

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Utiliser les vis de frettage des assemblages brochés pour en augmenter la résistance et la rigidité
- Intérêt principal : Favorise la rupture ductile, et apporte un gain en résistance
- Stade d'avancement : Recherche
- Organisme de recherche impliqué : Université Technique de Karlsruhe
- Entreprise/industriel impliqué : SFS Intec
- Personne contact : Hans-Joachim Blass (hans.blass@kit.edu)

Recherche



Développement



Industrialisation



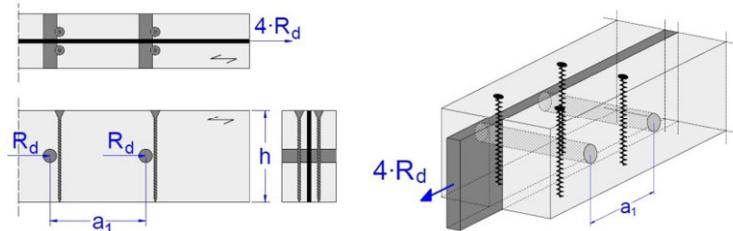
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Dans les assemblages brochés, des sollicitations transversales au fil du bois sont créées, et peuvent être à l'origine de ruptures fragiles de ces assemblages. Des frettages par vis (perpendiculaires aux broches et au fil du bois) peuvent être utilisés pour diminuer les risques de ruptures fragiles. Toutefois, l'éventuel gain en résistance apporté par ce frettage n'est aujourd'hui pas valorisé.

Les travaux de recherche présentés ont pour objectif d'évaluer les conditions d'obtention et la valeur du gain apporté en résistance : les vis autoforeuses à filetage complet doivent être en contact direct avec les broches et le gain en résistance apporté peut alors être calculé via la RDM.

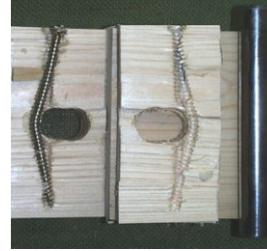


Principe du renforcement d'assemblage broché par des vis



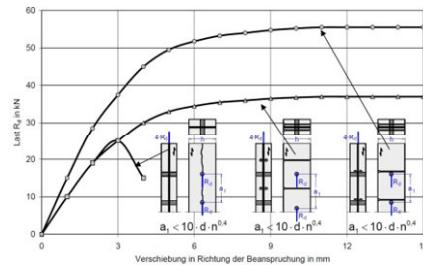
Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Pour des broches de diamètre 16 mm à 32 mm, le gain en résistance apporté a été constaté entre 15% et 30%. Au delà du gain en résistance, ce frettage favorise la ruine ductile pour des assemblages souvent sujets à des ruptures fragiles, ce qui est intéressant notamment en zone sismique. Le frettage ne semble pas écarter la rupture en cisaillement de bloc.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en œuvre se fait par vissage, et le positionnement des vis au contact des broches est le principal point sensible.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux ont fait l'objet d'essais et modélisations en laboratoire et de publications de la part de l'Université Technique de Karlsruhe. La technique de frettage a été utilisée dans divers chantiers significatifs dont en France le Stade de Nice et la Fondation LVMH, sans toutefois revendiquer de gain en résistance associé. Plusieurs modèles de calcul différents ont été proposés, et leurs résultats sont comparables. Toutefois, il y a une nécessité d'éléments complémentaires pour aboutir à une proposition de méthode de calcul harmonisée.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les vis utilisées sont déjà commercialisées.

Les points prometteurs

- ↗ Travaux de recherche ayant abouti à des propositions de méthodes de calcul
- ↗ Premiers chantiers significatifs et démocratisation de la technique
- ↗ Gain en résistance et mode de rupture ductile

Les interrogations

- ↘ Quelle échéance pour une méthode de calcul harmonisée ?
- ↘ Comment assurer le bon positionnement des vis contre les broches ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Assemblage par tige unique de fort diamètre
- Intérêt principal : Fermes de grandes portées
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : SP-Trätek, Université de Lund
- Personne contact : Prof. Roberto Crocetti (Roberto.Crocetti@kstr.lth.se)

Recherche



Développement



Industrialisation



Commercialisation

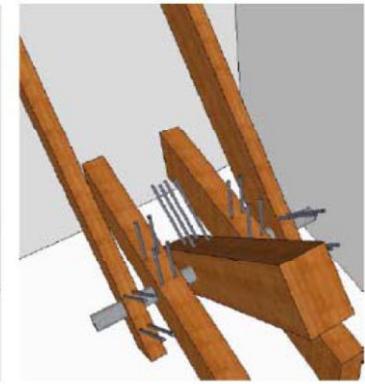
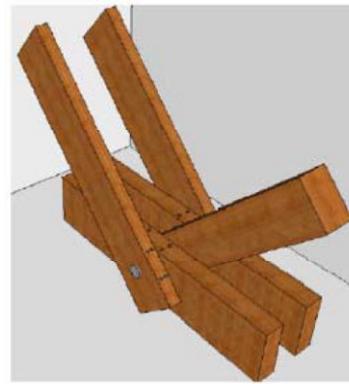


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Cette technique d'assemblage propose une alternative performante et économique aux plaques à dents et plaques en âme pour les fermes de grande portée (> 30 mètres).

Il s'agit d'assembler les diagonales aux éléments principaux par un seul assembleur de type tige de fort diamètre.

Le bois au voisinage de l'assembleur est renforcé par des vis pour éviter le fendage et la rupture en traction transversale, et améliorer la rigidité de l'assemblage.



Principe de l'assemblage : tige forte diamètre et renforts par vis



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Seule la résistance statique de ces assemblages a pour l'instant été étudiée. Pour des assembleurs de diamètre proche de 60 mm, l'effort maximal est en moyenne à 130 kN.

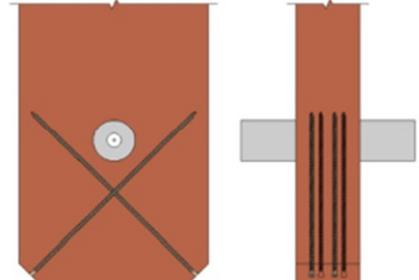


Avec l'ajout de vis pour prévenir du fendage et de la rupture en traction transversale, l'effort maximal est couramment autour de 230 kN.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Cet aspect n'a pour l'instant pas été évalué.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux sont à l'état de recherche universitaire en Suède uniquement. Ils ont pour l'instant principalement consisté à évaluer la capacité de reprise d'efforts de l'assemblage.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Aucune offre à prévoir à court-terme étant donné l'avancement des travaux.

Les points prometteurs

- ↗ Solution alternative aux plaques à dents et plaques en âme
- ↗ Réduction de la distance aux bords proposée par l'Eurocode 5

Les interrogations

- ↖ Quelle résistance au feu ?

Compléments d'information

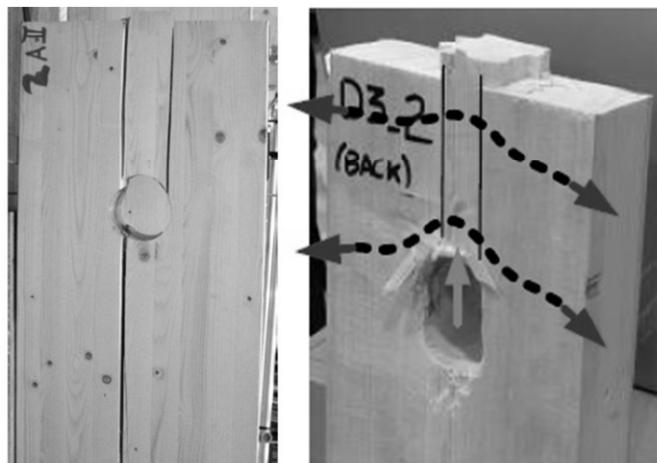
Depuis la réalisation de la fiche solution A2, des éléments d'information complémentaires ont été fournis par R. Crocetti. Il s'agit en particulier d'un rapport d'essai et d'un rapport final de thèse de Master. Même si des modèles de calculs définitifs ne sont pas encore disponibles, sont présentées ci-dessous des éléments qualitatifs et quantitatifs concernant le dimensionnement de ces assemblages.

Mécanismes de ruine et principe du renforcement

Les assemblages étudiés à l'Université de Lund et à SP Trätek utilisent des tiges de fort diamètre (jusqu'à 90 mm) pour assembler des fermes de grande portée.

Si les règles de pinces de l'Eurocode étaient respectées (distance à l'extrémité du bois dans le sens du fil supérieure à $7d$), de telles tiges devraient être placées à plus de 63 cm de l'extrémité ! Afin de rationaliser les géométries et quantités de bois utilisées, il est proposé de réduire cette distance à $3,5d$. Ceci a pour conséquence la fragilisation de l'extrémité des bois assemblés.

Les essais ont montré que le cône de compression créé par l'enfoncement de la tige dans le bois a pour conséquence l'apparition de contraintes de traction transversale en extrémité des bois. Sous l'effet de ces contraintes des fissures se forment et facilitent ainsi la rupture en cisaillement de bloc illustrée par la photo ci-dessous à gauche.

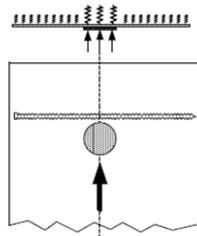


Rupture des assemblages non renforcés (gauche) et renforcés (droite)

Ainsi, il est proposé de renforcer l'extrémité des bois pour améliorer leur résistance à la traction transversale, à l'aide de vis par exemple (cf. illustration en colonne de droite).

Ce renforcement retarde l'apparition des fentes, et apporte un complément de résistance lorsque celles-ci apparaissent. En effet, les vis fléchissant sous la contrainte agissent comme des cordes tendant à rapprocher les deux parties du bois fissuré. Le mode de rupture final reste toutefois inchangé (rupture en cisaillement de bloc).

Les essais et analyses par éléments finis montrent que les fentes sont créées à partir de l'extrémité des bois et remontent vers le perçage. Ceci suggère de positionner les vis le plus près possible de l'extrémité.

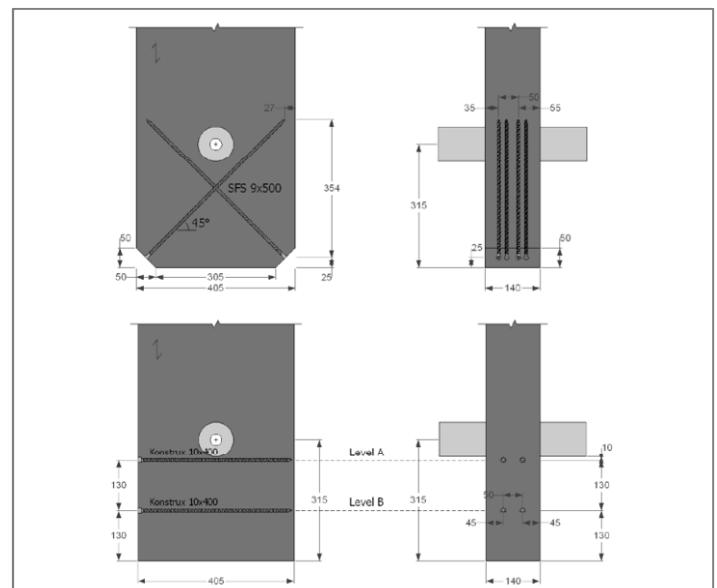
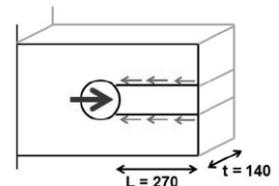


A contrario, les essais montrent que lorsque les vis sont positionnées près du perçage, elles peuvent améliorer la rigidité de l'assemblage puisqu'elles viennent supporter le bois comprimé par la tige en appui dans le perçage.

Eléments quantitatifs pour le dimensionnement

Une méthode simple de calcul de la résistance au cisaillement de bloc est basée sur une répartition uniforme de la contrainte de cisaillement sur la surface cisaillée. La résistance est égale à la surface cisaillée multipliée par la résistance au cisaillement.

Cette méthode est valable lorsque la distance à l'extrémité de $7d$ est respectée. Or dans le cas étudié, elle n'est que de $3,5d$. Les fentes créées par la traction transversale diminuent la surface soumise au cisaillement, et les valeurs de résistance se trouvent divisées par 2 (de 265 kN valeur théorique à 134 kN valeur mesurée).



Exemples de renforcement de l'extrémité des bois à l'aide de vis

Lorsque l'extrémité des bois est renforcée à l'aide de vis comme illustré ci-dessus, l'apparition des fentes se fait entre 230 et 240 kN, soit environ 90% la valeur théorique de la résistance si les règles de pinces étaient respectées.

Egalement, suivant le positionnement des vis (plus ou moins proche du perçage) on constate une augmentation de la rigidité de l'assemblage entre 10% et 40% (rigidité maximum pour vis très proche du perçage).

Autres résultats et suites

Les études menées ont montré l'influence de la dimension sur le niveau d'effort auquel apparaissent les fentes. L'influence des ratios t/d et h/d a elle aussi été mise en évidence même si elle n'est pas quantifiée précisément.

Des travaux complémentaires doivent être menés pour établir des modèles de prédiction précis (éléments finis, autres essais).

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Fixation de flasques métalliques en surface des poutres par vis inclinées dans le bois
- Intérêt principal : Joints de continuité et autres efforts importants
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Organisme de recherche impliqué : Université Technique de Karlsruhe
- Entreprises/industriels impliqués : SFS Intec (vis) et Wiehag (constructeur)
- Personne contact : François Varacca (vfra@sfsintec.biz)

Recherche

Développement

Industrialisation

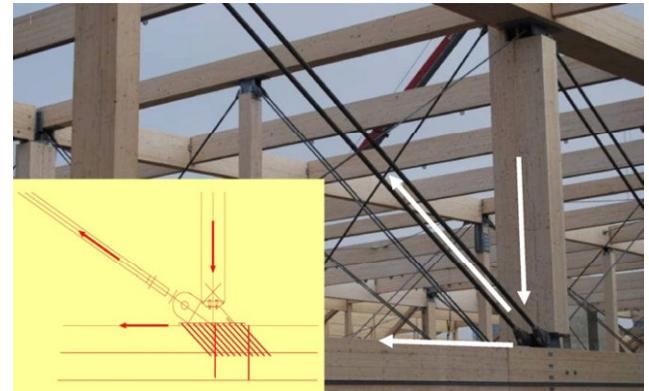
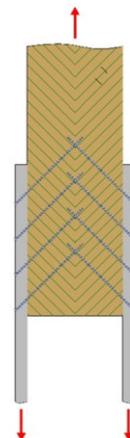
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

L'assemblage est réalisé via des flasques métalliques en surface des poutres, vissés par des vis à filetage total inclinées avec un angle de 30° à 45° par rapport à la face du bois.

L'effort de cisaillement est décomposé en traction dans les vis et en compression dans les flasques métalliques sur le bois.

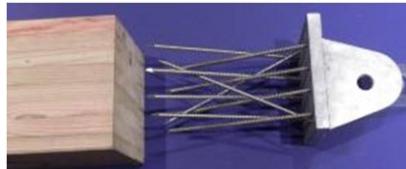


Principe de l'assemblage et mise en œuvre sur un chantier



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

L'assemblage travaille bien dans l'axe de la poutre. Une attention particulière doit être portée à la traction transversale. S'il est bien optimisé, cet assemblage permet de solliciter toute la section de bois.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Pas de préperçage nécessaire pour vis Ø9mm. Pour vis Ø13mm prévoir prépercage de guidage sur 5 cm environ.

Vissage avec contrôle du couple de serrage par clé dynamométrique ou visseuse asservie de type Atlas Copco (peut être louée).



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Pour l'instant, seul le constructeur Wiehag a utilisé ce type d'assemblage (plusieurs chantiers). La technique est cadré par l'Eurocode 5 et l'Eurocode 3, même si des précisions doivent être apportées aux méthodes de calcul pour une meilleure optimisation (nombre efficace, etc.).



Offre existante/à venir et éléments de coût

La complexité et le coût de ce type d'assemblage réside dans la conception et la réalisation des flasques métalliques.

Les vis sont déjà commercialisées, les flasques sont à faire réaliser par un serrurier pour chaque projet.

SFS propose la fourniture des plaques acier S235 via un serrurier (prévoir au moins 2,5€ par kg).



Les points prometteurs

- ↗ Performance de la connection optimisée
- ↗ Modèles de calcul en partie déjà disponibles (Eurocodes)
- ↗ Adapté aux grandes structures bois

Les interrogations

- ↖ Quelle pertinence économique pour projets de taille moyenne ou réduite ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres (génie civil bois)

Résumé

- Principe : Précontrainte du bois en compression transversale assurée par une vis à pas variable
- Intérêt principal : Renforcement du bois en cisaillement longitudinal et en traction transversale
- Stade d'avancement : Recherche
- Organisme de recherche impliqué : Université Technique de Karlsruhe
- Personne contact : Hans-Joachim Blass (hans.blass@kit.edu)

Recherche



Développement



Industrialisation



Commercialisation



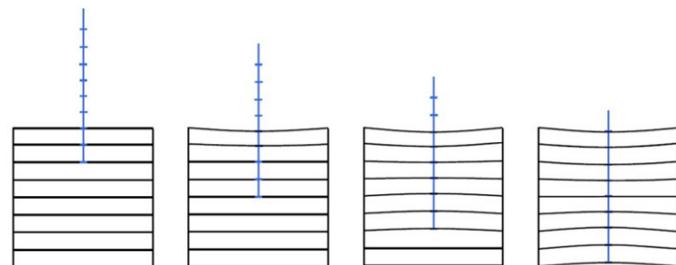
PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

L'objectif de cette technique est d'avantage le renforcement des propriétés du matériau bois que la réalisation d'un assemblage à proprement dit.

En effet la pré-contrainte en compression transversale permet l'augmentation de la résistance en cisaillement longitudinal et en traction transversale. La principale application visée est le génie civil, avec par exemple les tabliers de ponts en bois lamellé.

La pré-contrainte est ici appliquée grâce au vissage sur toute la hauteur de la poutre d'une vis à pas variable :

- Partie haute (vers la tête) avec pas large (ex: 5 mm)
- Partie centrale avec pas resserré (ex: 4,7 mm)
- Partie basse (vers la pointe) avec pas large (ex: 5 mm)

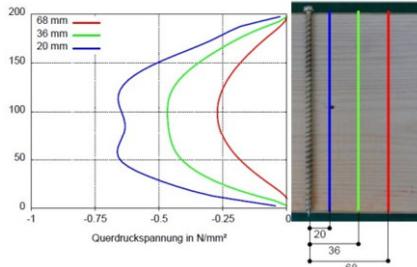


Obtention de la pré-contrainte par vissage d'une vis à pas variable



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Lors des essais réalisés en laboratoire, une précontrainte de $0,75 \text{ N/mm}^2$ a été obtenue (pas 5 mm / 4,7 mm / 5 mm).



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en œuvre de cette technique n'a pour l'instant pas été étudiée, mais il s'agit d'un simple vissage.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux ont fait l'objet de recherche en laboratoire et de publications de la part de l'Université Technique de Karlsruhe. Ils ont principalement visé à déterminer les conditions de faisabilité de cette pré-contrainte, et l'influence des différents paramètres sur la pré-contrainte effectivement obtenue. A notre connaissance, cette technique n'est pas encore appliquée dans de réelles constructions bois.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Pour l'instant, la commercialisation de telles vis n'est pas envisagée.

Les points prometteurs

↗ Pré-contrainte de $0,75 \text{ N/mm}^2$ obtenue en laboratoire

Les interrogations

- ↳ Relaxation possible de la pré-contrainte avec le temps ?
- ↳ Quelle influence des variations climatiques

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Vis disposées dans le bois au niveau de l'appui et perpendiculairement à celui-ci
- Intérêt principal : Réduction des longueurs d'appuis
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Organismes de recherche impliqués : Université Technique de Karlsruhe, ENSTIB
- Entreprise/industriel impliqué : SFS Intec
- Personne contact : François Varacca (vfra@sfsintec.biz)

Recherche

Développement

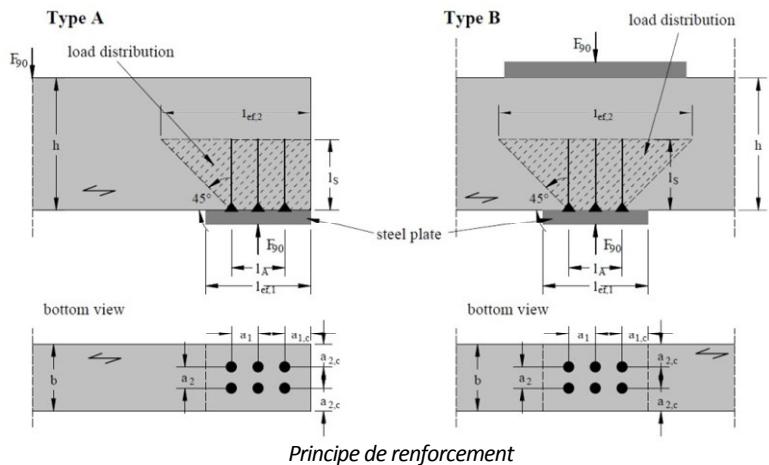
Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le renforcement est réalisé par la présence de vis au niveau de l'appui de une poutre soumise à la compression transversale. L'intérêt principal est la réduction des longueurs d'appuis dans les grandes structures.



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Le renforcement permet un gain en résistance à la compression transversale jusqu'à 50% (dans certains cas).



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en œuvre de ce renforcement est très simple, il s'agit d'ajouter des vis ou tiges filetées au niveau des appuis des poutres. Ces vis et tiges filetées sont mises en œuvre par perçage (le cas échéant) et vissage. Des machines et guides sont nécessaires selon les diamètres et les longueurs.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Des travaux de recherche ont été conduits en laboratoire (France, Pays-Bas, Allemagne, Suède et Italie) et une thèse est en cours en France. Des articles scientifiques ont déjà été publiés.

