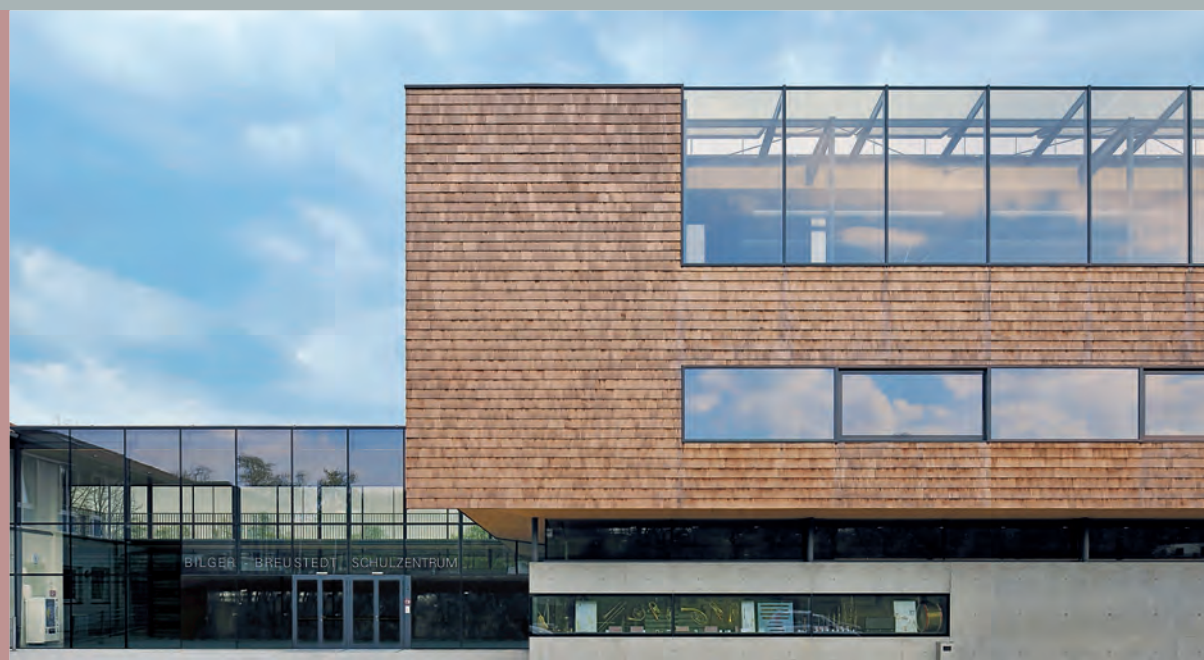


03+04/12 steeldoc

**Acier et bois –
une nouvelle légèreté**



Acier et bois – une nouvelle légèreté

Légers, écologiques, d'un montage facile – l'acier et le bois présentent de nombreux points communs. Et là où ils se différencient, ils se révèlent complémentaires. L'acier permet de réaliser des ossatures d'une grande finesse et flexibilité, que le bois complète par des éléments de parois et de planchers performants. Si la construction mixte acier-bois a encore fait l'objet de peu de recherches, elle s'avère d'ores et déjà très convaincante dans la pratique.

Evelyn C. Frisch

Il n'existe en fait pas de pure construction métallique ni de pure construction bois. Ces deux matériaux ont toujours été mis en œuvre en fonction de leurs propriétés et avantages spécifiques. La construction bois recourt à quantité d'éléments en acier souvent cachés – qu'il s'agisse d'organes d'assemblage (clous, vis, goussets), de tirants ou de sections de renforcement dans le lamellé-collé. Les exigences actuelles en matière de durabilité et d'écologie placent cependant la construction bois face à de nouveaux défis, notamment en ce qui concerne le traitement chimique et le collage des dérivés du bois et la séparabilité des matériaux en phase de démontage et de recyclage. Au terme de leur cycle de vie, en effet, l'acier devrait pouvoir être entièrement recyclé et le bois, réutilisé comme agent énergétique. Or, comment les séparer lorsqu'ils sont si intimement imbriqués? Sous l'angle de la réversibilité, il est évident que le plus judicieux consiste à séparer le plus clairement possible le plan de la construction acier de celui de la construction bois. Une fois que la fonction d'un élément a été précisément identifiée, on est en mesure de choisir le matériau approprié.

