

# Réalisation d'une poutre composite en bois par assembleur métallique

Christian Preziosa

IUT Orléans – BP 6729 45067 Orléans Cedex 2

## Résumé :

L'article résume la mise au point et l'industrialisation d'une nouvelle poutre composite en bois, à profil en I, dont l'âme et les membrures sont reliées au moyen d'un assembleur spécial.

## Abstract :

*This study concern the development and the industrialisation of a new composite wooden I-beam witch the flanges are joined to the web with a new metallic connector.*

## Mots clefs :

**Bois ; poutre ; composite ; assembleur.**

## 1 Introduction

Dans le domaine de la charpente, l'utilisation de poutres à profil en I est en expansion pour des raisons d'économie de matière et de coût. Les membrures sont toujours en bois, mais l'âme peut être métallique. Cependant, une âme en bois présente les avantages de pouvoir être clouée et percée aisément. Dans ce cas, l'assemblage âme-membrure est très souvent collé. Cette solution permet une bonne rigidité de l'assemblage, mais exige des conditions strictes de température et d'humidité en atelier et une durée de stabilisation assez longue après fabrication.

Le présent article relate d'un procédé original d'assemblage âme-membrure, de type semi-rigide, dans la continuité des connecteurs métalliques utilisés en fermette industrielle. Ses avantages sont essentiellement une grande facilité de fabrication et une disponibilité immédiate de la production. Après une description de l'assembleur et de ses performances, sont présentées les démarches qui ont été nécessaires pour la mise sur le marché du procédé.

## 2 La poutre en I

### 2.1 Contexte général

L'utilisation d'un assembleur métallique permet de mécaniser la fabrication des poutres limitant ainsi les risques d'erreur et de s'affranchir de conditions de température et d'humidité défavorables. Les membrures sont des pièces de bois de dimensions standards dont une face est rainurée. L'âme est constituée de bandes taillées dans des panneaux de copeaux de bois orientés (OSB), ce qui permet de bénéficier d'un matériau homogénéisé et d'obtenir les hauteurs de poutre voulues.

### 2.2 Description de l'assembleur

Outre un calcul de résistance, l'optimisation de la géométrie et des dimensions de l'assembleur a nécessité l'analyse de nombreux essais sur prototypes (1986 -1992). L'assembleur est obtenu par emboutissage d'une bande de tôle en acier galvanisé de 0,8 mm d'épaisseur, au moyen d'un outil spécial. Sa forme est celle d'un U muni de picots intérieurs pour la fixation sur l'âme de la poutre. Il comporte en outre des picots dirigés

vers l'extérieur dont la géométrie a été définie pour assurer la liaison la plus rigide possible entre l'âme et les membrures [FIG. 1, 2]. Une barrette, légèrement incurvée, peut être placée en fond de rainure afin d'augmenter la solidité de la liaison à la traction perpendiculaire. L'action de la barrette est d'accentuer l'écartement des picots dans les membrures lors du montage.

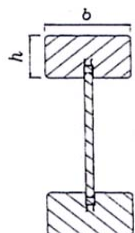


FIG. 1 - Coupe de la poutre

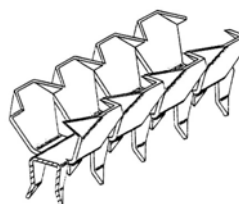


FIG. 2 - L'assembleur

Une matrice d'emboutissage de l'assembleur opérationnel a été réalisée durant l'année 1998 par une entreprise de fabrication d'outillages par électro-érosion. Une demande de Brevet sur le procédé d'assemblage a été déposée à l'INPI en 1991. Le Brevet France a été délivré en 1993. L'ANVAR a attribué une aide financière au projet permettant l'extension du Brevet à l'Europe, les U.S.A. et le Canada. La délivrance des Brevets à l'étranger s'est échelonnée de 1994 à 1999.

