

02/19 steeldoc

Réemploi
de l'acier



Réemploi d'éléments de construction en acier

Isabel Gutzwiller, architecte ETH SIA

Dans une économie circulaire de la construction, le réemploi des matériaux et éléments constitue un enjeu important. Aujourd'hui, on démolit des bâtiments dont les composants sont loin d'avoir atteint leur fin de vie, et des éléments de construction intacts finissent au recyclage ou en décharge. Dans la mesure du possible, il serait préférable de réutiliser directement ces précieuses ressources plutôt que de les soumettre à un processus de recyclage lourd et coûteux. La construction métallique se prête idéalement à cette façon de faire.

Le secteur de la construction va se trouver confronté à de nombreux défis. Les plus urgents se nomment réduction des émissions de CO₂, prise en compte de la raréfaction des ressources et réduction des déchets. Les relever passera nécessairement par une économie circulaire, dans laquelle la production de déchets est nulle, la quantité de matière consommée réduite et le réemploi ou le recyclage en boucle ouverte encouragés. L'acier occupe une place importante dans ce processus. L'abondance de son emploi, d'une part, fait qu'une utilisation avisée de cette précieuse matière première a des répercussions étendues. Les spécificités du matériau, d'autre part, en font un candidat idéal pour occuper une place non négligeable dans une économie circulaire et durable de la construction. En effet, la construction métallique est basée sur la rationalité et la modularité, et le matériau acier permet par ailleurs de grandes portées et une finesse des éléments porteurs, gages d'une plus faible consommation

de ressources, par comparaison avec d'autres matériaux. La construction métallique fait un large usage d'assemblages démontables. La déconstruction procède alors simplement dans l'ordre inverse du montage. Lorsque ce n'est pas le cas, en présence de rivets ou de soudures par exemple, la destruction des assemblages qu'implique la démolition ne s'oppose pas au recyclage puisqu'il s'agit des mêmes matériaux. Mais bien évidemment, l'avenir est aux assemblages conçus pour être démontés (voir Design for Disassembly, p. 26).

Le circuit¹

Une économie circulaire repose sur le fait que les ressources restent dans le circuit aussi longtemps que possible. On distingue quatre mécanismes qui permettent d'y parvenir. Dans le domaine de la construction métallique, cela se traduit de la manière suivante :

Sur la plate-forme de recyclage, les métaux sont triés et transformés.



«Reduce» ou la réduction : au cours des dernières décennies, la production d'acier s'est accompagnée d'importantes économies de matière première et d'énergie, grâce à des investissements dans la recherche et la technologie. Aujourd'hui, le développement d'aciers à haute résistance joue un rôle important : à capacité portante et fonctionnalité égales, la quantité d'acier nécessaire est moindre. On économise ainsi de la matière et on réduit le poids, ce qui a également des effets positifs sur le transport et le processus de construction.

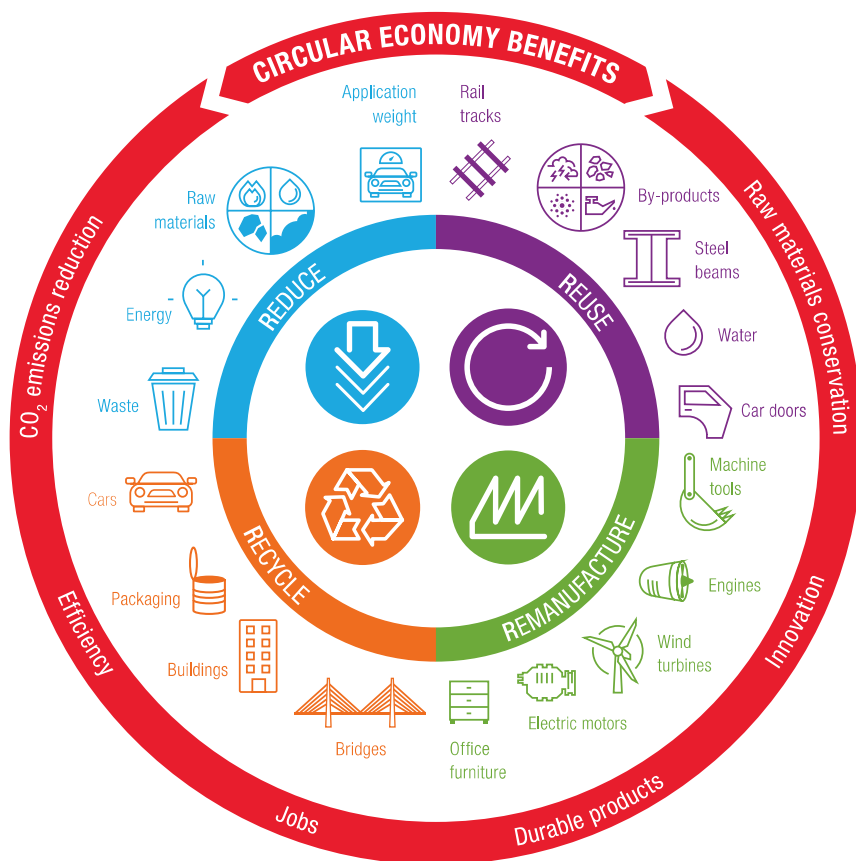
«Remanufacture» ou la réparation : désigne le processus par lequel on rend de nouveau utilisable un produit qui est cassé ou qui a fait son temps, soit en réparant des composants, soit en les remplaçant, ou encore travaillant leur aspect, de manière à les remettre «à neuf». Cela suppose que le produit ait une durée de vie longue et qu'il puisse être démonté, deux qualités inhérentes aux produits en acier. Dans le domaine de la construction, ceci concerne surtout les appareils et les éléments d'équipement, et joue donc un rôle de second plan.

