

02/19 steeldoc

Réemploi
de l'acier



Faire avec ce qui existe

Maître d'ouvrage

Caisse de pension Fondation Abendrot, Bâle

Architectes

baubüro in situ AG, Zurich

Ingénieurs (structure)

Oberli Ingenieurbüro AG, Winterthour

Achèvement

2020



Situation, échelle 1:3500.

Le cabinet d'architectes in situ et la Fondation Abendrot ont pris à bras le corps la difficile question de l'évitement des déchets de construction. Dans un projet pilote qui fait l'objet d'un suivi scientifique, les architectes travaillent à la conception du premier bâtiment de grande ampleur qui utilisera principalement des composants issus de la démolition d'autres bâtiments. Le projet est en passe d'aborder la phase concrète de la réalisation.

Les matériaux utilisés pour la réfection et la surélévation d'un bâtiment situé sur la Lagerplatz à Winterthour, sont à 80% des matériaux de réemploi. Aux matériaux de qualité issus de la déconstruction ou de la transformation de bâtiments situés dans le voisinage ou dans la proche région s'ajoutent, en quantités importantes, des sous-produits de la construction et de l'agriculture, comme la terre et la paille, caractérisés par une faible énergie grise. Pour le maître d'ouvrage propriétaire du site, la caisse de pension Fondation Abendrot, tout comme pour le cabinet d'architectes in situ, le bâtiment, qui abritera des locaux d'activité et des ateliers d'artistes, constitue un projet pilote permettant d'étudier le réemploi d'éléments de construction et son effet sur le processus de construction. Ceci fait l'objet d'un projet de recherche et d'enseignement de l'Institut Konstruktives Entwerfen, de la Haute école spécialisée de Winterthour (ZHAW), ainsi que d'une étude de cas menée par des étudiants en sciences de l'environnement de l'École polytechnique fédérale de Zurich (ETHZ). Les étudiants de la ZHAW s'intéressent aux stratégies constructives dans le cas du réemploi, tandis qu'à l'ETHZ ont été étudiés les aspects environnementaux – déchets, ressources, durée de vie, etc. – et juridiques ainsi que les méthodes. Ont été également étudiées les stratégies à adopter pour rendre plus acceptable le fait de « construire des maisons à partir de maisons », pour reprendre le titre de l'étude. L'ensemble du processus de conception et de construction est par ailleurs documenté et fera l'objet d'une évaluation, conjointement avec la ZHAW et avec le soutien de l'Office fédéral de l'environnement.

Maintenir le caractère du site

La fondation Abendrot a fait l'acquisition du site du Lagerplatz en 2010. Son objectif était de le réhabiliter et de le revaloriser progressivement, en collaboration avec

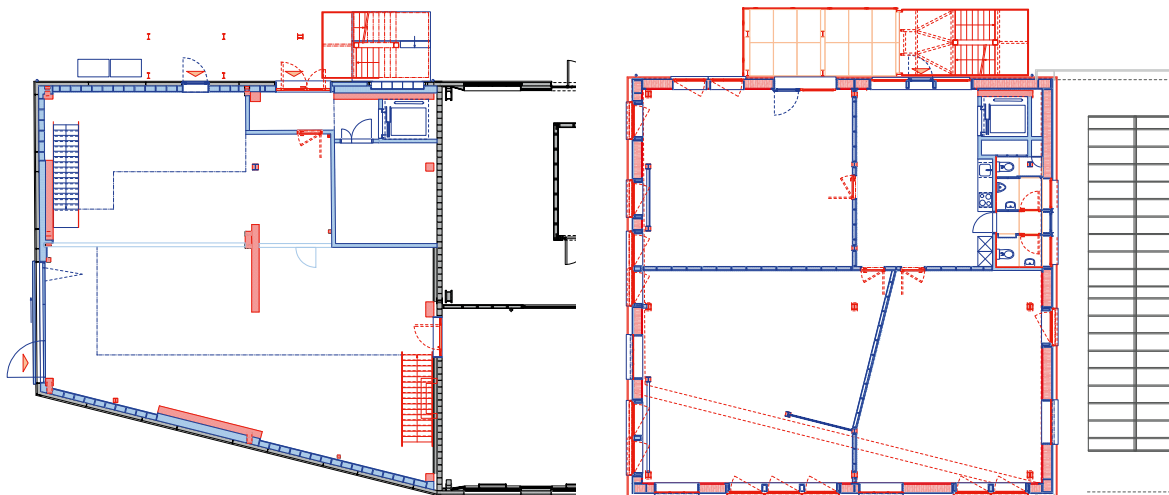
les locataires existants, issus de différents secteurs culturels et de l'artisanat. La fondation attache une grande importance au développement durable, aux modes de construction écologiques, économes en ressources et en énergie, ainsi qu'à la préservation du caractère de cet ancien site industriel. En confiant la tâche au cabinet d'architectes in situ, la fondation a choisi une structure qui a ses racines à Bâle, qui est aussi implan-