Des méthodes de conception sont déjà présentes dans l'annexe nationale Allemande à L'Eurocode 5 et dans les ATE des produits. Des éléments seront inclus dans les Règles Professionnelles en cours par le Syndicat National du Bois Lamellé. Des propositions seront effectuées lors de la prochaine révision de l'Eurocode 5 pour intégration.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les vis sont déjà commercialisées.

Les points prometteurs

- ↗ Résultats expérimentaux prometteurs
- ↗ Modèles de calculs présents dans l'annexe Allemande à l'Eurocode 5

Les interrogations

- ↖ Quel horizon pour des modèles dans l'Eurocode 5 ?

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



Applications envisagées

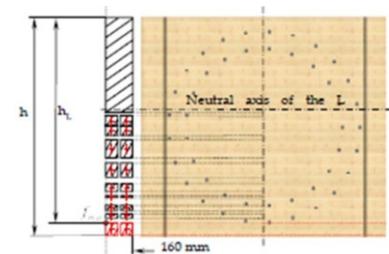
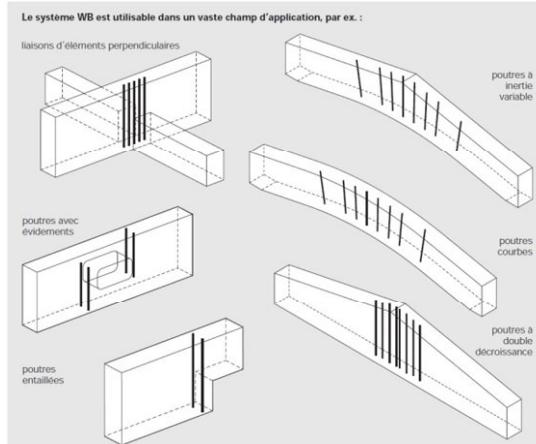
- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Frettage transversal par tige à filetage bois toute longueur
- Intérêt principal : Renforcement d'assemblages courants, entailles et perçements
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Organismes de recherche impliqués : Université Technique de Karlsruhe, ENSTIB
- Entreprise/industriel impliqué : SFS Intec
- Personne contact : François Varacca (vfra@sfsintec.biz)

PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le frettage est réalisé par l'utilisation de tiges à filetage bois toute longueur pour tenir le bois et reprendre les efforts transversaux. Les applications visées sont variées : couronnes de boulons, entailles et percements, etc.



Exemples d'application



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Le frettage permet d'augmenter la résistance et parfois la raideur d'assemblages couramment réalisés.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en œuvre de ce genre de frettage est très simple, il s'agit en complément des assemblages courants, de venir ajouter des tiges filetées traversant le bois sur toute sa hauteur. Ces tiges filetées sont installées par perçage puis vissage, avec machines et guides spécifiques.

Pour les tiges WB de diamètre 16 ou 20 mm, SFS propose des guides spécifiques. Pour les tiges de diamètre 12 mm, les essais réalisés montrent une déviation entre 1 et 5 mm par mètre de profondeur.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Des travaux de recherche ont été conduits en laboratoire, et des chantiers majeurs ont été réalisés en France : Stade de Nice (assemblages brochés avec profondeur de frettage de 20 et 60 cm) et Fondation LVMH (assemblages d'encastrement avec profondeur de frettage entre 80 et 150 cm).

Des compléments scientifiques sont toutefois encore nécessaires pour une future intégration dans le référentiel de calcul européen (Eurocode 5). Les entailles, percements, et inerties variables sont déjà présents dans l'annexe nationale Allemande à L'Eurocode 5.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les vis et tiges filetées sont déjà commercialisées. La pratique de ce type de frettage est en cours de "démocratisation".

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité de la conception et de la mise en œuvre
- ↗ Gains en résistance et en ductilité
- ↗ Premiers résultats expérimentaux
- ↗ Premiers chantiers réalisés

Les interrogations

- ↖ Quel horizon pour des modèles dans l'Eurocode 5 ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres (poutres treillis)

Résumé

- Principe : Poutre treillis grande portée optimisée avec tiges filetées et CLT
- Intérêt principal : Poutres de grandes portées
- Stade d'avancement : Recherche
- Organisme de recherche impliqué : Université Technique de Karlsruhe
- Entreprise/industriel impliqué : SFS Intec
- Personne contact : Hans-Joachim Blass (hans.blass@kit.edu)

Recherche



Développement



Industrialisation



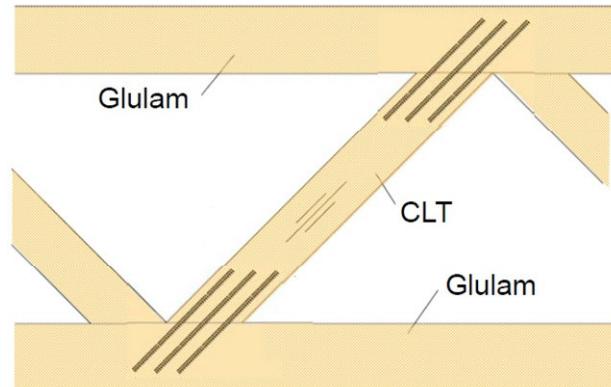
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Les travaux de recherche présentés visent à optimiser les poutres treillis de grande portée. Cette optimisation passe entre autres par l'utilisation de tiges filetées pour assembler les éléments de triangulation avec les membrures des poutres.

Afin de pouvoir fixer les tiges filetées en bout des éléments de triangulation, ceux-ci sont réalisés en CLT à trois plis (deux plis externes en LVL, pli central en bois massif). Les tiges filetées sont vissées dans le pli central dont le fil du bois est perpendiculaire à celles-ci.



Principe d'assemblage des éléments de poutre treillis



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

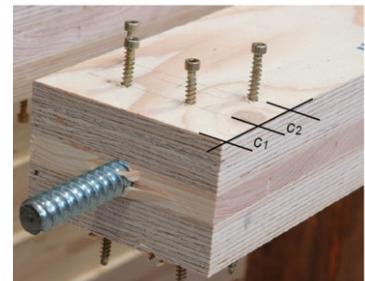
Les assemblages réalisés permettent de reprendre des efforts de traction/compression très élevés. Les modes de rupture possibles sont connus et des méthodes de calcul existent pour les prévoir (rupture de l'acier en traction, cisaillement des plans de collage, arrachement de l'interface bois/métal). Des essais complémentaires ont permis de déterminer les effets d'arrachement de groupe.

Les assemblages réalisés sont une bonne alternative aux assemblages par plaques métalliques embouties dans les situations où une résistance au feu est nécessaire.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Les tiges filetées sont vissées dans les éléments de triangulation à travers les membrures, ceux-ci ayant été pré-percés auparavant. Le vissage peut être fait en atelier ou sur chantier. Le pré-perçage est conseillé en atelier.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux ont fait l'objet de recherche en laboratoire et de publications de la part de l'Université Technique de Karlsruhe. A notre connaissance, cette technique n'est pas encore appliquée dans de réelles constructions bois. Il y a une nécessité d'éléments complémentaires pour aboutir à une proposition de méthode de calcul.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les tiges filetées et le CLT sont déjà commercialisés.

Les points prometteurs

- ↗ Grande résistance des assemblages réalisés
- ↗ Modes de rupture connus et valeurs prévisibles
- ↗ Résistance au feu et esthétique

Les interrogations

- ↖ Quel domaine de pertinence technique et économique ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Jonction entre murs CLT par vis croisées
- Intérêt principal : Simplicité de conception et de mise en œuvre
- Stade d'avancement : Développement (en 2011)
- Organismes de recherche impliqués : Université du New Brunswick, Fredericton, Canada ; et Università degli Studi di Trento, Trento, Italie
- Entreprise/industriel impliqué : Nordic
- Personne contact : Ian Smith (ismith@unb.ca)

Recherche

Développement

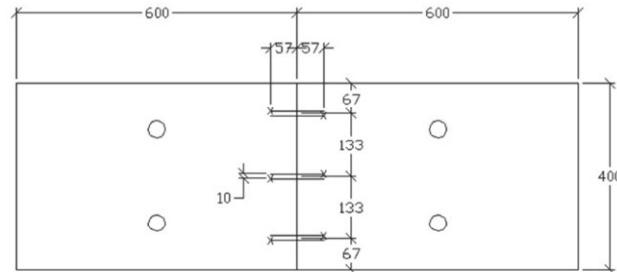
Industrialisation

Commercialisation

PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Les solutions habituelles de jonction des murs CLT situés dans le même plan impliquent soit la réalisation de feuillures (assemblage à mi-bois ou entaille pour flasque intégrée), soit l'apposition gênante de flasques sur la surface des murs.

Les travaux de développement ont ici pour objectif d'étudier les performances d'une jonction réalisée sans flasque ni feuillure, avec des vis croisées venant "coudre" le joint.



Principe de la jonction



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les jonctions réalisées avec des vis croisées présentent des résistances moindres à celles observées pour les techniques de jonction habituelles. La rupture est de type fragile sauf lorsque les vis utilisées sont filetées sur toute leur longueur. La rigidité est quant à elle supérieure aux techniques habituelles.



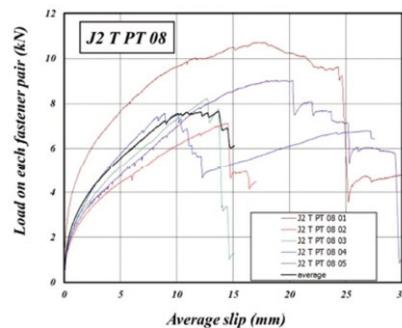
Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La solution étudiée présente un avantage évident en terme de mise en œuvre. Elle évite la réalisation de feuillures. Toutefois, le vissage sur site doit être réalisé avec précaution (angles et distances).



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les essais ont eu lieu en laboratoire en 2011. À notre connaissance, il n'existe pas encore de règle de calcul consensuelle pour cette technique d'assemblage.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les vis utilisées sont déjà disponibles dans le commerce.

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité de mise en œuvre
- ↗ Rigidité importante de la jonction

Les interrogations

- ↖ Rupture parfois fragile
- ↖ Valeurs de résistance moindres

A9

VIS BOIS DE LIAISON ENTRE ÉTAGES SDWF de chez Simpson StrongTie

SIMPSON
Strong-Tie®

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Liaison des différents étages de bâtiment bois par vis au travers du plancher
- Intérêt principal : Jonction d'étages de constructions bois
- Stade d'avancement : Commercialisation (aux Etats-Unis)
- Entreprise/industriel impliqué : Simpson StrongTie
- Personne contact : Service Technique Simpson StrongTie France

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation

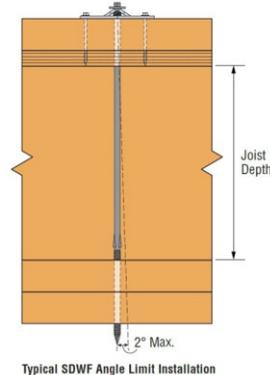
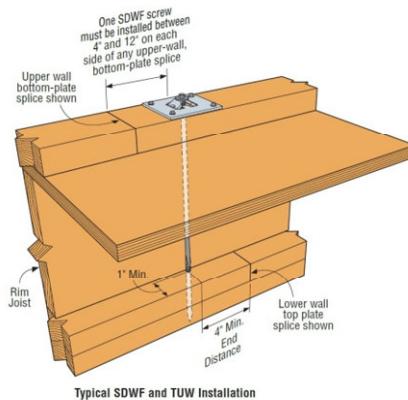


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Les vis SDWF sont conçues pour simplifier la liaison entre étages, et permettent notamment de reprendre les efforts de soulèvement dus au vent pendant toute la durée de vie de l'ouvrage. La conception de la SDWF permet de joindre les parois supérieures et inférieures au travers du plancher par le dessus.

La rondelle complémentaire TUW joue un rôle clef dans le comportement à long terme de l'assemblage lorsqu'elle est installée entre la vis et la semelle de l'étage supérieur. En effet, cette rondelle permet de compenser les jeux qui apparaissent au cours de la vie de l'ouvrage.

A l'heure du sismique et de la justification des systèmes complets, ces vis permettent de transmettre les efforts du dernier étage jusqu'au sol.



Principe de la mise en œuvre de la vis SDWF et de la rondelle TUW



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

A ce jour, seule la reprise d'efforts au soulèvement a été évaluée par essais aux Etats-Unis. Elle dépend de la configuration choisie et de la longueur d'ancrage. Elle est donc exprimée en N/mm :

- Configuration SP : 261 N/mm
- Configuration DF : 221 N/mm
- Configuration SPF : 159 N/mm



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La SDWF se fixe dans la semelle du mur supérieur avec un angle ($90^\circ \pm 2^\circ$), à l'aide de l'équerre installation fournie, jusqu'à ce que la tête soit d'un minimum de 5 cm au-dessus de la semelle.

La rondelle TUW est ensuite placée sous la tête de la SDWF puis vissée à la semelle.

Le vissage de la SDWF se poursuit alors jusqu'à ce que la tête rentre en contact avec les ailettes de la rondelle TUW.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

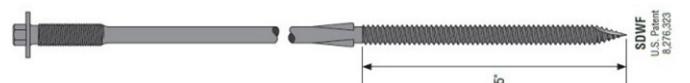
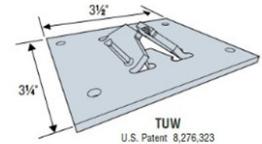
La vis SDWF et la rondelle TUW sont aujourd'hui disponibles uniquement aux Etats-Unis. Pour la mise sur le marché en Europe, elles doivent faire l'objet d'un marquage CE suivant norme harmonisée, mais aucune démarche n'a été entreprise pour l'instant par Simpson StrongTie.



Offre existante/à venir et éléments de coût

La vis SDWF est actuellement commercialisée aux Etats-Unis en 4 longueurs différentes :

41 cm / 51 cm / 61 cm / 66 cm



Les points prometteurs

- ↗ Expérience acquise aux Etats-Unis
- ↗ Simplicité et efficacité par rapport aux solutions habituelles

Les interrogations

- ↖ Pas de démarche prévue pour l'utilisation en France

Fiche A9 - 22/11/2013
Réalisée par C4C
c4c
Construction innovante

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres (structures démontables)

Résumé

- Principe : Douilles auto-taraudeuses en acier
- Intérêt principal : Structures temporaires et démontables
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : L.G.C. (La Goupille Cannelée), France
- Personne contact : Damien Lamisse (damien.lamisse@lgc.fr)

Recherche

Développement

Industrialisation

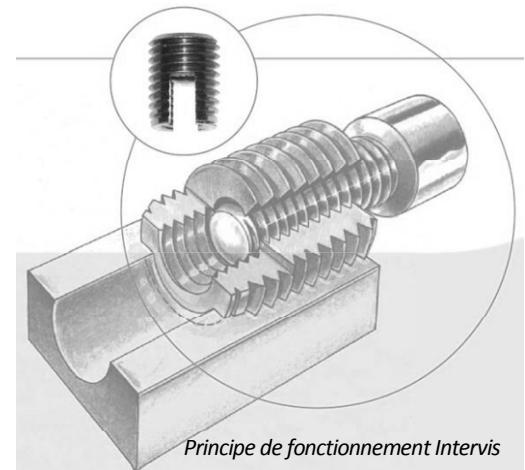
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Dans les matériaux tendres comme le bois, les taraudages résistent mal aux contraintes répétées (montage-démontage). Si l'on serre trop énergiquement ou trop fréquemment la vis, les filets s'arrachent et la pièce est hors d'usage. Les solutions traditionnelles comme les filets rapportés (pré-taraudage obligatoire) sont coûteuses.

La solution proposée par L.G.C. « La Goupille Cannelée » s'appelle INTERVIS. Cet ensemble se comporte comme un taraud et permet de visser directement l'INTERVIS dans un trou lisse percé préalablement. L'INTERVIS taille lui-même le filetage dans la pièce.



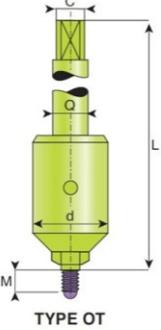
Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

La résistance à l'arrachement n'a pas pour l'instant été évaluée que pour les alliages métalliques légers. Reste à faire pour le bois massif.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

L'INTERVIS nécessite un pré-perçage et la mise en place grâce à un outil adapté, pour l'instant uniquement disponible pour machine tournante d'atelier. Une version chantier devrait être étudiée.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Ce produit dédié initiallement aux matériaux plastiques et aciers tendres connaît déjà une application dans l'ameublement. Il est potentiellement intéressant pour assembler des structures bois qui seraient soumises à de nombreux montages/démontages, en remplaçant le filetage extérieur ISO par un filetage plus large (adapté au bois massif). Toutefois, aucun travail de R&D n'a été fait pour l'instant pour explorer cette piste. Un travail de R&D est en cours pour l'ancrage de l'INTERVIS dans le béton.



Offre existante/à venir et éléments de coût

L'INTERVIS® est commercialisé par la société L.G.C. au prix moyen d'environ :

- 440 € les 1000 pièces pour du M12 en acier
- 740 € les 1000 pièces pour du M12 en laiton
- 2450 € les 1000 pièces pour du M12 en inox

D'autres fabricants de quincaillerie proposent des solutions du même type : Ameca, Emile Maurin, Simaf, Rampa. La société Rampa (Hans Brügmann) est une société Allemande ayant spécifiquement développé des inserts pour la construction bois (avec Agrément Technique Européen).

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité et facilité de mise en œuvre
- ↗ Expérience de l'application à d'autres matériaux
- ↗ Coût très faible

Les interrogations

- ↖ Un seul fabricant avec performances évaluées sur le bois massif et avec ATE

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Deux boulons encastrés dans les éléments à assembler, liés entre eux par une vis serrée magnétiquement
- Intérêt principal : Assemblages invisibles
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Lamello, Belgique
- Personne contact : Hugo De Bel (info@lamello.be)

Recherche

Développement

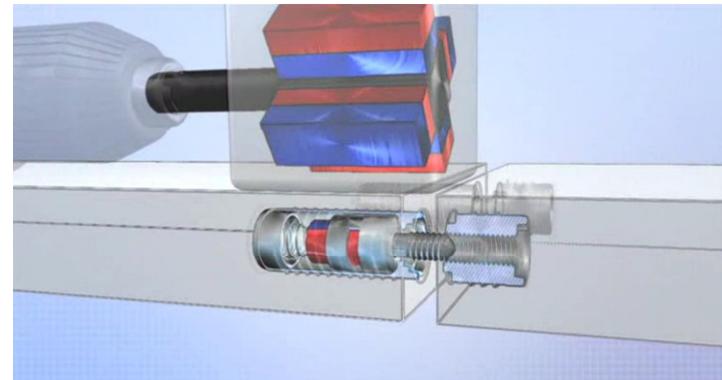
Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le système Invis est actuellement utilisé dans l'ameublement. Il permet la jonction de deux éléments de façon totalement invisible. Dans chacun des deux éléments sont percés des trous dans lesquels sont vissées deux douilles filetées (intérieur et extérieur). A l'intérieur de l'une d'entre elles se trouve une vis polarisée. Les deux pièces à assembler sont mises en contact et on vient serrer sans contact la vis grâce à un électro-aimant monté sur une perceuse.



↑ Ci-dessus : Serrage à l'aide de l'électro-aimant
← A gauche Système Invis



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

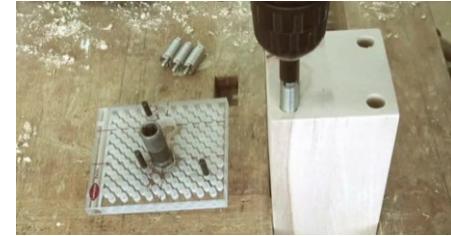
Résistance à l'arrachement par assemblage jusqu'à 280 daN dans l'épicéa massif.

	19 mm	25 mm	30 mm	35 mm
Buche Beech Hêtre Beuk Faggio Madera de haya	400 kg	300 kg	370 kg	
MDF	400 kg	270 kg	180 kg	
Fichte Spruce Épicéa Den Abete rosso Madera de pino	280 kg	100 kg	120 kg	
Chêne Pine Panneau de particules Spanplatten Pannello di truciolo Tablero aglomerado	160 kg	170 kg	80 kg	60 kg



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Le perçage des éléments à assembler et la mise en place des deux douilles à l'intérieur des pièces à assembler se fait en atelier. Le serrage peut se faire ultérieurement.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système Invis est aujourd'hui breveté et commercialisé pour l'ameublement par la société Lamello AG. Aucun travail de R&D particulier n'a été conduit pour adapter cette technique à la construction. Cependant, il serait possible en l'état d'utiliser ce système pour de petites charpentes. Pour une utilisation cadrée et pour tous types de charpente, il s'agirait de travailler sur la dimension des connecteurs et sur la possibilité du serrage magnétique pour des couples de serrage et des profondeurs de connecteurs plus importants (profondeur maximale pour l'instant = 20 mm).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le système Invis est commercialisé par la société Lamello AG. Une seule dimension est pour l'instant disponible (diamètre 12 mm, longueur 30 mm). Le système est vendu par boîtes de 20 ensembles pour 69 €.

Les points prometteurs

↗ Expérience dans l'ameublement

Les interrogations

- ↖ Besoin d'adaptation des connecteurs pour la reprise de fortes charges
- ↖ Besoin de R&D pour permettre le serrage magnétique avec des connecteurs plus profonds dans le bois

ÉLÉMENT DE CONTREVENTEMENT MÉTALLIQUE

Strong Wall de chez Simpson StrongTie

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Poutre métallique utilisée pour le contreventement de murs à ossature bois
- Intérêt principal : Contreventement de murs largement ouverts
- Stade d'avancement : Commercialisation (aux USA, en cours en Europe)
- Entreprise/industriel impliqué : Simpson StrongTie
- Personne contact : Service Technique Simpson StrongTie France

Recherche

Développement

Industrialisation

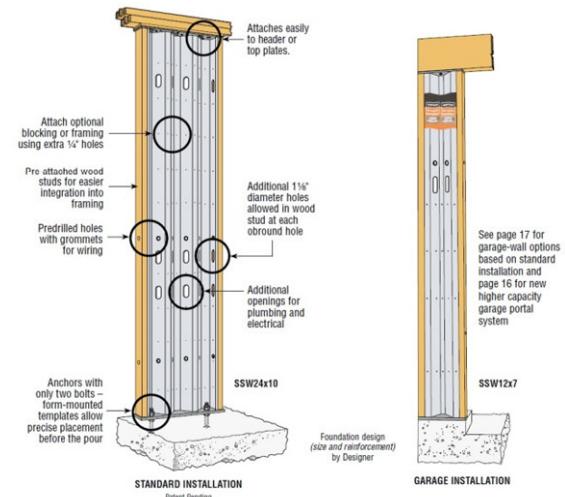
Commercialisation



PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE

Le Strong Wall est un élément de mur métallique qui s'intègre aux murs ossature bois. Il permet de reprendre des efforts latéraux induits par le vent ou le séisme. Le Strong Wall possède d'autre part de bonnes capacités ductiles qui lui confèrent un bon comportement dissipatif recherché en situation de séisme.