### 2.3 Fabrication de la poutre

Les assembleurs sont fabriqués en longueur de 165 modules de 15 mm. L'assemblage des différentes parties est réalisé au moyen d'un gabarit de presse spécialement conçu. Les éléments sont pré-montés sur un gabarit, puis enfoncés progressivement. Les membrures sont toujours constituées d'une seule pièce de bois massive. Pour une grande longueur de poutre, on utilise des bois aboutés par collage. Par contre, dans le cas de l'âme, ceci n'est pas réalisable en raison des dimensions standards des panneaux d'OSB, si bien qu'il existe généralement deux ou trois discontinuités que l'on renforce éventuellement au moyen de barrettes.

Un gabarit de presse prototype et un gabarit de presse opérationnel [PHOTO. 1] destinés à l'assemblage des éléments composant la poutre ont été réalisés durant les années 1994 et 1995 par une entreprise de fabrication mécanique.

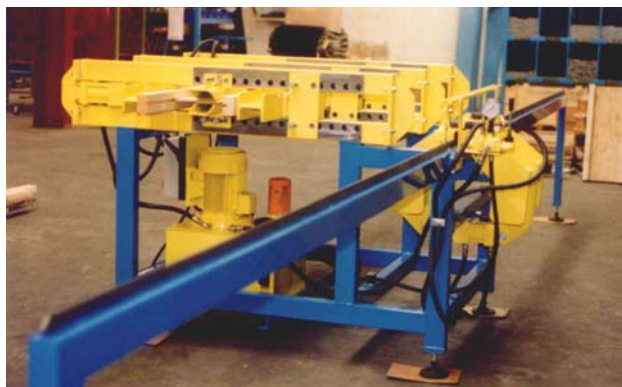


PHOTO. 1 – Gabarit de presse opérationnel

### 2.4 Utilisation des poutres en I

Les poutres en I sont utilisées comme éléments structuraux de toiture (pannes) et de plancher (solives). Elles reposent sur deux appuis à leurs extrémités et peuvent avoir des appuis intermédiaires. Les charges de fonctionnement (propres, climatiques et charges d'exploitation) sont en général à peu près uniformément réparties sur la membrure supérieure. Des efforts ponctuels ou répartis peuvent éventuellement être appliqués sur la membrure inférieure. L'âme peut être percée par endroit pour le passage de câbles ou de tuyaux.

### 3 Caractérisation de la poutre

#### 3.3 Contexte

La mise sur le marché d'un tel procédé nécessite l'obtention d'un Avis Technique délivré par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Le dossier technique doit comporter un nombre d'essais suffisant pour permettre de fixer les règles d'utilisation. Deux types d'essais ont été réalisés : d'abord sur des éprouvettes, puis sur des poutres en dimensions d'emploi.

#### 3.4 Essais sur éprouvettes au LMSP Polytech'Orléans

Les essais ont été réalisés au LMSP sur deux types d'éprouvettes constituées d'éléments de poutre de petites dimensions. Ils ont permis de mesurer la rigidité et la résistance de l'assemblage pour des sollicitations de cisaillement et de traction perpendiculaire. On enregistre lors de l'essai la force et le déplacement. Des courbes d'essais, typiques d'un assemblage semi-rigide, sont présentées ci-après [FIG. 3, 4].

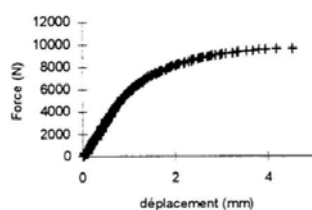


FIG. 3 - Essais de cisaillement

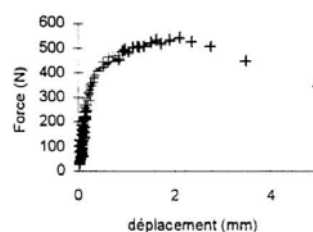


FIG. 4 - Essais de traction

La rigidité au cisaillement est obtenue suivant le rapport entre la force et le déplacement dans la partie linéaire de la courbe d'essai. Les forces linéiques à la rupture sont les forces obtenues à la destruction de l'assemblage, ramenées à la longueur de l'assemblage. Les valeurs moyennes obtenues sont données ci-dessous [TAB. 1].