Image de synthèse de la surélévation. Pour reprendre la nouvelle construction, le bâtiment existant doit être renforcé.



Vue en plan du rez-de-chaussée et du 4^e étage, échelle 1:300. Situation en mars 2019.

- Existant
- Nouveau, déjà défini/ disponible
- Nouveau, non encore disponible / défini

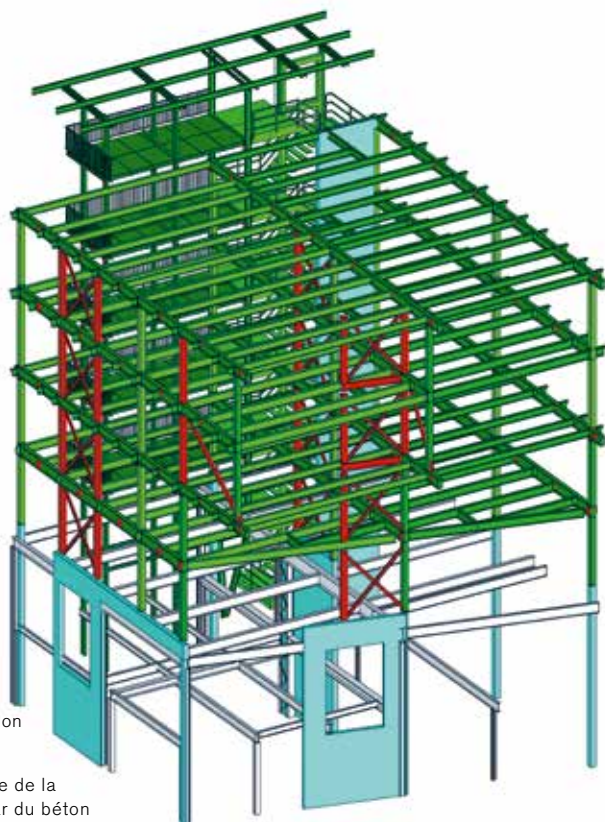


Axonométrie de la structure métallique, situation en janvier 2019. Compte tenu de l'utilisation prévue, la charpente « trouvée » ne satisfait pas aux exigences de la statique. Pour augmenter la capacité portante, on divise par conséquent par deux l'espacement entre poutres secondaires en introduisant des profilés complémentaires, également récupérés. Des poteaux supplémentaires diminuent les portées des poutres et des croix de Saint-André assurent le contreventement.

tée à Zurich, et qui est investie dans toute la Suisse dans les questions des usages intermédiaires, de la transformation de sites et de la construction participative. Le cabinet in situ s'est intéressé à la question du réemploi de matériaux de construction à l'occasion de divers projets, passés ou présents : en 2016, sur le site de Binz, à Zurich, les architectes ont réalisé des ateliers pour des artisans et des acteurs de la culture. Ils les ont logés dans les bâtiments existants qu'ils ont réhabilités, ainsi que dans des bâtiments neufs. Ces derniers ont été réalisés en partie avec des matériaux trouvés sur place. Les façades ont été habillées de tôles de couverture provenant de la déconstruction de l'ancien abri à poids-lourds du site, tout comme les poutrelles métalliques et

les poteaux en bois, qui ont changé de fonction et sont devenus des fondations et des bancs. Sur le site de Lysbüchel à Bâle, des chevrons et des pannes de récupération sont en cours de réutilisation. Par ailleurs, 200 fenêtres ont été sauvées d'une mise en décharge et intégrées dans la nouvelle façade; elles proviennent d'une douzaine de fabricants de fenêtres et possédaient des défauts de dimensions et de couleur.