Le strong wall atteint des performances latérales équivalentes à plusieurs mètres linéaires de panneaux bois. Ainsi, son utilisation permet plus facilement de positionner des ouvertures sur la façade où il se situe.



Principe du Strong Wall



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Le Strong Wall permet la reprise d'efforts latéraux importants (en fonction du modèle choisi) pour un encombrement réduit . Il est utilisable en situation de vent et de séisme (bonne capacité ductile).

Les campagnes d'essais pour l'utilisation en France sont en cours de finalisation. Le mode de rupture le plus observé semble être la déformation de la partie basse du mur.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Le Strong Wall s'intègre aux murs ossature bois classiques. Il est fixé au reste de la structure bois à l'aide de vis. Sa fixation au sol s'effectue à l'aide d'ancrage mécanique, chimique ou en pré-scellement (en France les solutions chimiques sont à privilégier du fait de la complexité de synchronisation des lots).

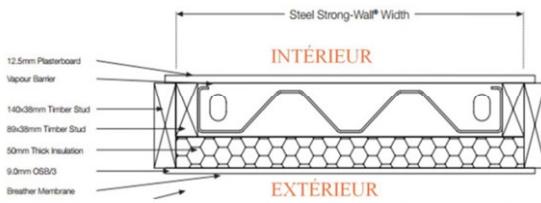
Pour gérer les différentes hauteurs de murs, le Strong Wall est à associer avec une cale monolithique bois permettant la reprise des efforts dans la continuité du Strong Wall.

L'isolant est à disposer du côté extérieur du Strong Wall.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le produit existe depuis une dizaine d'années aux USA. Son intégration technique et commerciale est en cours en Europe.



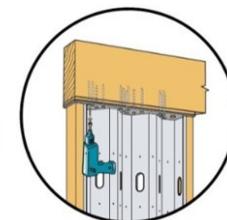
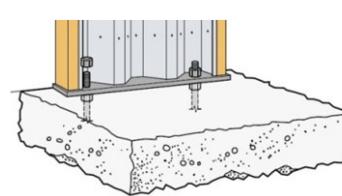
Les points prometteurs

- ↗ Expérience acquise aux Etats-Unis
- ↗ Reprise d'efforts de contreventements importants
- ↗ Ductilité en situation sismique
- ↗ Simplicité de conception et de mise en oeuvre



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le produit sera prochainement disponible en Europe.



Les interrogations

- ↳ Quel horizon pour une disponibilité en France ?

SYSTÈME DE CONTREVENTEMENT MÉTALLIQUE

de chez Simpson StrongTie

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Système complet avec feuillard et connecteurs spécifiques
- Intérêt principal : Contreventement et stabilité des charpentes fermettes
- Stade d'avancement : Commercialisation (au Danemark)
- Entreprise/industriel impliqué : Simpson StrongTie
- Personne contact : Service Technique Simpson StrongTie France

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Ce système complet de contreventement permet de réaliser un contreventement général de la construction à l'aide de feuillard métallique. Ce système permet d'accrocher le contreventement directement sur les fermettes tout en assurant une bonne tension des feuillards. Le système est composé de différents produits :

- Feuillards perforées
- Tendeur de feuillards
- Equerres de reprise sur les fermettes
- Dispositif de retenue de pignon



Système de contreventement métallique en application fermette



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les différents éléments s'adaptent aux charges à reprendre. A l'heure du sismique et de la justification des systèmes complets, ce système permet de faire redescendre les efforts de la charpente jusqu'au sol.

Les pentes couvertes vont de 15° à 45°, les portées de 8 à 18 mètres.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en œuvre est simple. Chaque élément est monté séparément, puis à l'aide des tendeurs de feuillards l'ensemble est mis sous tension. Le système s'adapte aussi bien sur les fermettes que sur la maçonnerie.

Une fois la mise en charge effectuée (installation des tuiles) le système de tendeurs de feuillards permet de réajuster en tension. Au cours de la vie de l'ouvrage, les tendeurs peuvent être resserrés si besoin.

L'utilisation comme solution alternative des bracons pour les poutres en I (pannes en devers) n'a pas été envisagée pour l'instant.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Tous les produits de la gamme sont marqués CE et qualifiés.



Offre existante/à venir et éléments de coût

L'ensemble de la gamme est commercialisé au Danemark par Simpson StrongTie. Une documentation complète existe en Danois (conception, mise en œuvre...).



Les points prometteurs

- ↗ Expérience acquise au Danemark
- ↗ Produits caractérisés et marqués CE

Les interrogations

- ↘ Coût et performances en comparaison au contreventement en bois massif ?

ÉQUERRE AVEC ISOLANT ACOUSTIQUE INTÉGRÉ

ABAI de chez Simpson StrongTie

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Équerre de fixation de mur avec isolant acoustique intégré en partie basse
- Intérêt principal : Raccordement de planchers et murs CLT ou ossature bois
- Stade d'avancement : Commercialisation (en Allemagne)
- Entreprise/industriel impliqué : Simpson StrongTie
- Personne contact : Service Technique Simpson StrongTie France

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le modèle ABAI105 est une équerre entièrement nouvelle. Celle-ci permet un raccord porteur statique entre le mur et les éléments de plancher en contreplaqué, avec insonorisation assurée par une couche isolante de 12 mm en Sylodyn.

L'équerre ABAI105 raccorde les deux composants sans augmenter la propagation du son. Elle est particulièrement adaptée pour les constructions en panneau massif multi-plis (CLT).



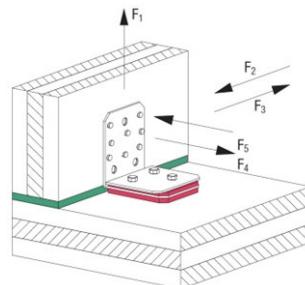
Équerre (à gauche) et mise en œuvre (au-dessus)



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

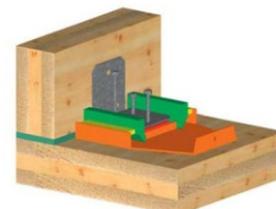
Les valeurs de transmission du bruit et de résistance mécanique sont disponibles dans la documentation technique Simpson StrongTie.

L'utilisation conjointe avec les bandes d'insonorisation Sylodyn sous les murs extérieurs permet une amélioration de l'imperméabilité au vent.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Le raccordement de l'équerre au plancher s'effectue par le biais de vis spéciales Simpson Strong-Tie (SDS25600). Pour garantir un montage conforme, il convient d'utiliser le module de montage MOABAI. L'équerre est ensuite raccordé au mur.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

L'équerre ABAI est marquée CE et possède des valeurs de reprise de charges et de transmission du bruit.



Offre existante/à venir et éléments de coût

L'équerre ABAI est commercialisée en Allemagne. Les autres éléments d'insonorisation sont vendus séparément (bandes pour isolation des murs).

Les points prometteurs

- ↗ Expérience acquise en Allemagne
- ↗ Produits caractérisés et marqués CE
- ↗ Isolant acoustique déjà intégré au produit

Les interrogations

- ↖ Quel horizon pour une disponibilité en France ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteurs métalliques mâle et femelle à engraver dans les montants d'ossature pour un assemblage invisible
- Intérêt principal : Murs fermés ossature bois (pas d'accès à l'intérieur des parois)
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Simpson StrongTie
- Personne contact : Service Technique Simpson Strong-Tie

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Ce produit (ICS) permet l'assemblage de montants d'ossature bois. Il est préconisé dans le cas de murs fermés (revêtements extérieurs et intérieurs du mur installés). Une fois l'assemblage réalisé, ce produit est totalement invisible.

L'ICS est composé de 2 parties : 1 partie mâle et 1 partie femelle. L'assemblage des 2 éléments bois est facilité par une patte centrale de guidage sur la partie mâle.

L'ICS s'adapte à toutes les sections de bois à partir de 45x120 mm.



Parties mâle et femelle installés sur les montants de murs prêts à être emboités



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les valeurs données ci-dessous sont issues d'essais sur des montants de 45x120 mm de longueur 2,5 m. Trois ICS sont disposés sur la longueur du montant (un à 300 mm de chaque extrémité et le dernier au centre). Les montants sont maintenus à la fois en parties haute et basse.

- Résistance en flexion latérale = 4,02 kN
- Résistance en cisaillement latéral = 6,31 kN
- Résistance en traction = 5,57 kN

L'ICS limite les ponts thermiques car l'assemblage n'est pas traversant.



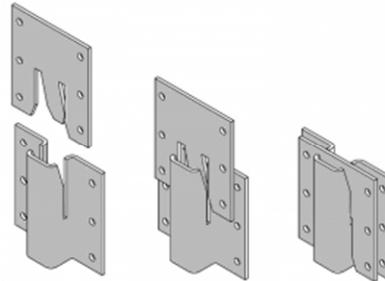
Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

L'installation de l'ICS nécessite la réalisation de lamages de 12 mm de profondeur dans les montants à assembler. Ces lamages sont réalisés avec un décalage en hauteur de 80 mm, afin d'avoir au final un positionnement face à face des parties mâle et femelle de l'ICS. La fixation des connecteurs sur les montants nécessite 6 vis CSA Ø5,0x35 par montant (donc le double au total).



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système est couvert par un ATE (ETA-07/0245) et bénéficie du marquage CE.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Ce produit est commercialisé en France par la société Simpson StrongTie.

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité de conception et de mise en œuvre
- ↗ Possibilité d'installer les connecteurs en atelier pour une phase chantier simplifiée

Les interrogations

- ↘ Quelles possibilités de réglage pour gérer les écarts sur chantier ?
- ↘ Nécessité de disposition complémentaire pour le vérrouillage de l'assemblage

SABOTS DEUX ÉLÉMENTS AJUSTABLES

SDEA de chez Simpson StrongTie

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Sabot métallique ajustable en deux éléments
- Intérêt principal : Assemblage porteuse/portée polyvalent
- Stade d'avancement : Commercialisation (récent)
- Entreprise/industriel impliqué : Simpson StrongTie
- Personne contact : Service Technique Simpson StrongTie France

Recherche

Développement

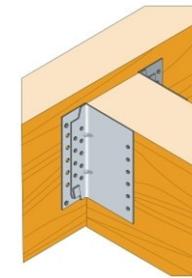
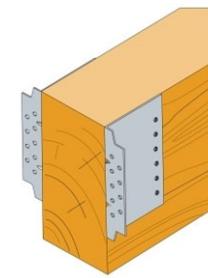
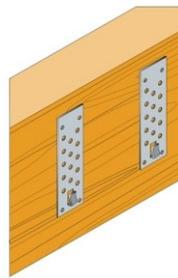
Industrialisation

Commercialisation

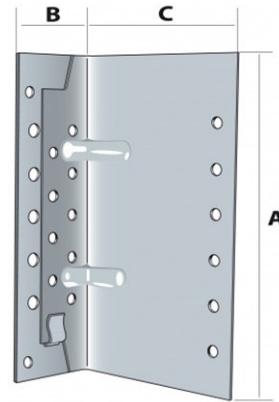


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le SDEA est un sabot (en acier pré-galvanisé) en deux parties distinctes ce qui lui permet de s'adapter aux largeurs et hauteurs des diverses poutres portées.



Etapes de la mise en œuvre



Demi-sabot SDEA



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Dimensions possibles pour la poutre portée :

- Largeur entre 64 mm et 100 mm
- Hauteur entre 160 mm et 250 mm

Valeur caractéristique de la charge de reprise du modèle SDEA150 (A=150, B=45, C=90) : 12,6 kN



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Deux butées sont installées sur la poutre porteuse, tandis que les deux ailettes sont installées sur la poutre portée. Lors de la mise en place sur chantier, la poutre portée est d'abord posée sur les butées, positionnée dans sa position finale, et enfin fixée définitivement par clouage. Le support offert par les butées permet de sécuriser l'opération de fixation définitive.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système SDEA est en cours de marquage CE (intégration à un Agrément Technique Européen).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le système SDEA est commercialisé en France (depuis peu) par la société Simpson StrongTie.

Les points prometteurs

- ↗ Adaptabilité à toute section de porteuse
- ↗ Simplicité de conception et de mise en oeuvre

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Sabot métallique multi-fonction
- Intérêt principal : Polyvalence
- Stade d'avancement : Commercialisation (au Royaume-Uni)
- Entreprise/industriel impliqué : ITW-Cullen
- Personne contact : Trudy Stewart (tstewart@itw-industry.com)

Recherche

Développement

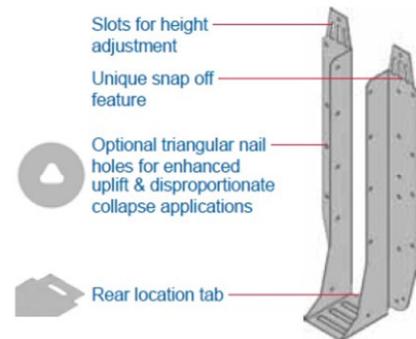
Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

L'objectif du sabot universel UH (Universal Hanger) de chez ITW-Cullen est de remplacer 4 produits existants en faisant la synthèse (FFI, TFI, U et LUI). Cette polyvalence est permise par la constitution du sabot, et notamment par les prolongements pliables des ailes, qui permettent une fixation par le dessus, mais qui peuvent aussi être détachés si elles ne sont pas utiles.

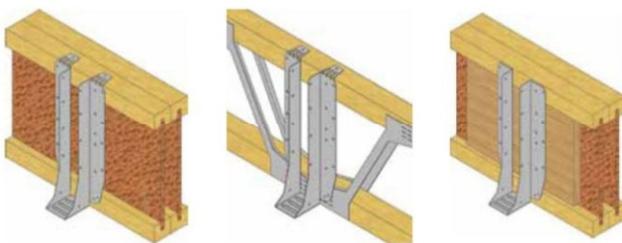


Sabot universel UH de chez Cullen



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Selon les dimensions le sabot UH peut reprendre de 10 kN à 20 kN environ.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le sabot universel UH ne bénéficie pas pour l'instant de marquage CE (demande d'Agrément Technique Européen en cours, acceptation prévue pour Mai 2013).



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Le sabot UH s'utilise comme les autres sabots. Le fait que ce seul sabot remplace les fonctions de plusieurs modèles existants permet de rationaliser les approvisionnements, le stockage, et les chantiers de l'entreprise qui les utilise.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le sabot universel UH est pour l'instant commercialisé au Royaume-Uni.

Les points prometteurs

- ↗ Expérience acquise au Royaume-Uni
- ↗ Valeurs mécaniques disponibles au format Eurocode

Les interrogations

- ↖ Quel horizon pour une disponibilité en France ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteur métallique plat rectangulaire venant renforcer les poutres autour de leurs percements
- Intérêt principal : Affranchissement des limites habituelles des percements d'âmes
- Stade d'avancement : Commercialisation (au Royaume-Uni)
- Entreprises/industriels impliqués : ITW-Cullen, Simpson StrongTie
- Personnes contacts : Trudy Stewart (tstewart@itw-industry.com), Service Technique Simpson StrongTie France

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation

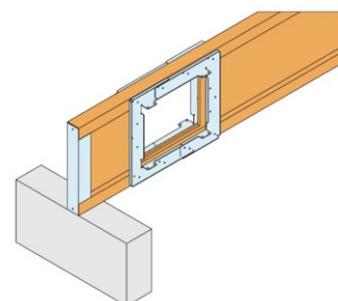


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

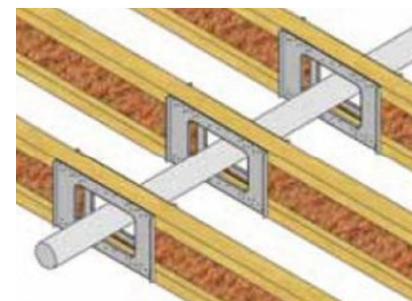
Les percements dans les âmes des poutres en I sont habituellement limités en dimension et en positionnement par les fabricants de ces poutres.

Pour s'affranchir de ces limites ont été imaginés des connecteurs plans en forme de rectangle percé. Ces connecteurs sont appliqués des deux côtés des poutres et à l'emplacement des percements, assurant ainsi le renforcement nécessaire.

Des percements de largeur 250 mm peuvent ainsi être réalisés, et parfois jusqu'à 50 mm seulement des points d'appuis des poutres.



IHS de chez Simpson StrongTie



SHI de chez ITW-Cullen



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les performances de ces connecteurs sont dépendantes du type de poutre en I sur lesquels ils sont mis en œuvre. Par conséquent, les fabricants de ces connecteurs doivent faire évaluer ces performances pour chaque marque de poutre en I visée.

Le système IHS de Simpson StrongTie a été testé avec différents modèles de poutres en I, un rapport technique avec valeurs de reprise Eurocode 5 est disponible. Il couvre en France l'utilisation du système sur les poutres Steico, MetsaWood et JamesJones (hauteur maximale des poutres : 300 mm).



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

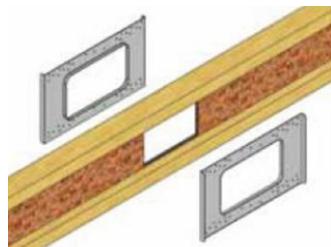
Les ouvertures dans les poutres peuvent être réalisées avant ou après la mise en place des connecteurs par clouage.

Cette technique donne une plus grande liberté quant au percement des âmes des poutres en I, et à ce titre peut améliorer les conditions de chantier (problèmes d'interfaces non prévus en amont du chantier).



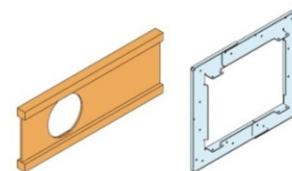
Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Ces produits ne disposent pas pour l'instant d'un marquage CE.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les produits SHI de chez ITW-Cullen ne sont pour l'instant disponibles qu'au Royaume-Uni. Les produits IHS de chez Simpson StrongTie sont disponibles en France sur demande (ne font pas partie de la gamme standard).



Les points prometteurs

- ↗ Plus grande liberté dans les percements des âmes des poutres en I
- ↗ Expérience acquise au Royaume-Uni

Les interrogations

- ↘ Besoin de qualification pour chaque marque de poutre en I
- ↘ Quel horizon pour une disponibilité en France ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteur métallique assurant le jumelage de poutres en I
- Intérêt principal : Simplicité en comparaison au cales en bois
- Stade d'avancement : Commercialisation (au Royaume-Uni)
- Entreprises/industriels impliqués : ITW-Cullen, Simpson StrongTie
- Personne contact : Trudy Stewart (tstewart@itw-industry.com), Service Technique Simpson StrongTie France

Recherche

Développement

Industrialisation

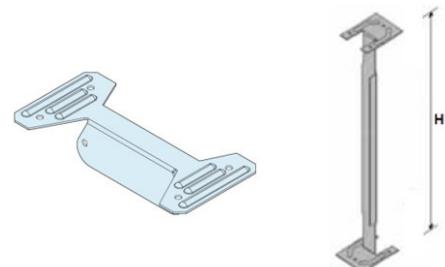
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le jumelage de poutres en I nécessite habituellement d'intercaler des éléments bois de calage entre les âmes, qui sont assemblés à celles-ci à l'aide de pointes. Cette mise en œuvre nécessite la préparation des cales aux bonnes épaisseurs, et peut sur chantier être une source de perte de temps (cales non visibles une fois les poutres jointes...).

Afin de se libérer de cette contrainte, des connecteurs spécifiques ont été créés. Ils permettent de solidariser entre elles les membrures des poutres, avec une rigidité et une résistance suffisantes pour qu'il n'y ait pas de besoin de cales complémentaires.

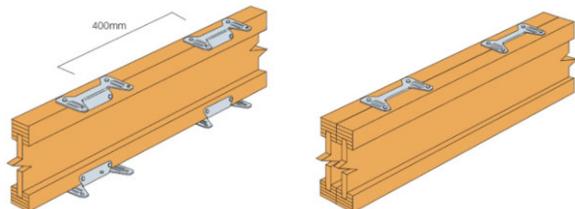


MJC (à gauche) et I-clip (à droite)



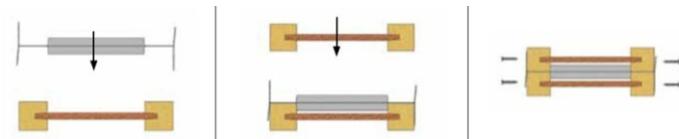
Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les performances sont données par les fabricants des connecteurs en fonction des configurations.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Cette technique présente un avantage majeur quant à la mise en œuvre. Aucun calage n'est requis, c'est donc un gain de temps (pas de pièces de bois à préparer à l'avance), et une facilité de mise en œuvre (les connecteurs sont visibles, fixés en partie par le dessus).



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le connecteur I-clip de chez ITW-Cullen bénéficie d'un marquage CE (ETA 08/0731).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les produits I-clip de chez ITW-Cullen et MJC de chez Simpson StrongTie ne sont pour l'instant disponibles qu'au Royaume-Uni.