L'acier pour la structure, le bois pour les éléments plans

L'acier permet de réaliser des constructions plus fines et plus efficaces que n'importe quel autre matériau –

tant à la verticale qu'à l'horizontale, où il permet de franchir avec légèreté des portées considérables. Les structures métalliques pouvant être montées rapidement et avec peu de nuisances, elles conviennent parfaitement aux opérations en milieu urbain. Quant à la construction bois, elle aussi considérée comme un mode de construction léger, elle fait pleinement valoir ses atouts dans des éléments plans modulaires, en général capables d'accueillir isolation et installations. Matériau très apprécié, en particulier dans l'habitat, le bois «respire» et régule l'humidité des locaux. Du point de vue statique, les deux matériaux fonctionnent différemment, ce dont on peut précisément tirer parti dans les constructions mixtes.

Degrés d'hybridation

Dans les constructions montées à sec, comme celles composées d'un plancher en bois posé sur des poutres en acier, l'effet obtenu se limite aux propriétés spécifiques des différents éléments. Les poutres reprennent efficacement les efforts de flexion, le plancher en bois, les efforts de compression. Une simple superposition de ce type n'exploite toutefois pas les avantages d'une véritable construction mixte, si bien que les différents éléments sont, fondamentalement, surdimensionnés. Il est cependant possible d'optimiser la construction du double point de vue statique et économique. C'est par exemple le cas dans les planchers



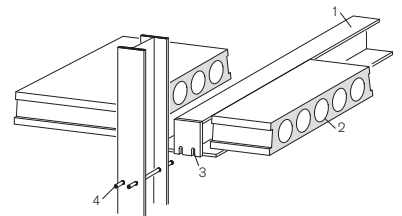
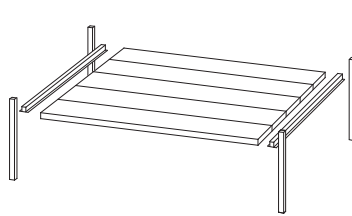
Denklabor Pauker, Friedberg
(Prix allemand de la construction métallique 2008), architecture: Hiendl Schineis.
Structure en acier patinable et planchers OSB en sapin blanc brut. (steeldoc 04/08)



mixtes composés de poutres en acier et d'éléments en bois lamellé-collé situés pratiquement dans le même plan («slimfloor»). Un degré encore supérieur d'hybridation est obtenu en coulant une dalle de béton sur les éléments en lamellé et en rendant les trois matériaux solidaires. Un tel dispositif ne réduit pas seulement les efforts de cisaillement au sein du plancher, mais en accroît aussi la résistance au feu et la sécurité parasismique.

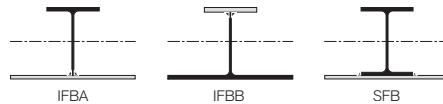
Légereté et écologie

Le fait qu'une telle construction soit beaucoup plus légère qu'une dalle en béton traditionnelle la rend plus économique et écologique. En effet, elle requiert des fondations plus modestes et permet de franchir des portées plus importantes avec une même épaisseur de plancher. Un autre facteur de diminution des coûts réside dans le temps que permet d'économiser le montage à sec et le degré élevé de préfabrication des planchers mixtes acier-bois. En outre, les éléments en acier permettent de faire passer les conduites tant à l'horizontale (poutres ajourées) que – du moins en théorie – à la verticale (profilés creux), tandis que les éléments en bois accueillent souvent l'isolation et une partie des installations techniques, le tout ayant pour effet de réduire l'épaisseur totale de la construction.