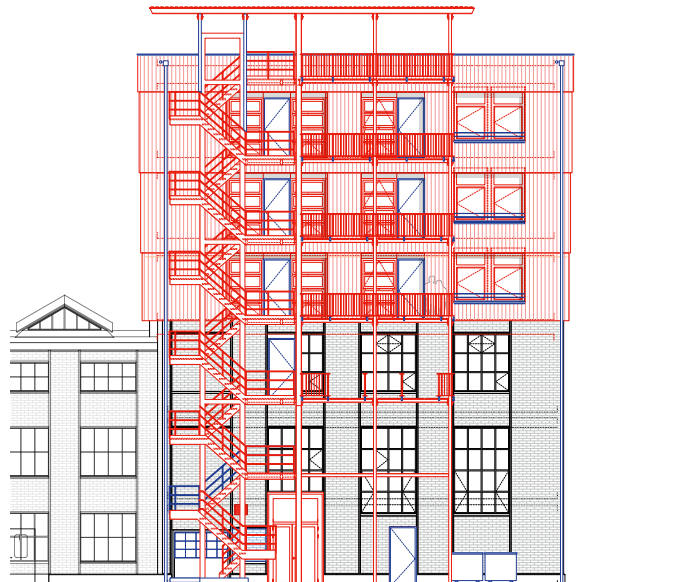
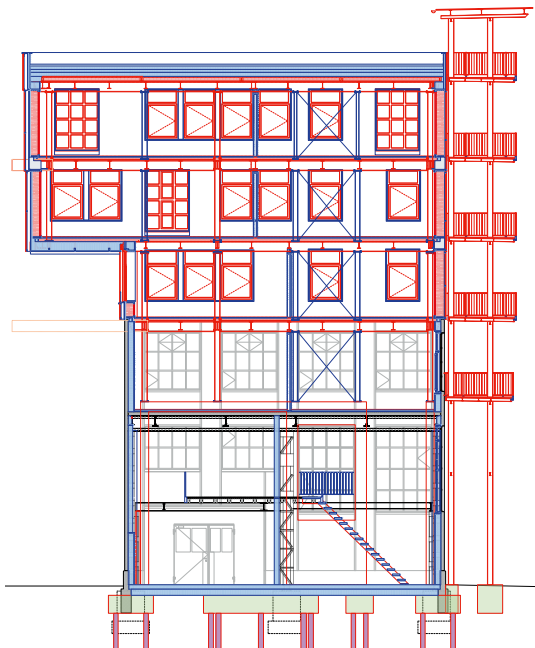
Dans la recherche de matériaux réemployables pour le projet du Lagerplatz à Winterthour, un autre bâtiment du site bâlois a attiré l'attention des « traqueurs » de composants de construction du cabinet : la centrale de distribution Coop, à peine 15 ans d'âge, inutilisée et vouée à la démolition. Sa charpente métallique était constituée d'IPE et d'HEA, avec des poutres secondaires sur appuis simples entre les poutres principales, fixées au moyen de goussets soudés. Selon les niveaux, les poutres principales, assemblées aux poteaux, se présentaient sous forme de poutres simples ou de poutres continues sur deux travées, avec des liaisons boulonnées formant articulations. Seuls les goussets, fonctionnant comme des éclisses, étaient soudés. Le démontage et le remontage étaient donc possibles sans nécessiter ni meule à disque ni chalumeau. L'ingénieur sollicité à ce propos, Urs Oberli, devait par ailleurs confirmer que même les poteaux, filants sur deux étages, pouvaient être récupérés. Les quelque 60 t d'acier ainsi collectées devaient dès lors déterminer le mode de construction de la surélévation de la Halle 118.



