

01/22 steeldoc

Bâtiments
scolaires



Éditorial



Les architectes de jessenvollenweider ont rénové l'ensemble de l'établissement scolaire Auen à Frauenfeld, une œuvre exemplaire de « l'école de Soleure » des années 1960, et lui ont ajouté trois nouveaux pavillons. Ce projet montre à quel point la construction de montage en acier est durable et appropriée aux bâtiments scolaires grâce à ses qualités systémiques. L'école est transférée avec élégance au XXI^e siècle grâce à l'interprétation sensible du bâtiment classé monument historique et aux extensions précises, et peut continuer à remplir sa fonction pour les décennies à venir.

Le projet a été récompensé en 2021 d'un Prix Acier (cf. steel**doc** 02+03/21 Prix Acier 2021).

Les cinq projets récompensés du Prix Acier Student Award 2021 sont présentés à partir de la page 27.



Les fermetures d'écoles liées à la pandémie ont mis en évidence l'importance des cours en présentiel. Lieu d'échange avec les camarades du même âge et les enseignants, d'apprentissage concentré et d'enseignement engagé, les bâtiments scolaires sont essentiels pour la société. L'architecture crée des espaces appropriés et forme le cadre au sein duquel cet échange est possible. Des structures architecturales qui s'adaptent facilement à l'évolution des conditions de base et des formes scolaires sont particulièrement précieuses.

Ce magazine présente des bâtiments scolaires pour lesquels les structures métalliques marquent fortement l'aspect de l'espace intérieur, mais aussi extérieur. Mais leurs avantages sont aussi d'ordre fonctionnel : les structures porteuses et les détails de construction conçus intelligemment permettent de créer des bâtiments flexibles dont les plans modifiables garantissent une utilisation à long terme et durable.

Les concepteurs de l'école secondaire de Laufon en font la démonstration : leur nouveau bâtiment de remplacement n'est qu'une première étape de rénovation qui sera suivie par d'autres dans une période dynamique. La puissante structure métallique n'obéit pas à des contraintes de système, mais forme une ossature pragmatique qui favorise une utilisation et une réaffectation flexibles (dès p. 4). Dans la ville portuaire de Gand, la structure métallique ouverte de la hauteur du bâtiment devient la carte de visite de l'école Melopee et parvient à garantir la réalisation des exigences du maître de l'ouvrage, en dépit d'un espace très restreint. Des plans, des rampes et des escaliers sont suspendus dans l'ossature et affectés, en tant que surfaces de jeu et de plein air, à l'une des fonctions imbriquées en trois dimensions (dès p. 8).

L'ossature de la construction hybride acier-béton sur deux étages de l'école primaire à Lebbeke a permis un temps de construction court. Autre avantage de la construction : des parois mobiles et un espace intérieur multifonctionnel sans poteaux assurent une flexibilité maximale (dès p. 12). Le système porteur de la maison des étudiants de l'université technique TU Braunschweig, conçu à l'origine comme un bâtiment temporaire, devait être modulable, démontable, robuste et transformable. Un système de profilés métalliques minces, combinés à des éléments préfabriqués de plafond en bois et de tôles trapézoïdales en acier permettent une adaptation et une extension ultérieures de la construction à un coût modéré (dès p. 16). À Bath, la transformation en école d'art et de design garantit la pérennité d'une ancienne usine de meubles des années 1970, classée monument historique. La structure métallique historique adaptable est complétée par des éléments encastrés et des superstructures qui s'insèrent dans l'existant de manière statiquement indépendante en tant que structures à armature métallique (dès p. 22).

Je vous souhaite une lecture inspirante!
Isabel Gutzwiller

Un modèle de réussite pour une école-atelier

Maitre de l'ouvrage

Direction de la construction et de l'environnement
du Canton de Bâle-Campagne

Ingénieurs structure

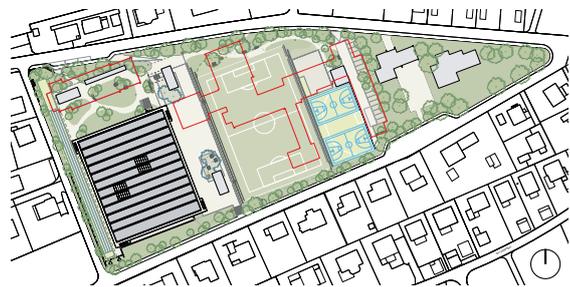
Schnetzer Puskas Ingenieure

Architectes

Thomas Fischer Architekt

Achèvement des travaux

2021



Situation, échelle 1:4000.

