
Comportement en flexion de structures hybrides acier-bois

Bruno JURKIEWIEZ¹, Sébastien DURIF^{3,4}, Cécile GRAZIDE², Abdelhamid BOUCHAR^{3,4}

¹ *Laboratoire des Matériaux Composites pour la Construction (LMC2), Université Lyon 1, 82 boulevard Niels Bohr, 69622 Villeurbanne, bruno.jurkiewicz@univ-lyon1.fr*

² *Laboratoire des Matériaux Composites pour la Construction (LMC2), Université Lyon 1, 82 boulevard Niels Bohr, 69622 Villeurbanne, cecile.grazide@univ-lyon1.fr*

³ *Université Clermont Auvergne, Institut Pascal, 4, Av. Blaise Pascal, 63178 Aubière, France*

⁴ *CNRS, UMR 6602, Institut Pascal, F-63171 Aubière, France*

sebastien.durif@uca.fr

abdelhamid.bouchair@uca.fr

RÉSUMÉ. L'association de l'acier et du bois pour former des poutres mixtes peut apporter des améliorations vis-à-vis des performances mécaniques, notamment des instabilités élastiques, ainsi que de la protection au feu. Dans cette étude, des résultats d'essais de poutres mixtes acier-bois testées dans différentes configurations sont présentés. Chaque composant, acier et bois, est d'abord testé seul dans le domaine élastique et/ou dans le domaine plastique. Des composants identiques sont ensuite percés, assemblés et testés jusqu'à la ruine. Si la contribution du bois dans le domaine élastique est modeste, il n'en est pas de même à la ruine. La présence du bois retarde l'apparition du déversement et des instabilités locales et permet ainsi aux déformations plastiques de se développer augmentant alors la capacité portante de l'élément mixte en comparaison avec les composants seuls. Ces résultats préliminaires, basés sur une approche expérimentale, mettent en évidence le potentiel de cette association acier-bois pour des travaux ultérieurs

ABSTRACT. The combination of timber elements and steel beams can be of high interest for fire protection and mechanical performances including the elastic instabilities. In this paper, experiments are performed to analyse the behaviour of various configurations of steel-timber beams in bending. Each steel beam is connected to two timber beams at the web and the flanges. In order to define the material properties of the tested elements, each component (wood and steel) has been tested independently in the elastic field. Then, the timber and steel beams have been connected and tested until the failure. The observed behaviour shows a limited effect in the elastic domain. However, the effect is significant at the ultimate stage. In fact, the combination of timber-steel elements improves the resistance to lateral buckling and local buckling of the steel beam. These preliminary results, based on an experimental approach, highlight the potential of the steel-timber combination for further developments.

MOTS-CLÉS: poutre mixte acier-bois – test de flexion – protection au feu – instabilités élastiques

KEYWORDS: steel-timber composite beam – bending test – fire protection – elastic instabilities

1. Introduction

Les structures mixtes acier-bois ont fait l'objet de nombreux travaux. Bulleit et al. [BUL 84][BUL 89] et Borri et al. [BOR 03] ont étudié le comportement de poutres en bois renforcées par des armatures en acier. Bien qu'intéressante sur le plan de la rigidité, cette solution s'avère difficile à mettre en œuvre du fait des transferts hydriques. D'autres types de structures ont été également développés pour des applications sismiques [PAL 06][BOA 12].

L'association acier-bois est utilisée pour améliorer les performances des profilés métalliques en construction neuve et en réhabilitation, aussi bien en situation normale que sous incendie. Dans le cas de la réhabilitation de planchers en bois, l'utilisation de profilés en acier permet un renforcement de la structure de façon simple au prix d'une faible augmentation de poids. La liaison entre bois et acier peut se faire généralement in situ sans démonter le plancher. Dans le cas de la construction neuve, les profilés hybrides bois-acier peuvent être réalisés sur site ou en atelier. Ainsi, le profilé métallique peut apporter une rigidité et une résistance élevées et le bois peut apporter une résistance complémentaire et surtout assurer le maintien au déversement du profilé métallique et limiter le

voilement local des parois. Cette solution hybride ouvre des perspectives d'utiliser des profilés métalliques à parois minces ou construction mixtes bois-acier-béton [WIN 16 a et b]. En situation d'incendie, le bois est combustible par contre il est moins conducteur ce qui lui permet de remplir la fonction d'isolation du profilé métallique. Cet effet protecteur a été montré dans des études sur les assemblages acier-bois exposés au feu [AUD 12].