Structure d'un plancher slimfloor constituée de poutres intégrées et d'éléments de dalle. (Voir steelwork C1/12)

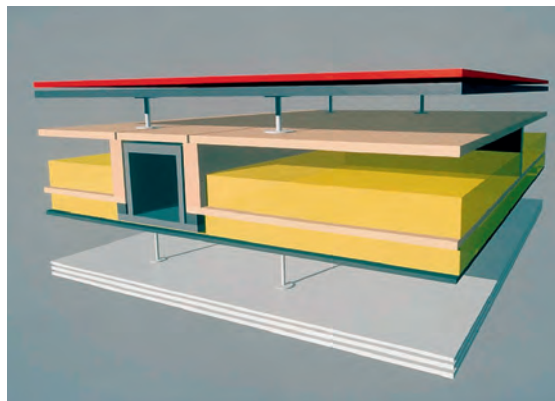
- 1 poutre slimfloor
- 2 élément de dalle alvéolaire
- 3 plaque frontale fendue
- 4 boulonnage spécial



Sections typiques de poutres intégrées slimfloor. (Voir steelwork C1/12)

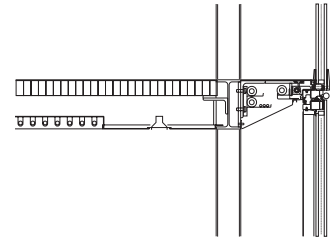
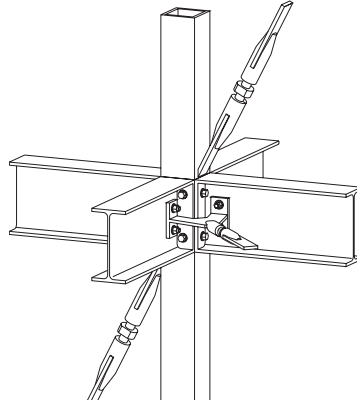
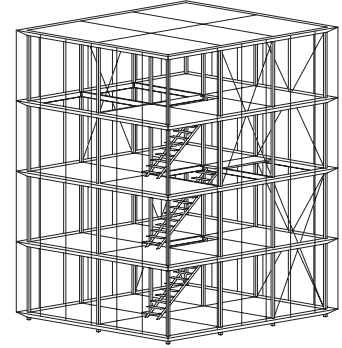
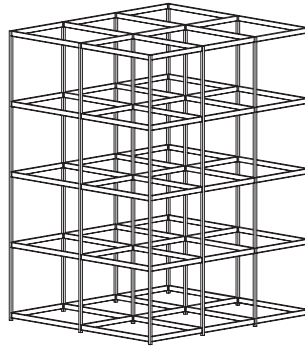


Les poutres slimfloor peuvent être formées de profils creux et ajourés, ce qui facilite la pose des conduites; ici: Delta-beam



De gauche à droite:
Halle de l'Expo 2000 à Hanovre avec treillis en acier et éléments préfabriqués en bois (Lignatur).

Représentation du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Berlin: Les éléments de dalle préfabriqués en bois sont posés sur la semelle inférieure des solives en acier selon le principe slimfloor. (Photos: Taufik Kenan, Berlin; steeldoc 03/06)



La maison de l'ingénieur Werner Sobek à Stuttgart est une des premières complètement autosuffisantes et conçue pour être facilement déconstruite et recyclée. La structure en acier IPE est complétée par des éléments de dalle en bois massif. (steeldoc 03/06)

Une ossature métallique combinée avec des planchers mixtes acier-bois prend peu de place et offre une grande liberté dans l'utilisation de l'espace. Cette flexibilité accroît aussi la durabilité de la construction, dans la mesure où elle laisse une marge de manœuvre suffisante pour accueillir d'autres activités et réutiliser la structure porteuse. Ce facteur sera bientôt pris en compte dans l'évaluation de la durabilité des bâtiments.

