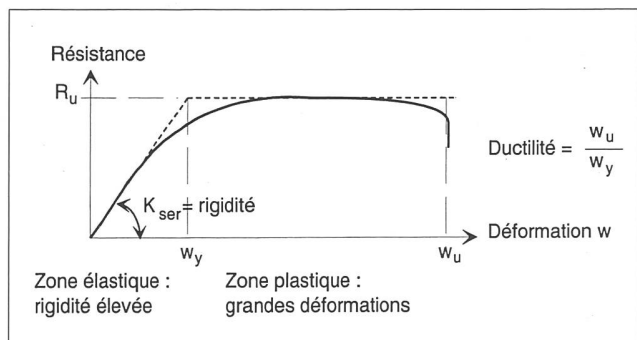


Figure 1: Comportement idéal d'un assemblage.

<sup>1</sup> Selon l'exposé présenté le 1<sup>er</sup> février 1999 à l'EPFL, à l'occasion du colloque du lundi de l'EPFZ organisé par l'Antenne romande du WSL. Ce colloque avait pour thème «Valorisation de la ressource ligneuse en Suisse: à la recherche d'une valeur ajoutée pour les feuillus».

### 3. Moyens d'assemblage et degré d'efficacité

Les assemblages peuvent être subdivisés en quatre catégories principales:

- assemblage bois sur bois,
- assemblage mécanique,
- assemblage par collage,
- assemblage par tiges filetées collées.

#### 3.1 Assemblage bois sur bois

Les parties en bois sont reliées entre elles par simple contact, donc sans aucun autre moyen d'assemblage. Par conséquent, seules des pressions ne peuvent être transmises. Cette technique d'assemblage trouve son application le plus souvent dans des assemblages traditionnels tels que l'embrèvement. En raison de sa meilleure résistance aux pressions transversales, le bois feuillu est plus performant en assemblage bois sur bois que le bois résineux.

#### 3.2 Assemblage mécanique

Les assemblages mécaniques constituent la plus importante des quatre catégories susmentionnées. Les forces en présence y sont transmises par des moyens d'assemblage, composés le plus souvent d'acier, plus rarement de bois dur ou de fibres artificielles renforcées.

##### 3.2.1 Éléments d'assemblage de type tige

Les éléments d'assemblage de type tige sont de forme allongée. Les moyens d'assemblage suivants sont courants sur le marché (voir à ce sujet les tables 1 et 2 pour la construction en bois de LIGNUM, 1990):

- clous,
- broches,
- boulons,
- vis.

Sur du bois résineux, les clous et les vis universelles peuvent être utilisés sans perçement préliminaire, tandis que la plus grande densité du bois feuillu nécessite un perçement pour toutes les variantes d'assemblage, sous peine de voir le bois se fendre.

Les assemblages brochés métal-bois à plans de cisaillement multiples sont parmi les plus performants pour les grandes sections, telles qu'elles sont utilisées de nos jours dans l'ingénierie du bois. Le degré d'efficacité maximale  $\eta$  de ce moyen d'assemblage est d'environ 65% par rapport à la section brute. A cause de sa haute performance, ce moyen d'assemblage est particulièrement important dans les assemblages composés d'éléments en bois feuillus supportant une sollicitation extrême.

##### 3.2.2 Éléments d'assemblage de type circulaire ou assembleur

Dans ce groupe principal, on trouve des moyens d'assemblage tels que goujons, anneaux et crampons. Leur dimensionnement ainsi que la qualité de l'acier employé sont prévus pour une utilisation sur des bois résineux. A cause de leur meilleure résistance au cisaillement, les bois feuillus seraient plus performants que les résineux dans ce genre d'assemblage. Mais il faut prendre en considération que, lors de l'utilisation de bois durs, les goujons risquent de se montrer défailants. La capa-

cité portante est dans ce cas limitée par la résistance du goujon, de sorte que la performance supérieure du bois feuillu ne peut pas être entièrement utilisée.

#### 3.3 Assemblage par collage

Parmi les assemblages collés, les joints collés à entures multiples figurent en tête de liste. Ils se prêtent aussi bien à l'assemblage d'éléments en bois feuillus qu'à celui d'éléments mixtes feuillus et résineux. Dimensionnés de manière optimale, les joints collés à entures multiples peuvent atteindre un degré d'efficacité d'environ 80%.