Sans la façade en verre à travers laquelle scintille la charpente métallique blanche, nul ne soupçonnerait la puissante structure porteuse qui se cache dans le bâtiment compact de l'école secondaire de Laufon. Ce n'est qu'à l'intérieur que se dévoilent les possibilités conçues ici par la structure d'acier.

À première vue, vous pourriez penser que vous regardez un bâtiment industriel moderne. Cependant, la toiture à sheds et la façade typique en aluminium ondulé n'abritent aucune machine, mais quelque chose de plus important: la prochaine génération d'opérateurs de machines, c'est-à-dire des élèves. Le bâtiment très compact de cette école-atelier, l'école secondaire de Laufon, est un modèle de réussite. Avec son principe constructif, le cabinet

Le treillis métallique haut de deux étages porte la toiture en sheds et la dalle de la salle de sport et de l'auditorium. Il dessine également le plan des murs des espaces pédagogiques.

Thomas Fischer Architecte a déjà remporté plusieurs concours, comme celui de l'école Krämeracker à Uster (concours 2008) ou le complexe scolaire Neuhegi à Winterthur (concours 2012) réalisé en 2018.

Une petite parcelle ? Ne désespérez pas

Pour ces bâtiments scolaires, il était essentiel de n'occuper qu'une faible emprise au sol. Après tout, les écoles se situent dans des zones où l'espace n'est



ni bon marché ni abondant. L'école de Laufon a été construite en remplacement des bâtiments existants, datant de 1965 et de 1972, l'enseignement dans ce dernier s'étant maintenu pendant la phase de construction sans mesures provisoires. Le nouveau bâtiment ne disposait donc que d'une petite emprise sur la parcelle scolaire de 13065 m². Il est conçu pour abriter 18 classes et a désormais une emprise au sol de 2635 m² pour un volume bâti de 20338 m³. Pour atteindre la surface utile requise et sa surface de planchers de 8421 m², les architectes ont superposé les différents usages les uns sur les autres. Les locaux présentant un intérêt pour le public, comme les salles de sport ou les salles polyvalentes, sont facilement accessibles au rez-de-chaussée ou au sous-sol. Ainsi, leur usage est simple, même après la fin des cours. Au-dessus, on trouve les espaces d'apprentissage. Pour assurer un bon éclairage à l'intérieur du bâtiment, ceux-ci sont couverts de toits à sheds. Les bandes de lumière orientées au nord dans ces toits créent une atmosphère de studio ou d'atelier.

Le bâtiment est situé dans le coin sud-ouest de la parcelle scolaire, libérant ainsi les vastes zones sur lesquelles se trouvaient les bâtiments existants. Le côté nord du nouveau bâtiment comporte des connexions d'attente à boulons. Elles permettront au besoin de tripler la taille du bâtiment et d'atteindre 27 classes.

Un système statique haut comme deux étages

La disposition des pièces les unes sur les autres entraîne un problème d'ingénierie classique : en dessous, un hall qui s'étend sur près de 30 m, et au-dessus, des charges générées par l'usage intensif des salles de classe. Pour éviter des poutres trop volumineuses, les concepteurs ont résolu ce problème avec des poutres à treillis en acier – et quelles poutres ! Les cinq poutres à treillis enjambant la salle de sport double et l'auditorium sont hautes de deux étages (5946 mm) et constituent en même temps les plans des murs portant les ouvertures de la toiture à sheds. Leur fonction porteuse de la dalle de la salle de sport et support du plancher élevé du deuxième étage n'attire pas nécessairement l'attention au premier regard. La grande hauteur structurale des éléments en treillis a permis de réduire les sections transversales nécessaires. Les membrures supérieures de ces grandes poutres sont des profilés HEB 400, et les diagonales utilisent des profilés HEA 200, HEA 300 et HEB 300. Pour des raisons de statique et de protection contre la corrosion, les faces latérales des profilés sont soudées de manière étanche au gaz avec des tôles d'acier d'une épaisseur de 15 ou 10 mm. La soudure réduit également la