Cisaillement sans barrette 42,2 daN/cm	Traction sans barrette 4,4 daN/cm
Cisaillement avec barrette 31,5 daN/cm	Traction avec barrette 19,0 daN/cm

TAB. 1 - Efforts linéiques à la rupture

On constate que la présence d'une barrette augmente notablement la force de rupture en traction perpendiculaire et diminue légèrement la force de rupture au cisaillement. Sa présence est quelquefois nécessaire dans le cas de charges importantes appliquées sur la membrure inférieure et au droit des joints d'âme.

#### 3.5 Essais sur des poutres en dimensions d'emploi au Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA) - Bordeaux

Ils concernent des poutres longues (8,925 et 4,925 m) en flexion quatre points et des poutres courtes (1,730 m) en flexion trois points. Le CTBA a établi les paramètres techniques réglementaires [TAB. 2] en vue de l'obtention de l'Avis Technique. Des essais de cisaillement et de traction transversale sur de petits échantillons ont aussi été réalisés au CTBA. Ils ont confirmé les précédents résultats obtenus par le LMSP. L'analyse expérimentale tient compte des coefficients de sécurité réglementaires et se traduit par des valeurs pratiques à ne pas dépasser.

Sollicitations	Barrettes	Valeurs admissibles
Cisaillement	Avec	14.0 daN/cm
Traction répartie	Avec	1.5 daN/cm
Traction ponctuelle	Avec	$40(bh^3)^{0.25} < 300$ daN
Effort tranchant	Avec	$23(bh^3)^{0.25} < 170$ daN
Rigidité au cisaillement	avec ou sans	750 daN/cm <sup>2</sup>

(b, h sont les paramètres indiqués sur la figure 1)

TAB. 2 - Paramètres déterminés au CTBA et préconisés par l'Avis Technique

Les modes de rupture observés sur poutres longues se situent généralement au niveau des membrures tendues ou comprimées. D'une manière générale, l'assembleur remplit bien son rôle et ne constitue pas de point faible par rapport aux autres éléments constituant la poutre.

### 3.6 Remarques particulières

Le calcul d'une charpente tient compte des rigidités et des résistances. L'utilisation d'un assembleur mécanique doit être prise en compte pour le calcul des déplacements en flexion. Des considérations énergétiques ont permis d'établir un module de cisaillement équivalent qui fait intervenir la raideur  $k$  de l'assembleur:  $G' = G / (1 + 2Ge / (kD))$ , où  $G$  est le module de cisaillement de l'âme,  $e$  son épaisseur et  $D$  l'entraxe des membrures. En pratique, l'influence de la semi-rigidité de l'assembleur est faible pour les poutres longues.

## 4 Industrialisation

### 4.1 Recommandations du CTBA. Qualification de la liaison âme/semelle

Les résultats d'essais effectués au CTBA ont nécessité une interprétation pour une application industrielle du procédé. Des essais d'arrachement de la membrure basse sous l'action d'une charge ponctuelle ont été aussi réalisés au CTBA, pour la qualification de l'assemblage, en 1995.

### 4.2 Logiciel de calcul

Un logiciel de calcul spécifique au procédé pour son application industrielle a été réalisé dès 1995.

### 4.3 Chantier témoin à Chartres (Eure et Loir)



PHOTO. 2 - Bâtiment de l'OPHLM de Chartres en construction

En 1995, une entreprise de fabrication de fermettes a réalisé les poutres pour 2200 m<sup>2</sup> projetés de charpente destinée à l'OPHLM de Chartres [PHOTO. 2]. Des poutres de 375 mm de hauteur nette, utilisées comme pannes déversées à 35°, ont une portée de 7,2 m à entraxe de 2 m et soutiennent une couverture d'ardoise. Des poutres, utilisées en support de plafond, soutiennent un solivage traditionnel.