La Chaire de technologie du bois de l'EPF de Zurich a mené des études comparatives sur le comportement des joints collés à entures multiples dans l'utilisation sur des éléments en bois contreplaqué de hêtre et dans l'utilisation combinée d'éléments en contreplaqué de hêtre et en bois lamellé-collé d'épicéa. Ces études ont été publiées par BERNASCONI (1993), MISCHLER (1993) et SCAPOZZA (1996).

#### 3.4 Assemblage par tiges filetées collées

Des assemblages par tiges filetées collées, utilisés depuis quelques années, trouvent leur application principalement dans les constructions en bois lamellé-collé. Ce moyen d'assemblage se distingue par sa haute fiabilité au niveau de la capacité portante et de la rigidité. Il peut en outre être amené à une rupture ductile si son dimensionnement est adéquat. C'est le cas lorsque la rupture se produit par la déformation de la tige filetée collée. Jusqu'ici, ce moyen d'assemblage n'a été utilisé que sporadiquement sur des éléments de construction en bois feuillu. La publication GEHRI (1996) en contient une description exhaustive ainsi qu'un exemple d'application avec du bois de hêtre (sommier d'une galerie de l'église de Samnaun/GR).

## 4. Assemblage par broches

Comme mentionné plus haut (point 3.2.1), les assemblages par broches, en raison de leur performance élevée, se prêtent particulièrement bien à l'utilisation dans des assemblages à grande sollicitation, réalisés avec des éléments en bois feuillu. Afin de pouvoir démontrer l'importance de la qualité du bois pour la capacité portante d'un tel assemblage, il faut d'abord présenter les différents modes de rupture qui peuvent s'y produire.

### 4.1 Les différents modes de rupture

En principe, les modes de rupture peuvent être rangés dans l'une ou l'autre des deux catégories suivantes:

- rupture des pièces en bois,
- rupture des éléments d'assemblage.

#### 4.1.1 Les modes de rupture des pièces en bois

- *rupture par traction dans la section nette*

La section du bois est diminuée à l'endroit de l'assemblage par la présence des trous de broches. Si la résistance à la charge de l'assemblage est supérieure à celle de l'élément dans sa section nette diminuée, il se produit, en particulier lors d'une traction, une rupture du bois sans déformation, comme illustrée dans la *figure 2*.

- *rupture par fendage*

La rupture par fendage est un mode de rupture que l'on rencontre fréquemment dans les assemblages par broches. Elle se

produit parallèlement à la direction des fibres dans une rangée de broches (Figure 3).

- *rupture mixte*

Souvent, il se produit une rupture mixte, c'est-à-dire un fendage dans une rangée de broches en même temps qu'une rupture par traction (Figure 4).

#### 4.1.2 Rupture des moyens d'assemblage

Les ruptures du bois étant toujours causées par sa fragilité, le dimensionnement adéquat de l'assemblage vise à remédier à cet inconvénient, car la rupture des moyens d'assemblage se produit toujours par déformation plastique des broches, donc de manière ductile (Figure 5).

Dans ce mode de rupture, la résistance à la charge de l'assemblage est déterminée par la résistance au fléchissement de la broche et la résistance à la pression diamétrale du bois. Le terme «pression diamétrale» désigne la tension que subit le bois à l'endroit où il touche le moyen d'assemblage.

#### 4.2 Les propriétés du bois, décisives pour la performance des assemblages mécaniques

Les modes de ruptures décrits sous le point 4.1 font ressortir les qualités primordiales pour la bonne performance d'un joint. A l'endroit de l'assemblage, la résistance à la charge des parties en bois est essentiellement fonction des qualités suivantes:

- la résistance à la traction parallèle aux fibres,
- la résistance au fendage.

Pour rendre le moyen d'assemblage résistant à la charge, le bois doit présenter une grande qualité de résistance à la pression diamétrale.

La résistance à la pression diamétrale n'est pas une résistance fondamentale au sens propre. La pression diamétrale schématisée dans la figure 6 montre une sollicitation mixte du bois. D'une part, le bois est comprimé devant la broche (pression parallèle aux fibres) et d'autre part, il subit également une pression latérale qui provoque des tractions perpendiculaires aux fibres.