«Recycling» ou le recyclage : un processus qui fonctionne déjà presque à la perfection dans la sidérurgie. La production d'acier neuf ayant d'importantes incidences négatives sur l'environnement et nécessitant une consommation d'énergie élevée, le recyclage est depuis assez longtemps déjà une composante bien établie de la sidérurgie. L'acier fait partie des matériaux les plus recyclés. Les éléments en acier utilisés dans le bâtiment sont constitués en grande partie de chutes de production et de ferrailles de récupération. En principe, l'acier peut être fondu et coulé à l'infini sans perdre de sa qualité. Il peut aussi être *upcyclé*, c'est-à-dire que le nouveau produit peut même être de qualité supérieure au produit initial. Le recyclage est uniquement limité par la disponibilité en ferrailles, conséquence de la grande durée de vie des produits en acier. Il nécessite toutefois généralement des quantités d'énergie importantes et n'est pas toujours pertinent : cela ne fait manifestement pas beaucoup sens de procéder à la fusion d'une poutrelle en parfait état – mais dont on n'a plus besoin – pour en faire une nouvelle que l'on mettra peut-être en œuvre à proximité du site de démolition dont elle provient.

«Reuse» ou le réemploi : dans la logique de la valorisation des déchets, il devrait se situer juste après «Reduce». C'est cet aspect que nous allons examiner de plus près dans ce qui suit.

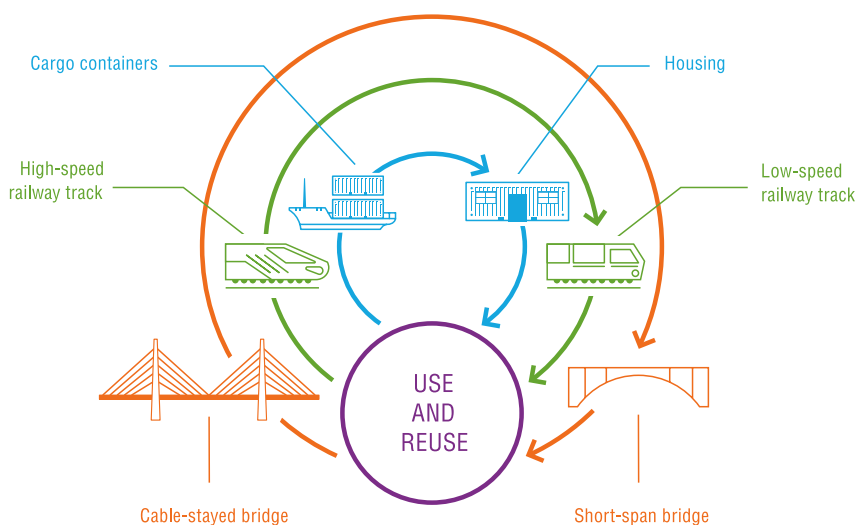
Des exemples de réemploi

Dans le domaine de la construction, on distingue a priori quatre modes de réemploi différents² :



L'acier dans l'économie circulaire.

En bas : réutilisation dans la sidérurgie.

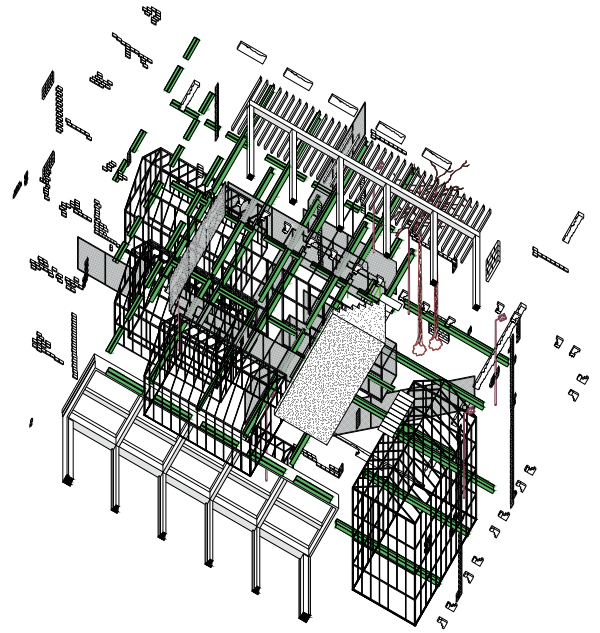




En 2016, les architectes du cabinet de Vylder Vinck Taillieu ont transformé un bâtiment datant de 1908 pour en faire un espace ouvert au caractère monumental. Il est intégré à l'hôpital psychiatrique Caritas de Melle, Belgique.

En haut à droite : axonométrie de la structure métallique existante, qui a été mise au jour et peinte en vert, devenant ainsi parfaitement lisible.

1 – *On réutilise une structure existante en place.* C'est le cas pour les rénovations et les transformations, avec ou sans modification de fonctionnalité. La construction métallique est concernée ici de deux manières. Tout d'abord, l'acier peut être utilisé pour le confortement de bâtiments, quel que soit leur mode de construction. Son faible poids, pour une capacité portante élevée, la préfabrication des pièces, leur caractère modulaire, peuvent aussi contribuer à la résolution de difficultés dans des projets de construction complexes, que ce soit pour le renforcement de systèmes porteurs existants, pour des surélévations ou pour l'incorporation de nouveaux ouvrages (illustrations en haut)³. Au cours de ces dernières années, nous avons régulièrement montré, dans *steeldoc*, des exemples intéressants



de transformations de bâtiments et de manières d'étoffer l'existant (voir les différentes publications sur les questions de la transformation des bâtiments et sur les manières de compléter l'existant, comme « Continuer en acier: L'architecture de la surélévation » ainsi que plusieurs *steeldoc* parus ces dernières années).^{3&4} Par ailleurs, il est relativement aisé d'adapter les constructions à ossature métallique à de nouveaux usages. Pour cela, il peut être justifié, pour des raisons énergétiques par exemple, de procéder à une déconstruction qui s'arrêtera alors à la structure. C'est le cas par exemple de bâtiments industriels ou d'immeubles de bureaux qui changent de destination et sont transformés en logements, hôtels, salles de spectacle, etc. (voir illustrations p. 6).



L'immeuble Gerling après réhabilitation.



Le Crystal Palace de Sir Joseph Paxton, un bâtiment constitué d'éléments préfabriqués en fonte, érigé en 1851 sur le site de l'exposition universelle de Londres, à Hyde Park, a été démonté en 1854 puis remonté à Sydenham, au sud de Londres (à droite).