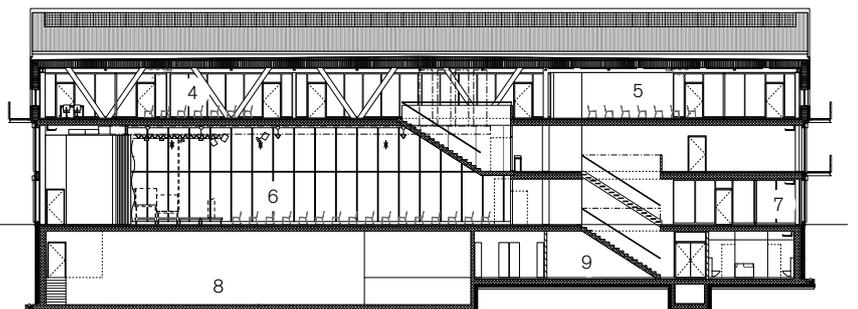
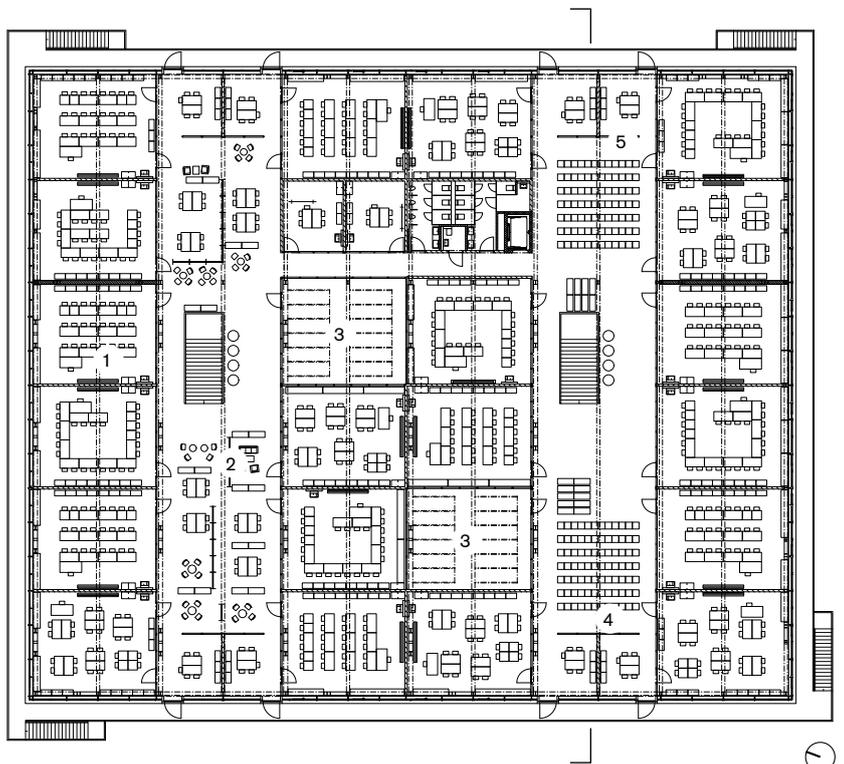


En haut : l'école secondaire de Laufon vue depuis le nord-ouest. Les bandes de lumière orientées au nord de la toiture en sheds créent une atmosphère d'atelier dans les espaces pédagogiques qu'elle recouvre. Le gymnase se trouve derrière la façade vitrée du coin nord-ouest.

En bas : plan du deuxième étage qui accueille les espaces pédagogiques, échelle 1:550.

Tout en bas : coupe transversale comprenant l'auditorium et l'entrée, les espaces pédagogiques à l'étage, les locaux techniques et l'espace sportif en sous-sol, échelle 1:450.

- 1 Salle de classe
- 2 Espace pédagogie
- 3 Jardin d'hiver, praticable
- 4 Espaces pédagogiques ouverts
- 5 Espace Petits groupes
- 6 Auditorium polyvalent / hall de récréation
- 7 Entrée principale
- 8 Local technique
- 9 Espace sportif

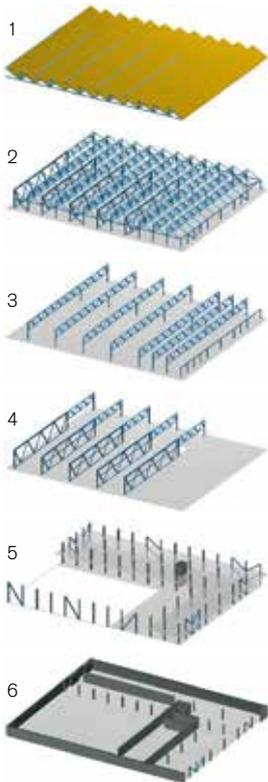




Les petites poutres (à l'avant) ne portent qu'une partie du toit, celles de deux étages portent en plus la dalle du gymnase et de l'auditorium.