Dans cette étude, on cherche à évaluer par une approche expérimentale les performances de 2 types d'association acier-bois nommés SW1 et SW2 (figure 1). Les portées sont respectivement de 230 et 300 cm et le schéma statique principal est la flexion 3 points. Les composants de chacune de ces poutres ont d'abord été testés seuls afin d'en évaluer facilement les performances en flexion et le gain structurel potentiel. Puis, les poutres mixtes ont été fabriquées et testées dans le domaine élastique selon plusieurs configurations d'assemblage. Les poutres mixtes ont finalement été chargées jusqu'à la ruine. Pendant les essais, la force appliquée, le déplacement vertical à mi-travée et les déformations en différents points ont été mesurées.

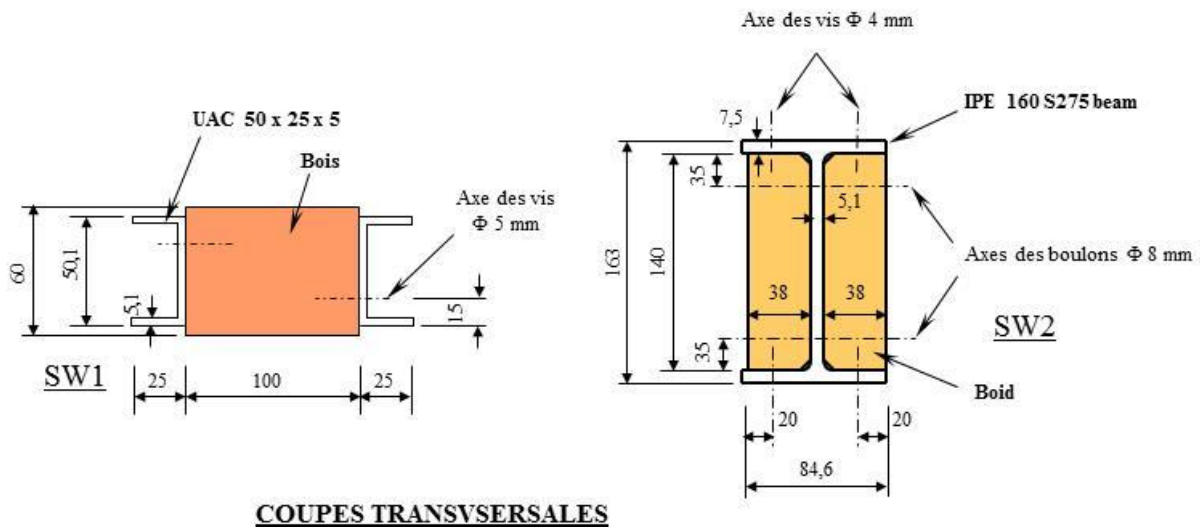


Figure 1. Géométrie des poutres testées (cotation en mm).

2. Comportement des composants élémentaires

Les poutres en bois et les profilés métalliques ont d'abord été testés dans le domaine élastique, avant perçage et après perçage. Les résultats d'essais montrent que la présence des trous affecte peu le comportement élastique des composants.

Un IPE identique à celui utilisé dans SW2 a ensuite été testé jusqu'à la ruine selon 2 modes de chargement : la charge est appliquée sur la semelle supérieure dans le premier cas et dans le second cas, elle est appliquée en partie inférieure par un système de chandelles. Dans les deux cas, le mode de ruine est le déversement au niveau de la section centrale pour une charge d'environ 60 kN (figure 2). Le comportement des 2 poutres ne se différencie, de façon significative, que par la valeur de la charge pour laquelle le déversement s'initie. Cette charge est un peu plus faible dans le cas où elle est appliquée en partie supérieure ce qui est en accord avec les approches analytiques y compris celles de l'Eurocode [EN 05].