2 – On déplace les bâtiments, partiellement ou en totalité, vers un autre lieu. Cette pratique traditionnelle est malheureusement tombée dans l'oubli. Jusqu'à il y a quelques dizaines d'années encore, lorsque les besoins évoluaient, il était tout naturel de déplacer, sur le même site ou vers un autre site, aussi bien des ateliers de production que des entrepôts ou des hangars agricoles réalisés en construction métallique. Les constructions éphémères ont aussi permis de montrer, depuis que l'on construit des structures en acier, que celles-ci sont parfaites lorsqu'il s'agit de les démonter et de les remonter, voire de répondre à de nouveaux usages. Déjà le Crystal Palace, érigé à Hyde Park par Sir Joseph Paxton en 1851 pour l'Exposition universelle de Londres, était constitué d'éléments en fonte

préfabriqués et démontables. Cette construction a été démontée en 1854 et remontée au sud de Londres, où elle est restée jusqu'à sa destruction par un incendie en 1936. Lors de l'Exposition universelle de Bruxelles de 1958, les pavillons d'exposition avaient été conçus de manière à pouvoir être réutilisés. Certains sont encore aujourd'hui en service, abritant écoles, piscines, musées ou bureaux. Le Musée du 21^e siècle à Vienne (p. 14) en constitue un exemple éloquent⁵.

La surélévation réalisée par le cabinet Flury + Furrer Architekten sur le site du Sitterwerk, près de Saint-Gall (p. 16), constitue un exemple plus récent de réemploi de parties de bâtiments. Un ancien snack-bar conçu à l'origine par Gigon/Guyer Architekten pour le Musée des transports de Lucerne – une charpente métallique avec remplissages en panneaux d'acier galvanisé – a été réutilisé et transformé en logement.

Pour la tour de bureaux Gerling, à Cologne, un immeuble de 17 étages construit en 1953, les architectes Helmut Hentrich et Hans Heuser avaient opté pour une charpente métallique, avec parements en pierre calcaire. Immeuble protégé au titre des monuments historiques, il s'est vu transformé en 2016 par le cabinet Kister Scheithauer Gross Architekten en un immeuble d'habitation de 51 logements. A cet effet, le bâtiment a été déconstruit, jusqu'à ne laisser subsister que la charpente métallique puis « regarni ». Les cadres métalliques d'une grande finesse se sont avérés parfaits pour réinventer relativement librement les nouvelles distributions à chaque niveau.



3 – On récupère des composants de bâtiments et on les réutilise ailleurs. Des éléments de structure – poteaux, poutres, éléments de planchers – ou des éléments non structuraux comme les fenêtres ou les parements de façade sont « récoltés » avant la démolition d'un bâtiment et réutilisés.

Ce principe est appliqué de A à Z par le cabinet in situ pour la surélévation qu'il réalise à Winterthour (p. 19). Des éléments repérés et récupérés de différents ouvrages voués à la démolition – depuis des poutrelles métalliques jusqu'à des escaliers entiers – sont assemblés pour créer du neuf. En 2011, à Winnipeg (Canada), les architectes de Monteyne Architecture Works ont réalisé La Cuisine (p. 24), une cuisine collective avec espaces d'accueil, en utilisant une charpente métallique existante qu'ils avaient repérée et qu'ils ont démontée puis remontée en la recomposant totalement pour l'adapter à leurs besoins.

Pendant le festival de musique folk qui se tient chaque année dans la ville canadienne, la construction sert à nourrir des milliers de bénévoles. Le reste de l'année, elle sert à stocker le reliquat de matériel. La flexibilité d'usage de cette structure légère, ouverte, contribue également à en faire une construction durable.

4 – *On réutilise les matériaux ou éléments de construction différemment de leur usage initial.* On utilise aussi comme matériaux de construction des déchets issus d'autres filières, tels que bouteilles en PET ou bouses de vache. Pour un immeuble de logements à Almere, le cabinet Superuse Studio de Rotterdam propose, pour habiller les façades, d'utiliser des éviers en inox présentant un défaut (photo en bas à gauche). En 2010, ce même cabinet a construit à Enschede la villa Welpeloo en utilisant des profilés métalliques provenant d'anciennes machines de l'industrie textile, qu'ils ont isolée avec des plaques de polystyrène provenant d'une usine fabriquant des caravanes, et dont ils ont habillé les façades avec le bois d'anciens enrouleurs de câbles électriques.

Design for Disassembly – Life Cycle Thinking : la conception pour la déconstruction et la pensée cycle de vie

Pour que le réemploi soit possible, les ouvrages doivent être conçus de telle sorte que les matériaux et éléments puissent être accessibles, démontés et séparés proprement les uns des autres. Dans le secteur de la construction, la conception pour la déconstruction (Design for Disassembly, DfD) a longtemps été une nécessité plus qu'un choix délibéré. Elle devrait désormais retrouver une place en tant que nouvelle manière de penser la conception des ouvrages. Considérer les constructions non pas comme des ouvrages

définitifs mais comme des dépôts temporaires de matériaux est à la base de cette manière de penser. Prévoir la façon dont le bâtiment pourra être déconstruit et les matériaux réutilisés est la condition à remplir pour l'appliquer avec succès. La conception pour la déconstruction assure par ailleurs automatiquement une certaine flexibilité pendant la phase d'utilisation et simplifie l'entretien⁶. L'ensemble du cycle de vie du bâtiment et de ses différents composants et matériaux doit être intégré d'entrée de jeu dans la réflexion. La pensée cycle de vie sert aussi à une meilleure comparaison des matériaux lors de leur évaluation écologique et économique et peut avoir une incidence décisive sur le choix de ces derniers. Parce qu'il est théoriquement possible de le réutiliser et de le recycler à l'infini, l'acier, comparé à d'autres matériaux, devient ainsi particulièrement attractif et voit son importance accrue.