Préfabrication et conception modulaire

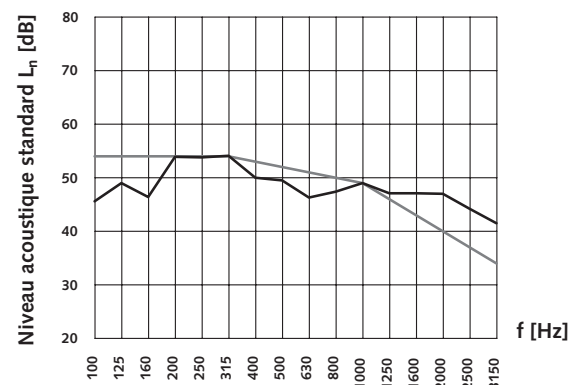
La construction métallique comme celle en bois reposent aujourd'hui sur la préfabrication industrielle. Cela exige une étude préalable précise et conduit à la standardisation et à la conception modulaire des éléments. Dans le cas d'immeubles à plusieurs étages, la modularisation des éléments de plancher et de

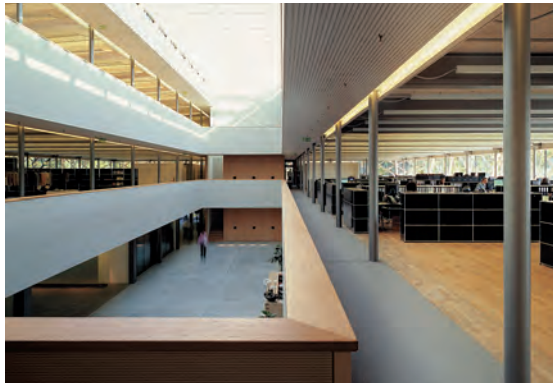
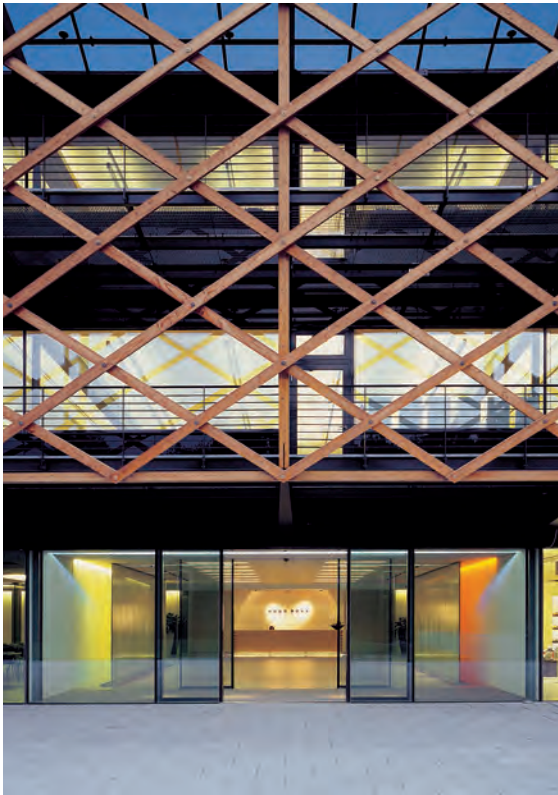
parois représente un facteur d'économie décisif. En cas de combinaison des deux modes de construction, on peut recourir à des techniques de fabrication et de montage semblables, ce qui simplifie le raccordement des éléments. Pour ce qui est des éléments de plancher et de parois en bois, une multitude de produits éprouvés sont à disposition. Des éléments caissons, des dalles en bois lamellé-cloué ou des panneaux massifs en bois lamellé-collé constituent des planchers minces. Beaucoup de ces produits ont des valeurs d'amortissement des bruits d'impact classées «bon» à «très bon» et certains conviennent également comme planchers acoustiques (voir l'exemple).

Les conduites peuvent être passées à l'intérieur des éléments creux ce qui permet de laisser apparente la surface inférieure du plancher. Si les poutres en acier

Caissons multiples avec résistance au feu R 60: l'étanchéité est garantie par la composition des joints (EI 60). A droite: Protection phonique pour caissons multiples de 200 mm. (Source: Lignatur).