Axonométrie éclatée de la structure porteuse vue de dessus (vue depuis le sud-ouest) :

- 1 Toiture en sheds (plan de la toiture)
- 2 2^e étage avec poteaux, poutres à treillis grandes et petites, pannes de toiture et raidisseurs en acier
- 3 Représentation séparée des petites poutres à treillis qui portent seulement une partie de la toiture
- 4 Représentation séparée des grandes poutres à treillis qui enjambent le gymnase et l'auditorium et portent une partie de la toiture
- 5 Rez-de-chaussée et 1^{er} étage avec poteaux, contreventements et dalle en béton
- 6 Sous-sol avec murs extérieurs, murs intérieurs, piliers et contreventements



surface du revêtement coupe-feu. La membrure inférieure est formée par des poutres avec profilés HEM 180 coulés dans le béton de la dalle de la salle de sport. Des goujons connecteurs soudés à l'âme assurent la liaison nécessaire. Les traverses en profil creux carré (RRW 200 × 200) installées entre les diagonales ressortent particulièrement. C'est sur celles-ci que reposent le point bas de la toiture en sheds. Selon l'architecte Thomas Fischer, l'idée statique de la poutrelle métallique haute comme une pièce enjambant les espaces publics est la réponse à un problème d'urbanisme et à la question typologique associée. La structure porteuse, élégamment intégrée à l'école de Laufon, permet donc de mettre en œuvre le programme comme une école pavillonnaire « entre le gymnase et le ciel ». Les espaces pédagogiques au deuxième étage sous la toiture en sheds mesurent 45 × 57 m.

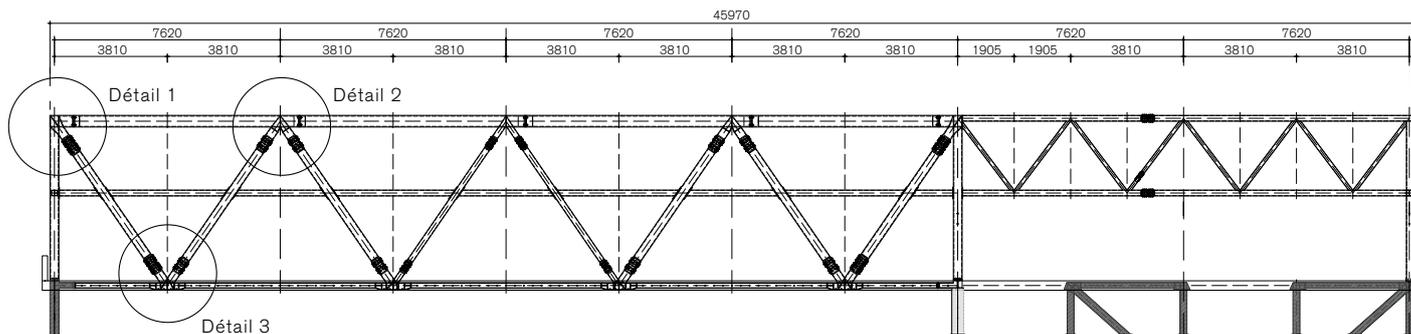
Étages supérieurs sous la toiture en sheds

Comme les grandes poutres à treillis n'enjambent que la salle de sport et l'auditorium, elles sont complétées par des treillis plus petits qui ne supportent que le toit. Sur le côté sud du bâtiment, elles offrent des possibilités d'extension par des bâtiments sans poteaux pour de futurs espaces pédagogiques. Ces petites poutres n'utilisent que des profilés creux carrés. Des RRW 200 × 200 forment les membrures supérieures et inférieures, des RRW 120 × 120 8 les diagonales. Les charges de toutes les poutres à treillis sont transférées aux étages inférieurs via des poteaux. Chacun d'eux est constitué des mêmes profils que les poteaux des poutres qu'il porte, HEB 300 avec BLE 10 soudés pour les grandes poutres, RRW 200 × 200 pour les petites. Les contreventements sur les poteaux de façade en acier au premier étage et au rez-de-chaussée se chargent de raidir le plan mural. Selon la charge, ces diagonales seront des HEA 200, HEB 240 ou des HEB 300. Les poteaux s'épaississent également au fur et à mesure qu'ils s'approchent du sol : d'un HEA 240 à un HEB 300. En plus des poteaux et des contreventements, le sous-sol comporte également des panneaux muraux porteurs continus massifs. Les murs extérieurs en contact avec le sol et la dalle de sol y sont en béton étanche. Le terrain n'ayant qu'une capacité portante limitée, les charges s'exer-