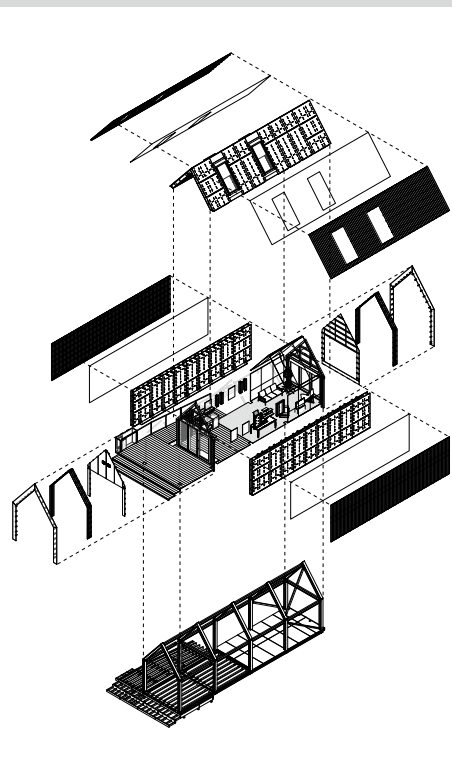
Même si le réemploi direct d'éléments de construction constitue actuellement encore une niche, il est particulièrement important que les bâtiments construits à partir de matériaux neufs suivent les principes de la conception pour la déconstruction et de la pensée cycle de vie. C'est ce que fait le cabinet d'architectes cepezed avec son Temporary Courthouse (p. 29) à Amsterdam (2016) : conçu pour une durée d'utilisation de cinq ans seulement, le bâtiment a rendu incontournable la prise en compte de l'utilisation future des matériaux.

Le projet REDUCE (REuse and Demountability Using steel structures and the Circular Economy)⁷ financé par l'Union européenne court toujours. Il est coordonné par le Steel Construction Institute (SCI) britannique, qui se définit comme un organisme indépendant, actif depuis 30 ans, proposant de l'information et de l'expertise technique dans le secteur de la construction métallique. Le SCI définit comme suit les conditions de base nécessaires pour le Design for Disassembly :

- simplicité, c'est-à-dire des ouvrages faciles à comprendre, utilisant un nombre limité de matériaux différents ;
- standardisation et respect de règles ;
- construction en couches en fonction de la durée de vie attendue ;
- préférence aux matériaux et composants légers ;
- mise en œuvre de matériaux réutilisables ;
- assemblages accessibles ;
- collecte des données, en plus de la documentation de projet ;
- établissement d'un plan de déconstruction ;
- documentation des modifications du bâtiment au cours de son cycle de vie ;
- enregistrement des informations et accessibilité de celles-ci.

Recycloop était un bâtiment provisoire, réalisé à partir d'anciens éviers à Dordrecht – un projet de 2012 Architecten de Rotterdam. Il a servi de prototype pour la conception d'un revêtement de façade d'un bâtiment résidentiel à Almere.





L'exemple du Circular Building

Pour le London Design Festival, Arup, un bureau d'ingénierie basé à Londres et travaillant à l'international, a réalisé en 2016, avec Frener & Reifer, BAM et le Built Environment Trust, le Circular Building.⁸ La charpente métallique est constituée de reliquats d'autres projets et les dimensions du bâtiment ont été adaptées en conséquence.

Pour l'enveloppe et les équipements, les matériaux utilisés sont des matériaux pouvant être réemployés ou recyclés. Ce prototype a permis de définir des principes pour construire selon une économie circulaire : louer plutôt qu'acheter les matériaux, maximiser la préfabrication, choisir des matériaux qui pourront être réemployés ou recyclés, choisir des liaisons mécaniques par emboîtement, éviter les procédés par

voie humide, utiliser des équipements proposés à la location par les fabricants et qui pourront être remplacés, utiliser des installations techniques constituées de matériaux recyclés. Une base de données matériaux a été élaborée sur la base d'un modèle Building Information Modeling (BIM). Elle comprend les propriétés de tous les matériaux utilisés, conservées pour les usages futurs.

Et, pour la construction métallique :

- documentation de toutes les pièces et des nuances d'acier ;
- marquage des pièces pour la traçabilité et l'identification des propriétés chimiques et mécaniques.

Obstacles et propositions de solutions

Le réemploi de l'acier dans la construction, mais aussi des autres matériaux, constitue aujourd'hui encore une niche. Les projets de recherche actuels portent sur les obstacles à une généralisation du réemploi d'éléments de construction métallique. Le Steel Construction Institute en fait la liste et propose des pistes pour les contourner :⁸

Obstacles économiques. Il n'est pas prouvé avec certitude que le réemploi de l'acier revienne plus cher que l'emploi d'acier neuf ou d'acier recyclé. Il s'agit pourtant là d'un préjugé tenace. Le surcoût du supplément d'études, du démontage, du transport, du stockage ainsi que de la détermination des propriétés de l'acier semble de fait relativement limité. Il est fort probable que l'amélioration de l'infrastructure et l'accroissement

du volume de chiffre d'affaires feront, au final, pencher la balance financière en faveur de l'acier de réemploi.

Disponibilité des éléments souhaités, dans la quantité voulue et à l'endroit adapté. La demande étant encore faible, l'offre est elle aussi limitée. En l'absence, pour l'instant, de contraintes réglementaires, les entreprises de démolition et les maîtres d'œuvre doivent être encouragés au réemploi par des incitations financières. Des plates-formes d'échange doivent être établies pour mettre en relation l'offre et la demande.

Qualité, traçabilité et certification. A l'avenir, le BIM mettra à disposition des mécanismes qui rendront obsolète l'obligation, fastidieuse, du recours aux essais pour qualifier les aciers utilisés par le passé (voir encadré au bas de la page 10).

