

Solutions constructives hybrides structurales pour des applications planchers et façades de bâtiments neufs

Magdalini TITIRLA, Laurent MICHEL, Emmanuel FERRIER

Université de LYON, Université Claude Bernard Lyon1 – Laboratoire des Matériaux Composites pour la Construction LMC²

Site Villeurbanne DOUA – 82, boulevard Niels Bohr – 69622 VILLEURBANNE Cedex

magdalini.titirla@univ-lyon1.fr; laurent.michel@univ-lyon1.fr; emmanuel.ferrier@univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ. Cet article présente une étude expérimentale de connexions innovantes entre des planchers hybrides et des colonnes en bois. Chaque panneau est composé de poutres en bois lamellé collé et/ou de béton constituant les planchers et de poutres en bois constituant l'ossature porteuse des éléments de façade. Cinq spécimens, impliquant cinq types de différentes connexions, soumis à une flexion monotone croissante, sont examinés. Le premier type de connexion incorpore une colonne de type goujon qui se joint à la poutre à travers de longs boulons, tandis que le second consiste à mettre en place une platine métallique incorporée dans les poutres en bois fendues des planchers et des colonnes, l'ensemble étant relié par l'intermédiaire de boulons transversaux. Les trois autres types de connexion sont éloignés des connexions boulonnées habituelles, car le troisième type de connexion incorpore une barre d'armature métallique dans un « nœud » réalisé en BFUP, tandis que le quatrième consiste à disposer des barres FRP en carbone dans la partie bois et béton des poutres par collage, et le cinquième consiste à disposer des barres FRP en verre dans la partie bois et béton des poutres par collage. Les séquences expérimentales sont menées dans les locaux de Laboratoire de Matériaux Composites et Structures Composites de l'Université Claude Bernard Lyon 1.

ABSTRACT. This paper presents an experimental study of innovative moment connections between Hybrid panels and timber columns. Each panel consists of Glulam timber and/or Concrete members with timber and concrete beams and concrete cladding. Five specimens, involving four different connection types, subjected to monotonically increasing bending action, are examined. The first connection type incorporates a dowel-type column that jointed to the beam through long bolts, while the second one is a steel plate slotted into the timber beam and timber columns connected to them by means of transverse bolts. The other three connection types are far from the bolted connections, as the third connection type incorporates a steel rebar connection in UHPFRC concrete, the fourth one is by Carbon FRP rebar in glulam both in the timber and concrete part of the beams, while the fifth one is by Glass FRP rebar in glulam both in the timber and concrete part of the beams. The experimental sequences are conducted at the premises of Laboratory for Composite Materials and Composite Structures of the University Claude Bernard Lyon 1.

MOTS-CLÉS : Modèles à composants, CFRP, GFRP, joints, ossature bois, système hybride.

KEY WORDS: Component models, CFRP, GFRP, joints, timber reinforcement, Hybrid system.

Introduction

Dans une démarche de construction plus protectrice de l'environnement, l'utilisation d'éléments en bois dans la construction est une alternative de plus en plus prisée par les architectes ou donneurs d'ordres. La construction bois est un secteur bien connu de la construction et est régi par l'Eurocode 5. Toutefois un des problèmes majeurs du matériau bois réside en sa faible valeur de module élastique qui ne peut être contré que par la mise en place de sections transversales importantes limitant considérablement les portées des éléments. Pour les éléments de planchers, une alternative consiste à mettre en place une dalle de compression en béton connectée par des organes mécaniques, généralement en acier ayant pour rôle d'augmenter la raideur des planchers. Cette technique est généralement réalisée sur site et ne permet pas de tirer au maximum les capacités du concept. En effet, le béton est coulé sur les éléments en bois généralement non étayés, le poids propre du béton frais faisant alors office de poids mort engendrant des flèches. Une des solutions, développée par le laboratoire LMC² consiste à réaliser des planchers hybrides bois-béton en usine en s'assurant de ne pas générer de déformations pendant les phases de coulage (projet FUI HYBRIDAL). La suite de la démarche de développement s'oriente donc par conséquent vers des techniques de liaison innovantes permettant de mettre en place les différents éléments préfabriqués sur site. La suite de l'article permet donc de mettre en évidence le comportement de 4 typologies d'assemblage entre des planchers hybrides et des façades bois.

