

Acier d'armature inoxydable **Top12**  
**Ouvrages d'art durables**

**SWISS STEEL**

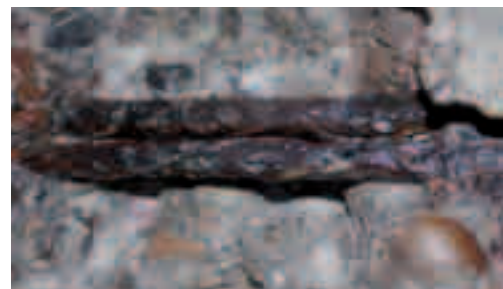
Providing special steel solutions



**Debrunner Acifer**

**klöckner & co** multi metal distribution





## Les travaux de remises en état sont coûteux – mais évitables

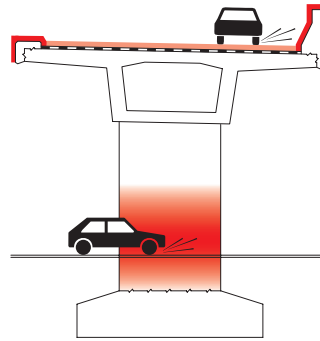
Aujourd'hui, de nombreuses constructions en béton armé présentent des dommages dus à la corrosion des armatures. Les rénover implique un énorme investissement financier et technique. La cause des dommages dans les ouvrages d'art est habituellement l'exposition aux sels de déverglaçage. Les chlorures pénètrent jusqu'au niveau de l'armature et provoquent la dépassivation de l'acier – résultat : la corrosion. Dans la construction, une nouvelle manière de penser est en train de se propager et de s'imposer. De plus en plus, on tient compte des coûts d'entretien (coûts de cycle de vie). L'objectif est d'accroître la durabilité des structures et d'éviter les remises en état futures.

Les mesures possibles sont : augmenter l'enrobage de l'armature, réduire la perméabilité du béton ou appliquer (de manière répétée) des traitements de surface. Pour diverses raisons, ces mesures ne peuvent pas toujours être appliquées, et elles ne fonctionnent pas toujours. Quoi de plus évident que de rendre l'armature plus résistante à la corrosion? Parmi les aciers inoxydables, Top12 est le plus rentable.



## Les zones les plus exposées

Les éléments les plus sollicités se trouvent dans les zones d'eau stagnante et de projections d'eau. Les enrobages de l'armature requis par la norme SIA 262 pour ces zones correspondent à une durée d'utilisation de 50 ans – en supposant un béton d'enrobage étanche. Pour une durée d'utilisation plus longue, des mesures supplémentaires sont nécessaires, par exemple une résistance à la corrosion élevée de l'armature [1].



[1] Cahier technique SIA 2029 «Acier d'armature inoxydable» (projet)

## L'évaluation de la durabilité apporte de la clarté

Les normes d'aujourd'hui régissent le dimensionnement des structures en béton sous des influences statiques et dynamiques. Elles donnent peu d'indications pour le dimensionnement de la durabilité. Une évaluation de la durabilité passe par une estimation des sollicitations et des problématiques (voir ci-contre) : Le potentiel de risque ou l'exigence peuvent être évalués pour chacun des paramètres: 2 = risque élevé, 1 = moyen, 0 = faible. Si la somme des sollicitations et des problématiques esti-

més est égale ou supérieure à 4, l'utilisation du Top 12 est recommandée. Si elle est de 9 ou supérieure, l'utilisation d'aciers encore plus résistants à la corrosion est recommandée. Cela s'impose par exemple lors d'un enrobage faible combiné avec une forte exposition.



Les chiffres des icônes sont l'évaluation des sollicitations et des problématiques : 2 = élevé, 1 = moyen, 0 = faible potentiel de risque ou exigence.

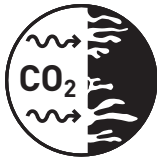
## Sollicitations



### Sels de déverglçage

Potentiel de risque élevé en cas de service hivernal intensif, section de route très fréquentée.