Manque d'incitations. Le coût de la structure des bâtiments ne représentant pas une part très élevée du coût total de la construction, les incitations économiques doivent, pour assurer le réemploi de l'acier, être complétées par d'autres motivations, comme la

A droite : les matériaux de la surélévation partielle de la Halle 118 à Winterthur, un projet signé in situ : des plaques de granit provenant de la façade de l'immeuble Orion à Zurich sont réutilisées en revêtement de sol, les garde-corps et l'escalier ont la même provenance, les profilés métalliques sont issus de l'entrepôt de grande hauteur Zellweger à Uster et de la halle de Neomontana à Zurich. Les fenêtres et les profilés des façades ont été récupérés auprès de Zieglerdruck à Winterthur.

volonté de réduire les émissions de CO₂ par exemple, ou bien celle d'améliorer sa réputation par des investissements respectant les critères du développement durable. Il faut enfin d'autres incitations étatiques, que ce soit l'exigence, pour les demandes de permis de construire, de la prise en compte d'une approche cycle de vie et de la réutilisation des matériaux de démolition, ou l'exigence d'une proportion minimale d'éléments en acier de réemploi, ou encore des incitations fiscales, des campagnes d'information et le partage de connaissances.

Mauvaise intégration dans la chaîne d'approvisionnement. La chaîne d'approvisionnement traditionnelle, longue, linéaire, s'achève le plus souvent avec la livraison du bâtiment à son commanditaire. 50 ou 100 ans plus tard, à la fin de sa durée de vie, sa démolition est confiée à une entreprise. L'économie circulaire rapproche ces deux extrémités si distinctes. Cela nécessite des plates-formes qui délivrent des informations sur les démolitions des bâtiments, qui

permettent des transactions commerciales et l'acquisition de pièces métalliques de réemploi, et où il est possible de stocker des données BIM qui serviront dans le futur.

Manque de temps et routine. Si, contrairement à ce qui se fait couramment dans la pratique actuelle, une plage de temps suffisante est intégrée dans le planning et si les coûts sont couverts, rien ne s'oppose, y compris du point de vue des entreprises de démolition, à ce que la déconstruction remplace la démolition.

Ces obstacles, identifiés pour la Grande-Bretagne, devraient être analogues dans les autres pays européens et en Suisse, tout comme les solutions pour les contourner. En 2015, la Commission européenne a établi « Boucler la boucle – Un plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'économie circulaire ». ⁹ Le Comité européen des régions a pris position en 2016 et proposé un catalogue de recommandations politiques. ¹⁰ En matière d'économie circulaire, ce cata-

Des impératifs techniques

Patric Fischli-Boson

Dans le cas du réemploi, il arrive fréquemment que les données relatives aux propriétés mécaniques des éléments de construction métallique repérés, les données relatives à l'historique des charges auxquelles ils ont été soumis ou celles concernant leur état général ne soient pas documentées. Cela oblige, lors de la conception des structures, à rechercher et renseigner les informations manquantes. Il est en particulier intéressant de connaître les données de résistance, de soudabilité et d'état de surface ainsi que le nombre de cycles de chargement, pour l'évaluation de l'état de fatigue. Lorsque, du fait de l'absence de plans d'exécution ou de notes de calcul, ces informations détaillées manquent, on peut recourir à diverses méthodes pour les acquérir. Les méthodes actuelles – mesure de dureté, contrôle par courants de Foucault, analyse chimique – permettent de se prononcer sur la résistance et la ténacité des éléments de construction considérés. Les contrôles ci-après peuvent fournir des informations permettant de répondre aux questions énoncées ci-dessus :

Contrôle visuel

Le contrôle visuel donne des indications sur l'état général des éléments. Il permet notamment d'observer et de noter les dégâts de corrosion et les déformations plastiques des éléments.

Vérification de l'état de la protection superficielle

Lorsque les éléments sont peints, la qualité du revêtement peut être déterminée en première approche par l'essai de quadrillage, qui permet d'évaluer son adhérence. Il consiste à réaliser, à l'aide d'un outil coupant, six incisions parallèles, puis six autres perpendiculaires aux premières. Selon le nombre d'éléments qui se détachent, on donne une note allant de 0 (très bon) à 5 (très mauvais). L'essai de traction donne des résultats d'adhérence plus complets et plus fiables.

Détermination de la résistance/de la classe de résistance et évaluation de la fragilisation due au vieillissement – Essai mécanique

L'essai mécanique consiste à prélever des éprouvettes de la charpente métallique et à les tester dans une machine de traction. Les résultats peuvent être représentés sous forme de diagramme contrainte-déformation, que l'on interprète en conséquence. Cette méthode permet de déterminer sans ambiguïté la classe de résistance. Elle présente l'inconvénient d'être destructive pour une partie de la charpente. – Contrôle non destructif
Contrairement à l'essai mécanique, la mesure de dureté et le contrôle par courants de Foucault permettent d'attribuer une classe de résistance de manière non destructive. La dureté peut être déterminée à l'aide d'un duromètre à rebond. La mesure de dureté Leeb est calibrée par comparaison avec des éprouvettes de dureté connue. Les résultats obtenus permettent une classification en classe de résistance.

On notera que cette méthode n'est pas très précise et que la classification en S235 ou S275, par exemple, est entachée d'incertitude. Pour la détermination de la fragilisation liée au vieillissement, on peut classer les éléments en comportement ductile ou fragile à partir du signal obtenu par la mesure par courants de Foucault, avec calibrage de la résilience sur des plaquettes de référence. La méthode UCI est une autre méthode courante, qui permet une évaluation électronique de l'empreinte Vickers, par mesure d'une variation de fréquence. Ici aussi, seule une classification indirecte est possible, à partir de plaquettes de référence dont on connaît la dureté. Les méthodes d'essais indiquées permettent une classification en classes de résistance et une appréciation de la fragilité liée au vieillissement. Il est judicieux de combiner les trois méthodes pour améliorer la validité des résultats.

