

# Re-Use : Réutilisation d'éléments de construction en acier

Statique – Protection anticorrosion – Assurance qualité

## Impressum :

Le présent document compile sans garantie l'état actuel des connaissances des auteurs au moment de la publication.

steelaid Re-Use: Réutilisation d'éléments de construction en acier, état au : 03.10.2022

Auteur : Commission technique du SZS  
Rédaction : Dr. Hetty Bigelow, Dr. Roland Bärtschi  
Traduction: Pierre Colomer

**1. Introduction**

La réutilisation d'éléments de construction ou de structures entières en acier est une excellente solution pour réduire l'empreinte écologique des constructions en acier. L'acier est donc un matériau de construction idéal pour l'« Urban Mining ».

L'**acier primaire** est produit en chauffant à haute température le minerai de fer issu des mines dans des hauts-fourneaux, ce qui permet de séparer le fer des autres composants – indésirables dans l'acier – et de le compléter par des éléments d'alliage sélectionnés (chrome, nickel, manganèse, molybdène, vanadium, cuivre, etc.) pour obtenir de l'acier. L'acier en fusion ainsi obtenu est transformé par différentes étapes intermédiaires en tôles, en profilés laminés et en autres produits. La consommation d'énergie pour ce processus est très élevée, d'autant plus qu'une partie importante de l'énergie doit être utilisée pour éliminer les impuretés de l'acier en fusion. Historiquement, ces hauts-fourneaux pour l'acier primaire étaient généralement alimentés au charbon et constituaient donc de grands émetteurs de gaz à effet de serre.

Le processus de production peut être considérablement optimisé en ajoutant de la ferraille d'acier dans le haut-fourneau, ce qui permet de réduire les coûts d'élimination des impuretés et d'éviter la plupart des dépenses élevées liées à l'exploitation minière. Actuellement, de nombreuses aciéries traitent quasi exclusivement des déchets d'acier et produisent ainsi de l'**acier recyclé**. La plupart des aciéries contemporaines utilisent de l'électricité pour générer la chaleur nécessaire – de plus en plus d'entre elles se fournissent même d'électricité renouvelable. Les nouveaux procédés de fusion permettent aussi de produire de l'acier à des températures nettement plus basses, ce qui présente d'autres avantages écologiques.

Cependant, même pour la production d'acier recyclé, la ferraille doit toujours être transportée jusqu'aux aciéries, chauffée à une certaine température, laminée pour former des tôles et des profilés puis à nouveau transportée jusqu'à l'utilisateur final.