2. Liaison façade - plancher

Ce paragraphe présente plus en détail les connexions innovantes entre les panneaux hybrides et les colonnes en bois. Chaque panneau est composé de poutres en bois lamellé collé et/ou de béton constituant les planchers et de poutres en bois constituant l'ossature porteuse des éléments de façade. Les dimensions des panneaux hybrides sont définies dans le projet afin de garantir des conditions de mises en œuvre et de transport adaptées. Pour ces raisons, la largeur des panneaux est fixée à 1,20m. Dans cette largeur, cinq poutres lamellé-collé sont mises en place et connectées par une dalle de compression en béton. Pour des raisons d'essai, les spécimens de jonction ont d'une part été réduits à deux poutres et testés suivant une rotation de 90°. Dans ce cas de figure, l'effort engendrant la rotation et/ou le moment est appliqué horizontalement (Figure 1), ceci afin d'éviter les effets P-δ des déplacements de la colonne et de se concentrer uniquement sur les connexions.

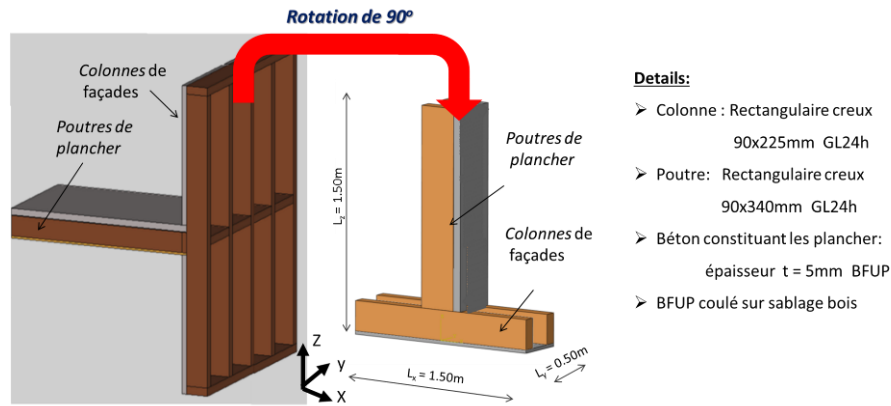


Figure 1. Rotation

1.1. Description des corps d'épreuve

Cinq types de différentes connexions de liaison façade-plancher sont examinés. Le premier type de connexion incorpore une colonne de type goujon qui se joint à la poutre à travers de longs boulons (fig 2a), tandis que le second consiste à mettre en place une platine métallique incorporée dans les poutres en bois fendues des planchers et des colonnes, l'ensemble étant relié par l'intermédiaire de boulons transversaux (fig 2b). Les trois autres types de connexion sont éloignés des connexions boulonnées habituelles, car le troisième type de connexion incorpore une barre d'armature métallique dans un «nœud» réalisé en BFUP (fig 2c), tandis que le quatrième consiste à disposer des barres FRP en carbone dans la partie bois et béton des poutres par collage (fig 2d). Le cinquième consiste à disposer des barres FRP en verre dans la partie bois et béton des poutres par collage avec les mêmes positions avec le quatrième solution (fig 2e).

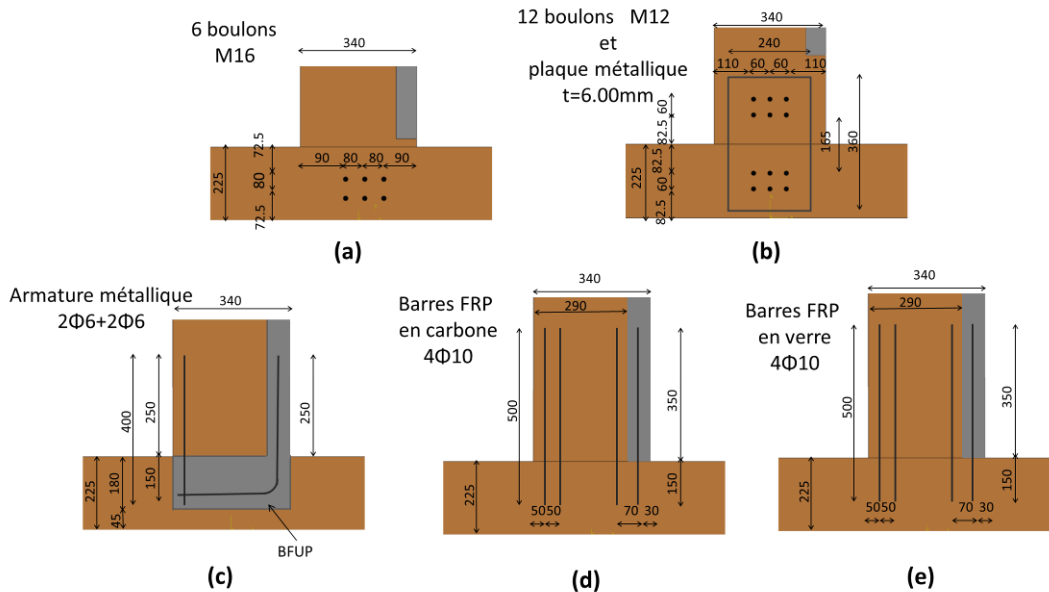


Figure 2. Connexion : a) avec boulons, b) avec boulons et platine métallique, c) d'une poutre armée béton, d) avec FRP en carbone dans la partie bois et béton, e) avec FRP en verre dans la partie bois et béton.