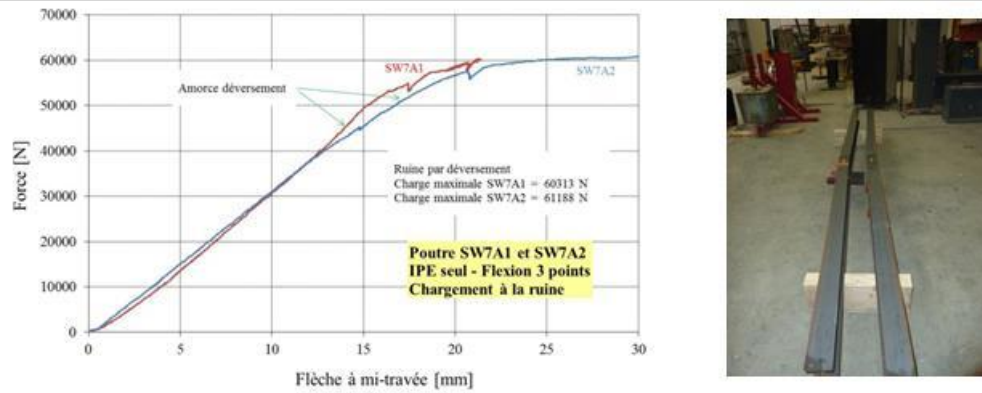


Figure 2. Comportement de la poutre acier seule.

3. Comportement des structures hybrides acier-bois

Les poutres SW1 et SW2 ont été assemblées puis testées dans le domaine élastique selon 3 configurations : le degré de connexion est diminué par rapport à la configuration n°1 d'environ 40 % et 60 % pour les configurations 2 et 3 respectivement. Les résultats des essais montrent que l'influence du degré de connexion est perceptible uniquement pour la poutre SW1 dans la configuration n°3. Ces chargements élastiques indiquent également que, dans tous les cas, les profilés métalliques pilotent principalement la réponse élastique de la structure hybride. En effet, la flèche de SW1 correspond à environ 87 % de celle de l'IPE seul et à 20 % de celle du bois seul. Pour SW2, ces ratios deviennent respectivement 93 % et 8 %.

Le comportement à la ruine est illustré sur les figures 3 et 4. Dans le cas de SW1, la fin du domaine élastique de la poutre se situe à environ 800 daN et correspond à l'apparition des premières déformations plastiques dans l'acier. Toutefois, la charge maximale est atteinte pour environ 1094 daN avec une rupture du bois en traction dans la section centrale. La ductilité structurale post-pic est importante et l'essai est arrêté quand les profilés métalliques se sont séparés de la poutre en bois.

Le comportement de SW2 est assez similaire à celui du SW1. La fin du domaine élastique est observée pour environ 4600 daN avec le début de la plastification du profilé métallique. La ruine est atteinte vers 6200 daN avec une rupture du bois en traction / cisaillement dans la section centrale. Aucun signe d'instabilité locale ou globale n'a été observé.