Les points prometteurs

- ↗ Facilité de mise en œuvre comparé à la solution du calage bois
- ↗ Fonctionne aussi pour les poutres ajourées (connectées métalliquement)
- ↗ Expérience acquise au Royaume-Uni

Les interrogations

- ↖ Quel horizon pour une disponibilité en France ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Plaques en tôles prépercées insérées dans des fentes et verrouillées par vis
- Intérêt principal : Jonction de murs
- Stade d'avancement : Développement
- Organismes de recherche impliqués : Université de Umeå, Luleå University of Technology, Linnaeus University, SP Trätek, Suède
- Entreprise/industriel impliqué : Masonite Beams
- Personne contact : Ulf Arne Girhammar (ulf.arne.girhammar@ltu.se)

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation

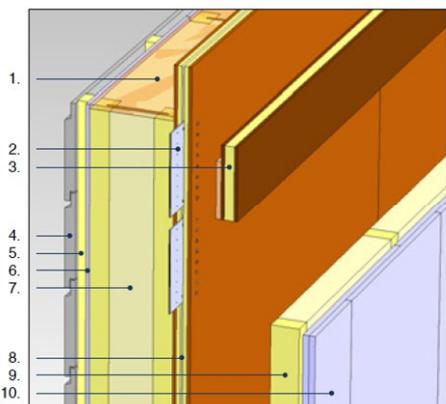
PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Il s'agit d'un travail de développement dans le cadre du système constructif Masonite Flexible Building (MFB). Ce système inclus un système de murs à ossature bois utilisant des poutres en I pour les montants, et des panneaux de contreplaqué pour le contreventement.

L'assemblage des murs entre eux est permis par l'insertion de plaques métalliques pré-percées dans des fentes réalisées en atelier dans l'épaisseur des panneaux de contreplaqué.

- | | |
|----|---|
| 1 | Head and sole fibre board strip (transparent) |
| 2 | Slotted-in wall-to-wall connection plate |
| 3 | Perimeter beam for suspended floor |
| 4 | External cladding |
| 5 | Framework of battens with ventilation cavity |
| 6 | Wind protection sheet |
| 7 | Framework of I-studs and thermal insulation |
| 8 | Plyboard panel with perimeter slot |
| 9 | Framework of battens for building services |
| 10 | Inner lining of double plasterboards
$s_{600} = 600 \text{ mm}$, $s_{450} = 450 \text{ mm}$ |

Complexe de mur utilisant des plaques en âme du contreventement pour réaliser la jonction



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Des essais ont été réalisés pour qualifier le comportement mécanique des jonctions. Toutefois, nous ne disposons pas à ce stade de valeurs. C'est en ajustant le nombre des plaques, leurs positions, et le clouage de celles-ci, que les jonctions sont dimensionnées pour reprendre les efforts auxquelles elles sont soumises.

Cette technique de jonction favorise la performance acoustique, thermique et d'étanchéité des murs, puisqu'elle permet d'assurer un jointement des panneaux de contreplaqué de bonne qualité.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Dans le système constructif MFB, les différents éléments de planchers, de mur ou de charpente sont fabriqués en atelier puis les différents éléments sont assemblés sur chantier. Ce système est avantageux dans le domaine de la construction modulaire.

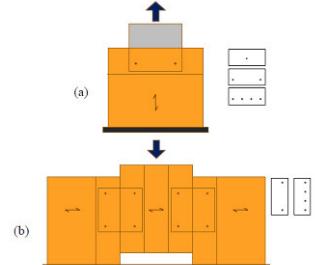


Figure 3. (a) Tensile and (b) symmetric shear test set-up including tested screw configurations.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Pas d'informations disponibles à ce stade.

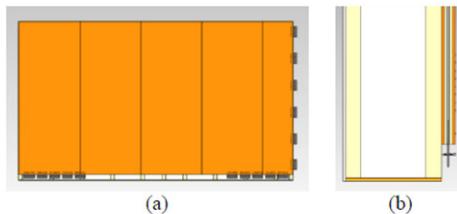


Figure 2. A wall element with slotted-in connection along bottom and right end edge: (a) front view, (b) side view of bottom detail.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Pas d'informations disponibles à ce stade.

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité de la conception
- ↗ Performance globale favorisée (mécanique, acoustique, thermique...)

Les interrogations

- ↘ Quel stade de développement atteint ?
- ↘ Quelles performances ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteur métallique invisible constitué d'un tube et de deux chevilles à expansion
- Intérêt principal : Assemblage invisible pour charpente taillée
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Timberlinx, Canada
- Personne contact : Neil Maclean (timberlinx@rogers.com)

Recherche

Développement

Industrialisation

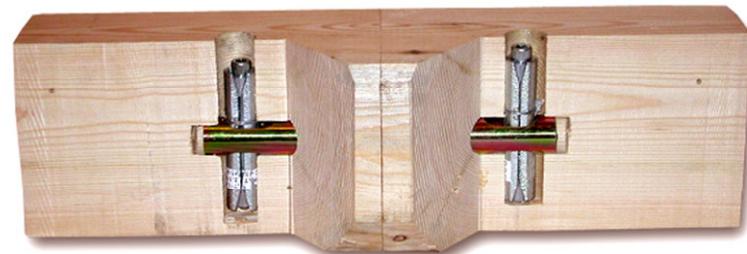
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Timberlinx est un connecteur tubulaire, introduit à moitié dans chacune des deux pièces à assembler, et verrouillé par deux chevilles à expansion qui lui sont perpendiculaires (une par pièce à assembler). Le tube de connexion et les chevilles sont insérées dans les pièces par des perçages de diamètre 28 mm, qui peuvent être réalisés en atelier ou sur chantier.

L'utilisation principale de ce connecteur est l'assemblage de fermes en charpente traditionnelle (charpente taillée), puisqu'il permet de conserver un aspect d'assemblage traditionnel. En effet, les parties métalliques sont totalement invisibles une fois les perçages fermés par des bouchons de bois.



Vue écorchée d'un assemblage réalisé avec le système Timberlinx



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les connecteurs Timberlinx sont qualifiés pour leur résistance mécanique suivant le code de calcul Canadien. La résistance d'un connecteur en traction transversale au bois est équivalente à environ 10 à 20 kN (état limite ultime selon le code de calcul Canadien).

La résistance au feu de l'assemblage peut être déterminée grâce aux codes de calcul en vigueur, via les épaisseurs de bois présentes autour des pièces métalliques.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Les perçages nécessaires à la mise en place du connecteur peuvent être réalisés en atelier ou sur chantier. La mise en place du connecteur tubulaire et le verrouillage par les chevilles sont des opérations simples. Des outils et accessoires basiques (guides, gabarits, ...) sont commercialisés par Timberlinx pour aider à la mise en œuvre.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Timberlinx est breveté et commercialisé aux Etats-Unis et au Canada depuis 2003 par la société Timberlinx. Le système dispose de l'équivalent d'un avis technique au Canada. Pour l'instant, les seules utilisations en Europe ont été au Royaume-Uni, et il n'existe pas de référentiel technico-réglementaire permettant la mise en œuvre de ce système en Europe. Pour ce faire, il s'agirait d'utiliser les connaissances techniques développées au Canada pour les convertir et les compléter afin d'aboutir à un ATE.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Ce connecteur est commercialisé au Canada et aux Etats-Unis par la société Timberlinx. Le prix par connecteur se situe entre 15 € et 30 €.



Les points prometteurs

- ↗ Respect de l'esthétique traditionnelle des fermes
- ↗ Adaptabilité (angles, bois, béton, ...)
- ↗ Simplicité et rapidité de mise en œuvre
- ↗ Expérience et savoir-faire acquis au Canada

Les interrogations

- ↘ Nécessité d'un cadre technico-réglementaire européen
- ↘ Nécessité de resserrer les chevilles en cas de séchage du bois

CONNECTEUR MÉCANIQUE INVISIBLE

Stavebolt de chez Building With Logs

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Corps d'ancrage tubulaire en âme percé et boulonné
- Intérêt principal : Gain de temps et résistance pour fermes traditionnelles
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Building With Logs Ltd, Canada
- Personne contact : C. M. Peacock (logbld@bellnet.ca)

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le système Stavebolt a été créé par le constructeur Canadien Building With Logs en 1995. L'objectif premier était pour la construction traditionnelle en bois massif (y compris en rondins) de réduire le temps d'usinage des assemblages.

Le système se compose d'un tube en acier qui est glissé dans un perçage longitudinal à l'extrémité de l'élément à assembler. Des perçages transversaux dans l'extrémité de l'élément à assembler et dans le tube en acier permettent l'insertion de boulons qui permettent de verrouiller le tube en acier et de transmettre les efforts dans le bois.

Trois dimension de Stavebolt sont disponibles afin de s'adapter aux sections et efforts rencontrés (de 150x150mm² jusqu'au delà de 200x200mm²).



Système Stavebolt aux 3 dimensions disponibles



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les connecteurs Stavebolt sont qualifiés pour leur résistance mécanique suivant le code de calcul Canadien. La résistance d'un connecteur en traction se situe entre 5 à 50 kN (état limite ultime selon le code de calcul Canadien) suivant la taille du connecteur et l'essence.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en place du tube en acier et des boulons de verrouillage est faite en atelier. Un guide métallique existe pour faciliter l'exécution des perçages. La connexion des éléments entre eux peut être faite en atelier ou sur chantier.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

La mise au point du système Stavebolt a été effectuée à la fin des années 1990 avec l'appui du laboratoire de Génie Civil de l'Université de Toronto. Le développement du système s'est achevé en 2000 par la publication d'un rapport d'évaluation du National Research Council Canada, Institute for research in Construction (équivalent d'un avis technique).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le système Stavebolt est breveté et commercialisé au Canada par la société Building With Logs Ltd, principalement via des projets de construction propres, puis progressivement via d'autres constructeurs. Le propriétaire de la société (et des droits sur le système Stavebolt) souhaite prendre sa retraite et cherche un repreneur, autant pour la société que pour le système Stavebolt.

Les points prometteurs

- ↗ Expérience et validation technique existantes au Canada
- ↗ Simplicité de conception et de mise en œuvre

Les interrogations

- ↘ Nécessité d'un cadre technico-réglementaire européen
- ↘ Non protection des boulons par le bois (incendie)
- ↘ La valeur du jeu de l'assemblage est-elle maitrisable et acceptable ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

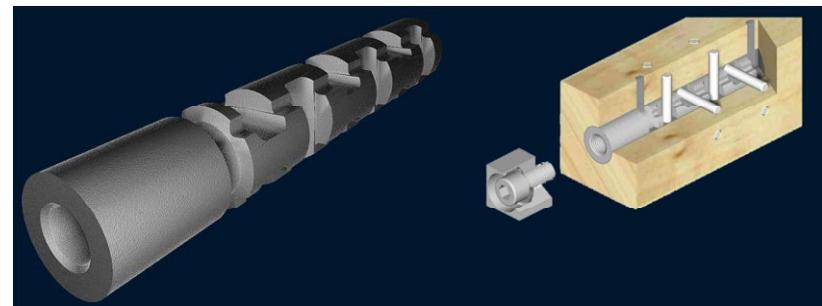
- Principe : Corps d'ancrage forgé cylindrique en âme broché
- Intérêt principal : Grandes structures lamellé-collé
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Bertsche System, Allemagne
- Personne contact : Peter Bertsche (peter@bertsche-office.de)

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le système Bertsche est un système complet constitué de plusieurs éléments. Le corps d'ancrage forgé en est l'élément principal. La transmission des efforts entre ce corps d'ancrage et la pièce de bois s'effectue grâce à des broches, traversant les rainures du corps d'ancrage prévues à cet effet. Les broches sont orientées perpendiculairement au corps d'ancrage et leur orientation est alternée pour mobiliser au maximum la matière. Pour rigidifier le système après réglage, tous les jeux d'assemblage sont remplis avec un mortier fluide à base de ciment et de résine époxy. En tête du corps d'ancrage se trouve un taraudage, qui, par l'intermédiaire d'une vis, permet la liaison à d'autres parties de l'ouvrage.



Corps d'ancrage (à gauche) et système complet (à droite)



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Le système Bertsche est adapté aux grandes structures avec d'importants efforts à transmettre dans les assemblages (grande portée, ponts, etc.). Pour transmettre des moments, il faut au moins deux systèmes en bout d'élément. La résistance mécanique est calculée en conformité avec l'avis technique, basé sur de nombreux essais. La résistance au feu est apportée par le bois placé autour des éléments métalliques.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en place du corps d'ancrage et des broches est faite en atelier. Le scellement par mortier peut être fait en atelier ou sur site après réglage de l'assemblage.



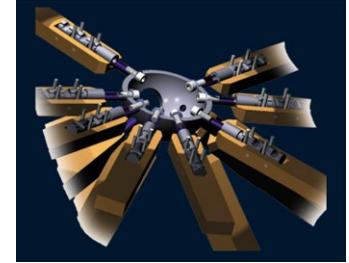
Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système Bertsche est breveté et commercialisé par Bertsche System (société Allemande) depuis 1988. La justification est faite via un avis technique Allemand en cours de renouvellement. De nombreux ouvrages ont été construits avec cette technique d'assemblage dont la fameuse toiture de l'exposition 2000 à Hannovre.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le système Bertsche est commercialisé par la société Bertsche System. Peter Bertsche assiste au besoin les bureaux d'études pour la justification des assemblages.



Les points prometteurs

- ↗ Met à contribution toute la matière autour de l'assemblage
- ↗ Assemblage d'éléments bois entre eux ou avec béton ou acier
- ↗ Système avec expérience reconnue et nombreuses références
- ↗ Assistance de Peter Bertsche pour les calculs si nécessaire

Les interrogations

- ↘ Difficultés rencontrées pour la mise à jour de l'avis technique

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

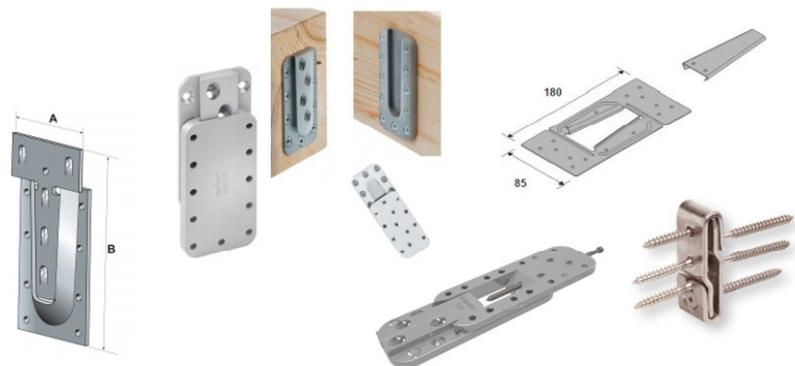
Résumé

- Principe : Plaques métalliques complémentaires qui s'emboitent
- Intérêt principal : Poteau/poutre, porteuse/portée, solives
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprises/industriels impliqués : Simpson, Sigha, Pitzl, Bierbach, Knapp, Cullen, etc.

Commercialisation

**PRESENTATION DE LA TECHNIQUE**

Une famille complète de produits commercialisés par diverses sociétés est apparue depuis une quinzaine d'années. Le principe est similaire à celui de la queue d'aronde traditionnelle, cependant il s'agit ici d'un système constitué de deux plaques métalliques identiques ou complémentaires, vissées chacune sur l'un des deux éléments bois à assembler, et qui coulissent et s'emboitent avec diverses possibilités de verrouillage de l'assemblage (vis, goupilles...).

*Quelques exemples de connecteurs de la famille « queues d'arondes métalliques »***Réponse aux exigences fonctionnelles et performances**

La résistance statique de ces assemblages est directement liée à la fixation par vis des plaques sur les éléments à assembler. En plus du connecteur et de sa fixation dans le bois, il faut également vérifier le bois autour en traction transversale. La résistance au feu est apportée, lorsque la connexion est logée dans une entaille, par l'épaisseur de bois autour des pièces métalliques.

**Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles**

La fixation en atelier de ces systèmes sur les éléments à assembler prend sensiblement le même temps que le taillage d'une queue d'aronde bois par une machine à commande numérique. Sur chantier, pour les assemblages de grande hauteur, il peut y avoir des coincements à la mise en place.

**Avancement du développement et cadre technico-réglementaire**

Pour être mis sur le marché en Europe, ces produits doivent bénéficier d'un Agrément Technique Européen conforme à l'ETAG 015 (connecteurs tridimensionnels cloués).

**Offre existante/à venir et éléments de coût**

Simpson StrongTie (ETS et ETB), Sigha (HobaFix HF), Pitzl (HVP), Bierbach (BILO UBT), Knaap (Gigant), Cullen (PC)...

Les points prometteurs

- ↗ Evite l'entaillage et donc l'affaiblissement des poutres
- ↗ Limite les risques d'abîmer l'assemblage durant le transport
- ↗ Moins de problèmes de montage dus au retrait/gonflement du bois

Les interrogations

- ↖ Coût global généralement supérieur à celui d'une queue d'aronde bois taillé par machine à commande numérique

CONNECTEUR INVISIBLE POUR GRANDES CHARGES

Megant de chez Knapp

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteur constitué de 2 plaques alu vissées sur les pièces de bois et assemblées entre elles par un serreur en alu
- Intérêt principal : Assemblage porteuse/portée lamellé-collé avec grandes charges et objectif esthétique
- Stade d'avancement : Commercialisation (depuis été 2012)
- Entreprise/industriel impliqué : Knaap, Autriche
- Personne contact : Joel Fruhauff (jfruhauff@knapp-connectors.com)

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



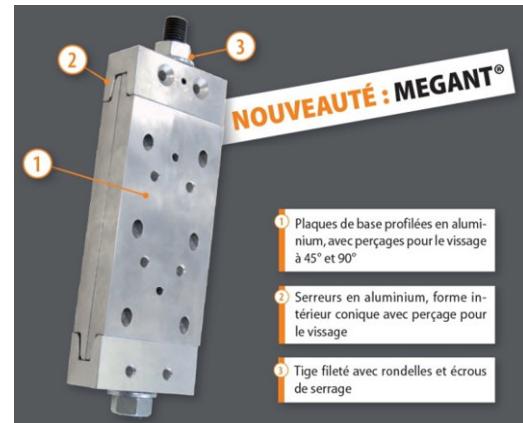
PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Ce produit permet l'assemblage de poutres principales et secondaires, principalement pour un utilisation en lamellé-collé avec d'importantes reprises de charges (de 50 à 500 kN).

Sur chacun des éléments bois à assembler, une platine en aluminium de 20 mm d'épaisseur est fixée par vissage (diamètre 10, perpendiculairement et en biais). A la mise en œuvre, les deux platines sont serrées ensemble par deux serreurs aluminium et une tige filetée munie de deux écrous.

La mise en œuvre est possible avec une section de bois à partir de 130 mm de largeur, et une longueur de platine minimum de 270 mm.

Le système est déterminé et réalisé individuellement pour chaque projet suivant les sections et reprises de charges transmises par le bureau d'étude du client.



Composition du système Megant



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Ce système permet la reprise d'importantes charges (50 à 500 kN). Knapp recommande de disposer l'assemblage dans une entaille en bout de poutre portée, et de venir fixer celle-ci sur la porteuse par le dessous (ce qui est permis par la conception de l'assemblage). On évite ainsi d'affaiblir la porteuse et de devoir en augmenter son épaisseur.

La résistance à l'incendie est calculable via l'Eurocode 5 en tenant compte de l'épaisseur de bois disposée autour de l'assemblage lorsque les platines sont disposées dans une entaille. Les serreurs permettent à la mis en œuvre de venir fermer correctement les joints pour éviter tout accès du feu au métal.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

L'intégration du système en atelier est similaire à celle de ferrures en âme (entaillement et vissage). Lors de la mise en œuvre, le système se révèle très avantageux grâce à la distance d'emboîtement courte qui permet d'éviter les coincements rencontrés parfois avec les queues d'aronde métalliques. Si la fixation de la portée sur la porteuse se fait par le dessous, il faut la maintenir en position jusqu'au serrage définitif de l'assemblage.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système est breveté par la société Knapp. Il est récent (été 2012) et les versions sur catalogue avec dimensions standard ne sont disponibles que depuis peu. L'Agrement Technique Européen est en cours et devrait être disponible fin 2013 ou début 2014.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Ce produit est commercialisé sur catalogue ou sur mesure en France par la société Knapp (société Autrichienne).



Les points prometteurs

- ↗ Simplicité et rapidité de mise en œuvre
- ↗ Reprise de charges importantes (50 à 500 kN)
- ↗ Assemblage invisible après montage
- ↗ Résistance au feu calculable suivant Eurocode 5

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteur constitué de 2 plaques métalliques vissées sur les pièces à assembler, et qui se clipsent entre elles
- Intérêt principal : Façades rideaux, poteaux/traverses, solives
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Knapp, Autriche
- Personne contact : Joel Fruhauff (jfruhauff@knapp-connectors.com)

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Ricon et Ricon S sont des assemblages constitués de deux plaques identiques fixées chacune sur l'un des éléments à assembler. Chaque plaque est munie d'une encoche en V et d'une vis à tête fraisée. L'encoche de l'une accueille la vis à tête fraisée de l'autre. Ricon est verrouillable grâce à une goupille et Ricon S grâce à une patte de verrouillage.

Ricon est très compact (pièces de bois à partir de 50 mm d'épaisseur) et est utilisé couramment pour les façades rideaux (aluminium, vitrages) sur ossature bois. Ricon S permet d'encaisser de plus grandes charges et est utilisé couramment pour des poteaux/traverses, solives de plancher, etc.

Ricon et Ricon S peuvent également se monter sur l'acier, le béton ou tout autres matériaux porteurs.



↑ Au-dessus : Ricon S
← A gauche : Ricon



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Ce système permet la reprise de charges sur un grand intervalle : de 6 à 18 kN pour Ricon et de 30 kN à 50 kN pour Ricon S.

Pour les applications de Ricon en façades rideaux, l'assemblage peut être renforcé par une platine spécifique.

La résistance à l'incendie est calculable via l'Eurocode 5 en tenant compte de l'épaisseur de bois disposée autour de l'assemblage lorsque les plaques métalliques sont disposées dans une entaille.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Lors de la mise en œuvre, le système se révèle très avantageux grâce à la distance d'emboîtement courte qui permet d'éviter les coincements rencontrés parfois avec les queues d'aronde métalliques.

Il existe une possibilité de réglage de la pression d'assemblage en faisant plus ou moins ressortir les vis à tête fraisée. Attention toutefois, plus la pression de serrage souhaitée est grande, plus la mise en œuvre est difficile (risque "d'accrochage").



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les systèmes sont brevetés par la société Knapp. Ils disposent d'un Agrément Technique Européen (ETA-10/0189 datant de 2010).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Ce produit est commercialisé en France par la société Knapp (société Autrichienne).