Analyse chimique

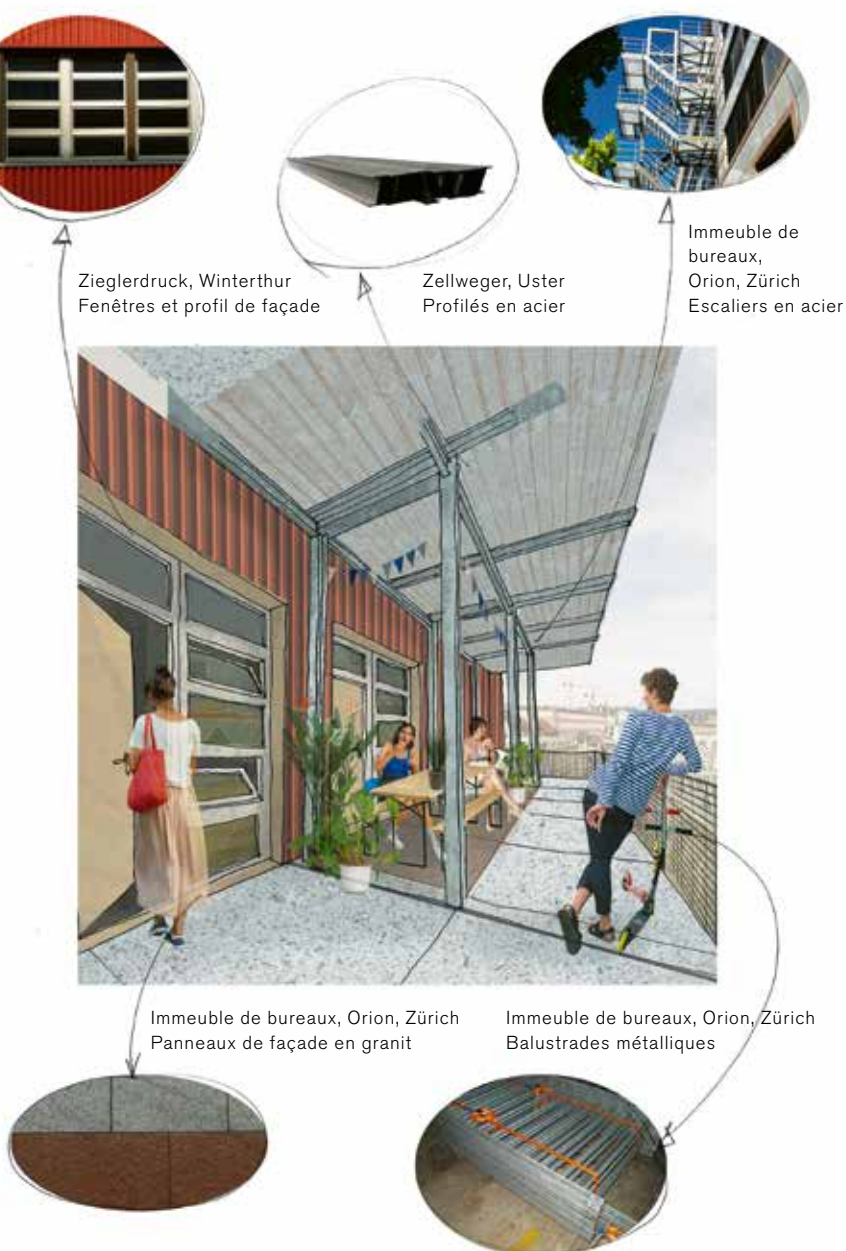
L'analyse chimique donne des indications sur le mode de production de l'acier et ceci, à son tour, sur sa soudabilité. L'analyse chimique peut par exemple se faire par spectrométrie d'émission optique. Les résultats sont obtenus à partir d'éprouvettes de référence. On détermine les teneurs en carbone, silicium, manganèse, phosphore, soufre, molybdène, nickel, aluminium, cuivre, titane, etc. On peut en déduire un mode de production. Les aciers produits selon le procédé Thomas sont d'emblée soudables. La soudabilité s'exprime par le coefficient de soudabilité S. On distingue quatre niveaux différents.

logue accorde une grande importance au réemploi direct et à la réutilisation de matériaux et de composants pour d'autres usages, en plus de la prévention des déchets et du recyclage. Le secteur de la construction fait l'objet d'une attention particulière: envisager les projets « par strates », prendre en compte l'ensemble du cycle de vie des matériaux et des bâtiments, considérés comme des « banques de matériaux », tout cela constitue des mesures pour encourager le réemploi, dont les gouvernements des Etats membres doivent se saisir de manière relativement urgente. Sur sa page internet, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) désigne ce plan d'action – à côté d'autres initiatives internationales – comme prioritaire.¹¹

La situation actuelle en Suisse

Dans le cadre du projet pilote à Winterthur évoqué ci-dessus, le cabinet d'architectes in situ passe actuellement par toutes les phases du processus de conception avec matériaux de réemploi. A partir de l'été 2019, ce devrait être également au tour du processus de construction. Quelles sont les questions qui se posent à l'équipe de conception du fait de l'utilisation d'une charpente métallique entièrement constituée d'éléments de réemploi, quelles sont les solutions développées pour y répondre? On peut le lire à partir de la page 19. Les connaissances générales acquises à ce jour par l'équipe d'in situ et l'expérience qui est la leur en matière de réemploi d'éléments de construction ressortent des échanges avec le chef de projet Marc Angst, début 2019, et peuvent être résumées de la manière qui suit.

La grande difficulté en matière de réemploi d'éléments de construction réside dans la disponibilité des éléments et dans la logistique: il existe des plateformes, comme salza.ch – qui permet aux maîtres d'ouvrage, quelques semaines avant une déconstruction, de publier des informations sur le bien immobilier concerné et qui les met en relation avec des preneurs potentiels –, ou bien bauteilclick.ch – une boutique correspondant à un groupement de bourses



aux matériaux suisses, qui propose des éléments de construction et du mobilier d'occasion. Des plateformes comme ricardo.ch ou tutti.ch proposent elles aussi des composants et des matériaux de récupération. Le recours à ces plateformes étant encore limité, disposer de « traqueurs » et de « collecteurs » qui doivent aller à la recherche des éléments de construction adaptés pour un projet donné reste toutefois,

Que font les politiques ?