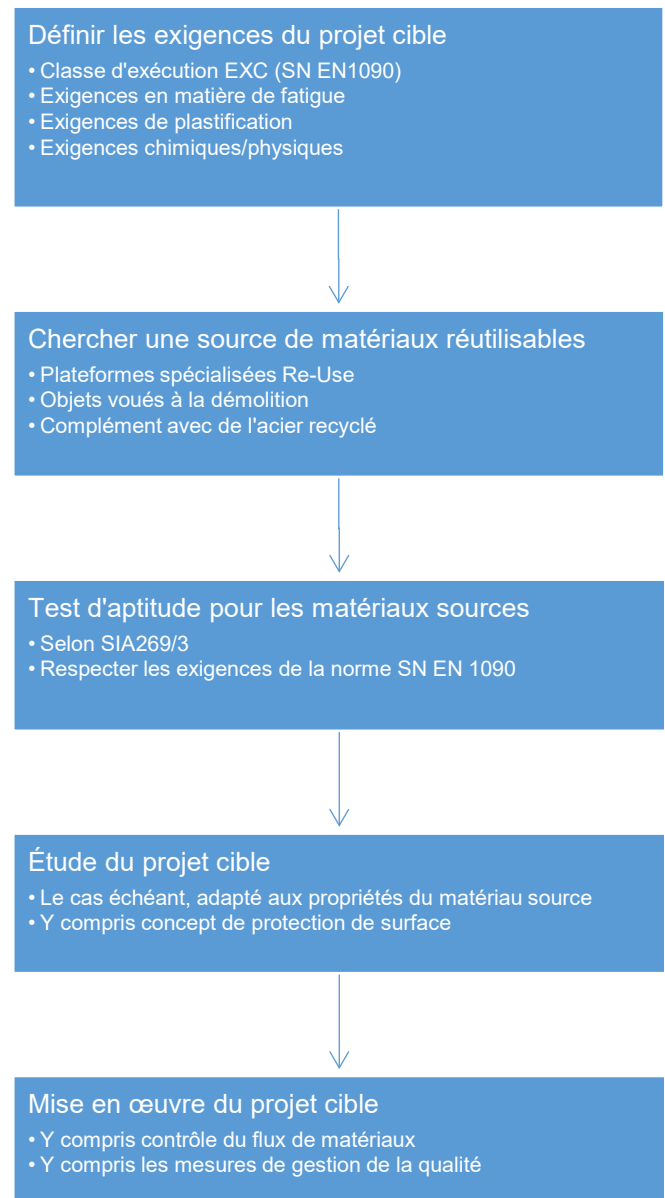
La **réutilisation directe (Re-Use)** d'éléments, de parties de structures ou d'ouvrages entiers en acier permet d'économiser l'énergie et le travail nécessaires à la mise au rebut, au transport, à la fusion et au laminage. Pour ce faire, des éléments de construction existants sont démontés dans les règles de l'art et préparés en atelier en vue d'une nouvelle utilisation. Bien entendu, il faut également s'assurer que les éléments de construction n'aient pas subi de dommages inadmissibles lors de leur utilisation précédente (par exemple fatigue, fortes déformations plastiques ou autres dommages chimiques ou physiques).

La **protection de surface** représente une part importante de l'empreinte écologique des constructions en acier. C'est pourquoi il convient d'y accorder une attention particulière, notamment lors de la réutilisation directe d'éléments de construction en acier.

**2. Assurance qualité**

Pour chaque projet de construction (objectif), il convient de vérifier spécifiquement si une source se prête à la réutilisation, et si l'emploi d'acier réutilisé est possible pour l'objectif.

Pour les éléments de construction soumis à la fatigue, il convient de s'assurer que le cumul des variations de contraintes résultant de l'utilisation actuelle et future reste dans le cadre admissible.