Tarif moyen Ricon : 8 à 16 € l'ensemble (vis et goupille de verrouillage incluses)

Tarif moyen Ricon-S : 20 à 42 € l'ensemble (vis incluses)

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité et rapidité de mise en œuvre
- ↗ Large plage de reprise de charges
- ↗ Possibilité d'assemblage invisible après montage
- ↗ Résistance au feu calculable suivant Eurocode 5

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteur constitué d'une plaque à encoche dans laquelle vient se loger une vis d'accroche
- Intérêt principal : Jonction de murs à ossature bois ou panneaux massifs
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Knapp, Autriche
- Personne contact : Joel Fruhauff (jfruhauff@knapp-connectors.com)

Recherche

Développement

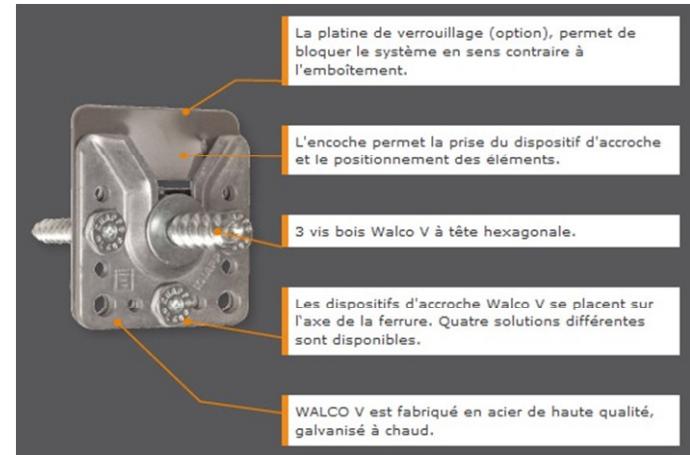
Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Walco V est un système de jonction de murs composé d'une plaque métallique munie d'une encoche en V et fixée sur l'un des murs à assembler, dans laquelle vient se loger en coulissant une vis d'accroche fixée sur l'autre mur. Une platine de verrouillage optionnelle vient compléter le système pour éviter un déboitement en cas d'inversion d'effort.



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Ce système permet la reprise de charges sur un intervalle intéressant pour l'ossature bois : de 4 kN à 14 kN.

La résistance à l'incendie est calculable via l'Eurocode 5 en tenant compte de l'épaisseur de bois disposée autour de l'assemblage lorsque la plaque métallique est disposée dans une entaille.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Lors de la mise en œuvre, le système se révèle très avantageux grâce à la distance d'emboîtement courte qui permet d'éviter les coincements rencontrés parfois avec les queues d'aronde métalliques.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les systèmes sont brevetés par la société Knapp. Ils disposent d'un Agrément Technique Européen (ETA-10/0189 datant de 2010).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Ce produit est commercialisé en France par la société Knapp (société Autrichienne).

Tarif moyen Walco V : 9 € l'ensemble (avec vis incluses)

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité et rapidité de mise en œuvre
- ↗ Adapté pour les murs à ossature bois fermés
- ↗ Résistance au feu calculable suivant Eurocode 5

ASSEMBLAGE TRIDIMENSIONNEL ET INVISIBLE EN BOIS DE BOUT

IdeFix IF de chez Sihga

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Culot acier inséré dans le bois de bout et recevant un ensemble de vis à 45°
- Intérêt principal : Assemblages invisibles en bois de bout avec fortes charges
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Sihga, Autriche
- Personne contact : Martin Sonntag (m.sonntag@sihga.com)

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

IdeFix IF est un système d'assemblage conçu pour les raccords en bois de bout. Il est constitué d'un corps acier en forme de culot percé, qui est inséré dans un perçage gros diamètre réalisé dans le bois de bout. Au travers de ce corps, des vis sont placées sur toute la circonférence et forment un angle de 45° avec le fil. La densité des vis permet une importante reprise de charge. L'assemblage est invisible une fois les deux éléments bois assemblés, seul le boulon traversant le second élément bois est visible en surface de celui-ci.



↑ Ci-dessus : Système IdeFix IF
← A gauche : Idefix IFx1 x3 et x6



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Selon le modèle choisi et la densité des bois, la résistance caractéristique à l'arrachement d'un assemblage IdeFix IF se situe entre 15 et 50 kN. La résistance au feu est apportée par le bois entourant le connecteur et les vis.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en place du culot en acier est permise par la réalisation d'un simple perçage. Dans l'autre pièce à assembler, un autre perçage doit être réalisé pour laisser passer le boulon. Sihga fournit des gabarits et outils adaptés pour faciliter la mise en œuvre de ces systèmes.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système IdeFix IF bénéficie d'un agrément technique allemand depuis 2009. Cet avis technique n'a pas encore été converti en un Agrément Technique Européen, mais il semble que Sihga transforme progressivement les avis techniques allemands de toute sa gamme en ATE.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le système IdeFix IF est breveté et commercialisé par la société Sigha. Le système complet (culot métallique et vis) est vendu entre 12 € et 37 € selon le modèle choisi. Il est vendu par lot de 24, 12 ou 6 systèmes selon le modèle choisi.

Il est d'ores et déjà utilisé dans de nombreux projets. On peut en particulier noter son utilisation dans des structures démontables, comme la maison LISI qui a remporté le concours « Solar Decathlon » en 2013 (présenté par l'équipe Autrichienne).

Les points prometteurs

- ↗ Expérience et validation technique existantes en Allemagne
- ↗ Simplicité de conception et de mise en œuvre
- ↗ Reprise de charges importantes

Les interrogations

- ↖ Nécessité d'un Agrément Technique Européen pour mise sur le marché

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Disque acier plaqué sur le bois et traversé de multiples vis à 45°
- Intérêt principal : Transport de lourdes charges en bois
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Sihga, Autriche
- Personne contact : Martin Sonntag (m.sonntag@sihga.com)

Recherche

Développement

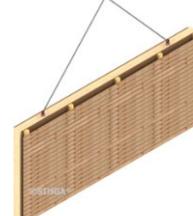
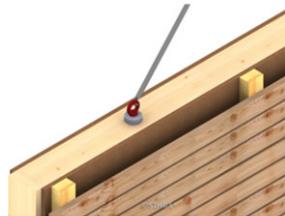
Industrialisation

Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Idefix IFS est un système d'assemblage conçu pour le transport de charges lourdes en bois. Il est constitué d'un disque acier percé, disposé en surface de l'élément bois. Au travers de ce disque, des vis sont placées sur toute la circonférence et forment un angle de 45° avec le fil. La densité des vis permet une importante reprise de charge. Le disque est fileté en son centre peut recevoir ainsi une vis munie d'un anneau de levage.



↑ Ci-dessus : Système Idefix IFS

← A gauche : Idefix IFS en action (avec anneau)



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Selon le modèle choisi, la densité des bois et l'angle de sollicitation, la résistance caractéristique à l'arrachement d'un assemblage Idefix IFS se situe entre 7 et 32 kN.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en place de l'ensemble du système est réalisée en atelier par simple vissage.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système Idefix IFS bénéficie d'un agrément technique allemand depuis 2009. Cet avis technique n'a pas encore été converti en un Agrément Technique Européen, mais il semble que Sihga transforme progressivement les avis techniques allemands de toute sa gamme en ATE.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le système Idefix IFS est breveté et commercialisé par la société Sigha. Le système complet (disque métallique et vis) est vendu entre 46 € et 50 € selon le modèle choisi. Il est en vendu par lot de 6 systèmes.

Les points prometteurs

- ↗ Expérience et validation technique existantes en Allemagne
- ↗ Simplicité de conception et de mise en œuvre
- ↗ Reprise de charges importantes

Les interrogations

- ↖ Nécessité d'un Agrément Technique Européen pour mise sur le marché

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Famille de connecteurs métalliques invisibles dédiés à la construction poteau-poutre
- Intérêt principal : Performances des assemblages réalisés et facilité de mise en œuvre
- Stade d'avancement : Commercialisé
- Entreprises/industriels impliqués : Powerbuild (Japon) et Suteki Europe (Belgique)
- Personne contact : Alexandre Lunard (info@suteki-europe.be)

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation

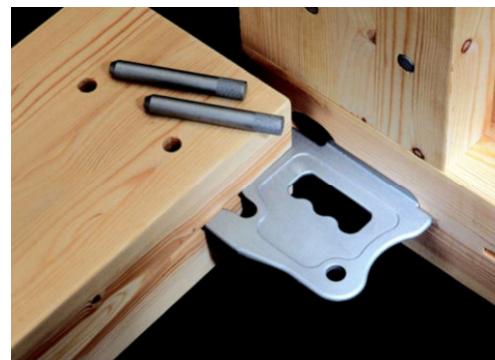


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le système StructureZ est un système constructif poteau-poutre créé et commercialisé par la société Japonaise PowerBuild.

Ce système directement issu de la tradition de construction bois Japonaise, allie éléments bois lamellé-collé et connecteurs invisibles innovants en acier moulé.

Les éléments bois sont entièrement usinés par commande numérique en atelier permettant un montage aisément des connecteurs sur le site de construction.



Gamme des connecteurs du système PowerBuild StructureZ



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Le calcul du système constructif complet est réalisé par un logiciel dédié, conforme aux normes Japonaises, et raisonnant aux contraintes admissibles.

La résistance au séisme a été déterminée en 2006 par essai à l'Institut de Recherche des Travaux Publics Japonais.

L'intégration des connecteurs dans le matériau bois est favorable à une bonne résistance au feu.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Les usinages à réaliser sur les éléments bois pour y intégrer les connecteurs métalliques nécessitent l'utilisation de machines à commande numérique. La mise en œuvre sur site est aisée, et le système de blocage des pièces est très bien pensé.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système constructif est utilisé depuis une dizaine d'années au Japon en conformité avec les réglementations et normes de construction locales.

Le système ne dispose pas pour l'instant de cadre pour une application en Europe, mais les composants sont marqués CE.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les connecteurs ne sont pas commercialisés seuls. Ils sont intégrés au système constructif complet commercialisé par PowerBuild.

La société Suteki Europe a récemment été créée pour commercialiser ce système constructif en Europe. Le lamellé-collé est ainsi fabriqué en Autriche. L'usinage des éléments bois est pour l'instant toujours réalisé au Japon mais un centre d'usinage est en cours de montage en Autriche.

Les points prometteurs

- ↗ L'expérience acquise au Japon
- ↗ Les performances du système constructif global
- ↗ La facilité de montage

Les interrogations

- ↘ La non commercialisation des connecteurs seuls
- ↘ L'absence de cadre technico-réglementaire en Europe
- ↘ Le coût des connecteurs

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Connecteurs métalliques de serrurerie permettant un comportement d'assemblage ductile
- Intérêt principal : Utilisation en zones sismiques
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : University of Trento (Italie)
- Personne contact : Roberto Tomasi (roberto.tomasi@ing.unitn.it)

Recherche



Développement



Industrialisation



Commercialisation

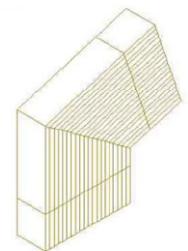
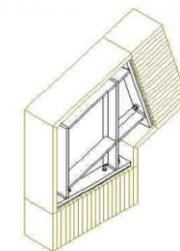
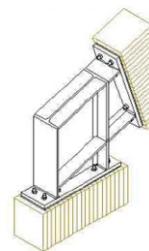
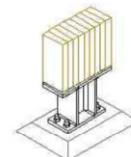
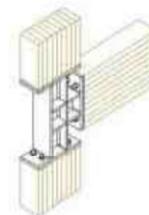


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Des connecteurs métalliques de serrurerie sont utilisés dans les structures de grande portée pour assurer un comportement ductile en cas de séisme.

Les connecteurs métalliques sont assemblés sur le site de construction aux éléments en bois via des goujons collés posés sur ces derniers en atelier.

Les utilisations possibles sont multiples : reins de portiques, pieds de poteaux/arches, joints de faîtages, etc.

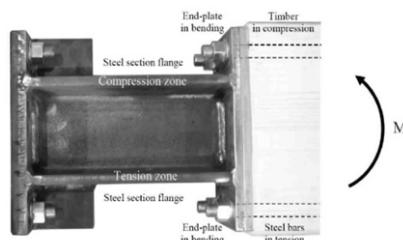


Exemples d'applications possibles



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Afin d'assurer un comportement ductile de ces assemblages en cas de séisme, une méthode de conception à été mise au point. Les différents éléments de la connexion (goujons collés, plaques de contact, nervures) sont dimensionnés afin d'orienter la dissipation d'énergie dans la plaque métallique en contact avec le bois.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Les goujons collés sont mis en œuvre en atelier. Sur le site de construction, les connecteurs métalliques sont assemblés aux éléments bois par des écrous. La mise en œuvre s'apparente à celle d'une construction métallique.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux sont à l'état de recherche en laboratoire, mais des constructions utilisant des connecteurs similaires existent déjà.

Les chercheurs impliqués dans ces travaux animent le groupe de travail "Bois" pour la révision de l'Eurocode 8. Leur objectif est entre autres de permettre l'utilisation de coefficients de comportement supérieurs à ceux existants pour ce type de structures (entre 1,5 et 2,5).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les connecteurs de ce type sont réalisables par les serruriers habituels.



Les points prometteurs

- ↗ La simplicité de la solution
- ↗ Le comportement ductile assuré
- ↗ La méthode de conception déjà au point

Les interrogations

- ↘ L'utilisation de goujons collés
- ↘ La possibilité de valoriser le comportement ductile des structures ainsi assemblées via l'Eurocode 8

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Embrèvements à surfaces de contacts multiples grâce au taillage par commande numérique
- Intérêt principal : Augmentation de la résistance et de la rigidité des embrèvements
- Stade d'avancement : Recherche
- Organisme de recherche impliqué : Université Technique de Karlsruhe
- Personne contact : Hans-Joachim Blass (hans.blass@kit.edu)

Recherche



Développement



Industrialisation



Commercialisation

**PRESENTATION DE LA TECHNIQUE**

Tels qu'ils sont couramment réalisés, les embrèvements simples concentrent localement des efforts importants de compression (axiale pour l'un des bois, transversale pour l'autre), entraînant la ruine en compression ou en cisaillement induit.

Le principe de la technique présentée est d'utiliser la capacité des machines de taille à commande numérique pour produire des assemblages à surfaces de contact multiples. Ainsi les efforts de compression sont mieux répartis et la résistance est très nettement augmentée (parfois doublée).

En complément, des bois durs sont utilisés pour reprendre et répartir les efforts de compression transversale, augmentant encore la résistance (parfois triplée).



Assemblages à embrèvement multiple

**Réponse aux exigences fonctionnelles et performances**

Les travaux de recherche ont démontré des gains importants en résistance et en rigidité pour les assemblages utilisant cette technique.

Pour la résistance, dans la configuration testée :

- Assemblage traditionnel (à embrèvement simple) ≈ 100 kN
- Assemblage à embrèvement double ≈ 200 kN
- Assemblage à embrèvement multiple et renfort bois dur ≈ 300 kN

Pour la rigidité, elle est en pratique doublée par rapport aux assemblages traditionnels.

**Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles**

La mise en œuvre de la technique est similaire à celle utilisée pour la mise en œuvre des assemblages traditionnels, pourvu qu'ils soient taillés par machine à commande numérique.

**Avancement du développement et cadre technico-réglementaire**

Les travaux ont fait l'objet d'essais en laboratoire et de publications de la part de l'Université Technique de Karlsruhe. À notre connaissance, cette technique n'est pas encore appliquée dans de réelles constructions bois. Il y a une nécessité d'éléments complémentaires pour aboutir à une proposition de méthode de calcul.

**Offre existante/à venir et éléments de coût**

Dans une première approche, on peut estimer que le coût de la mise en œuvre d'une telle technique d'assemblage est similaire à celui d'un assemblage tel qu'il est utilisé traditionnellement, à condition toutefois qu'il soit taillé par machine à commande numérique.

Les points prometteurs

- ↗ Augmentation des résistances et rigidités
- ↗ Mise en œuvre par machine de taille à commande numérique
- ↗ Méthodes de calcul peu complexes à développer

Les interrogations

- ↖ Non pertinence dans le cas d'une taille manuelle
- ↖ Poursuite des travaux pour proposition de méthode de calcul ?

Modèles de calcul avancés

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Chevilles en bois dans perçages
- Intérêt principal : Valorisation par le calcul de l'utilisation des chevilles bois
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : University of Wyoming, ICC-ES
- Personne contact : R. J. Schmidt (Schmidt@uwyo.edu)

Recherche



Développement



Industrialisation



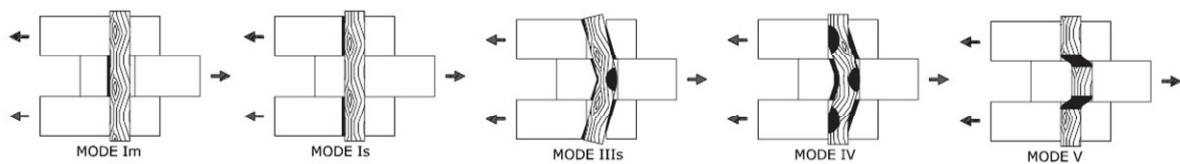
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Malgré l'usage traditionnel des chevilles bois, leur prise en compte dans les calculs de structure est limitée par le manque de modèles de calcul. Des récents développements aux Etats-Unis sont en train d'aboutir à des modèles et procédures d'évaluation pour une utilisation avec les codes de calculs locaux.

Les travaux de recherche ont en particulier mis en évidence un nouveau mode de rupture non présent dans les modèles de calculs pré-existants, car ils étaient basés sur le comportement des tiges métalliques.



Modes de rupture possibles pour les chevilles bois (Mode V spécifique à celles-ci)



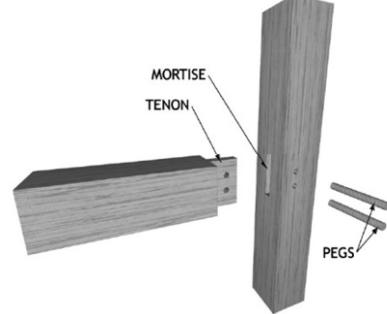
Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les travaux visent à valoriser les performances des chevilles bois, qui pour l'instant sont ignorées dans le dimensionnement malgré le rôle qu'elles peuvent jouer.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Technique traditionnelle.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux de recherche, en particulier ceux menés ces dix dernières années par l'Université du Wyoming ont abouti à une proposition de modèle de calcul harmonisé pour les chevilles en bois. Toutefois la proposition est en attente de l'accord de l'American Wood Council pour validation en tant que complément aux règles de calcul locales (National Design Specification for Wood Construction).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Sans objet.

Les points prometteurs

- ↗ Des travaux de recherche sur plus de 10 ans
- ↗ Une proposition de méthode de calcul au stade de l'acceptation aux USA

Les interrogations

- ↖ Quels compléments nécessaires pour l'application des méthodes de calcul en Europe et en France ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Utilisation de vis en hêtre pour l'assemblage de deux pièces en bois
- Intérêt principal : Remplacement du métal par du bois
- Stade d'avancement : Commercialisation (au sein d'un produit)
- Organisme de recherche impliqué : Université Technique de Karlsruhe
- Entreprise/industriel impliqué : Rombach NUR-HOLZ
- Personne contact : Hans-Joachim Blass (hans.blass@kit.edu)

Recherche

Développement

Industrialisation

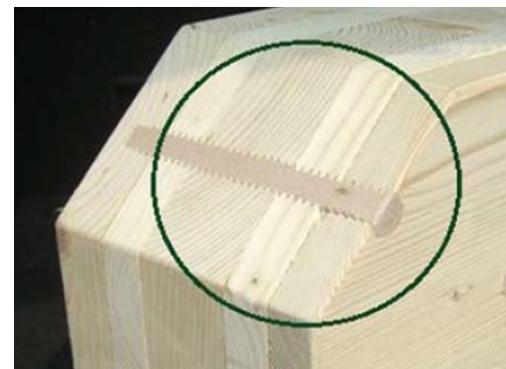
Commercialisation



PRESSENTATION DE LA TECHNIQUE

Des vis en hêtre sont utilisées dans la fabrication du panneau de bois massif NUR-HOLZ de Rombach. Elles servent à assembler entre eux les différents éléments en bois massif, le panneau n'est donc pas collé.

Des travaux de recherche ont été réalisés pour permettre cette intégration dans un panneau CLT. Toutefois, on pourrait imaginer d'autres éventuelles applications en construction bois, moyennant une poursuite des travaux de recherche et la réponse aux problématiques techniques posées.



Utilisation de vis en hêtre dans le panneau NUR-HOLZ



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Pour la configuration testée en laboratoire (assemblage en simple cisaillement avec vis en hêtre de diamètre 22 mm), les résultats d'essais sont les suivants :

- $k_{ser} = 3600 \text{ N/mm}$
- $k_u = 2400 \text{ N/mm}$
- $R_k = 5800 \text{ N}$



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Pas d'information disponible à ce stade.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

L'utilisation de vis en hêtre n'est pas brevetée. Toutefois, l'intégration dans un panneau de CLT n'est aujourd'hui réalisée que par la société Rombach pour son panneau NUR-HOLZ. Ce panneau bénéficie d'un Agrément Technique Européen (ETA-11/0338).



Offre existante/à venir et éléments de coût

NUR-HOLZ est commercialisé par la société Rombach. Il semble qu'il n'y ait pas à ce jour de production industrielle de vis en hêtre (ou autre bois dur).