Les politiques doivent créer des incitations pour encourager un réemploi des éléments de construction à plus grande échelle. Les premières initiatives ont déjà eu lieu. En 2016, Kathrin Bertschy (Vert'libérale) a déposé un postulat au Conseil national¹² en ces termes: « Le Conseil fédéral est chargé d'indiquer comment les dispositions juridiques et les conditions-cadres peuvent être améliorées afin que la réutilisation des matériaux de construction soit aussi, sinon plus attrayante que le recyclage, et quelles

mesures incitatives peuvent être mises en place à cet effet ». Le postulat a été rejeté par le parlement, qui suit ainsi la recommandation du Conseil fédéral. Celui-ci estimait alors que « la législation actuelle et les conditions générales sont suffisantes pour la réutilisation d'éléments de construction », ajoutant être « surtout d'avis que c'est au marché de décider quels éléments de construction se prêtent judicieusement à une réutilisation et dans quels cas il faut préférer une valorisation de la matière. » Depuis, le sujet devient de plus en plus sensible et occupe de plus en

plus le débat public, ce qui semble favoriser une évolution des mentalités. Mais le constat que le marché n'y parviendra pas tout seul n'est sans doute pas étranger non plus à cette évolution. Début 2019, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a confié au créateur de salza.ch, l'architecte Olivier de Perrot, la réalisation d'une étude sur le réemploi dans la construction, qui devra s'attacher à analyser la situation¹³. On peut espérer que les constats qui en émaneront conduiront au développement, dans un avenir proche, de stratégies et d'outils destinés à encourager le réemploi.

à l'heure actuelle, incontournable. Le cabinet in situ profite de son vaste réseau, établi au fil des ans, et de sa proximité avec les sources, du fait de sa participation partout en Suisse à des projets d'usages temporaires. Mais chercher et repérer les éléments nécessaires est une tâche fastidieuse; il s'ensuit une disproportion entre le coût élevé de ces tâches, et celui des matériaux, bon marché. Une fois les éléments trouvés, il faut ensuite maîtriser la logistique: les éléments doivent être démontés, transportés et stockés. On dispose généralement d'une fenêtre de temps très limitée, ce qui exige des prises de décision rapides. Enfin, un processus de conception qui laisse les portes ouvertes est également incontournable, car on ne peut s'engager à utiliser des composants que s'ils sont effectivement disponibles, voire déjà rentrés en stock.

Une autre difficulté réside dans l'absence de désignations types ou d'indications sur la composition, la qualité, etc. des éléments récupérés. Les éléments de construction qui ont plus de 20 ou 30 ans ne peuvent par conséquent être utilisés que sous réserve, car ils nécessitent généralement des vérifications coûteuses

de leur qualité. Les passeports de matériaux, l'intégration dans des modèles BIM ou les cadastres 4D – des plans cadastraux complétés par une couche d'informations sur les matériaux de construction utilisés sur la parcelle – pourront à l'avenir remédier au problème. Mais déjà la désignation rigoureuse de tous les matériaux utilisés, moyennant l'utilisation de codes, est utile. En matière d'énergie, le respect des normes peut être assuré par la vérification de la performance globale selon la norme SIA 380: lorsque le coefficient U des éléments de construction récupérés est insuffisant, une compensation se fait sur l'ensemble du bâtiment. Des dispositions constructives judicieuses, comme des fenêtres doubles, ou des jardins d'hiver, aident en outre à atteindre les performances d'isolation thermique exigées. Les économies d'énergie grise réalisées du fait du réemploi de matériaux constituent en outre une contribution à la société à 2000 watts. L'objectif est que le coût ne dépasse pas celui de la construction conventionnelle. Déconstruction, transport et stockage compris, le coût des éléments de réemploi est jusqu'à 20% inférieur à leur valeur à neuf. L'approvisionnement en matériaux et le fait que le projet doive être adapté aux



L'exemple de Zwicky Süd

Dans le quartier Zwicky Süd, aux limites de la ville de Zurich, deux passerelles métalliques relient les immeubles d'habitation de la coopérative de construction et d'habitation Kraftwerk, livrés en 2016. Ces passerelles avaient servi auparavant pendant deux ans pour un chantier à l'Escher-Wyss-Platz à Zurich. Ces éléments de liaison, qui formaient une composante importante du projet proposé au concours par Schneider Studer Primas Architekten (Zurich), devaient permettre de nouvelles formes d'habitat, de relations et de voisinage. Ils étaient très souhaités par la coopérative, qui butait toutefois sur leur coût. Jusqu'à ce que, au beau milieu de la phase de projet, en 2011, on ait connaissance de la démolition des passerelles métalliques provisoires

du 5^e arrondissement: après de courtes explications, elles avaient pu être acquises pour une somme modique correspondant aux seuls frais de transport et au coût de la matière. Sauvées de la mise à la ferraille, elles furent transportées sur le chantier pour y être stockées dans un premier temps. La robustesse des passerelles commandées à l'origine par la ville de Zurich pour une utilisation provisoire de deux ans constituait un bon point de départ pour improviser une deuxième vie. Une adaptation en longueur était nécessaire et les filets furent remplacés par un garde-corps tout simple. Pour le reste, les éléments furent montés entre les immeubles sans autre modification, pas même du platelage. L'heureux butin, fruit du hasard, a influencé le projet: l'esthétique brute des passerelles et les poteaux détachés des façades

n'étaient pas prévus ainsi à l'origine, mais ils s'accordent parfaitement et complètent bien le caractère souhaité pour ce quartier de Zwicky Süd. On doit donc à l'œil attentif de l'«inventeur» des passerelles et à la souplesse des maîtres d'œuvre et du maître d'ouvrage – sans oublier le hasard, qui a bien fait les choses – le fait qu'une idée force du projet n'a finalement pas été victime des contraintes budgétaires, mais qu'elle a pu au contraire être concrétisée pour un coût modeste tout en permettant d'économiser une quantité importante d'énergie grise.