### 5. Assemblages brochés métal-bois à plans de cisaillement multiples type BSB

Pour des assemblages brochés métal-bois à plans de cisaillement multiples, on pratique dans le bois plusieurs fentes ainsi que des percements. Après l'introduction des goussets d'acier dans les fentes, les broches sont enfoncées à travers le bois et l'acier aux endroits percés (Figure 7).

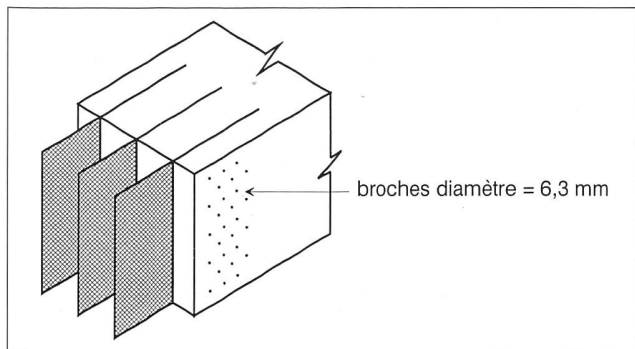


Figure 7: Assemblages brochés métal-bois à plans de cisaillement multiples type BSB.

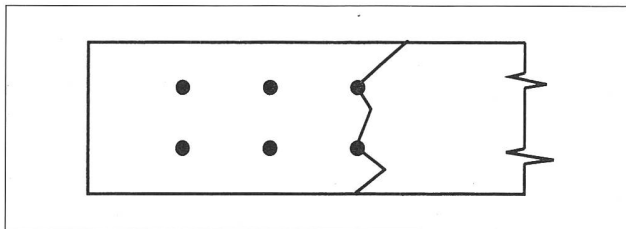


Figure 2: Rupture par traction dans la section nette.

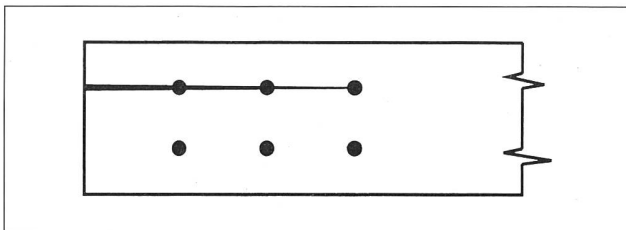


Figure 3: Fendage du bois dans une rangée de broches.

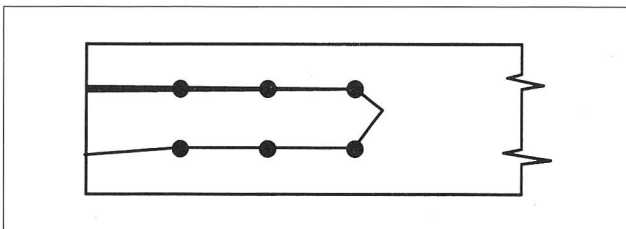


Figure 4: Rupture mixte du bois dans un assemblage.

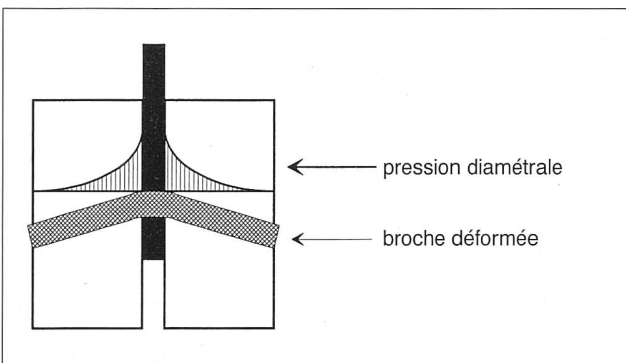


Figure 5: Rupture de l'assemblage par déformation plastique de la broche.