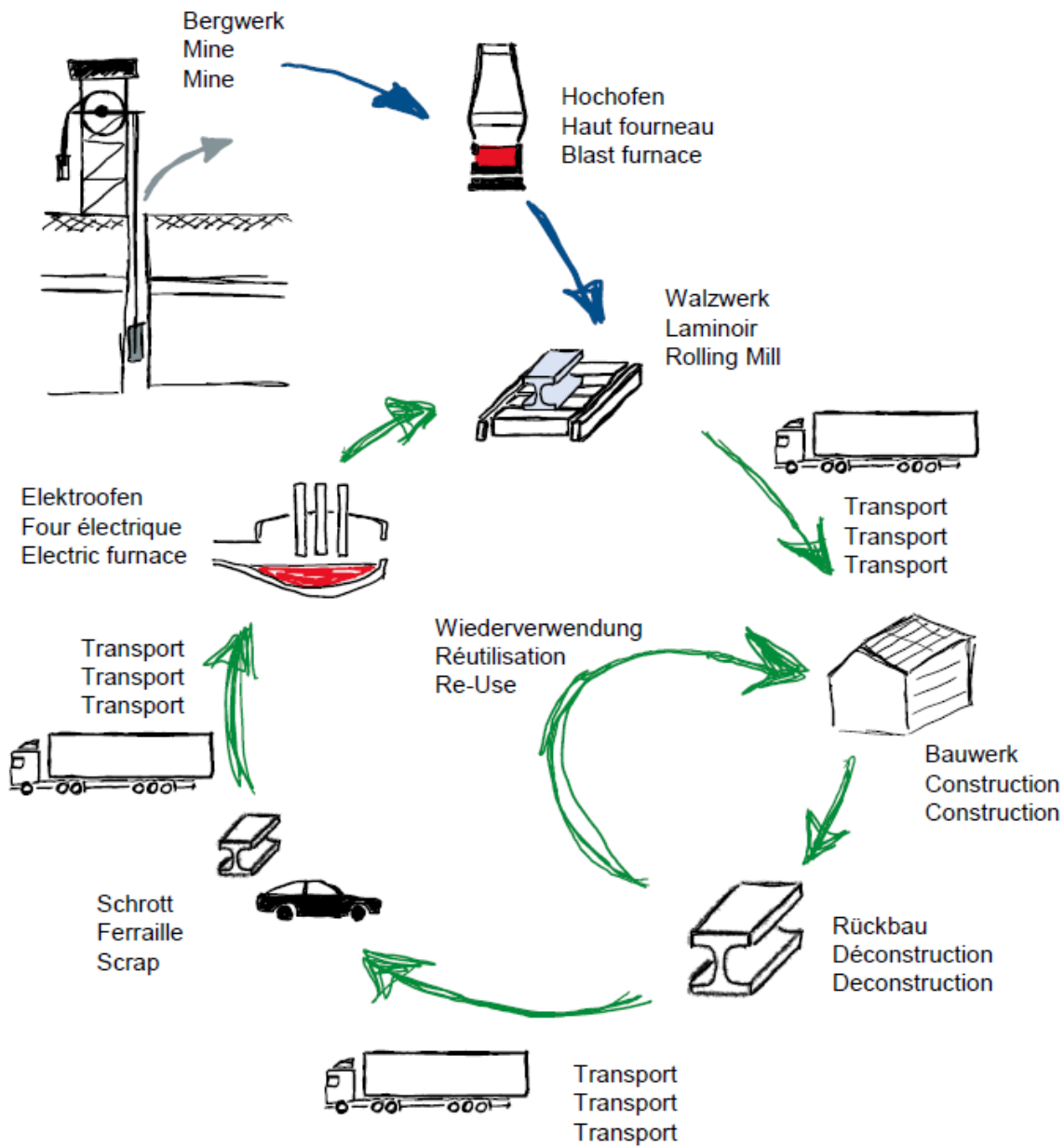


Figure 1: Cycle des matériaux mettant en valeur l'utilisation d'acier primaire, d'acier recyclé (cas usuel), et la réutilisation (Re-Use)

Matrice d'aptitude à la réutilisation (non exhaustive)

E	Boulons précontraints (après desserrage) Parties d'éléments de construction avec déformations plastiques supérieures à 20% de l'allongement de rupture							
D	Éléments secondaires et traverses de ponts ferroviaires Bâtiments élevés avec ponts roulants lourds (classe collective Q4 selon SIA 261/1 en combinaison avec les classes d'utilisation U7 ou supérieures) Éléments de construction avec suspicion de fragilisation chimique ou physique							
C	Pyônes, cheminées, tours Éléments porteurs principaux de ponts ferroviaires Poutres transversales de ponts routiers Bâtiments élevés avec ponts roulants lourds (classes collectives Q3 ou Q4 selon SIA 261/1 en combinaison avec les classes d'utilisation U5 ou U6, ou classe collective Q3 en combinaison avec les classes d'utilisation U7 ou supérieures) Éléments de construction présentant une perte de section due à la corrosion ou à l'abrasion							
B	Éléments porteurs principaux de ponts routiers Passerelles piétonnes Bâtiments de grande hauteur avec ponts roulants moyens (classes collectives Q3 ou Q4 selon SIA 261/1 en combinaison avec des classes d'utilisation U3 ou U4)							
A	Bâtiments élevés sans sollicitation à la fatigue ni plastification. Structures de halles sans ponts roulants ou avec ponts roulants légers (classes collectives Q1 ou Q2 ou classes d'exploitation U0, U1 ou U2 selon SIA 261/1). Assemblages boulonnés non desserrés avec des boulons à haute résistance ou des boulons de charpente. Éléments de construction qui ont été séparés ou réassemblés par un travail à froid ou à chaud.							
	<b>Application cible : Catégories A - E</b>							

Les limites entre les catégories A - E ne sont pas clairement définies. Chaque cas doit être examiné et évalué séparément.