Les points prometteurs

- ↗ Utilisation déjà validée dans un panneau CLT
- ↗ Essais réalisés en laboratoire prometteurs

Les interrogations

- ↘ Disponibilité à l'échelle industrielle de vis en hêtre ?
- ↘ Facilité et robustesse de la mise en œuvre ?
- ↘ Performances mécaniques à long-terme ?
- ↘ Comportement sous variations climatiques ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Soudage de deux pièces de bois par friction et/ou par insertion d'un tourillon en rotation.
- Intérêt principal : Nouveaux systèmes constructifs
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : ENSTIB, LERMAB, Nancy Université, CRITT Bois
- Personne contact : Antonio Pizzi (antonio.pizzi@enstib.uhp-nancy.fr)

Recherche



Développement



Industrialisation



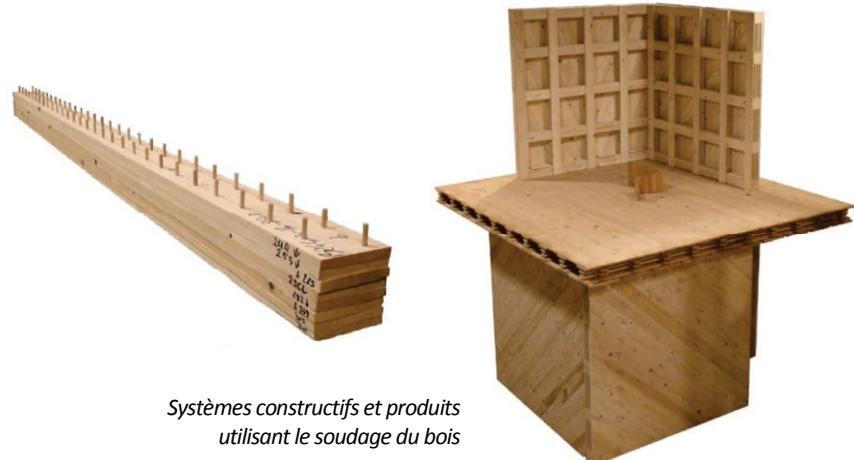
Commercialisation

**PRESENTATION DE LA TECHNIQUE**

Connexion de plusieurs pièces de bois entre elles sans utilisation de colle, vis, et pointes.

Le principe du soudage du bois par friction rotative consiste à animer en rotation une cheville de bois et de l'insérer avec force dans les pièces à assembler, préalablement percées à un diamètre inférieur à celui de la cheville. Cette technique par tourillon permet la création de nouveaux types de planchers et de murs.

Le principe du soudage du bois par friction linéaire consiste à faire vibrer deux pièces de bois en les écrasant.

**Réponse aux exigences fonctionnelles et performances**

Les essais réalisés montrent que ces assemblages peuvent avoir des rigidités et résistances supérieures à ceux des assemblages mécaniques voire des assemblages collés.

**Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles**

La mise en œuvre dans un contexte d'entreprise n'a pas encore été envisagée. Elle n'est aujourd'hui possible qu'à l'échelle d'un laboratoire.

**Avancement du développement et cadre technico-réglementaire**

Les travaux sont à l'état de recherche en laboratoire

**Offre existante/à venir et éléments de coût**

Pas d'offre existante.

Les points prometteurs

- ↗ Résultats prometteurs en laboratoire
- ↗ Travaux de recherche toujours en cours

Les interrogations

- ↘ Maîtrise des paramètres et robustesse du procédé
- ↘ Comportement à l'humidité des assemblages et produits réalisés ?
- ↘ Viabilité économique ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Utilisation de feuillus pour la réalisation de goujons collés
- Intérêt principal : Assemblages reprenant des moments
- Stade d'avancement : Recherche
- Organisme de recherche impliqué : Akita Pref. University, Japon
- Personne contact : Jørgen L. Jensen (jensen@iwt.akita-pu.ac.jp)

Recherche



Développement



Industrialisation



Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Les travaux de recherche présentés se sont déroulés depuis une dizaine d'années au Japon. Ils ont pour objectif d'évaluer la pertinence du remplacement des goujons collés métalliques par des goujons collés en bois.

Des études théoriques et des essais ont été menés pour déterminer des modèles de calculs adaptés, et vérifier la pertinence de cette technique.

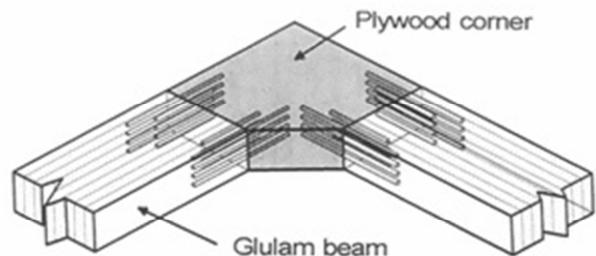


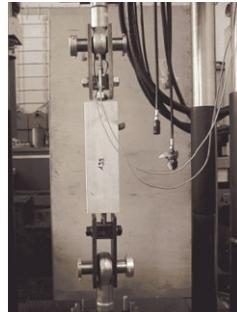
Fig. 1. Plywood frame corner jointing glulam beams by means of glued-in hardwood dowels

Utilisation de goujons collés en bois de feuillus dans un assemblage



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les travaux réalisés ont démontré que la pertinence de cette solution réside en l'utilisation d'un nombre plus importants de goujons de petits diamètres, et de longueurs plus petites que pour les goujons collés métalliques. Dans ces conditions, les performances des assemblages réalisés sont comparables à celles des goujons collés métalliques. Toutefois, les ruptures sont souvent fragiles.



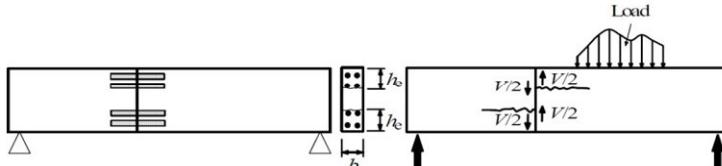
Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en œuvre est similaire à celle des goujons collés métalliques.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux de recherche ont abouti à des propositions de règles de dimensionnement, mais qui n'ont pas pour l'instant fait l'objet de consensus, et ne sont donc pas encore intégrées dans les règles de calcul des structures bois.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Pas d'information disponible à ce stade.

Les points prometteurs

- ↗ Des travaux de recherche suivis sur plus de 10 ans
- ↗ Des performances comparables aux goujons collés métalliques

Les interrogations

- ↘ Ruptures fragiles des assemblages
- ↘ Quel cadre pour la mise en œuvre ?
- ↘ Quel horizon pour une intégration aux codes de calcul en vigueur ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Utilisation de matériaux en remplacement du métal (moins rigides que celui-ci) pour la réalisation de broches et de plaques
- Intérêt principal : Meilleure mobilisation de la matière autour de l'assemblage
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : University of Technology Eindhoven, University of Bath
- Personne contact : Richard Harris (R.Harris@bath.ac.uk)

Recherche



Développement



Industrialisation



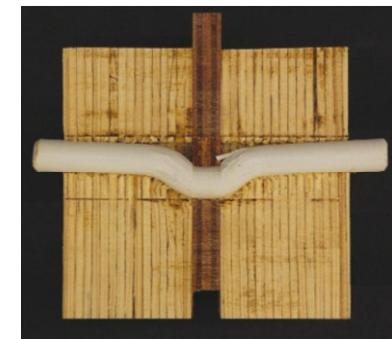
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Le principe des assemblages non métalliques présentés ici est identique à celui des assemblages habituellement réalisés avec broches et plaques métalliques. Les travaux de recherche portent sur le remplacement du métal par d'autres matériaux, et sur les multiples conséquences de ce remplacement.

Les broches étudiées sont réalisées en GFRP (plastique renforcé par fibre de verre), tandis que les plaques sont réalisées en DWV (contreplaqué dont les placages sont imprégnés de résine et compressés durant le collage pour densifier le panneau réalisé).



Assemblages non métalliques (intégré dans une structure, et éprouvette d'essai)



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les matériaux utilisés ici pour remplacer le métal sont moins rigides et moins résistants que celui-ci. Ainsi les distances (entre broches, au bord...) peuvent être réduites, et les modes de ruptures ductiles sont favorisés. Le bois situé autour de l'assemblage est ainsi mieux mobilisé, et c'est la performance globale de l'assemblage qui s'en voit améliorée.

Au delà de l'aspect mécanique, de nombreux avantages semblent être associés à ces matériaux de remplacement : les ponts thermiques sont limités, la résistance au feu est améliorée, le poids est réduit...



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La mise en œuvre de ces assemblages est similaire à celle des assemblages déjà utilisés en construction bois, seuls les matériaux étant remplacés.

Toutefois, on peut souligner l'intérêt de ce remplacement pour certaines applications spécifiques : installations de stockage de grain ou de sel, piscines, restauration et agro-alimentaire, installations maritimes, etc.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire



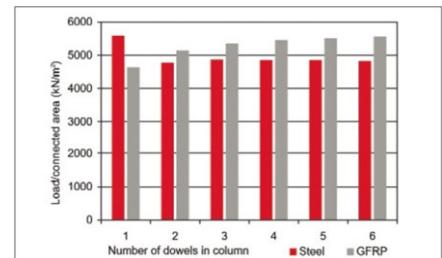
Les travaux en cours sont à l'état de recherche en laboratoire. Toutefois, les similitudes de fonctionnement avec les assemblages métalliques laissent espérer des développements rapides.

Les essais et modélisations réalisés montrent que des nouveaux modèles de calcul doivent être développés, ceux existants dans l'Eurocode 5 n'étant pas applicables à ces matériaux de remplacement.



Offre existante/à venir et éléments de coût

Les contreplaqués densifiés sont déjà commercialisés (par exemple par la société Lignostone).



Les points prometteurs

- ↗ Résistance mécanique optimisée des assemblages réalisés
- ↗ Résistance au feu, à la corrosion
- ↗ Réduction du potentiel de ponts thermiques
- ↗ Réduction du poids des connexions

Les interrogations

- ↘ Résistance mécanique à long-terme (rupture différée) ?
- ↘ Influence des conditions climatiques (fluage, etc.) ?

ASSEMBLAGES NON MÉTALLIQUES

Plastique renforcé à la fibre de verre et contreplaqué densifié

Compléments d'information

Depuis la réalisation de la fiche solution D6, des éléments d'information complémentaires ont été fournis par D. Brandon. Il s'agit en particulier de plusieurs publications et d'éléments de réponse aux principales interrogations soulevées par le Comité de Pilotage CODIFAB. Ces éléments sont présentés ci-dessous.

Résistance aux actions sismiques

Pour l'instant aucun travail spécifique n'a été réalisé sur le sujet.

Résistance au feu

Les travaux concernant la résistance au feu de ces assemblages sont toujours en cours, en particulier une campagne d'essais devant se terminer en Janvier 2014. Toutefois, quelques éléments peuvent d'ores et déjà avancés.

Dans les assemblages métalliques conventionnels, l'acier conduit la chaleur au cœur de l'assemblage, ce qui fragilise le bois autour de l'assemblage et entraîne une ruine par défaut de portance locale. Le remplacement de la tige métallique par une tige non métallique règle ce problème.

Les travaux récents montrent que la résistance de l'assemblage dépend du type de polymère utilisé pour produire la tige en GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer = polymère renforcé à la fibre de verre). Les polymères avec une température de transition vitreuse (T_g) élevée sont à privilégier.

Les goujons GFRP sont généralement disponibles avec les polymères suivants : résines Polyester, résines Vinylester, résines Epoxy, résines Phénoliques.

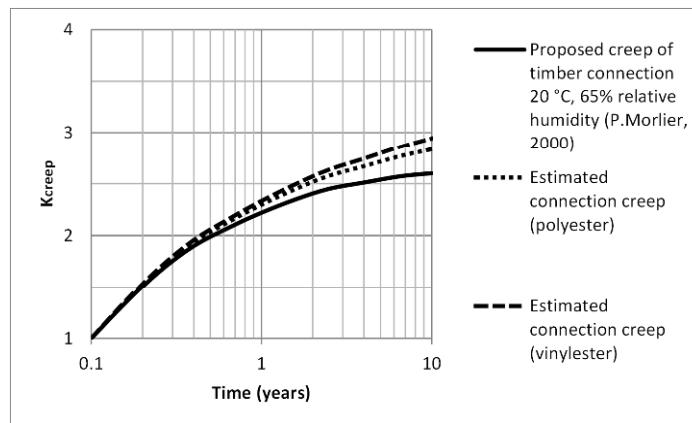
Une résine polyester avec une température de transition vitreuse basse entraînera un comportement similaire à celui d'un assemblage métallique. Dans ce cas, la résistance est dépendante des dimensions de l'assemblage, un assemblage épais se comportant mieux qu'un assemblage fin.

Une meilleure performance peut être atteinte par l'utilisation de résines phénoliques, car elles ont une température T_g élevée, se carbonisent et rejettent de l'eau lorsqu'elles se consument.

Comportement à long-terme

Des essais de fluage de ces assemblages (à température et humidité constantes) seront réalisés entre décembre 2013 et Janvier 2015.

Toutefois, des modèles théoriques peuvent être utilisés pour la prédire le fluage des goujons GFRP (équations de Findley datant de 1960). Des travaux expérimentaux entre 1992 et 2004 ont montré la relative précision du modèle de Findley.

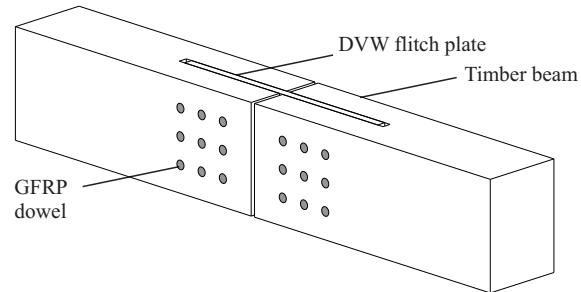


En associant le modèle de fluage de l'assemblage bois (issu des travaux de P. Morlier) au modèle de fluage des goujons GFRP (issu du modèle de Finldey confirmé par l'expérience), on peut tracer la courbe du fluage pour l'assemblage complet (cf. illustration en bas à gauche).

On constate que la majeure partie du fluage est due au bois, que le fluage des goujons GFRP est présent mais bien inférieur à celui du bois. Les courbes présentées le sont pour des polymères Polyester et Vinylester. Les résines phénoliques présenteraient encore moins de fluage.

Utilisation sans contreplaqué densifié

Le contreplaqué densifié joue un rôle dans l'assemblage et ne peut être simplement supprimé. Il pourrait être remplacé par une plaque métallique, avec une résistance au feu certainement réduite.



Disponibilité des matériaux

Les GFRP sont des matériaux communs dans la construction (notamment utilisés dans le renforcement d'ouvrages de génie civil). Les profilés GFRP sont normés en Europe (EN 13706).

L'industrie la plus mature en termes de GFRP est située aux USA, et les prix varient en fonction des polymères utilisés. Leurs prix en 2004 sont :

- Résines polyester : entre 1,32 et 2,20 \$/kg
- Résines vinylester : entre 2,60 et 3,50 \$/kg
- Résines phénoliques : environ 1,30 \$/kg
- Résines epoxy : entre 2,40 et 4,40 \$/kg

Les prix des goujons extrudés GFRP varient de la même façon, à ceci près que les goujons avec résines phénoliques sont plus difficiles à produire que ceux avec du polyester et sont donc plus cher. A titre d'exemple, et à une échelle non industrielle, voici quelques prix pour des goujons de diamètre 10mm :

- A base de polyester : environ 3,15 € le mètre
- A base de vinylester : environ 6,80 € le mètre
- A base de résines phénoliques : environ 15,10 € le mètre

Le contreplaqué densifié est commercialisé sous le nom de « Lignostone », et est moins répandu que les goujons GFRP. La production est localisée aux Pays-Bas, en Allemagne et en France. Le type utilisé dans les études en cours est celui à 1300 kg/m³.

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres (balcons, escaliers...)

Résumé

- Principe : Tige filetée, entretoise et écrou synthétique
- Intérêt principal : Fixation de charges lourdes en façade
- Stade d'avancement : Industrialisation
- Entreprise/industriel impliqué : SIT-AB
- Personne contact : Alain Bourgard (abourgard@sit-ab.fr)

Recherche

Développement

Industrialisation



Commercialisation

PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

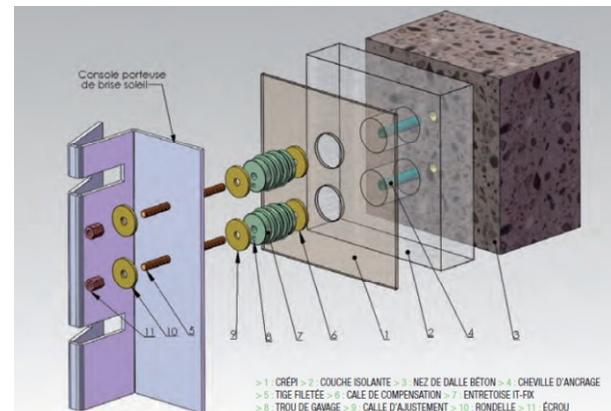
IT-FixKit est un dispositif destiné à la fixation d'éléments structurels et périphériques tel que les escaliers, garde-corps, balcons, pare-soleils, brises-vues, etc..., rapportés aux façades de bâtiments équipés d'isolation extérieure.

Il est composé de 3 éléments principaux :

- Une tige filetée synthétique renforcée à la fibre de verre
- Une entretoise synthétique
- Un écrou synthétique renforcé à la fibre de verre et ses rondelles

Et d'éléments complémentaires : cales d'épaisseurs variables destinées à compenser les irrégularités du support.

Même si ce système n'a pas été conçu au départ pour la construction bois, on peut imaginer une éventuelle application pour la fixation de façades à ossature bois sur structure béton.



Système IT-FixKit



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

La fixation de la tige filetée dans le support béton se faisant par l'intermédiaire d'une cheville d'ancrage à scellement chimique, les charges qui peuvent être reprises sont importantes (jusqu'à 20 kN).

Le matériau constituant la tige filetée et l'écrou permet d'éviter les ponts thermiques qui pourraient être apportés par la fixation.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Le système de cales de différentes épaisseurs présente un intérêt vis-à-vis de la mise en œuvre. Il permet de compenser simplement les irrégularités du support, tout en conservant à la fixation sa robustesse.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Le système est en phase de lancement. Il a été qualifié via des essais pour certaines applications, et un premier chantier est en cours de préparation avec une démarche d'ATEX.

Tableau de valeurs physiques

Ø de tige filetée + écrou	Dimension de l'écrou	Charge admissible en traction seule N (kN)	Charge maximale admissible en cisaillement seul N (kN)	Flexion maximale admissible M (Nm)	Effort de compression admissible pour (70MPa) (kN)	Couple de serrage admissible (Nm)	Effort de traction induit dans la tige filetée par le serrage (kN)	Charge admissible en traction seule résultante : N' (kN)
M12	2 x Ø tige	20.3	11.4	31.3	36.0	3.9	4	16.3
M16	2 x Ø tige	32.4	21.2	81.2	34.4	10.1	8.1	24.3
M20	2 x Ø tige	45.2	33.2	158.6	46.5	19.7	12.6	32.6
M24	2 x Ø tige	65.7	47.8	274.1	66.1	34	18.1	47.6

Les points prometteurs

- ↗ Fixation sur dalle béton de grande résistance
- ↗ Matériau réduisant les ponts thermiques
- ↗ Système de calage permettant de compenser les irrégularités du support



Offre existante/à venir et éléments de coût

Le système est breveté et commercialisé par la société SIT-AB.



Les interrogations

- ↳ Quel potentiel pour une adaptation aux façades bois ?
- ↳ Quel chemin vers un agrément pour cette application ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Raccords plastiques à intégrer dans les montants rainurés
- Intérêt principal : Murs fermés ossature bois (pas d'accès à l'intérieur des parois)
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Entreprise/industriel impliqué : Ageka, France

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation

**PRESENTATION DE LA TECHNIQUE**

Les raccords de montage G.U.T. permettent l'assemblage d'éléments ossature bois.

Chaque assemblage est réalisé par deux raccords en polyamides identiques, vissés dans des rainures prévues à cet effet dans les montants bois. La profondeur de la rainure est de 17 mm et sa largeur est de 30 mm.

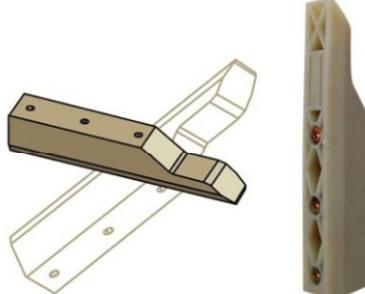
Deux assemblages (soit 4 raccords) sont en général nécessaires pour la jonction de deux panneaux, l'un en bas et l'autre en haut. Un assemblage supplémentaire à mi-hauteur peut être requis pour les grands panneaux.



Connecteur GUT de chez Ageka

**Réponse aux exigences fonctionnelles et performances**

Pas d'informations disponibles à ce stade.

**Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles**

Les raccords G.U.T. nécessitent la réalisation en atelier d'une rainure dans les montants. Ils sont installés dans ces rainures en atelier pour accélérer la mise en œuvre sur chantier. Une rainure supplémentaire peut être fraîchement réalisée pour recevoir une bande d'étanchéité dans le cas de panneaux fermés complets. La phase chantier consiste à glisser les panneaux verticalement les uns dans les autres.

**Avancement du développement et cadre technico-réglementaire**

Les raccords G.U.T. sont brevetés par la société Ageka.

**Offre existante/à venir et éléments de coût**

Les raccords G.U.T. sont commercialisés par la société Ageka au prix de 9 € la paire.

Les points prometteurs

- ↗ Simplicité de conception et de mise en œuvre
- ↗ Possibilité d'installer les connecteurs en atelier pour une phase chantier simplifiée

Les interrogations

- ↘ Le système est-il toujours commercialisé ?
- ↘ Le système est-il qualifié pour reprendre des charges ?