çant sur les poteaux ou sur les murs sont transférées à la roche calcaire de la formation de Balsthal via des pieux forés de 12 m de long. Lors d'un tremblement de terre, les charges seraient transférées aux pieux forés via les contreventements.

La construction métallique ouvre le champ des possibles

L'absence de murs porteurs au rez-de-chaussée et aux étages supérieurs assure un large éventail d'usages futurs. Les espaces ouverts ainsi créés font 30 × 9,20 m. Selon Thomas Fischer et le bureau d'études Schnetzer Puskas, la structure en acier de l'école de Laufon est conçue comme une cage thoracique pragmatique et puissante, support d'une appropriation par l'usage et les changements d'usage permis par des contraintes systémiques modérées. Le support technique de cette appropriation n'est pas une structure hypercontrôlée et ajustée aux moindres détails d'un usage spécifique, mais une structure robuste et économique. Les poteaux en acier ne sont présents qu'au 2^e étage, c'est-à-dire dans les salles sous la toiture en sheds. En dessous se trouve une construction à ossature métallique classique avec des poteaux préfabriqués en béton et des dalles massives en béton coulé sur place. Seuls les poteaux des plans de façade sur lesquels sont fixés les contreventements sont en acier. Un revêtement coupe-feu R60 sur la structure en acier assure la sécurité en cas d'incendie. Simultanément, le concept d'évacuation d'urgence de ce bâtiment ouvre des champs à l'intérieur. Les issues de secours ne sont pas les cages d'escalier de la halle en shed : en cas d'urgence, il faut donc atteindre les balcons d'acier apposés le long du bâtiment. Les occupants se mettent ensuite en sécurité via quatre escaliers extérieurs en acier. Cela permet une flexibilité maximale à l'intérieur du bâtiment car il n'y a pas de couloirs au sens propre du terme et toute la zone peut être meublée ou utilisée. Les deux escaliers principaux à l'intérieur du bâtiment sont équipés de portes coupe-feu pour le compartimentage d'avec les étages inférieurs. Les balcons possèdent d'autres avantages : lorsque le soleil est haut, ils offrent une protection solaire pour les pièces jouxtant les fenêtres et permettent aussi l'accès pour les tâches de nettoyage et d'entretien.