Maître d'ouvrage Bau- und Wohn-genossenschaft Kraftwerk, Zurich
Architectes Schneider Studer Primas, Zurich
Ingénieurs Schällibaum AG
Année de réalisation 2016

éléments disponibles signifient toutefois un surcoût important pour les maîtres d'œuvre et exige d'eux une grande flexibilité. Le cabinet in situ a développé un modèle dans lequel ce surcoût d'approvisionnement est ventilé sur les différents postes CFC sous forme d'honoraires venant s'ajouter aux honoraires normaux de l'architecte. Construire en utilisant des composants de réemploi exige actuellement une grande confiance entre les différents acteurs. 20% environ des coûts du bâtiment doivent être préfinancés par le maître d'ouvrage dans la phase d'avant-projet: ce budget couvre l'achat des matériaux car, pour avancer dans l'élaboration du projet, il est indispensable de travailler avec un maximum de matériaux dont on dispose concrètement. Dans le cadre du processus actuel de délivrance de permis de construire, cette manière de procéder comporte des risques: très en amont, bien avant le dépôt de la demande de permis de construire, des sommes non négligeables sont déjà en jeu. Pour limiter le risque toujours présent de recours ou d'exigences particulières de l'administration, il est nécessaire d'aborder en amont certains détails avec les services administratifs. Si le réemploi d'éléments de construction doit être soutenu, il est indispensable que les procédures de permis soient adaptées, par exemple en introduisant une procédure en deux étapes, avec préavis ferme.

En résumé

En plus de matériaux de construction de grande qualité et présentant une durée de vie élevée, la construction circulaire exige une conception soignée, tenant compte de l'ensemble du cycle de vie, et un changement d'approche radical de la part des acteurs de la construction. Il faut aussi beaucoup de flexibilité, de curiosité, et une dose d'enthousiasme pour la chose, tant de la part des maîtres d'ouvrage que des maîtres d'œuvre et des entreprises. Plus tôt le réemploi d'éléments de construction sera intégré dans les chaînes logistiques et les processus de conception, plus tôt les plates-formes d'échanges d'information et de commerce seront mises en place, plus tôt on s'attaquera aux nécessaires adaptations des procédures et des normes, moins on continuera à gaspiller des ressources précieuses en attendant l'avènement de la construction circulaire. Les politiques sont appelés à créer les conditions nécessaires et à mettre en place les incitations correspondantes, tandis que le secteur de la construction doit acquérir les savoir-faire requis et établir les structures adéquates. Des projets pilotes comme la surélévation à Winterthur, le projet du cabinet in situ, constituent une base précieuse pour les nécessaires discussions, et sont, comme tous les autres bâtiments présentés dans ce numéro de steel-doc, des sources d'inspiration et des exemples encourageants pour tous ceux qui s'engagent en faveur d'une construction durable et circulaire.

Bibliographie

- Roland Bärtschi, «Stahlbau für das 22. Jahrhundert - dynamische Bauwerke», dans: Stahlbau 87 (2018), H. 10, p. 1036-1038.
- Julien Choppin, Matière grise: Matériaux/réemploi/architecture, Paris 2014.
- Michaël Ghoot u.a., Déconstruction et réemploi: Comment faire circuler les éléments de construction, Lausanne 2018.
- Mark Gorgolewski, Resource salvation: The architecture of reuse, Hoboken NJ 2018.
- Kasper Guldager Jensen, John Sommer, Building a circular future, Copenhagen 2018.
- Annette Hillebrandt u.a., Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource, Munich 2018.
- Ed van Hinte, Césaire Peeren, Jan Jongert, Superuse: Constructing new architecture by shortcutting material flows, Rotterdam 2007.
- Modulor, Recycling: Bauen in Kreisläufen, #1 (2019)
- Muck Petzet & Mostra internazionale di architettura, Reduce, Reuse, Recycle: Ressource Architektur: Deutscher Pavillon, 13. Internationale Architekturausstellung: La Biennale di Venezia 2012, Ostfildern 2012.
- Thomas Rau, Sabine Oberhuber, Ira Wilhelm, Material Matters: Wie wir es schaffen, die Ressourcenverschwendung zu beenden, die Wirtschaft zu motivieren, bessere Produkte zu erzeugen und wie Unternehmen, Verbraucher und die Umwelt davon profitieren, Berlin 2018.
- World Steel Association, Steel – the permanent material in the circular economy, Bruxelles 2016 und Steel's contribution to a low carbon future and climate resilient societies – worldsteel position paper, Bruxelles 2019.

Notes

- 1 <http://circulareconomy.worldsteel.org/>
- 2 Mark Gorgolewski, Resource salvation: The architecture of reuse, Hoboken NJ 2018.
- 3 Daniel Stockhammer u. a., Continuer en acier: L'architecture de la surélévation, Zurich 2018.
- 4 steel-doc 01/18. Etoffer l'existant steel-doc 01/16. Construire dans un contexte historique | steel-doc 02/15. Densifier et surélever | steel-doc 03 + 04/10. Rénover et réinvestir l'existant | steel-doc 01/08. Densification urbaine. Télécharger les anciens numéros: www.szs.ch/steeldoc/
- 5 staal-acier 19 – Het tweede leven van Expo 58, Staalinfocentrum – Centre Information Acier, Bruxelles 2008.
- 6 Kasper Guldager Jensen, John Sommer, «What is design for disassembly?» dans: Building a circular future, Copenhagen 2018.
- 7 www.steel-sci.com/reduce-and-progress.html
- 8 asbp.org.uk/wp-content/uploads/2016/08/Barriers-to-structural-steel-reuse-and-means-of-overcoming-them-SCIReport-1.pdf
- 9 «Boucler la boucle – Un plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'économie circulaire», ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/FR/1-2015-614-FR-F1-1.PDF
- 10 «Avis du Comité européen des régions – Un plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'économie circulaire», <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016AR1415&from=ET>
- 11 www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/economie-consommation/info-specialistes/economie-verte/politiques-%C3%A9conomiques-internationales-et-environnement.html
- 12 www.parlament.ch/fr/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefft?AffairId=20163583
- 13 www.reriwi.ch/bafu-studie/

Plates-formes proposant des éléments de construction de réemploi

www.salza.ch | www.useagain.ch | www.bauteilclick.ch
www.madaster.com | www.harvestmap.org

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**