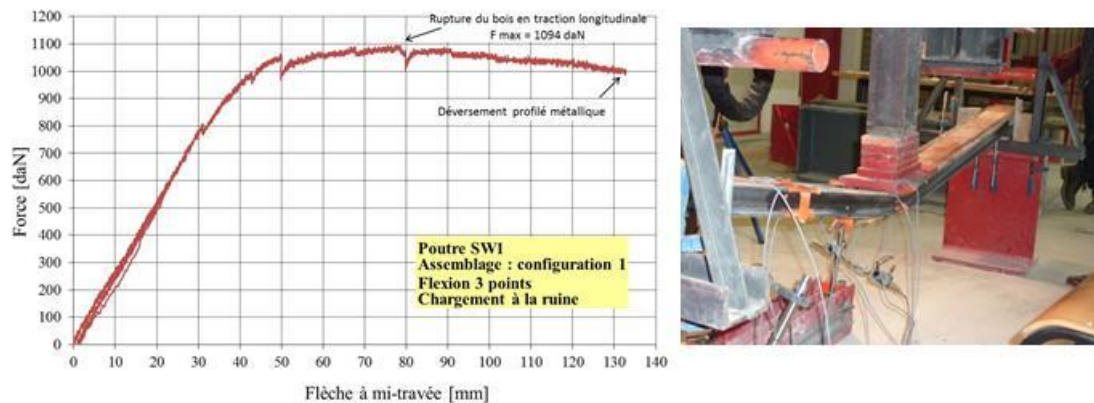


Figure 3. Comportement à la ruine de la poutre SW1

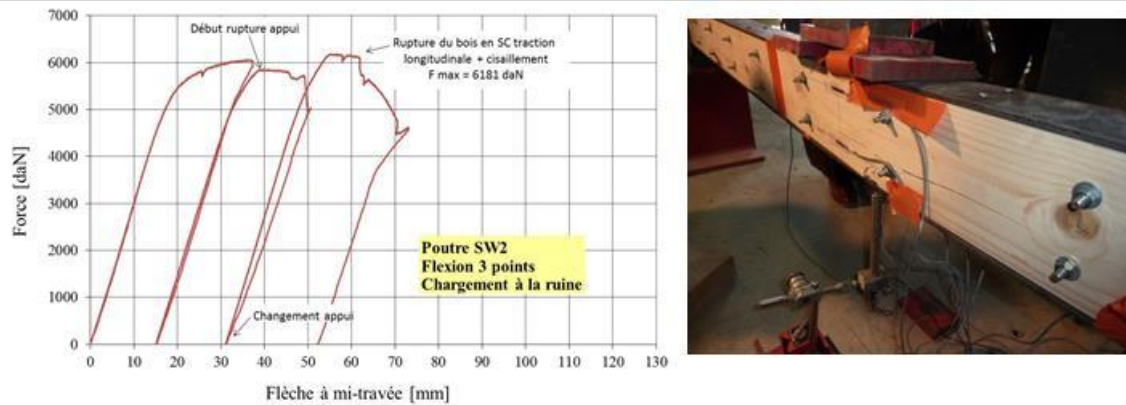


Figure 4. Comportement à la ruine de la poutre SW2

4. Conclusions

Ces essais préliminaires ont montré que l'association acier-bois présente un intérêt incontestable sur le plan mécanique. Les performances des poutres hybrides sont nettement supérieures à celles des composants seuls notamment au niveau de la résistance car la section permet d'éviter les instabilités de type voilement ou déversement. Pour la rigidité, l'association des deux matériaux a un rôle non négligeable même si la contribution la plus importante est apportée par l'acier. Comme l'amélioration de résistance vient essentiellement de la limitation des instabilités élastiques des profilés métalliques, la solution hybride ouvre la voie à une optimisation de la section en acier. Le degré de connexion ne semble pas avoir d'influence très significative dans le domaine élastique mais ce point devra être vérifié à l'approche de la ruine et surtout pour des sections de dimensions plus importantes.

5. Bibliographie

[BUL 84] Bulleit William M., "Reinforcement of Wood materials: a review", Wood and Fiber Science, 16, pp. 391-397, 1984.

[BUL 89] Bulleit W. M., Sandberg B. L., Woods Greg J., "Steel-reinforced glued laminated timber", Journal of Structural Engineering, vol.115, pp. 433-444, 1989.

[BOR 03] Borri A., Corradi M., Grazini A., "FRP reinforcement of wood elements under bending loads", Proceedings, Structural Faults and repair, London, 14 pages, 2003.

[PAL 06] Palermo A., Pampanin S., Fragiaco M., Buchanan A., Deam, B., "Code provisions for seismic design of multistory post-tensioned timber buildings", WCTE, New Zealand, 13 pages, 2006.

[BOA 12] Boake T. M., "Guide for specifying architecturally exposed structural steel", Canadian Institute of Steel Construction, 52 pages, 2012.

[EN 05] NF EN 1993-1-1, « Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments », 103 pages, 2005.

[AUD 12] Audebert M., Dhima D., Taazout M., Bouchaïr A., 2012. Behaviour of dowelled and bolted steel-to-timber connections exposed to fire. Engineering Structures 39, 2012, pp 116-125.

[WIN 16 a] Winter W., Tavoussi K., Fadaï A., Riola Parada F., Prašnjak I., Development of prefabricated timber-steel-concrete ribbed decks, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), Vienna, 2016, 10 pages.

[WIN 16 b] Winter W., Tavoussi K., Riola Parada F., Bradley A., Timber-steel hybrid beams for multi-storey buildings: final report, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), Vienna, 2016, 10 pages.