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Goujons en bois chauffés et comprimés, reprenant leur volume une fois insérés dans les pièces à assembler
- Intérêt principal : Absence de colle et/ou de métal
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : University of Bath (Royaume-Uni), University of Liverpool (Royaume-Uni), University of Kyoto (Japon)
- Personne contact : Wen-Shao Chang (w.chang3@bath.ac.uk)

Recherche



Développement



Industrialisation



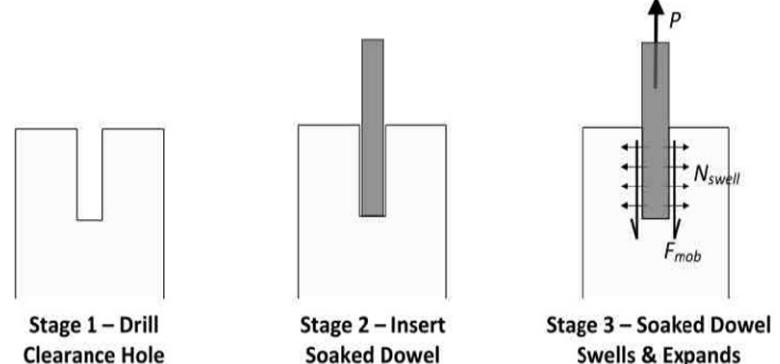
Commercialisation



PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Des pièces de bois sont chauffées et comprimées (à environ 40% de leur volume initial). Des goujons sont taillés dans ces pièces de bois, et ces goujons sont introduits dans les perçages des pièces à assembler. On laisse par la suite les goujons reprendre progressivement leur volume initial avec plus ou moins de compression résiduelle.

Ceci permet la mise en contact de leur surface extérieure avec la surface intérieure des perçages, et l'application d'efforts de contact entre ces deux surfaces. Lors de la sollicitation des assemblages, les efforts de contact et de frottement induits maintiennent l'assemblage en place.



Principe de la technique d'assemblage



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Le processus de chauffage/compression du bois est primordial quant à la performance des goujons ainsi produits. D'une manière générale, la compression augmente la raideur et la résistance du bois. Mais la pression et la température doivent être suffisamment faibles pour ne pas détériorer le bois, et entraîner ainsi des ruptures fragiles des assemblages réalisés (température entre 130°C et 180°C, pression pour amener le bois entre 30% et 40% de son volume originel).

Lorsque les propriétés mécaniques des goujons sont optimales, les assemblages ont un comportement modélisable et prévisible, avec des ruptures souvent ductiles au niveau des assembleurs.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux sont à l'état de recherche en laboratoire. Des essais et modélisations ont été réalisés, ils portent sur :

- le matériau bois comprimé lui-même (résistance résiduelle, niveaux de compression optimaux...)
- l'assemblage unitaire et son comportement (résistance en cisaillement, en traction...)
- l'assemblage en situation (plusieurs goujons pour assemblage reprenant des moments...)



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

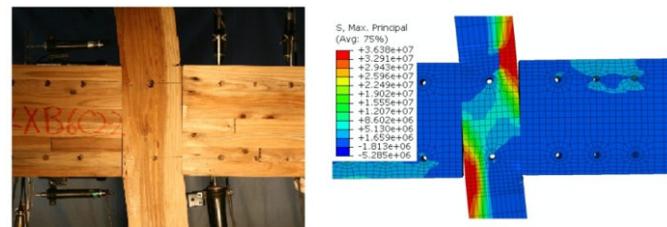
Les travaux ont montré une grande sensibilité des résultats en fonction de l'essence de bois utilisée pour les goujons, des paramètres de chauffage/compression, des paramètres géométriques des assemblages (notamment jeu initial), et des conditions d'utilisation (notamment humidité).

Après assemblage des pièces, il faut laisser le temps aux goujons de reprendre leur volume, ce qui peut être compliqué pour une fabrication en atelier (plusieurs jours à priori pour une récupération totale du volume).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Aucune offre commerciale n'a pour l'instant été développée.



Les points prometteurs

- ↗ Un intérêt en termes de ductilité des assemblages
- ↗ Des modèles de calculs aux éléments finis relativement fiables

Les interrogations

- ↘ Travaux de recherche peu avancés
- ↘ Manque de robustesse du procédé de production
- ↘ Durabilité dans le temps non évaluée pour l'instant

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Nœuds composites avec résistance et forme optimisée, associés à un système de fixation aisée
- Intérêt principal : Associer une très grande résistance des connexions avec une exigence esthétique/architecturale
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : Mainz & Trier University of Applied Sciences (Allemagne)
- Personne contact : Kay-Uwe Schober (kay-uwe.schober@fh-mainz.de)

Recherche



Développement



Industrialisation



Commercialisation

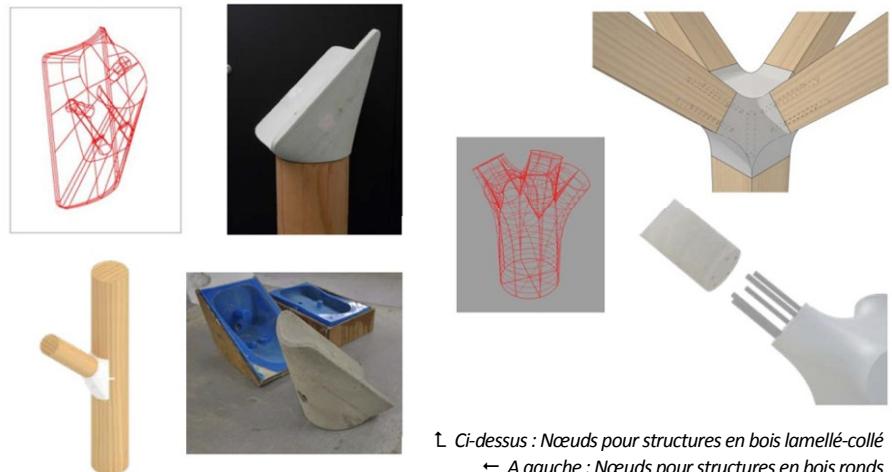


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Les structures tridimensionnelles de grande portée sont souvent assemblées avec des noeuds métalliques couteux, dans lesquels la trajectoire naturelle des efforts n'est souvent pas respectée.

Un processus de conception/fabrication assistée par ordinateur permet de créer des noeuds composites (béton à très haute performance) dont les formes et la résistance sont optimisées.

Ces noeuds sont assemblés aux poutres de la structure via des goujons collés ou des vis.



↑ Ci-dessus : Nœuds pour structures en bois lamellé-collé
← A gauche : Nœuds pour structures en bois ronds



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Différents bétons à haute performance ont été utilisés lors des travaux de recherche. Le béton renforcé à l'epoxy semble être le plus adapté : résistance élevée, mise en œuvre aisée, comportement mécanique prévisible, etc.

L'usage visé est limité à la classe de service 1. La résistance aux sollicitations sismiques est assurée par l'insertion dans les connecteurs de matériaux absorants à haute résistance.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

La fabrication des nœuds relève du moulage de pièces en béton. Lors de sa prise, le béton renforcé à l'epoxy peut supporter des chutes de température (par exemple la nuit) sans compromettre ses propriétés mécaniques finales (écart de quelques % seulement). Les moules peuvent être réutilisés. La mise en œuvre des noeuds vissés aux éléments bois s'apparente à celle d'équerres, sabots ou autres connecteurs couramment utilisés.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux ne sont actuellement qu'à l'état de recherche en laboratoire.

Ils visent principalement deux applications :

- Les charpentes tridimensionnelles en bois lamellé-collé
- Les charpentes tridimensionnelles en bois ronds

Les axes de recherche principaux sont les suivants :

- Optimisation de la forme des noeuds (par informatique)
- Modèles et essais pour déterminer la résistance à l'écrasement
- Modèles et essais pour déterminer la résistance à la fracturation



Offre existante/à venir et éléments de coût

Aucune offre commerciale n'a pour l'instant été développée.



Les points prometteurs

- ↗ Les performances intéressantes (résistance, feu, sismique...)
- ↗ La possibilité de produire des connecteurs "en série"
- ↗ Les possibilités architecturales

Les interrogations

- ↖ L'appropriation de la fabrication de ces connecteurs par les professionnels de la construction bois
- ↖ Le comportement des différents matériaux dans le temps
- ↖ La mise en œuvre via les goujons collés

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Poutres creuses post-tendues par des tiges d'acier
- Intérêt principal : Bâtiments de taille importante
- Stade d'avancement : Commercialisation
- Organisme de recherche impliqué : Université de Canterbury, Nouvelle Zélande
- Entreprise/industriel impliquée : Prestressed Timber Ltd, Nouvelle Zélande
- Personne contact : Prof. Andy Buchanan (andy.buchanan@canterbury.ac.nz)

Recherche

Développement

Industrialisation

Commercialisation

**PRESENTATION DE LA TECHNIQUE**

Il s'agit d'un système constructif à part entière, directement hérité du savoir-faire acquis par le secteur de la construction post-tendue en béton. La structure est composée de poutres creuses post-tendues par tendeurs en leur sein, et assemblées aux poteaux ou aux murs par des connections spécifiques permettant la mise en tension in situ. Chaque poutre creuse est réalisée par l'assemblage par collage de quatre poutres simples en LVL ou en lamellé collé. Les tendeurs réalisés par des câbles ou tiges d'acier, et les connections permettant la post-tension sont les mêmes que ceux utilisés dans la construction béton.

Pour les poutres sur deux appuis les tendeurs peuvent être rectilignes proches de l'intrados des poutres, ou réaliser une ligne brisée grâce à des déviateurs placés à l'intérieur des poutres. Optionnellement des tendeurs peuvent être disposés à l'extérieur des poutres, avec une problématique à régler concernant l'incendie. Pour les assemblages reprenant des moments, les tendeurs doivent également passer à travers les poteaux vers l'extrados des poutres, fournissant ainsi la capacité d'un moment négatif. Pour les structures résistantes aux séismes, il faut que les tendeurs soient disposés de façon symétrique, pour que les moments positifs et négatifs soient repris.



Bâtiment NMIT de 3 étages avec murs post-contraints (sur la droite)

**Réponse aux exigences fonctionnelles et performances**

Les assemblages réalisés semblent pouvoir reprendre des moments importants, tels ceux rencontrés dans les bâtiments industriels et commerciaux, y compris sur plusieurs étages. En Nouvelle Zélande la performance acoustique des planchers est permise par une couche de béton en partie supérieure du plancher. La résistance à l'incendie est calculable via l'Eurocode 5, des précautions devant être prises pour les tendeurs à l'extérieur des poutres, et pour les connections. Il semble que les structures post tendues permettent une grande ductilité et une capacité d'auto-centrage lorsqu'elles sont soumises aux séismes (pas de déformation résiduelle). En Nouvelle Zélande cette solution est présentée comme une alternative écologique aux structures traditionnelles béton.

**Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles**

La réalisation des poutres creuses implique un processus de fabrication complexe et sensible, intégrant un contrôle de production similaire à celui du lamellé-collé, ou des caissons existants sur le marché (en T notamment).

La conception et le dimensionnement peuvent être faits par un bureau d'étude via l'Eurocode 5.

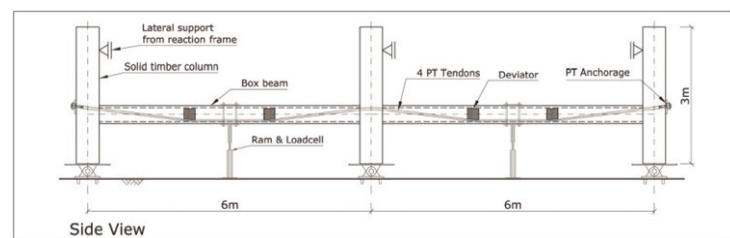
La mise en œuvre est simple et les similitudes avec les structures post-tendues en béton peuvent permettre de bénéficier du savoir-faire existant.

**Avancement du développement et cadre technico-réglementaire**

De nombreux travaux de recherche ont eu lieu à l'Université de Canterbury, en Nouvelle Zélande. Ils ont eu pour objectif d'étudier le comportement et de tester les différentes performances (statique, incendie, sismique). Ces recherches ont inclus des essais sur des bâtiments à l'échelle 2/3. Le premier bâtiment commercial du monde construit avec cette technique se trouve à Nelson (Nouvelle Zélande). Il semble que depuis plusieurs bâtiments ont été construits avec la même technique. Pas d'expérimentation connue en Europe.

**Offre existante/à venir et éléments de coût**

Le brevet du système est détenu par Prestressed Timber Ltd (Nouvelle Zélande).

**Les points prometteurs**

- ↗ Permet de construire de grands volumes avec peu de poteaux et de murs internes
- ↗ Conception et mise en œuvre similaires aux structures en béton post-contraintes

Les interrogations

- ↖ Précautions à prendre pour ne pas écraser le bois par la post-contrainte (en compression perpendiculaire)
- ↖ Perte éventuelle de tension par fluage sous conditions d'humidité variables

Compléments d'information

Depuis la réalisation de la fiche solution E1, des éléments d'information complémentaires ont été fournis par A. Buchanan. Il s'agit en particulier d'un guide conception et de justification des bâtiments à ossature bois post-contraints de 122 pages. Ce guide est aujourd'hui à l'état de projet mais est déjà très complet. Ci-dessous les éléments de réponse aux principales interrogations soulevées par le Comité de Pilotage CODIFAB.

Avantages par rapport aux systèmes constructifs traditionnels

Les performances de ce système constructif en font une solution particulièrement adaptée aux constructions de grande portée, et de faible à moyenne hauteur.

Les principaux avantages en sont les suivants :

- Le système permet la réalisation d'assemblages reprenant des moments importants en une seule opération de post-contrainte, évitant l'utilisation de nombreux boulons, vis et pointes
- Le système permet la réalisation de grands espaces intérieurs avec un besoin limité d'appuis intermédiaires
- L'ancrage des tendeurs verticaux (passant dans les poteaux) au niveau du sol permet un recentrage autonome de la construction après chargement extrême de type sismique. Pour les régions à faible séismicité, les connections peuvent ne pas nécessiter de renforcement du bois ni de dissipateurs

La post-contrainte permet l'assemblage rapide d'éléments de grande portée, ainsi qu'un démantèlement et une réutilisation aisés

temps de vie de la construction, et par la relaxation relativement rapide de l'acier.

Table 2.1 Approximate short-term losses in beams, walls and frames

Post-tensioning losses	Beams and walls (parallel to grain)	Frames with fully armoured joint panel	Frames with partial reinforcement in joint panel	Frames with no reinforcement in joint panel
Wedge-anchorage	2%	2%	3%	3%
Steel relaxation	3%	3%	3%	3%
Total	5%	5%	6%	6%

Les pertes à long-terme (jusqu'à 50%) sont dues au flUAGE des éléments bois dans le sens du fil et perpendiculairement à celui-ci, du fait de la durée de chargement et des variations climatiques. Ces pertes peuvent être minimisées par le renforcement du matériau bois aux ancrages des tendeurs.

Table 2.2 Long-term post-tensioning losses in beams and frames

Post-tensioning losses	Beams and walls	Frames with armoured joint panel	Frames with partial reinforcement in joint panel	Frames with no reinforcement in joint panel
Long-term losses	8-15%	8-15%	20-30%	40-50%

La méthode de dimensionnement proposée est basée sur tension finale (tension initiale réduite des pertes à court-terme et long-terme).

Il est suggéré de positionner des capteurs dans le bâtiment pour suivre l'évolution de la tension dans les tendeurs. Une chute de tension de 20% doit amener à une prise de décision quant à la nécessité ou non de remise en tension. A cet effet, l'accès aux boulons de serrage doit être facilité (trappes et autres...).

Méthode de fixation et de mise en tension des tendeurs

La solution de post-tension présentée ici pour des structures bois est directement inspirée des solutions de post-tension des structures béton.

Des plaques d'ancrage métalliques sont disposées aux extrémités des éléments bois à contraindre. Les tendeurs métalliques multi-brins les traversent et y sont fixés par des machoires.

Chaque tendeur est mis en tension à l'aide d'une machine pneumatique dédiée. La procédure de mise en tension d'un bâtiment complet se fait suivant un ordre précis déterminé par l'étude.



Ancre pour liaison poteau-poutre et exemple d'ancrage

Pertes de tension par flUAGE

Le projet de guide « Post-Tensioned Timber Buildings – Design Guide » indique que deux types de pertes de tension peuvent apparaître dans ce type de structures : à court-terme et à long-terme.

Les pertes à court-terme (5 à 6%) sont causées par la méthode de mise en tension des tendeurs, par l'ajustement du jeu des ancrages dans les premiers

Retours d'expérience sur bâtiments réalisés

Le projet de guide « Post-Tensioned Timber Buildings – Design Guide » présente 9 bâtiments réalisés avec cette technique en Nouvelle Zélande entre 2010 et 2013.



Université de Massey, Faculté d'Arts Créatifs, Wellington (N^elle Zélande)

Ces bâtiments sont de 1 à 6 étages, les éléments bois post contraints y sont utilisés en tant que poutres et poteaux (sauf sur le bâtiment à 6 étages où les poteaux sont en béton).

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres (structures en bambou)

Résumé

- Principe : Utilisation d'une ferrure conique destinée à exploiter au maximum la résistance en traction des fibres
- Intérêt principal : Structures treillis
- Stade d'avancement : Recherche
- Organismes de recherche impliqués : ENSTIB, LERMAB, Nancy Université
- Personne contact : Jean-François Bocquet (jean-francois.bocquet@enstib.uhp-nancy.fr)

Recherche



Développement



Industrialisation



Commercialisation

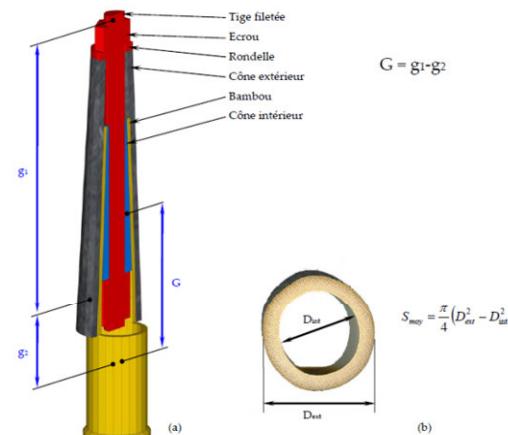


PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Les travaux de recherche en cours ont d'abord été focalisés sur la construction en bambous.

Une ferrure de forme conique en deux parties (mâle et femelle) est installée à l'extrémité des chaumes de bambou : pièce mâle à l'intérieur du chaume, pièce femelle à l'extérieur. Le serrage des pièces mâle et femelle entre elles par un boulon vient comprimer les fibres du bambou.

Durant une sollicitation en traction, l'assemblage met ainsi à contribution de façon maximale les fibres en traction, et favorise par conséquent une rupture à charge élevée. Des études ont eu lieu pour adapter le principe aux avivés.



Principe de l'assemblage sur chaume de bambou



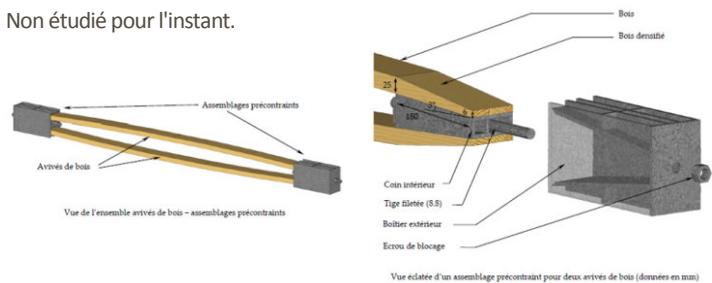
Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Les études montrent, qu'il s'agit de chaumes de bambou ou des avivés de bois, que ce procédé permet d'avoir des assemblages avec une forte raideur initiale sans glissement, de dissiper de l'énergie au-delà du seuil plastique, et de monopoliser toute ou une grande partie de la capacité résistante en traction longitudinale de ces matériaux. Toutefois, pour le bois massif, il y a apparition d'efforts parasites qui provoquent la ruine prématurée des avivés.



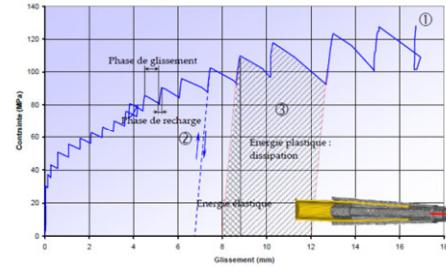
Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Non étudié pour l'instant.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux sont à l'état de recherche en laboratoire (ENSTIB, LERMAB).



Offre existante/à venir et éléments de coût

Pas d'offre existante.

Les points prometteurs

↗ Résultats prometteurs pour l'application aux chaumes de bambou

Les interrogations

- ↳ Travaux très en amont d'une éventuelle application
- ↳ Applicabilité au bois massif ?
- ↳ Résistance à l'incendie ?

CONNEXION PLANCHER CLT ET POUTRES BÉTON

Connecteurs scellés dans les poutres béton préfabriquées

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Utilisation de pièces métalliques pour l'assemblage de poutres béton et de plancher CLT
- Intérêt principal : Connexion bois/béton à grande capacité
- Stade d'avancement : Développement (en 2011)
- Organisme de recherche impliqué : Luleå University of Technology, Suède
- Entreprise/industriel impliqué : Stora Enso
- Personne contact : Nicolas Jacquier (nicolas.jacquier@ltu.se)

Recherche

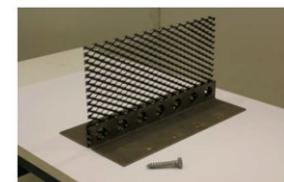
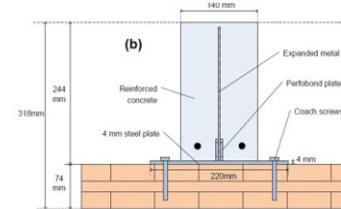
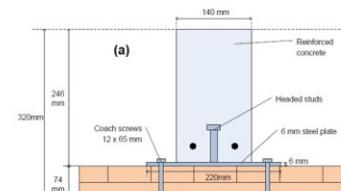
Développement

Industrialisation

Commercialisation

PRESENTATION DE LA TECHNIQUE

Il s'agit du développement d'un système de plancher composite entre un panneau de CLT et des poutres préfabriquées en béton (situées au dessus du panneau de CLT). La connexion entre ces deux éléments est réalisée via une plaque métallique. Le béton est assemblé à cette plaque par des goujons ou treillis soudés sur la plaque et intégrés au béton lors de la préfabrication des poutres. Le bois est ensuite assemblé à la plaque métallique par des vis.



Deux types de connexion plaque/béton :
goujons et treillis



Réponse aux exigences fonctionnelles et performances

Ce type de connexion peut être utilisé pour assurer la distribution d'efforts importants de cisaillement entre poutres et panneaux. Le dimensionnement des deux connections (plaque/béton et plaque/bois) doit être optimisé afin de favoriser une rupture ductile de l'assemblage (rupture au niveau des vis dans le bois). La rigidité de l'assemblage est directement liée à celle de la liaison plaque/bois.