Les géométries des cinq connexions sont décrites en détail sur la figure 2. Toutes les connexions ont été conçues sur la base de l'Eurocode 5 [CEN 95].

1.2. Instrumentation et mode de chargement

La figure 3 montre tous les détails de la méthode expérimentale pour les cinq connexions. Un total de onze LVDT et un laser ont été placés dans chaque connexion. Six LVDT (n°4, 5, 6, 7, 10 et 11) et le laser mesurent le déplacement horizontal à trois hauteurs différentes, tandis que quatre LVDT (n°1, 2, 8 et 9) mesurent les différents mouvements verticaux. Toutes les connexions sont soumises à une flexion monotone croissante.

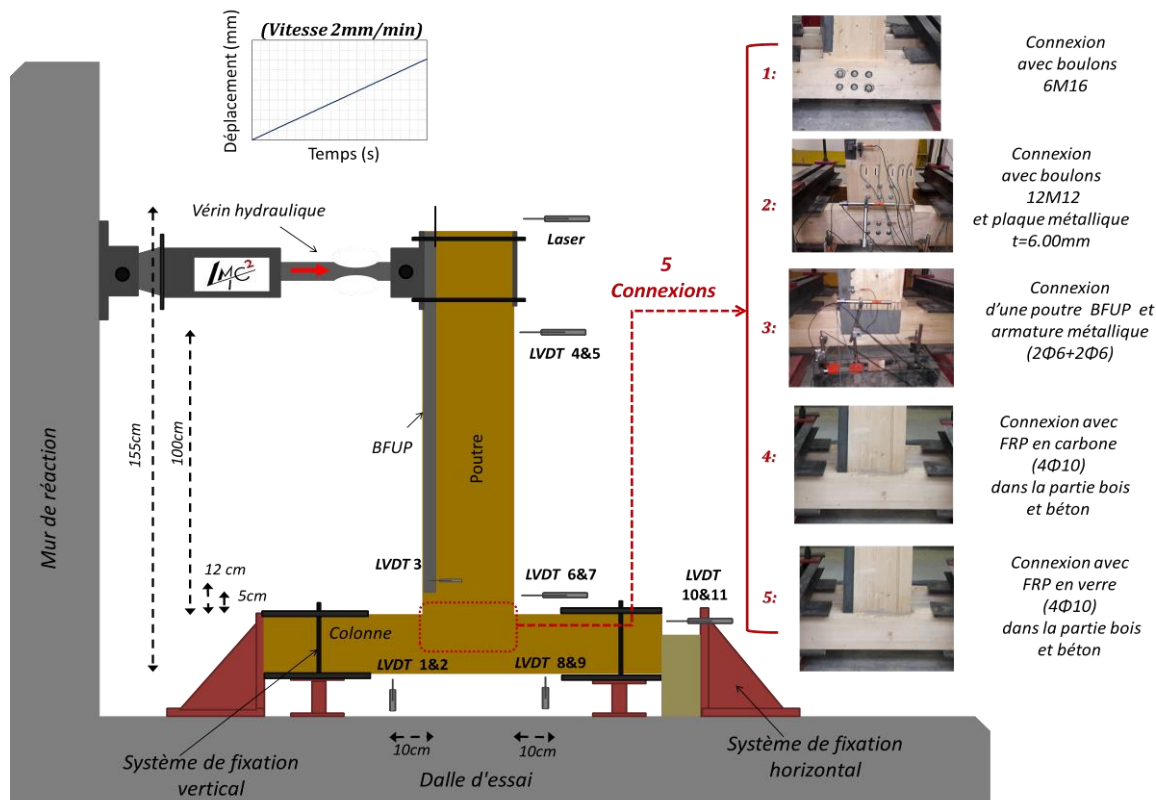


Figure 3. Détail du dispositif expérimental.