- Réutilisé sans modifications
- Réutilisé avec modifications
- Provenance des éléments de construction pas encore définie
- Renforcement statique de la structure existante par du béton

Surélever l'existant

Le bâtiment existant est un bâtiment de deux niveaux, sans sous-sol, qui a été ajouté à l'avant de la Halle 118 en 1915. Le rez-de-chaussée est particulièrement haut sous plafond. Il avait été complété par une mezzanine. Accessible de plain-pied, il pourra être utilisé comme atelier de production et être exploité indépendamment des autres niveaux. Au premier étage existant, et dans les trois niveaux supplémentaires qui viendront coiffer le bâtiment, seront proposés des studios d'artistes et des locaux d'activité, dans la logique existante du site, avec



un niveau d'équipement standard, qui ne préjugera pas de leur utilisation finale. Les locaux pourront être utilisés en commun ou individuellement. Un balcon filant, donnant sur l'escalier extérieur – un escalier de réemploi lui aussi –, permet, à chacun des niveaux, d'accéder au local commun, avec cuisine. Les locaux sanitaires, avec les colonnes montantes et l'ascenseur, y forment une colonne vertébrale, tant en termes de volumes que de statique. L'escalier métallique extérieur provient de l'immeuble de bureaux Orion à Zurich (28 ans, 12,7 t d'acier galvanisé) et peut être intégré au projet sans autre adaptation que l'ajout d'une marche. Les éléments en acier des balcons proviennent de l'entrepôt de grande hauteur de Zellweger Textilmaschinen à Uster.

La façade de l'existant est constituée de portiques métalliques avec remplissage en briques, une solution emblématique du site. Les murs extérieurs seront isolés par l'intérieur. De même, les fenêtres seront doublées à l'intérieur par un vitrage isolant. Pour ce qui concerne la façade de la surélévation, le principe de conception a été totalement renversé. Les composants disponibles, trouvés par les «traqueurs» et les «récupérateurs» du cabinet, forment le point de départ, tant pour la conception architecturale que pour la définition des solutions constructives. Ce sont eux qui déterminent le projet. Les plaques de tôle profilées du bardage aluminium, de couleur rouge orangé, qui donneront au bâtiment son identité, proviennent de l'imprimerie Ziegler à Winterthur. Idem pour une partie des fenêtres isolantes en aluminium. Les autres fenêtres proviennent du site Sulzer à Winterthur et de l'immeuble de bureaux Orion à Zurich. En raison de leurs tailles et formes différentes, les fenêtres sont alignées en haut de chaque étage, marqué horizontalement par un décrochement, chaque niveau gagnant à chaque fois légèrement en surface. Cette disposition permet d'intégrer la protection solaire. Les fenêtres situées dans des champs légèrement en retrait habillées comme la nouvelle façade.

Les fenêtres reprennent les proportions de la façade existante, une manière de créer un lien, par les formes, avec l'architecture de l'existant.

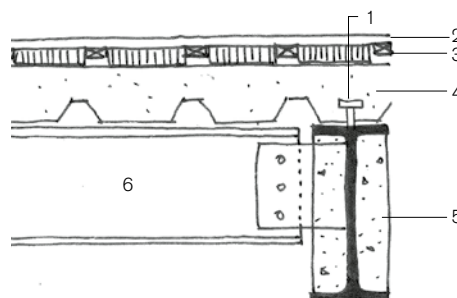
Tout comme les dalles de pierre provenant d'une façade ou les lames de bois pour les revêtements de sol, les éléments réutilisés pour les équipements techniques – tuyaux, goulottes, ventilation mécanique contrôlée, radiateurs tubulaires et même l'installation photovoltaïque – font également partie de ce «bricolage» érigé en principe de conception, et seront complétés par des matériaux écologiques neufs: les murs de façade de la surélévation, avec leur bardage ventilé en tôles d'acier profilées de récupération, seront constitués d'une ossature en bois. Ceux-ci seront isolés à l'intérieur par de la paille recouverte d'un enduit de terre. Les cloisons seront réalisées en partie en maçonnerie de briques silico-calcaires et en terre, mais il s'agira principalement de cloisons démontables à ossature bois.

La structure prime

Les plans de la charpente réutilisée existaient en partie, mais ils étaient incomplets; il manquait par exemple les nuances d'acier. Les architectes ont réalisé un inventaire des différents composants disponibles et ont établi une base de données des matériaux, ce qui a permis aux ingénieurs de travailler. Mais, là aussi, le processus

En haut à gauche: coupe, échelle 1:300.