Type	Dimensions de la section					Résistances de la section		
	h mm	d mm	t _b mm	t _u mm	t _{u,fi} mm	R _{Lx,d,fi} kN/m ²	R _{Vz,d,fi} kN/m ²	R _{m,y,d,fi} kNm/m ²
160	160	31	31	64	9	701	22	14.7
180	180	31	31	64	9	745	27	19.0
200	200	31	31	64	9	788	32	23.8
220	220	31	31	64	9	831	38	28.9
240	240	31	31	64	9	875	43	34.4
280	280	31	31	64	9	962	53	46.5
320	320	31	31	64	9	1048	63	59.9





Le centre de compétences Hugo Boss à Coldrerio (CH) est un bâtiment hybride. Bois, acier et béton y forment des planchers collaborants: sur des poutres HEA reposent des éléments en lamellé de 12 cm d'épaisseur, sur lesquels a été coulée une couche de béton.

Pour assurer une liaison solidaire entre le bois et le béton, des tôles d'acier ont été préalablement insérées dans les éléments bois. (Source: steel-doc 03+04/07)

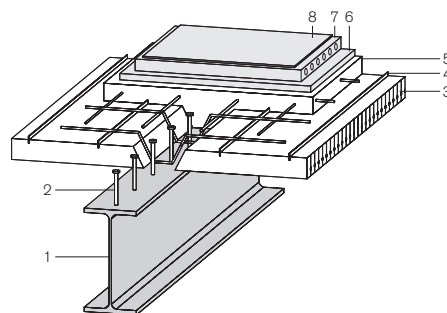
sont intégrées dans le plancher en bois, la section est considérablement réduite, ce qui permet une économie d'espace et prête un aspect plan à la surface inférieure du plancher. Dans certains cas, la protection incendie des poutres en acier peut être assurée par un revêtement en bois.

Protection incendie

Le bois brûle mais isole – l'acier ne brûle pas mais sa température monte rapidement. Les deux matériaux ont donc un comportement au feu spécifique. Ces dernières années, de grands progrès ont été accomplis dans le domaine de la protection incendie des deux matériaux. Les normes y relatives prennent en compte les mesures de protection constructives et techniques (installations sprinklers). En outre, un concept de protection spécifique à l'ouvrage, avec des mesures techniques et organisationnelles, peut apporter des allègements si les objectifs de la protection sont atteints de façon équivalente. Ce qui compte pour la protection incendie des structures porteuses, c'est la durée de la résistance au feu (R) des éléments de construction. En outre, il faut tenir compte, dans le cas des éléments plans, de leur capacité de former des compartiments coupe-feu, c'est à dire de leur étanchéité (E) et de leur pouvoir d'isolation thermique (I). En cas d'association des deux matériaux, la fonction de l'élément de construction dans le système porteur est déterminante. Alors que les éléments en acier ont pour l'essentiel une fonction porteuse (R), les éléments en bois peuvent aussi avoir une fonction de formation de compartiments coupe-feu (EI). Les éléments de construction en bois, accompagnés de mesures adéquates, atteignent

aujourd'hui les classes REI 50 et REI 60, ce qui rend possible la réalisation d'immeubles à plusieurs étages en bois.

Si la structure porteuse est en acier, celle-ci doit avoir la résistance au feu exigée (R 30 à R 90), alors que les éléments en bois servent à la formation de compartiments (EI 30 ou EI 60). Les peintures intumescentes constituent pour la construction métallique une innovation importante car elles peuvent être appliquées jusqu'à la classe de résistance R 60, ce qui signifie que les poutres et les poteaux peuvent, dans la plupart des cas, rester apparents, même avec une charge thermique élevée. Les publications du Centre suisse de la construction métallique, comme celles de Lignum, ont été homologuées par l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI) comme des documents correspondant à l'état actuel de la technique.