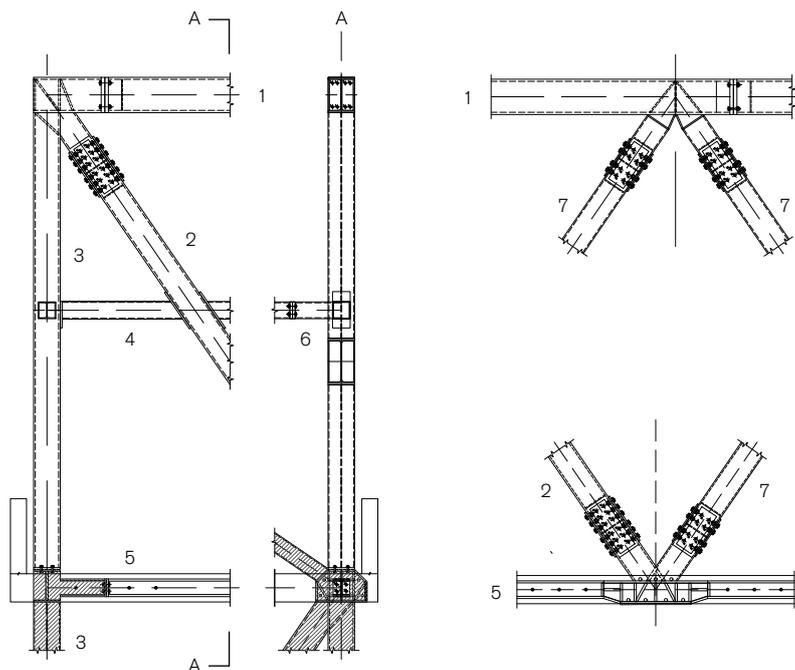


L'efficacité grâce au pré-assemblage

Alors que les planchers du bâtiment ont été coulés sur place, les poteaux en béton sont arrivés préfabriqués sur le chantier. L'efficacité s'est vraiment fait sentir avec les poutres à treillis en acier. Certaines d'entre elles ont été préfabriquées en atelier et boulonnées sur le chantier. Une fois assemblées, les grandes poutres mesurent 5,60 m de haut pour 30 m de long, tandis que les poutres de toiture elles-mêmes mesurent 2,50 m de haut. Les différentes poutres ont été assemblées par boulonnage. Tout comme la structure métallique, la toiture a été également préfabriquée. La toiture en bois a pu être assemblée rapidement avec la structure métallique. Les panneaux de toiture stabilisent les membrures supérieures des poutres en compression dans le sens horizontal. La couverture du toit est en tôle d'acier inoxydable ventilée. Les toits en pente étant orientés au sud, un système photovoltaïque a été adossé à la toiture.

Air et ombres

L'école secondaire de Laufon a une façade vitrée de 2000 m². Elle ne peut donc se passer d'une protection solaire. Des stores vénitiens extérieurs assombrissent les pièces du rez-de-chaussée et du premier étage. La ligne de fenêtre du deuxième étage est quant à elle protégée par des voilages de protection solaire externe, tandis que les lanterneaux des sheds sont dotés d'une protection solaire interne. Certains vantaux des fenêtres en bois-métal de la façade à montants et traverses s'ouvrent. L'ensemble du bâtiment est cependant équipé d'une aération douce. Le dernier point relatif à la mise en œuvre du bâtiment est moins glorieux. Après l'ouverture au printemps 2021, un litige court désormais entre l'entrepreneur général et le maître de l'ouvrage sur ce projet de 40 millions de francs. Pour ses concepteurs, ce nouveau bâtiment n'est « rien de plus qu'une première étape de reconversion dans une période dynamique où d'autres suivront ». La flexibilité de l'école secondaire de Laufon devrait les faciliter.



- Projet** École secondaire de Laufon
- Lieu** Laufon (BL)
- Maître de l'ouvrage** Direction de la construction et de l'environnement, Canton de Bâle-Campagne, représenté par le Département de la construction
- Ingénieurs structure** Schnetzer Puskas Ingenieure AG, Bâle
- Architectes** Thomas Fischer Architekt, Zurich
- Autres bureaux d'études** Confirm AG; HL-Technik AG, Schaffhausen; steigerconcept ag, Zurich; Mettler + Partner AG, Zurich; Koepflipartner, Lucerne; Steiner AG, Bâle
- Entrepreneur construction en acier** H. Wetter AG, Hallen, Stahl- + Metallbau
- Type de construction** Construction hybride: béton armé, construction métallique, bois
- Système porteur** Poutres à treillis pour la toiture et les portées au-dessus du gymnase, contreventements pour rigidifier le bâtiment
- Préfabrication et montage** Préfabrication partielle de la construction métallique, assemblages boulonnés sur site
- Nuances d'acier** S355J0
- Poids** 275 t
- SP brute** 8387 m²
- Surface utile** 6155 m²
- Dimensions** 47 m x 55 m
- Volume** 38 701 m³
- Coût global** 41 millions CHF
- Durée du chantier** 2017 à 2021
- Protection incendie et protection des surfaces** Peinture anti-feu R60
- Efficacité énergétique / Durabilité** Pas de certification, standard Minergie-P-Eco Standard ciblé

Tout en haut: vue d'une grande poutre à treillis qui enjambe le gymnase. La petite poutre latérale ne porte que la toiture. Échelle 1:85.

En haut: détails d'une grande poutre à treillis. Détail 1: liaison diagonale à montant de rive. Détail 2: liaison diagonale à membrure supérieure. Détail 3: liaison diagonale à membrure inférieure. Échelle 1:30.

- 1 HEB 400 + BLE 15 (étanche à la vapeur)
- 2 HEB 300 + BLE 10 (étanche à la vapeur)
- 3 HEB 300 + BLE 10 (étanche à la vapeur)
- 4 RRW 200 x 200-10
- 5 HEM 180 avec goujons connecteurs soudés à l'âme
- 6 HEA 200 + BLE 10
- 7 HEA 300 + BLE 10 (étanche à la vapeur)