Exemples : pont d'autoroute, galerie, entrée d'un tunnel



### Carbonatation du béton

Potentiel de risque élevé pour les types de béton avec alcalinité réduite ou des bétons avec peu d'expérience à long terme.

Exemples : béton léger, béton avec du granulat de gravates mixtes

## Problématiques



### Enrobage réduit

Un potentiel de risque 0 correspond à un enrobage selon les normes, 1 correspond à un enrobage légèrement réduit et 2 correspond à un enrobage réduit à 50% et moins.

Exemples : en vertu des contraintes géométriques, un enrobage conforme aux normes n'est pas possible



### Risque de corrosion dû à la fissuration

Potentiel de risque élevé en cas de déformations empêchées.

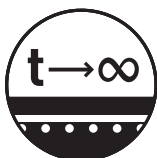
Exemples : éléments bétonnés sur une structure existante (comme des élargissements d'encorbellement), constructions sans joints



### Exécution difficile / qualité d'exécution variable

Exigence élevée en cas de disposition de l'armature compliquée ou dans des conditions d'espace réduit pendant l'exécution. Si aucun contrôle spécifique n'a lieu, on peut admettre un potentiel de risque moyen.

Exemples : réfection sans interruption du trafic, construction dans des espaces restreints, la qualité du béton nécessaire n'est pas disponible



### Longue durée de vie

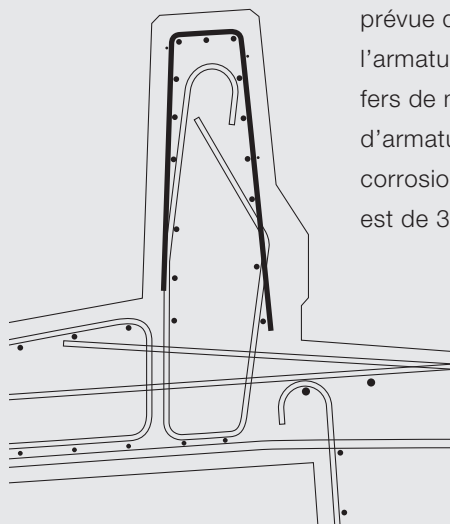
Une exigence élevée (2) correspond à une durée d'utilisation de 80-100 ans, exigence moyenne (1) correspond à au moins 50 ans et exigence faible (0) correspond à 25 ans (= élément d'usure).

Exemples : infrastructures importantes comme ponts et tunnels



## Pont neuf : robuste et durable

Le Pont Sunniberg enjambe la vallée de la Landquart sur une distance de 526 mètres. L'ouvrage élégant doit nécessiter le moins possible de dépenses d'entretien et de réparation pendant une durée d'utilisation prévue de 80-100 ans. Par conséquent, l'armature extérieure des parapets (étriers + fers de montage) a été réalisée avec l'acier d'armature Top12 à haute résistance à la corrosion. L'enrobage des fers de montage est de 35 mm, celui des étriers de 50 mm.





2



0



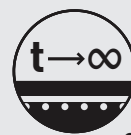
0



1



1



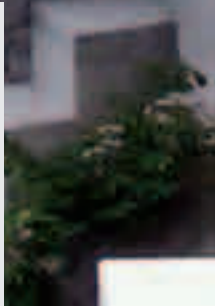
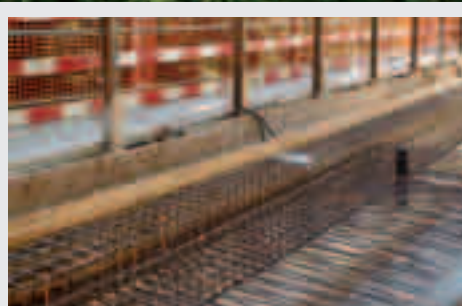
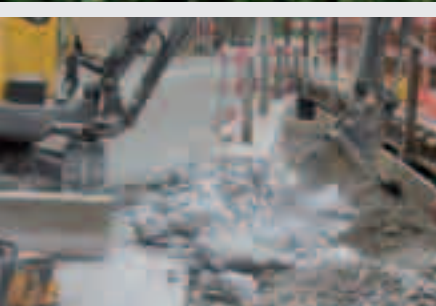
2