- Hugo Boss Center;
composition du plancher:
- 1 Poutre en acier HEA 600
 - 2 Goujons en acier
 - 3 Plancher bois 120 mm avec perforation acoustique
 - 4 Bandes en tôle d'acier
 - 5 Couche de béton 100 mm
 - 6 Isolation phonique
 - 7 Chape chauffante/réfrigérante 65 mm + PE
 - 8 Parquet chêne 8 mm



Construire de façon durable en milieu urbain

C'est un autre genre de construction hybride que présente, en pleine ville de Lugano, un immeuble d'habitation de sept niveaux comportant 17 appartements de luxe au total (année de réalisation: 2012). Le bâtiment se compose d'une structure métallique avec un système de planchers mixtes acier-béton intégrant toutes les installations techniques nécessaires (Topflor Integral). Les portées de 11,4 m, sans murs porteurs, permettent de subdiviser librement l'espace et d'utiliser le bâtiment de façon flexible. Les façades se composent aussi d'éléments bois, de sorte que les poteaux en acier sont isolés et protégés du feu par le bois. Ces éléments de façade permettaient du reste d'atteindre sans problème le niveau d'isolation requis (valeur

U de 0,148 W/m²K). Grâce à ce nouveau système, qui exploite les avantages des différents matériaux, cet ambitieux chantier a été mené à bien en un temps record, et pratiquement sans nuisances. Le bâtiment pèse près de trois fois moins qu'un ouvrage traditionnel, ce qui a permis d'éviter de gros travaux de fondation sur ce terrain difficile.

Objet Residenza Villa Lugano, Lugano (TI)

Architecture SGB & Ass., Giubiasco

Structure et construction métallique Wetter AG, Stetten

Construction bois Laube SA, Biasca

Année de réalisation 2012

Résultats de recherche: Essais au feu sur des structures mixtes acier-bois

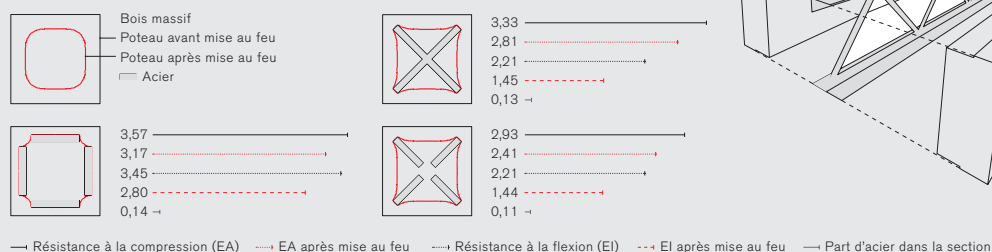
Les essais au feu effectués sur une série de poteaux en acier enveloppés de bois montrent que l'acier doit être enrobé de 2 à 3 cm de bois pour être efficacement protégé de la chaleur (l'acier ne doit pas être exposé à une température de plus de 200 °C). Les poteaux acier-bois ont une capacité portante bien supérieure à celle de simples poteaux en bois. En outre, la vitesse de combustion du bois diminue si l'acier constitue entre 8 et 15 pour cent de la section. La résistance au feu des poteaux mixtes est supérieure à celle de simples poteaux métalliques.

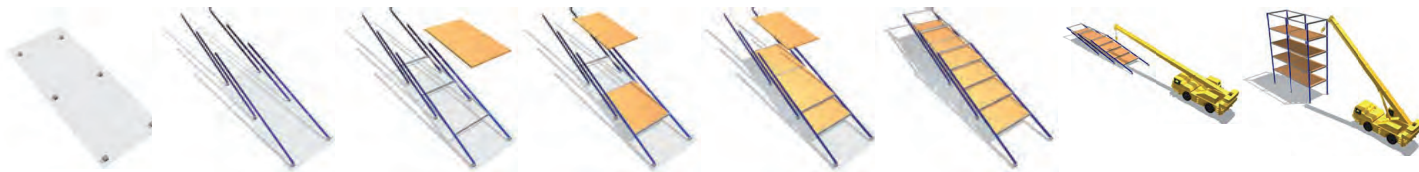
Les chiffres indiquent la résistance de la construction par rapport à du bois massif. Avant la mise au feu, la résistance à la compression d'un poteau dans lequel sont insérées des sections métalliques cruciformes est supérieure d'un facteur de 3,3 à celle d'un poteau en bois massif, et le reste d'un facteur de 2,8 après.