En haut à droite: élévation, échelle 1:300.



- Constitution des planchers du 2^e au 4^e étage: construction mixte acier-béton.
- 1 Connecteur
 - 2 Chape en terre crue, 4 cm
 - 3 Isolant Isover PS 81, 2 cm (isolation aux bruits de choc)
 - 4 Dalle béton mixte sur plaques de tôle profilées SP 41 / 193.5, 11 cm
 - 5 Structure: IPE 400, béton entre semelles, 400 mm
 - 6 Structure secondaire: poutre en acier IPE 270 non protégée

de conception s'est trouvé inversé. Une manière de faire consistant en quelque sorte à «mettre la charrue avant les bœufs», comme l'explique Urs Oberli. D'habitude, en effet, on conçoit une structure porteuse qui, normalement, conforte le parti architectural souhaité, puis on effectue un prédimensionnement des éléments porteurs, que l'on complète ensuite par le dimensionnement définitif, avant de procéder aux justifications à l'état limite ultime et à l'état limite de service. Dans le cas présent, la structure porteuse et tous les détails constructifs étant imposés d'entrée de jeu, les ingénieurs commencent au contraire par les justifications. Si elles ne sont pas satisfaites, ils s'interrogent sur la capacité de la charpente à reprendre les descentes de charges, sur la nécessité de renforcer celle-ci, de modifier le système statique, ou, éventuellement, d'adapter l'usage du bâtiment.

Ici, l'analyse a montré que la structure porteuse était insuffisante pour l'usage prévu et qu'elle ne satisfaisait pas aux exigences statiques ou de sécurité incendie. Le précieux «butin» pourra néanmoins être utilisé, moyennant une adaptation fine au nouvel usage et aux nouvelles contraintes. Afin d'augmenter la capacité portante, l'écartement entre poutres secondaires est ainsi divisé par deux. Le nombre de profilés disponibles étant suffisant – seule une partie de l'existant est utilisée –, le nombre de poutres est doublé, ce qui permet une réduction notable des sollicitations. Pour la capacité portante des poutres principales, la solution consiste à réduire leur portée par l'utilisation de poteaux intermédiaires.



60 tonnes d'IPE et d'HEA proviennent de la charpente de la centrale de distribution Coop de Lysbüchel à Bâle. Elles ont été stockées en attendant leur réemploi à Winterthour.

Ceux-ci, logés dans les murs, ne perturbent pas l'organisation spatiale des locaux. Par ailleurs, les planchers sont de type mixte, acier-béton, ce qui correspond à une utilisation optimale des matériaux : l'acier en traction et le béton en compression. Les goujons assurant la liaison sont soudés au pistolet. Le coffrage perdu, sans fonction statique, fait lui aussi partie des précieuses trouvailles de l'équipe : il s'agit d'anciennes tôles de façade. Le comportement des planchers en cas d'incendie est de type «membrane», ce qui permet de se passer d'un revêtement pour la protection incendie : la structure métallique peut rester apparente et l'épaisseur des planchers est faible, 14 cm seulement pour des portées allant jusqu'à 9,0 m. Enfin, ce système porteur permet de se passer d'un revêtement en plaques de plâtre pour la protection incendie, et la structure métallique peut rester apparente. Le contreventement assure par ailleurs la reprise des efforts horizontaux, des efforts sismiques ou des charges dues au vent. Dans son emplacement initial, la structure porteuse pouvait s'appuyer sur un bâtiment adossé. Dans le cas présent, elle est indépendante et doit assurer sa propre stabilité. Certaines des travées comportent par conséquent des croix de Saint-André entre poteaux, principalement dans les murs, mais le contreventement peut également rester apparent pour montrer le cheminement des efforts dans l'espace.