#### 4.4 Avis Technique du CSTB

Les performances obtenues sur des poutres en dimensions d'emploi, la réalisation du chantier témoin, de quelques autres petits chantiers, et l'élaboration d'un dossier technique, ont permis d'obtenir l'Avis Technique du CSTB sur le procédé en septembre 1998.

#### 4.5 Cahier de prescriptions pour la pose sur chantier

En collaboration avec le CTBA, un « cahier de pose » résumant les règles essentielles à appliquer pour une bonne utilisation de la poutre composite connectée sur chantier a été réalisé en 1999.

#### 4.6 Gabarit de presse de grande production

Une étude sur un gabarit de presse à galets de production continue, a été réalisée en 2001 pour répondre à la demande de charpentiers industriels.

### 5 Travaux de recherche en cours

Une première direction de travaux concerne l'influence des discontinuités d'âme sur la résistance des poutres connectées. Une seconde direction de travaux, concerne un assemblage mécano-collé. Des essais sur petits échantillons ont été réalisés au LMSP en février 2004. Le procédé consiste à placer un cordon de colle polyuréthane expansive en fond de rainure des membrures avant assemblage. Les forces linéiques à la rupture sont résumées ci-dessous [TAB. 3].

Cisaillement sans colle 37,8 daN/cm	Traction sans colle 6,7 daN/cm
Cisaillement avec colle 51.3 daN/cm	Traction avec colle 22,5 daN/cm

TAB. 3 - Efforts linéiques de rupture d'un assemblage mécano-collé

L'avantage de l'assemblage mécano-collé réside en l'association d'une bonne fiabilité due à la connexion métallique et d'une meilleure résistance en raison du collage. Il est envisagé de l'utiliser dans les cas, assez rares, où les critères exigés sur la résistance sont plus contraignants que ceux sur la déformation.

Enfin, une dernière direction de travaux concerne la modélisation d'un assembleur de plus grandes dimensions, fondé sur le même principe, pour la réalisation de poutres de très grande portée.

### 6 Conclusion

Un assembleur métallique âme-membrure a été mis au point. Il offre de nombreux avantages qui rendent possible une complète industrialisation des poutres composites en bois, à profil en I.

## Brevets

Christian Preziosa - Assembleur métallique pour la réalisation de poutres en bois.

- |                   |                     |                            |
|-------------------|---------------------|----------------------------|
| [1] <b>France</b> | n° dépôt : 91 10453 | n° publication : 2 680 396 |
| [2] <b>Europe</b> | 92 402229.6         |                            |
| [3] <b>U.S.A.</b> | 07/930,241          | 5,297,892                  |
| [4] <b>Canada</b> | 2,075,561           |                            |

## Avis Technique

- [5] n° 3/97-303, **CSTB** - bulletin n° 392 (sept. 1998)

## Articles publiés

[6] C. Preziosa, B. Sarh, J. Launay - Assembleur métallique pour la réalisation de poutres composites en bois  
**CNRIUT'99** - IUT d'Aix-en-Provence (*présentation orale*)

[7] C. Preziosa, J. Launay, B. Sarh - Nouveau procédé de fabrication de poutres composites en bois  
**14<sup>ème</sup> Congrès Français de Mécanique** (*présentation orale / Toulouse - août 1999*)

[8] C. Preziosa, Y. Gautier, G. Wollensak, J. Launay, B. Sarh - Prise en compte d'une discontinuité de l'âme dans le calcul de résistance d'une poutre composite en bois connectée, à profil en I  
**CNRIUT'2000** – IUT de Bourges (*poster*)

[9] C. Preziosa - Poutres composites à connexion métallique : un projet Recherche-Industrie.  
**CNRIUT'2004** – IUT de Nice (*présentation orale*)