Légende :



Ne convient pas pour la réutilisation

Adapté à la réutilisation uniquement après analyse approfondie de l'ensemble du projet

Adapté à la réutilisation uniquement après analyse approfondie des points potentiellement critiques

Généralement bien approprié à la réutilisation

Convient sans problème pour la réutilisation

### 3. Evaluation des aciers provenant de structures existantes

L'évaluation de l'aptitude à la réutilisation des aciers utilisés (source) comprend les propriétés de résistance ainsi que l'exclusion des dommages inadmissibles dus à la fatigue, à la déformation plastique, à la corrosion et aux sollicitations physiques ou chimiques (incendie, abrasion, dommages dus aux rayonnements, fragilisation, ...).

Se référer à la norme SIA 269/3.

#### Examen visuel

L'examen visuel fournit des informations sur l'état général des éléments de construction en acier. Il permet notamment de constater et de documenter les dommages dus à la corrosion, les déformations plastiques et les fissures.

#### Historique des éléments de construction

La réutilisation des éléments de construction en acier repose en premier lieu sur la documentation et la traçabilité des éléments porteurs.

La méthode la plus simple pour déterminer les propriétés des matériaux ou des éléments de construction consiste à obtenir des certificats de matériaux datant de l'époque de la construction. Ceux-ci ne sont toutefois disponibles que pour les constructions assez récentes ayant fait l'objet d'un contrôle qualité (p. ex. constructions selon SN EN 1090 avec classe d'exécution EXC3 ou supérieure).

En règle générale, on peut partir du principe que les éléments de construction en acier correspondent au moins à la classe de résistance la plus basse usuellement employée à l'époque de la construction. Des indications correspondantes sur les aciers plus anciens sont données dans la norme SIA 269/3.

Afin de vérifier l'historique de l'élément de construction (en particulier en ce qui concerne les sollicitations de fatigue, les déformations plastiques et les sollicitations chimiques ou physiques particulières), il est recommandé de récapituler l'histoire de l'ouvrage, y compris les rapports sur d'éventuels événements exceptionnels.

#### Contrôles des matériaux

En l'absence de documentation, les essais suivants peuvent fournir des renseignements sur les propriétés mécaniques et métallurgiques. Outre les tests de résistance en traction, la ténacité, l'allongement à la rupture et d'autres propriétés peuvent également se révéler intéressantes.

#### Essais mécaniques

Lors des essais mécaniques, des échantillons sont prélevés sur la structure en acier et sont testés en laboratoire dans une machine d'essai de traction. Les résultats peuvent être représentés et interprétés sous forme d'un diagramme contrainte-déformation. Cette méthode permet d'attribuer clairement la classe de résistance. Elle présente toutefois l'inconvénient d'endommager une partie de la structure porteuse.