Conjuguer le neuf et l'ancien

La tête de la Halle 118, qui forme le soubassement de la future surélévation, s'est avéré ne pas être en capacité de reprendre les charges de quatre planchers supplémentaires. Fondations et poteaux en treillis rivetés seront par conséquent renforcés, les fondations au moyen de micro-pieux, les poteaux au moyen d'un noyau en béton armé. La présence du noyau en béton fait par ailleurs que les poteaux métalliques satisfont aux exigences de sécurité incendie sans que leur aspect général ne soit en rien altéré. Pour satisfaire aux exigences de résistance au feu des poutrelles métalliques rivetées du plancher existant au-dessus du rez-de-chaussée, celles-ci seront revêtues d'une peinture intumescente. Ces mesures de renforcement ne suffisant toutefois pas à assurer la descente des charges, de nouveaux éléments porteurs verticaux sont nécessaires : des voiles en béton apparent, à base de granulats de béton recyclé, viennent par ailleurs ajouter une touche contemporaine sans concurrencer pour autant les fins poteaux en treillis. Au contraire, ils donnent à voir une interaction réussie entre le neuf et l'ancien.

Penser global : statique, écologie, esthétique

L'intérêt de ce projet et de ce mode de conception tient à son approche globale : l'ensemble du cycle de vie est pris en compte, y compris le réemploi après une première utilisation. Le recyclage direct des matériaux,



800 m² de bardage aluminium sont « récoltés » sur le bâtiment de Zieglerdruck à Winterthour. Utilisés pour les façades de la surélévation, ils s'intégreront parfaitement à la palette colorée du site industriel du Lagerplatz, caractérisée par ses tons rouges.

réutilisés avec un maximum d'efficacité, avec leurs qualités et leurs caractéristiques initiales, est au cœur de la démarche. On comprend aisément qu'il faille assurer, partout où cela est possible, la réversibilité d'usage des composants et faciliter le réemploi de manière à n'obérer en rien une réutilisation future. Cela suppose une architecture qui pense d'abord « assemblages », avec des détails conçus avec soin. Cela suppose également une structure porteuse adaptée. C'est tout particulièrement le cas des charpentes métalliques qui peuvent être réutilisées, moyennant des adaptations le cas échéant. Mais ce n'est malheureusement pas toujours faisable : la liaison des poutrelles métalliques avec les planchers en béton, souhaitable pour des raisons statiques et de sécurité incendie, rend la séparation ultérieure difficile. Alors que le système porteur était parfaitement réversible à l'origine, sa réversibilité se trouve désormais bridée. Un bémol qui montre l'importance de bien penser la structure porteuse pour qu'elle puisse être démontée et réemployée par la suite.

Finalement, les acteurs qui participent à la réalisation d'un bâtiment recyclent non seulement des éléments de construction mais aussi la conception dont ils sont le fruit. De tels projets deviennent pertinents sur toute la ligne, et aussi économiquement rentables, si et seulement si trois conditions sont réunies : si, dans la conception, on intègre non seulement les profilés métalliques que l'on récupère mais aussi la logique constructive qui a présidé à leur utilisation ; si, par ailleurs, les adaptations nécessaires de la structure porteuse sont limitées ; enfin, si le principe du bâtiment existant sur lequel on vient se greffer est préservé. C'est idéalement vers cet objectif qu'il convient de s'approcher au maximum.

Mais des objectifs intermédiaires sont également pertinents. Les matériaux disponibles à un moment donné échappent à tout déterminisme. Dans tous les cas, ils ont un impact sur le bâtiment, dont la forme et l'expression ne se concrétisent et ne deviennent visibles

qu'au fur et à mesure de l'avancement du projet. Cette inversion du processus de conception architecturale et d'élaboration du projet exige de toutes les parties prenantes une grande souplesse, une créativité débridée et une collaboration particulièrement étroite et intense, qui a aussi un coût. L'architecture n'est pas pour autant condamnée à pâtir de ces contraintes. Au contraire, cela peut conduire à un bâtiment particulièrement expressif et attrayant, un bâtiment enrichi de la patine et de l'histoire enregistrée par les composants de réemploi. Nous pourrions, espérons-le, nous en convaincre avec la surélévation de la Halle 118. En tout cas, toutes les conditions sont réunies pour cela.