Mise en œuvre et intégration aux pratiques professionnelles

Le point sensible de la mise en œuvre est celui qui fait l'intérêt de la technique, c'est à dire le scellement des connecteurs métalliques lors de la pré-fabrication des poutres béton. Pour limiter les problématiques techniques et logistiques, il s'agirait dans l'idéal de fabriquer les panneaux CLT et les poutres béton au même endroit, ce qui n'est pour l'instant jamais possible.



Avancement du développement et cadre technico-réglementaire

Les travaux de développement ont eu lieu à l'Université de Luleå en Suède, et la construction d'une maison individuelle a été utilisée pour la démonstration.

Les travaux ont été poursuivis depuis et ont écarté cette solution où les connecteurs sont scellés dans le béton lors de la pré-fabrication des poutres, pour des questions pratiques de mise en œuvre et de coût de transport. Les travaux actuels s'orientent vers une solution lamellé collé / CLT (en conservant la position des poutres en lamellé au dessus du panneau CLT) connectés par plaques, pointes et vis, de façon plus "traditionnelle".



Offre existante/à venir et éléments de coût

Pas d'offre existante ni à venir.



Les points prometteurs

- ↗ Résistance en cisaillement et ductilité des assemblages
- ↗ Système constructif innovant indépendamment de l'assemblage
- ↗ Travaux toujours en cours avec solution poutres lamellé / CLT

Les interrogations

- ↖ Maîtrise difficile de la préfabrication et de l'assemblage des divers éléments de natures différentes

ETAT DE L'ART

Goujons collés métalliques

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

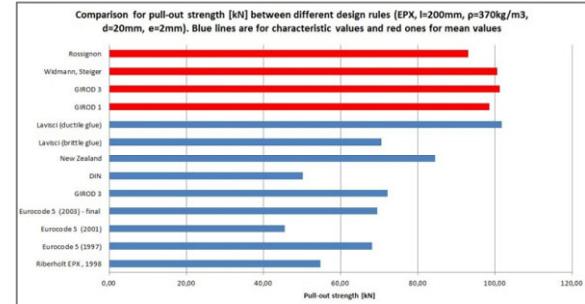
- Principe : Goujons métalliques collés dans des perçages effectués dans les éléments bois à assembler
- Intérêt principal : Capacité résistante des assemblages
- Développements récents :
 - Utilisation de nouveaux adhésifs
 - Diamètres de perçages augmentés
 - Utilisation dans de nouveaux matériaux
 - Modèles de prédition avancés
 - Mécanismes de rupture de bloc

INTRODUCTION

Les assemblages par goujons collés sont aujourd’hui utilisés avec succès pour les constructions neuves et la rénovation/renforcement de structures existantes.

Des travaux de R&D sont réalisés depuis les années 1980, cependant aucun accord international n'a été trouvé concernant les méthodes de dimensionnement de ces assemblages, et ils ne sont pas couverts par l'Eurocode 5.

Des efforts sont en cours pour rassembler le savoir et l’expérience existants sur le sujet, afin de produire dans les années à venir des référentiels communs (norme ou guide pour la rédaction d'agrément techniques).



Comparaison des différentes méthodes de dimensionnement

Equipes et axes de recherche

De nombreuses équipes de recherche travaillent sur le sujet en Europe et dans le Monde, en voici quelques-unes :

- Universités de Rijeka & Zagreb (Croatie) : sollicitation avec angle par rapport au fil
- Université de Mainz (Allemagne) : perçages larges, adhésif béton/époxy
- Université Nationale d'Irlande à Galway (Irlande) : nouveaux matériaux pour goujons
- Laboratoire National de Génie Civil (Portugal) : comportement à long terme
- Université de Ljubljana (Slovénie) : caractérisation des adhésifs
- Université de Salamanca (Espagne) : réduction traction transversale dans apex de poutre
- Universités de Bath & Swansea (Royaume-Uni) : fluage, nouveaux matériaux à assembler
- Université de Bordeaux (France) : renforcement des structures existantes
- Université de Canterbury (Nouvelle-Zélande) : méthode de calcul de la résistance



Résultats et prospectives

Les nombreux travaux ayant eu lieu depuis les années 1980 ont permis d’aboutir sur divers points :

- Les adhésifs : les plus couramment utilisés (PF, PU, EPX) ont été comparés tandis que de nouveaux sont explorés et montrent de bons résultats (béton/époxy par exemple)
- La résistance des assemblages : les études réalisées concernent principalement des goujons uniques disposés parallèlement au fil du bois, les modèles prédictifs pour cette configuration sont très satisfaisants
- Les travaux sur les distances et la rupture de bloc ont montré que la distance de 2,5d semble être un minimum acceptable

Cependant, divers points restent à approfondir dans les années à venir :

- Prédition de la résistance avec un angle par rapport au fil du bois
- Prédition de la résistance des assemblages utilisant plusieurs goujons
- Influence de l'épaisseur du joint de colle
- Comportement à long-terme (fluage) et durabilité des assemblages
- Résistance au feu des assemblages (peu de travaux réalisés)
- Méthodes d'essais harmonisées, qu'il s'agisse de la caractérisation initiale des adhésifs ou de la vérification de la bonne qualité d'exécution des collages



Les points prometteurs

- ↗ La volonté de la communauté scientifique d’aboutir à rapidement à un consensus sur le calcul de la résistance
- ↗ Le grand nombre d’équipes de recherche travaillant sur le sujet
- ↗ Groupes de travail constitués au sein du COST FP1004 et du SC5

Les interrogations

- ↘ Caractérisation des adhésifs
- ↘ Comportement au feu
- ↘ Comportement à long-terme
- ↘ Angle par rapport au fil et effets de groupes

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Utilisation d'autres matériaux pour améliorer les performances des éléments bois soumis à la flexion
- Intérêt principal : Limitation des volumes de bois, hauteurs de poutres...
- Développements récents :
 - Utilisation et comparaison de nombreux matériaux
 - Optimisation des renforcements
 - Optimisation de la pré-contrainte

INTRODUCTION

On utilise pour améliorer les performances des éléments bois soumis à la flexion divers matériaux : des polymères renforcés de fibres (ex : carbone ou verre), de l'acier, du béton, etc.

Ces matériaux sont insérés dans les éléments bois ou positionnés à la surface de ceux-ci. Ils se présentent sous la forme de films/nattes, de tiges, de plats, etc. Ils nécessitent pour certains l'utilisation d'un adhésif pour associer le matériau bois et le matériau rapporté.

L'amélioration de la résistance en flexion est permise par le renforcement en compression des zones comprimées, par le renforcement en tension des zones tendues, par le renforcement en cisaillement des zones cisaillées, ou par une combinaison de plusieurs des renforcements précités.

En complément ou en remplacement de l'apport de matériaux, la pré-contrainte des éléments en particulier lamellés-collés est étudiée.

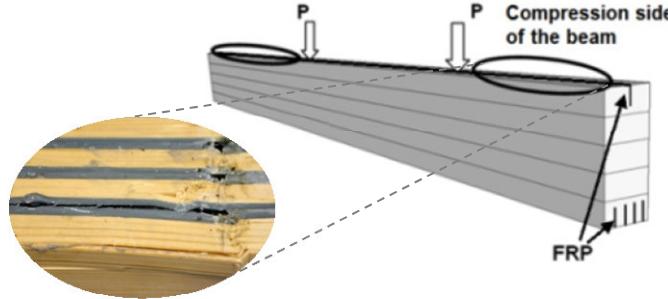
*Deux exemples de techniques de renforcement :
Béton polymère (en haut) et Goujons collés GFRP (en bas)*



Equipes et axes de recherche

De nombreuses équipes de recherche travaillent sur le sujet en Europe et dans le Monde, en voici quelques-unes :

- Bauhaus-University of Weimar (Allemagne) : lamelles de FRP ou béton polymère
- Université Nationale d'Irlande à Galway (Irlande) : goujons collés GFRP dans lamelle, film FRP pré-contraint entre lamelles
- Université de Technologie de Wroclaw (Pologne) : inserts acier ou FRP pour pré-contrainte
- Université de Technologie de Chalmers (Suède) : inserts plats acier ou FRP, pré-contrainte progressive
- EMPA Dubendorf (Suisse) : vis ou bandes de fibres collées à l'extérieur pour poutres rompues
- Université de Trento (Italie) : plats acier entre lamelles
- Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (France) : lamelles béton



Les points prometteurs

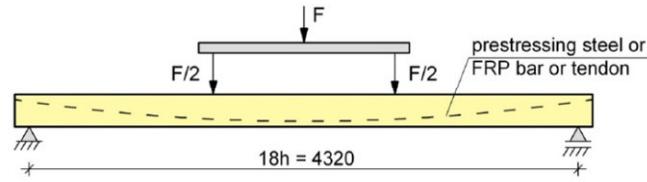
- ↗ Solutions simples avec matériaux disponibles sur le marché
- ↗ Modèles de calculs précis permettant l'optimisation



Résultats et prospectives

Les différentes études récentes et en cours permettent de formuler les conclusions suivantes :

- Le renforcement est plus efficace si la traction des zones tendues et la compression des zones comprimées sont traitées en parallèle
- Le ratio optimal de matériau de renforcement entre zones comprimées et zones tendues dépend du matériau de renforcement et de la performance étudiée (résistance ou rigidité)
- Le comportement à long-terme (fluage) des éléments renforcés est beaucoup plus favorable que celui du matériau bois seul
- Pour certaines applications, les modèles de calculs développés sont au point et donnent de bonnes estimations des résistances et rigidités réelles
- L'utilisation de la précontrainte améliore les performances obtenues, en particulier si elle est appliquée progressivement (précontrainte maxi au centre de la poutre, dégressif en allant vers les extrémités)



Les interrogations

- ↳ Intégration dans un processus de fabrication "en série"
- ↳ Domaine de pertinence technico-économique

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres (planchers)

Résumé

- Principe : Solives en bois assemblées à une plaque de béton pour réaliser un plancher collaborant bois-béton
- Intérêt principal : Grande rigidité d'où peu de déformation et de vibration, faible encombrement
- Développements récents :
 - Lien entre comportement des assemblages et comportement global
 - Comportement à long-terme
 - Systèmes préfabriqués et systèmes secs

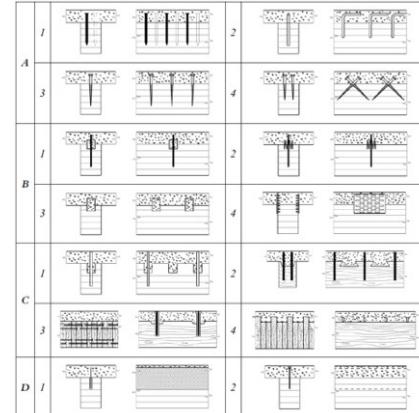
INTRODUCTION

Les planchers collaborants bois-béton sont des solutions de plus en plus populaires pour le renforcement de planchers existants, tout comme pour la réalisation de planchers neufs.

Le comportement collaborant permet une grande rigidité et par conséquent moins de déformations. Les contraintes de traction sont principalement absorbées par les solives bois tandis que les contraintes de compression sont principalement absorbées par le béton.

Dans ce type de solution, la connexion bois-béton joue un rôle crucial car c'est sur sa performance mécanique que dépend principalement le niveau de collaboration entre les deux matériaux.

Pour ces raisons, de nombreux travaux de recherche visent à trouver les meilleurs modes de connexion, et à les caractériser.



Differents types de connexions



Système préfabriqué sec

Equipes et axes de recherche

De nombreuses équipes de recherche travaillent sur le sujet en Europe et dans le Monde, en voici quelques-unes :

- Université d'Osjek (Croatie) : comportement à long-terme
- Université de Lund (Suède) : connecteurs et préfabrication
- Université de Lulea (Suède) : système sec
- Université de Sassari (Italie) : comportement à long-terme
- Université de Coimbra (Portugal) : résistance des connecteurs



Résultats et prospectives

Les différents travaux récents et en cours ont permis de montrer que :

- Le comportement collaboratif du plancher dépend principalement du comportement de la connexion entre bois et béton
- Selon la rigidité de la connexion bois-béton, l'inertie du système collaborant peut varier du simple au quadruple
- Les types de connexions classées de la plus souple à la plus rigide sont les suivantes : systèmes avec pointes/vis, systèmes avec anneaux/crampons/plaques à dents, systèmes avec bois en créneaux, systèmes collés
- Pour modéliser correctement le comportement à la rupture des assemblages, un modèle non-linéaire doit être adopté (modèle de Foschi convient)
- La résistance au séisme de ces planchers n'est pas une question majeure car le système agit comme un diaphragme, et la sollicitation des connexions n'est par conséquent pas le sujet principal

Cependant, différents points restent à approfondir :

- Il n'existe pas de méthode d'essai harmonisée pour les connecteurs (nombre de connecteurs à tester, dimension des spécimens, cycle de chargement, lecture du module de glissement...)
- Le comportement de la connexion seule ne permet pas de prédire le comportement du système complet dans l'ouvrage
- La mise en œuvre du béton sur poutres bois reste peu pratique (humidité, temps de prise...), les systèmes préfabriqués secs peuvent être une solution

Les points prometteurs

- ↗ Nombreux travaux et solutions testées
- ↗ Modèles de calcul fidèles
- ↗ Systèmes préfabriqués secs à l'essai

Les interrogations

- ↘ Méthodes d'essais non harmonisées pour les connexions
- ↘ Lien entre comportement de la connexion et comportement du système
- ↘ Mise en œuvre peu pratique

ETAT DE L'ART

Collages multi-matériaux

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres

Résumé

- Principe : Collage structurel du bois avec d'autres matériaux pour constituer des structures composites
- Intérêt principal : Rigidité de la liaison collée
- Développements récents :
 - Comparaison de nombreux adhésifs pour bois-verre
 - Avancées concernant les collages "à sec" pour bois-béton
 - Avancées concernant les collages "frais sur frais" pour bois-béton

INTRODUCTION

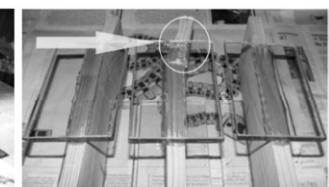
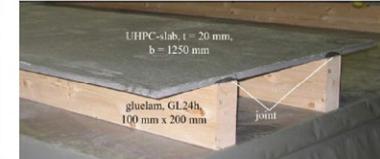
L'assemblage par collage présente de nombreux avantages pour la construction :

- Il est très rigide, permet un transfert des efforts maximal et des déformations minimales
- Il est quasiment invisible, répondant ainsi à toutes les exigences esthétiques
- Il permet d'assembler des matériaux de différentes natures

En construction bois, il est très employé pour assembler bois et bois, mais des travaux récents montrent l'intérêt de son utilisation pour assembler le bois à d'autres matériaux : métal, verre, béton, etc....

Les applications visées sont en particulier les planchers composites (poutres en bois / tablier en autre matériau) ou encore les murs et façades composites (cadre en bois / remplissage en verre, ou autre).

Des applications inverses sont également rencontrées (ex : cadres métalliques et panneaux bois pour la construction à ossature métallique).



Travaux sur le collage bois-béton (en haut)
Travaux sur le collage bois-verre (en bas)



Equipes et axes de recherche

De nombreuses équipes de recherche travaillent sur le sujet en Europe et dans le Monde, en voici quelques-unes :

- Université de Zagreb (Croatie) : panneaux bois-verre et planchers bois-béton
- Université de Kassel (Allemagne) : planchers bois-béton, comportement long-terme
- Université de Weimar (Allemagne) : murs bois-anhydrite
- Université de Ljubljana (Slovénie) : panneaux bois-verre (statique et sismique)
- Université Linnaeus (Suède) : collage structurel bois-verre
- Université de Minho (Portugal) : collage structurel bois-verre
- Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (France) : collage structurel bois-béton pour le génie civil



Résultats et prospectives

Les différents travaux sur le collage bois-verre ont permis de montrer que :

- Les adhésifs utilisés doivent être résistants mais également flexibles pour éviter des ruptures prématuées du verre (polymères superflex adaptés),
- Le traitement de surface utilisé (avec ou sans primaire) détermine le mode de rupture (interface bois-colle ou verre-colle),
- L'utilisation de verre feuilleté diminue la résistance du système jusqu'à 50%,
- Le collage est sensible aux températures supérieures à 40°C et à la reprise d'humidité à l'interface bois-colle,
- La durabilité des performances mécaniques et esthétiques de l'adhésif est un point clé (silicone adapté),
- La porosité du bois participe au bon séchage de l'adhésif,
- Les dispositions constructives de maintien transversal du complexe bois-verre améliorent la résistance de celui-ci.

Les différents travaux sur le collage bois-béton ont permis de montrer que :

- Moyennant quelques précautions technologiques, la liaison collée epoxy entre une structure bois et une dalle mince en béton fibré ultraperformant durcie résiste bien aux variations hydrauliques du bois,
- Dans le cas d'un collage "frais sur frais", les effets du retrait accompagnant le durcissement du béton sur la résistance au cisaillement de l'interface bois/béton sont à considérer.



Les points prometteurs

- ↗ Travaux de plus en plus nombreux
- ↗ Bonne compréhension des mécanismes en jeu
- ↗ Retours d'expérience sur de réelles constructions

Les interrogations

- ↘ Affaiblissement des performances avec chaleur et humidité
- ↘ Nécessité d'une étude technique pour chaque solution

Applications envisagées

- Charpente industrielle
- Charpente lamellé-collé
- Murs à ossature bois
- Façades à ossature bois
- Charpente taillée
- Charpentes en poutres en I
- Ouvrages en lamellé croisé
- Autres (génie civil)

Résumé

- Principe : Assemblages développés spécifiquement et autres techniques visant à améliorer la performance des ouvrages de génie civil bois
- Intérêt principal : Augmenter la capacité portante, la rigidité et la durabilité des structures bois de grande portée et situées à l'extérieur
- Développements récents :
 - Utilisation des feuilllus (haute résistance et durabilité)
 - Meilleure compréhension et optimisation de la pré-contrainte
 - Connexions spécifiquement conçues

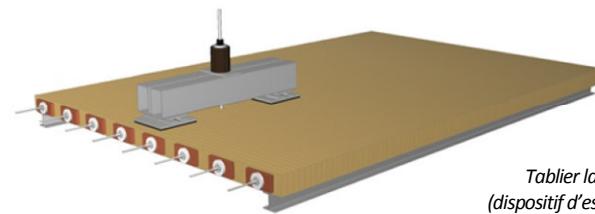
INTRODUCTION

Le génie civil bois est de plus en plus présent dans les pays Scandinaves et Germaniques.

Ce développement s'accompagne de travaux de recherche pour améliorer les performances des structures bois ainsi réalisées.

Ces travaux visent en particulier à augmenter la capacité portante et la rigidité des éléments porteurs bois pour en réduire le volume.

Des travaux concernent également la durabilité, ces structures étant soumises aux conditions extérieures.



Tablier lamellé-collé pré-contraint
(dispositif d'essai et modes de rupture)



Equipes et axes de recherche

De nombreuses équipes de recherche travaillent sur le sujet en Europe et dans le Monde, en voici quelques-unes :

- Université de Weimar (Allemagne) : composites polymères-béton pour connexions ductiles dans ponts mixtes bois-béton
- Université de Technologie de Delft (Pays-Bas) : bois feuilllus et assemblages pour ouvrages maritimes
- Université Norvégienne de Science et Technologie (Norvège) : connexions rigides pour structures bois de grande portée
- Université de Coimbra (Portugal) : tabliers de ponts lamellé-collé précontraints
- Centre Technique CETEMAS (Espagne) : vibration des passerelles piétonnes bois
- Université de Technologie de Chalmers (Suède) : tabliers de ponts lamellé-collé précontraints
- EMPA Dubendorf (Suisse) : lamellé-collé haute résistance à base de feuilllus
- Université d'Edinbourg Napier (Royaume-Uni) : passerelles lamellé-cloué
- Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (France) : collage structurel bois béton pour le génie civil



N'H Lungern



Résultats et prospectives

Les différents travaux récents et en cours permettent de former les affirmations suivantes :

- La pré-contrainte des tabliers en lamellé-collé (utilisé à plat) est mieux comprise et maîtrisée. Les zones comprimées par l'application de la pré-contrainte peuvent être renforcées par des vis. La perte de pré-contrainte et son influence sur la déformée sont prévisibles, et les interventions de resserrage programmées. Les modes de rupture sont également mieux prévus (modélisation par élément finis entre autres).
- Les assemblages sur structures utilisant des bois feuilllus peuvent être plus précisément justifiés à l'Eurocode 5. Le facteur de réduction pour les poutres entaillées k_v et le module de glissement k_{ser} ont en particulier fait l'objet d'études.
- Les techniques de mesure et de prédiction de la fréquence propre des ouvrages de génie civil à base de bois progressent. Des solutions de supports innovants sont développées pour améliorer la performance globale des ouvrages aux états limites de service.
- L'utilisation de feuilllus pour la fabrication de poutres en lamellé-collé est mieux encadrée. Des travaux spécifiques ont lieu sur le sujet dans divers pays, et les résultats peuvent également être exploités pour le bâtiment.
- Les travaux sur les connexions entre tabliers béton et poutres bois sont nombreux. Des solutions innovantes sont proposées pour augmenter leur résistance, leur ductilité et leur durabilité.
- Des avancées sont faites sur la fabrication et la justification à l'Eurocode 5 des éléments bois de dimension importante (lamellé-collé recollé). Des travaux portent en particulier sur le facteur de volume k_{vol} .

Cependant, les travaux se poursuivent en particulier sur les modèles de comportement à long terme (fatigue, fluage...).

Les points prometteurs

- ↗ Retour d'expérience des pays Scandinaves et Germaniques
- ↗ Innovations concernant les connexions, les méthodes de calcul...
- ↗ Retombées possibles pour le bâtiment (lamellé de feuilllus...)

Les interrogations

- ↘ Temps nécessaire au transfert du génie civil vers le bâtiment
- ↘ Intégration des nouvelles méthodes de justification à l'Eurocode 5