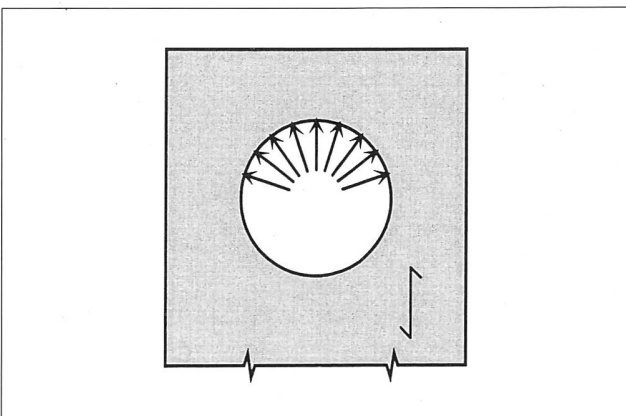


Figure 6: Pression diamétrale.

Lors de ce genre d'assemblage, les trous sont pratiqués séparément dans les éléments en bois et dans ceux en acier. Le comportement de ces assemblages dépend largement de la précision des percements. L'ingénieur suisse Hermann Blumer, qui a développé l'assemblage BSB, s'est donc donné comme objectif l'obtention d'une haute précision et la rationalisation de la production. Son automate de fabrication, commandé par CNC, ne produit que des assemblages strictement normés, avec un diamètre de broche fixé à 6,3 mm.

Le comportement sous charge de l'assemblage BSB a fait l'objet de tests expérimentaux à l'EPF de Zurich qui ont permis d'optimiser le dimensionnement de l'assemblage pour du bois d'épicéa lamellé-collé. Des assemblages BSB avec du lamellé-collé de frêne et de hêtre ainsi qu'avec du contreplaqué d'épicéa et de hêtre ont également été testés. Les résultats de cette recherche ont été publiés par MISCHLER en 1998.

### 5.1 Influence des propriétés du bois

L'influence des propriétés du bois sur le comportement sous charge des assemblages brochés devient évidente si on la représente sous forme de diagramme mettant en rapport les forces et les déformations qui en sont la conséquence. Des assemblages BSB analogues à des échantillons de bois lamellé-collé d'épicéa et de frêne ont été testés. Le diagramme de la figure 8 représente sur l'axe Y la force de traction exercée et sur l'axe X le décalage mesuré entre les goussets d'acier et l'échantillon de bois.

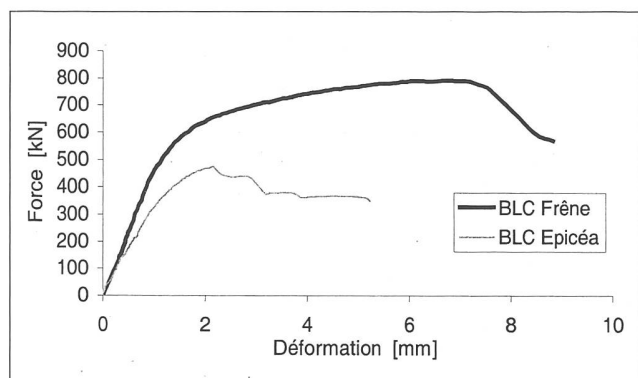


Figure 8: Diagramme charge-décalage d'assemblages BSB analogues à des échantillons de bois lamellé-collé de frêne et d'épicéa.

Ce diagramme montre clairement que le bois feuillu (frêne) offre plus de capacité portante, de rigidité ainsi que de déformation à la rupture et, par conséquent, une plus grande ductilité que le bois résineux (épicéa). Le bois d'épicéa se fend déjà lors d'un décalage de 2 mm, entraînant sa rupture, tandis que le bois de frêne peut subir des augmentations de charge jusqu'à un décalage de 8 mm. L'importante différence de performance entre épicéa et frêne dépend donc essentiellement de la plus grande résistance au fendage du bois feuillu.

### 5.2 Comparaison de la performance

Afin de pouvoir comparer les performances des différentes essences, il est nécessaire de déterminer pour chacune d'elles la force de traction que subit le bois au moment de la rupture de l'assemblage. Ces forces de traction sont ensuite mises en relation d'une part avec la section nette, c'est-à-dire la section diminuée des fentes des goussets ainsi que des trous des broches, et d'autre part avec la section brute non diminuée.