Projet Surélévation d'une partie de la Halle 118

Lieu Lagerplatz Winterthour

Maître d'ouvrage Caisse de pension Fondation Abendrot, Bâle

Architectes baubüro in situ AG, Zurich

Ingénieurs Oberli Ingenieurbüro AG, Winterthour

Entreprise de construction métallique, conseil pendant la phase de conception H. Wetter AG Stahlbau, Stetten

Principe de construction Construction métallique, construction mixte acier-béton

Nuances d'acier Structure primaire de la surélévation : S 235 profilés complémentaires / coursive / escalier : S 235

Existant : acier de construction – année de construction

1913 –, analyses en cours

Tonnage Structure principale sans adaptations ou adaptations mineures : 54,9 t

Profilés complémentaires : 4,6 t

Coursive : 5,4 t

Escalier : 11,7 t

Système porteur Construction à ossature, avec croix de Saint-André

Surface bâtie 230 m²

Surface de plancher 531 m²

Surface utile principale 1265 m²

Volume SIA 416 5800 m³

Usage Ateliers (artisans, artistes)

Réalisation Été 2019 – été 2020

Achèvement Été 2020

Protection incendie et protection anticorrosion

Existant : peinture pour les poutres

Poteaux en treillis : noyau en béton

Structure principale de la surélévation

Planchers : effet de membrane selon SZS C1 (2012)

Poteaux : poteaux avec béton entre semelles selon SZS C1 (2012)

Impressum

steeldoc 02/19, juin 2019

Réemploi de l'acier

Editeur :

SZS Centre suisse de la construction métallique, Zurich
Patric Fischli-Boson, Isabel Gutzwiller

Rédaction et textes :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich

Direction de projet : Franziska Quandt, Philippe Morel,
Judith Solt

Isabel Gutzwiller, Patric Fischli Boson, pp. 4–13

Texte original : Evelyn C. Frisch, Martina Helzel ;

révision : Franziska Quandt, pp. 14–15

Franziska Quandt und

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 16–18

Isabel Gutzwiller und

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 19–23

Franziska Quandt, pp. 24–25

Cornelia Froidevaux, pp. 26–30

Secrétaire de rédaction : Philippe Morel

Traduction allemand–français :

Chantal Pradines, Michel Crisinel

Textes basés sur les informations des concepteurs.

Les informations et les plans ont été fournis par
les bureaux d'études.

Mise en page :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich

Katrin Köller, Valérie Bovay, Anna-Lena Walther

Photos :

En couverture : cepezed / Lucas van der Wee

Editorial : Tierwelt, n° 14, 4 avril 2008

p. 4 : keystone

p. 5 : World Steel Association

p. 6 : Filip Dujardin, Marcus Schwier

p. 7 : keystone, V&A, Marcus Schwier

p. 8 : Karola van Rooyen / Superuse Studios

p. 9 : Arup Associates

p. 11 : baubüro in situ

p. 12 : Schneider Studer Primas Architekten,
Keystone / Andrea Helbling

p. 14 : ÖNB / Hilscher, Wolfgang Thaler

p. 15 : Stummvoll, Josef / ÖNB-Bildarchiv / picturedesk.com

p. 16 : Heinrich Helfenstein, Zürich

pp. 17–18 : Katalin Deér / Flury + Furrer Architekten

pp. 19–23 : baubüro in situ

p. 24 : Monteyne Architecture Works Inc.

pp. 27–28 : cepezed / Lucas van der Wee

p. 29 : Léon van Woerkom

Conception graphique :

Gabriele Fackler, Reflexivity SA, Zurich

Impression :

Stämpfli SA, Berne

ISSN 1662-2367

Abonnement annuel CHF 60.– / étranger CHF 90.–

Numéros isolés CHF 18.– / numéros doubles CHF 30.–

Sous réserve de changement de prix.

A commander sur www.szs.ch/steeldoc

Construire en acier/steeldoc® est la documentation d'architecture 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 renseignements techniques du SZS gratuitement.

Toute publication des ouvrages implique l'accord des architectes, le droit d'auteur des photos est réservé aux photographes. La reproduction et la traduction, même partielles, de cette édition ne sont possibles qu'avec l'autorisation écrite de l'éditeur et l'indication de la source.

Abonnement annuel à steeldoc pour CHF 60.–

(gratuit pour les étudiants) sur www.szs.ch/steeldoc