Poutres mixtes

Des poutres à treillis métalliques sont ici protégées du feu par des sections rectangulaires en lamellé-collé. Les essais se sont également révélés positifs.

Institut des sciences de l'architecture, des structures et de la construction bois de l'Université technique de Vienne. Source, graphiques: Zuschnitt 04.09

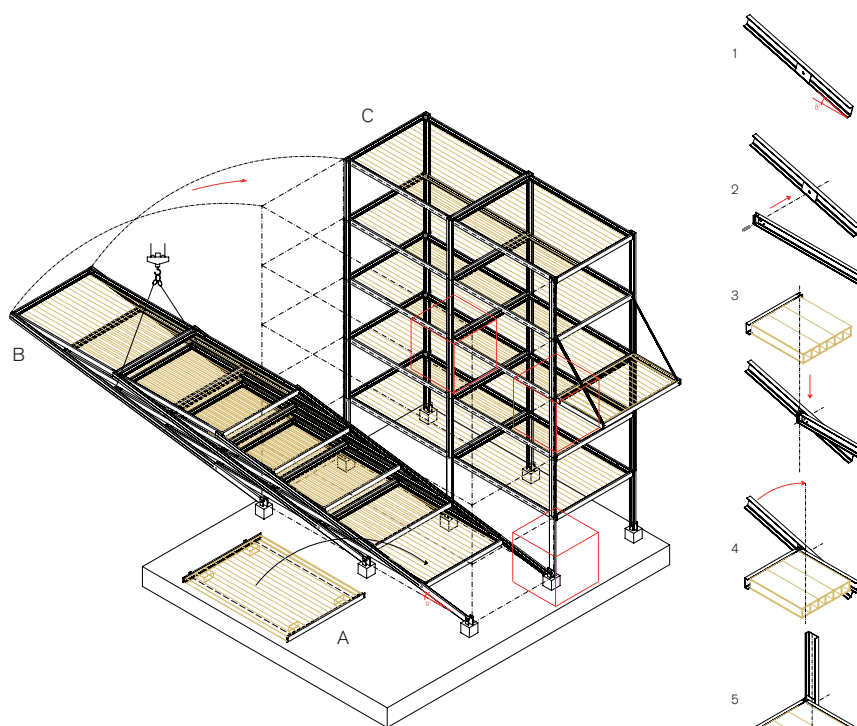




Un système d'avenir: home-up

Dans les projets du bureau d'architecture italien Roccatelier, les réflexions relatives au cycle de vie des bâtiments revêtent une importance centrale. Il en a résulté, pour la construction de logements, un système économique, flexible et facile à monter et démonter, combinant acier et bois. L'objectif était d'assurer la réversibilité des interventions et leur compatibilité avec les structures existantes. Aussi le système a-t-il été conçu aussi simple et léger que possible. Après avoir été primé dans le cadre du programme de recherche européen «Living Steel: Social Housing», le projet a débouché, avec la collaboration d'un ingénieur, sur la réalisation d'un prototype, puis sur des applications concrètes dans le domaine du logement social. Le prototype («mockup») a été présenté à la Biennale de Venise, où ont été livrés l'ensemble des éléments nécessaires à la réalisation d'une unité entièrement équipée.

Le montage, effectué à l'aide d'une grue levant la structure en un seul mouvement, n'a duré que trois heures. La structure ne pèse que 50 kg par mètre carré. Ce système a récemment permis de reconstruire rapidement l'une des écoles détruites lors du tremblement de terre d'Emilie-Romagne (Scuola dell'infanzia Martini, Modène).