3. Les séquences expérimentales

Ce paragraphe présente les résultats les plus importants de cette recherche. La figure 4 illustre le diagramme force-déplacement en tête de la poutre (déplacement du laser) pour les cinq connexions. Sur la même figure, le type de rupture de chaque connexion est présenté. Nous pouvons remarquer deux types de réponse différents. Les connexions d et e montrent une première phase linéaire ayant une très forte rigidité, 2,8 kN/mm et 1,7 kN/mm respectivement couplée à une charge de rupture élevée 20,2 kN et 23,8 kN. Après rupture, la charge chute de manière brutale. La rupture est de type fragile. Les solutions a et c montrent des rigidités comparables mais ne permettent pas d'atteindre de fortes charges à rupture sans engendrer de grands déplacements globaux. Dans le cas de la solution avec boulons (solution a), la limite de comportement élastique est proche de 2,3 kN et une seconde phase de comportement avec une raideur de 0,1 kN/mm permettant d'atteindre une charge maximale de 16,2 kN. Dans le cas de la solution c, la charge limite de comportement élastique est proche de 8 kN et une charge de rupture proche de 11 kN. La solution b montre un comportement similaire à la configuration a mais avec un glissement en début d'essai dans la jonction entre les éléments bois et la platine métallique.

Les faciès de rupture sont également différents en fonction des configurations. Les configurations comprenant des armatures composites collées présentent un comportement fragile. Les configurations avec jonc carbone (solution d) et jonc verre (solution e) ont montré une rupture par déchaussement de la barre engravée dans la poutre transversale à l'armature (fig 5d et 5e). Les solutions avec les boulons transversaux (solution a et b) montrent des ruptures mixtes avec une ovalisation du bois au niveau des trous extérieurs et une plastification des boulons M16 (fig 5a et 5b). De plus, lors de la solution avec plaque métallique (solution b), la charge appliquée provoque une compression transversale très importante de la poutre bois (fig 5b). Enfin la solution c avec un nœud BFUP montre une rupture par décollement du nœud BFUP dans la zone tendue et une surcompression du BFUP dans la zone opposée (fig 5c).

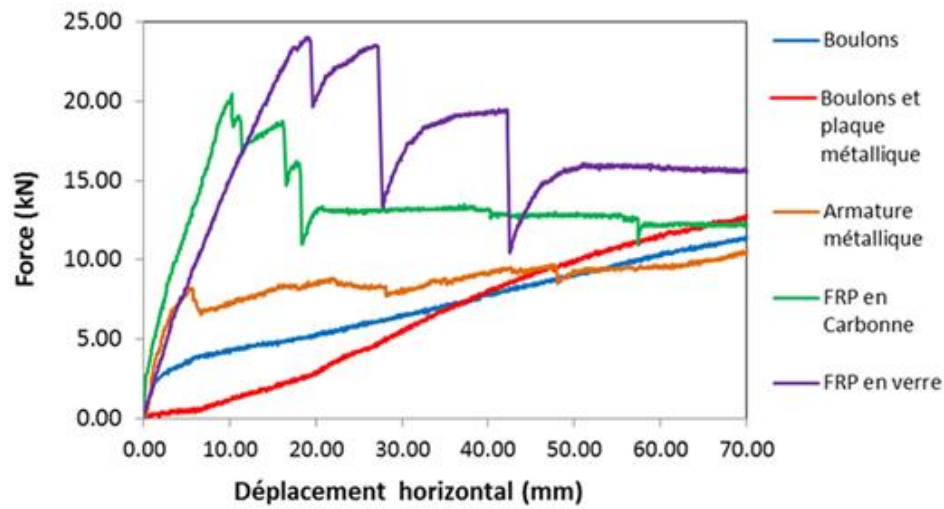


Figure 4. Diagramme force-déplacement pour les 5 configurations testées



Figure 5. types de rupture de chaque connexion.

4. Conclusion

Cet article présente une étude expérimentale de cinq connexions innovantes entre des planchers hybrides et des colonnes en bois. Le premier type de connexion incorpore une colonne de type goujon qui se joint à la poutre à travers de longs boulons, tandis que le second consiste à mettre en place une platine métallique incorporée dans les poutres en bois fendues des planchers et des colonnes, l'ensemble étant relié par l'intermédiaire de boulons transversaux. Le troisième type de connexion incorpore une barre d'armature métallique dans un « nœud » réalisé en BFUP, tandis que le quatrième et cinquième consiste à disposer des barres FRP en carbone ou verre dans la partie bois et béton des poutres par collage. Les essais montrent que les solutions avec barres composites collées permettent d'obtenir des charges importantes et une raideur importante. Dans le cas des boulons transversaux, la charge à rupture est atteinte après un fort déplacement. Ces solutions ne permettent pas de garantir une reprise des moments dans les jonctions sans impliquer de fortes rotations.

5. Remerciements

Les auteurs remercient le projet FUI « HYBRIDAL » pour le financement de l'étude. Les auteurs remercient également l'équipe de techniciens (E. Janin et N. Cottet) pour leur support technique.

6. Bibliographie

[CEN 95] CEN.EN 1995-1-1., Eurocode 5: design of timber structures, Part 1-1: general common rules and rules for buildings, 2004.