#### 5.2.1 Bois lamellé-collé de frêne et d'épicéa

Les lamelles d'épicéa peuvent être triées à la machine par degrés de rigidité. Selon la norme européenne prEN1194 (1998), la plus haute classe de rigidité pour le bois lamellé-collé est la GL 36. Les moyens techniques actuels ne permettent pas de trier les lamelles de frêne à la machine. Les tests se sont par conséquent déroulés avec des lamellés-collés d'épicéa BLC B, selon SIA 164 ainsi que GL 36 selon prEN1194, et avec des lamellés-collés de frêne non triés. La figure 9 montre les performances par rapport aux sections nettes et brutes.

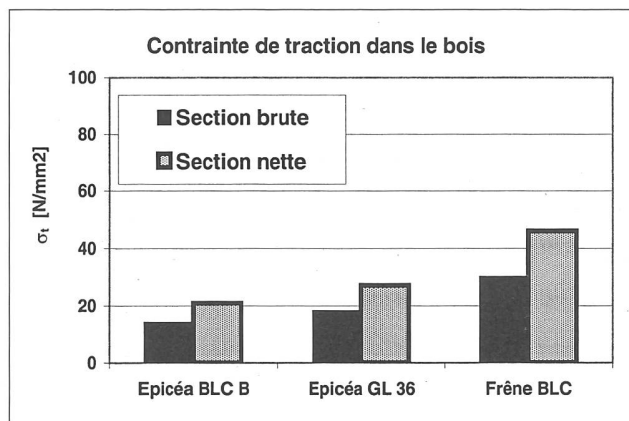


Figure 9: Comparaison des capacités portantes d'assemblages BSB en bois lamellé-collé d'épicéa et de frêne.

#### 5.2.2 Contreplaqué à base de plis de hêtre et d'épicéa

En raison de ses valeurs de résistance élevées, le contreplaqué à base de plis est utilisé fréquemment pour fabriquer des éléments très sollicités. Le bois contreplaqué se prête particulièrement bien à des assemblages mécaniques vu que les plis croisés réduisent considérablement le risque de fendage. Les essais ont été faits avec le produit finlandais Kerto-Q en épicéa et avec du contreplaqué suisse à base de plis de hêtre. La proportion de plis croisés est de 18% pour le Kerto-Q utilisé et de 12% pour le contreplaqué à base de plis de hêtre. La figure 10 montre les performances obtenues.

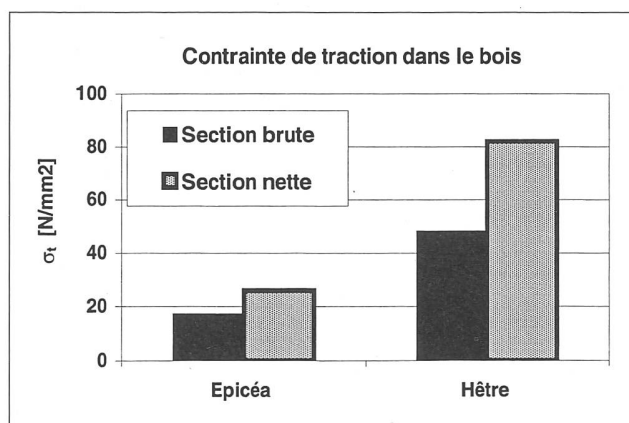


Figure 10: Comparaison des capacités portantes d'assemblages BSB en bois contreplaqué à base de plis de hêtre et d'épicéa.

## 6. Conclusion

La capacité portante des bois de feuillus, considérablement plus élevée que celle des bois de résineux, ne peut être mise en valeur que si on dispose de techniques d'assemblage hautement performantes et fiables. Les assemblages brochés

métal-bois à plans de cisaillement multiples de type BSB sont connus pour leur efficacité lorsqu'ils sont employés avec du bois lamellé-collé d'épicéa. Les essais de la Chaire de technologie du bois de l'EPF de Zurich ont démontré que les assemblages BSB avec des éléments en bois feuillus atteignent des performances remarquables aussi bien au niveau de leur capacité portante que de leur rigidité, tout en conservant une aptitude ductile à la rupture. Ces techniques d'assemblage autorisent l'utilisation de bois feuillus indigènes en lamellés-collés et en contreplaqués à base de plis pour les éléments de construction hautement sollicités dans les structures portantes. Leur performance élevée pourrait bien ouvrir de nouvelles perspectives d'application dans le domaine de l'ingénierie du bois moderne.