Système home-up, isométrie

- A: Élément de plancher monté au sol
- B: Élément d'ossature monté au sol
- C: Élément d'ossature dans sa position verticale définitive
- 1-5: Déroulement du montage des planchers

Sources et littérature:

Steelwork C1/12 Tables de dimensionnement pour la construction mixte (et dimensionnement au feu), Centre suisse de la construction métallique SZS
 Steeldoc 03/06 Acier et bois
 Steeldoc 02/06 Protection incendie des structures en acier
 Zuschnitt 04/09, Proholz Austria
 Lignatec protection incendie du bois www.lignum.ch
 Kuhlmann, Hauf, Aldi: Verbundflachdecken – neue Lösungen mit Stahl und Holz. Dans: Bauen mit innovativen Werkstoffen, VDI-Berichte Nr. 2084, 2009 (pp. 219 ss)



Impressum

steeldoc 03+04/12, décembre 2012
Acier et bois — une nouvelle légèreté
Double numéro

Editeur:
SZS Centre suisse de la construction métallique, Zurich
Evelyn C. Frisch, directrice

Rédaction et layout:
Evelyn C. Frisch, Virginia Rabitsch SZS

Traduction française:
Léo Biétry, Lausanne

Textes:
Evelyn C. Frisch (ef), Virginia Rabitsch (vra)
Textes basés sur les informations des concepteurs
Texte centre scolaire Taufkirchen an der Pram de François
Lamarre, source: collection Acier 10/50 – lieux d'enseignement
– édition ConstruireAcier 2012

Photos:
Couverture: Josef Pausch
Editorial: Eckhart Matthäus (Werklabor Pauker)
Introduction: voir article
Mediathèque, Oloron-Sainte-Marie: Gaston Bergeret, p. 10, 11,
12, 13, 14, 15
Centre scolaire, Taufkirchen: Josef Pausch p. 16, 17, 19; Jo Pe-
sendorfer p. 18; Dietmar Feichtinger Architectes p. 20, 21
Bâtiment de production Sputnik, Bienne: Hansueli Schärer, Berne
p. 22, 23, 24, 26; Jakem SA p. 27 en haut; Burckhardt + Partner
SA p. 27 en bas
Viaduc avec commerces, Zurich: Ralph Hut, Zurich p. 29;
Roger Frei, Zurich p. 30, 31
Maison d'habitation, Den Hout: Manon de Koning, p. 32, 33, 34;
BB Architecten, Steven Biesiot p. 35
Centre de visiteurs, château de Laufen: Hochbauamt Kanton Zü-
rich, Mark Röthlisberger p. 36, 38 au milieu et à droite; Roger
Frei, Zurich p. 37, Leuppi & Schafroth Architectes p. 38 à gauche

Sources:
Les informations et les plans ont été fournis par les bureaux
d'études. Dessins retravaillés par Stefan Zunhamer, circa drei,
Munich

Conception graphique: Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zurich

Administration abonnements: SZS, Zurich
Impression: Kalt-Zehnder-Druck AG, Zoug

ISSN 0255-3104

Abonnement annuel CHF 48.– / étranger CHF 60.–
Numéros isolés CHF 15.– / doubles numéros CHF 25.–
Sous réserve de changement de prix.
A commander sur www.steeldoc.ch

Construire en acier / steeldoc© est la documentation d'architec-
ture du Centre suisse de la construction métallique et paraît quatre
fois par an en allemand et en français. Les membres du SZS
reçoivent l'abonnement ainsi que les informations techniques du
SZS gratuitement.

Toute publication des ouvrages implique l'accord des architectes,
le droit d'auteur des photos est réservé aux photographes. Une
reproduction et la traduction même partielle de cette édition n'est
autorisée qu'avec l'autorisation écrite de l'éditeur et l'indication
de la source.

**Abonnement annuel à Steeldoc pour CHF 48.–
(étudiants gratuit) sur www.steeldoc.ch**