#### Essais non destructifs

La mesure de la dureté ou des courants de Foucault permet également d'attribuer une classe de résistance sans nécessiter de prélèvement d'échantillon. La classe de résistance peut être déterminée au moyen d'un marteau de rebondissement. La dureté de rebondissement (valeur L') est étalonnée sur des échantillons de dureté connue. Les mesures permettent une attribution approximative à des classes de résistance sur la base des résultats obtenus. Il convient de mentionner ici que cette méthode est soumise à une certaine dispersion et que la classification présente certaines imprécisions, par exemple pour S 235 et S 275. Pour l'évaluation de la fragilisation potentielle due à l'âge, il est possible, sur la base d'un étalonnage des valeurs de résilience sur des plaques de référence avec la mesure des courants de Foucault, de procéder à une classification en comportement « ductile » et « fragile » au moyen du signal des courants de Foucault. Le procédé d'essai de dureté UCI, qui évalue électroniquement l'impression d'essai de dureté Vickers et l'évalue en tant que fréquence différentielle, est un autre procédé courant. Ici aussi, seule une attribution indirecte au moyen de plaques de référence de dureté connue est possible. Les méthodes d'essai mentionnées permettent d'attribuer des classes de résistance et de déterminer la fragilisation due à l'âge. Il est judicieux de combiner plusieurs méthodes pour obtenir des résultats valables.

#### Analyses chimiques

Les analyses chimiques fournissent des informations sur le procédé de fabrication et donc sur la soudabilité de l'acier. Une analyse chimique peut par exemple être réalisée à l'aide d'un spectromètre à étincelles. Les résultats sont générés à l'aide d'échantillons de référence (échantillons standard). Les proportions de carbone, silicium, manganèse, phosphore, soufre, molybdène, nickel, aluminium, cuivre, titane et autres sont déterminées. Cela permet de déterminer le type de fabrication. Par exemple, les aciers produits selon le procédé Thomas sont en principe soudables. L'aptitude au soudage peut être exprimée par le facteur de soudage S et fournit des renseignements sur l'aptitude au soudage. Les aciers sont classés en quatre groupes de propriétés de soudage.

#### 4. Protection de surface

La protection de surface des constructions en acier contribue largement à la durabilité et à l'aspect visuel attractant des constructions.

En outre, la protection de surface est également déterminante pour la qualité écologique de la construction. Lors de la réutilisation d'éléments de construction en acier, il est donc particulièrement avantageux de reprendre, dans la mesure du possible, la protection de surface des éléments de construction sources. Dans de nombreux cas, il est toutefois souhaitable, pour des raisons esthétiques, de donner un aspect uniforme à toutes les surfaces des éléments de construction ou de rafraîchir la protection de surface.

Cela n'est pas critique du point de vue de la qualité du procédé si tous les éléments de construction sont pourvus d'une nouvelle galvanisation à chaud - avec toutefois les conséquences écologiques correspondantes.

Si la protection de surface existante doit être complétée par des revêtements organiques, il convient de vérifier minutieusement l'adéquation de la protection de surface existante et sa compatibilité avec le nouveau revêtement.

Certains anciens systèmes de protection de surface contiennent des substances nocives qui ne sont pas souhaitées dans la nouvelle application ou qui nécessitent des précautions particulières lors du traitement des éléments. Les anciennes peintures comportant du minium de plomb ou le revêtement de pièces galvanisées à chaud sont des exemples typiques.

#### Évaluation de la protection de surface existante

La qualité de la protection de surface des revêtements peut être évaluée en première approche à l'aide du procédé de quadrillage, qui permet d'estimer la force d'adhérence des revêtements. Pour ce faire, six coupes croisées sont effectuées dans les deux sens à l'aide d'un outil d'incision. En fonction des écailles, celles-ci sont classées et évaluées selon des valeurs caractéristiques de quadrillage allant de 0 (très bon) à 5 (très mauvais). Des résultats plus détaillés et plus fiables sont fournis par des tests d'adhérence.

#### 5. Références, Normes

SIA 269/3:2011: Maintenance des structures porteuses – Structures en acier.

SN EN 1090-2:2018 : Exécution des structures en acier et des structures en aluminium - Partie 2 : exigences techniques pour les structures en acier

SN EN ISO 12944 : Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture

SN EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai

SN EN ISO 2063 : Projection thermique - Zinc, aluminium et alliages de ces métaux

SN EN ISO 14713 : Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions

Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), ASR Recyclage matériaux construction Suisse