## Résumé

Dans le domaine de la construction en bois, les techniques d'assemblage jouent un rôle primordial pour garantir les performances des structures portantes. Trois critères statiques entrent en jeu pour le dimensionnement des assemblages: capacité portante, rigidité, ductilité. Les techniques d'assemblage les plus couramment utilisées pour des éléments porteurs en bois sont présentées et leur avantages et points faibles sont commentés. Pour les assemblages BSB, des tests comparatifs ont été réalisés avec des échantillons de BLC en frêne et en épicéa. Ces essais démontrent que les assemblages avec des bois feuillus atteignent des performances supérieures à celles des bois résineux. S'ils sont bien conditionnés, les feuillus – et notamment le hêtre – trouvent, grâce à ces assemblages, de nouveaux débouchés dans l'ingénierie du bois moderne.

## Zusammenfassung

### Verbindungstechniken zur Förderung von Laubholz-Schnittwaren im Bauwesen

Im Holzbau spielt die Verbindungstechnik eine entscheidende Rolle, um die hohen Anforderungen an eine Tragkonstruktion zu erfüllen. Die statischen Hauptanforderungen an Verbindungen sind das Tragvermögen, die Steifheit und die Dehnbarkeit. Die wichtigsten Verbindungstechniken für Tragkonstruktionen im Holzbau werden vorgestellt und ihre Vor- und Nachteile kommentiert. Für BSB-Verbindungen wurden mit Brettschichtholzproben aus Esche und Fichte Vergleichstests vorgenommen. Diese Versuche haben gezeigt, dass Verbindungen mit Laubhölzern leistungsfähiger sind als solche mit Nadelhölzern. Dank innovativer Verbindungstechniken erschliessen Laubhölzer weitere Anwendungsgebiete im modernen Ingenieurholzbau.

## Summary

### Joining Techniques to Introduce Hardwood Timber into the Construction Market

Joining techniques are a decisive factor for the performance of load-carrying structures in wood constructions. They must meet the following static requirements: load carrying capacity, rigidity and ductility. The most frequently used joining techniques for load-carrying structures in wood constructions are presented and their pros and cons are commented on. The performance of spruce and ash timber have been compared using connections of GLT beams assembled in accordance with BSB technique. These tests have shown that hardwood reaches a higher performance than softwood in such applications. Thanks to innovative joining techniques, hardwood reaches new fields of utilisation in modern timber engineering.

## Bibliographie

- BERNASCONI, A. (1993): Keilzinkenverbindungen. Dans: Holzwerkstoffe auf Furnierbasis, 25. Fortbildungskurs der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH in Weinfelden, pages 87–105.
- GEHRI, E. (1996): Krafteinleitungen mittels Stahlanker. Dans: Brettschichtholz, 28. Fortbildungskurs der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH in Weinfelden, pages 111–143.
- LIGNUM (1990): Tables pour la construction en bois 1 et 2, Lignum, Zurich.
- MISCHLER, A. (1993): Théâtre de La Chaux-de-Fonds, Verstärkung der Zuschauergalerien mittels geknickter Furniersperrholz-Träger. Dans: Holzwerkstoffe auf Furnierbasis, 25. Fortbildungskurs der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH in Weinfelden, pages 177–192.
- MISCHLER, A. (1998): Bedeutung der Duktilität für das Tragverhalten von Stahl-Holz-Passbolzenverbindungen. Dissertation ETH-Zürich, Nr. 12561, Professur für Holztechnologie, ETHZ Zürich.
- SCAPOZZA, C. (1996): Keilzinkenstösse mit Brettschichtholz und Sperrholz. Dans: Brettschichtholz, 28. Fortbildungskurs der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH in Weinfelden, pages 225–240.

### Remerciements

La version originale allemande de ce texte a été traduite en français par Brigitte Corboz, AR-WSL Lausanne-Ecublens.

### Auteur:

ADRIAN MISCHLER, Dr.sc.techn., Institut für Baustatik und Konstruktion IBK, D-BAUG, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.