Maître de l'ouvrage : Service des Ponts et Chaussées, Grisons

Concept : Christian Menn, Coire

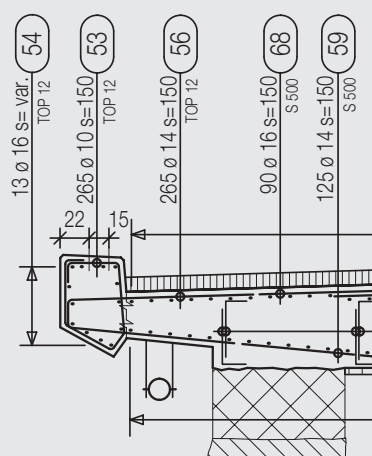
Projet : Bänziger + Köppel + Brändli + Partner, Coire

Année d'exécution : 1996 – 1998



## Eviter des remises en état n'est pas coûteux

L'ancien pont de pierre naturelle de la route du Gothard à Intschi (UR) a été élargi déjà en 1961 par une construction de béton armé en console. Les travaux à exécuter maintenant comprenaient la remise en état de l'ouvrage d'art et la construction d'une dalle de béton armé sur une longueur de 120 mètres. Pour augmenter la durabilité de la tête de console, soumise aux chlorures et au risque de fissuration, elle a été armée avec des aciers Top12. Les surcoûts pour 5.3 tonnes de Top12 se sont élevés à 18'000 francs, soit moins de 2% du coût total de la remise en état d'environ 1 mio. de francs.







2



0



0



2



1



1

Postes	Coûts	Part
Installation de chantier, déviation du trafic	79 000	9%
Etayage et échafaudages	113 000	13%
Sciage de béton et maçonnerie	20 000	2%
Fouilles et terrassement	53 000	6%
Etanchéité (400 m <sup>2</sup> ) et revêtement (200 t)	159 000	19%
Canalisations et systèmes de retenue	42 000	5%
Béton coulé en place :		
-Béton et coffrage	178 000	21%
-Armature(sans surcoûts pour Top12)	57 000	7%
-Surcoûts pour 5.3 t de Top12	18 000	2%
Honoraires d'ingénieurs	135 000	16%
<b>Total</b>	<b>854 000</b>	<b>100%</b>

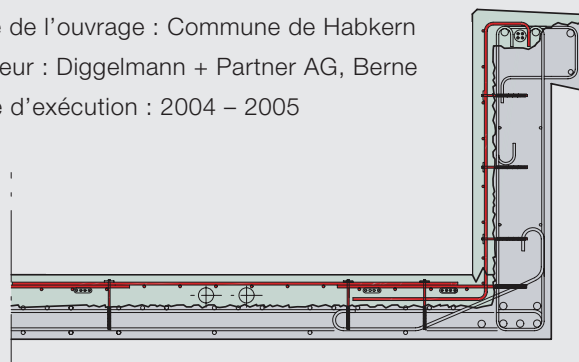
Maître de l'ouvrage : Service des Ponts et  
 Chaussées, canton d'Uri  
 Ingénieur : Synaxis AG, Altdorf  
 Année d'exécution : 2009

## Espace disponible restreint



Le béton contaminé par des chlorures du pont Traubach, projeté par Robert Maillart, a été démoli jusqu'à l'armature existante. La nouvelle couche de surbéton a été armée de Top12. Un revêtement comme protection contre la corrosion n'aurait été guère robuste. Top12 avec un enrobage de 30 mm est suffisant pour éviter des mises en état pendant 50 ans et par ailleurs ne pas réduire le gabarit de la chaussée.

Maître de l'ouvrage : Commune de Habkern  
Ingénieur : Diggelmann + Partner AG, Berne  
Année d'exécution : 2004 – 2005

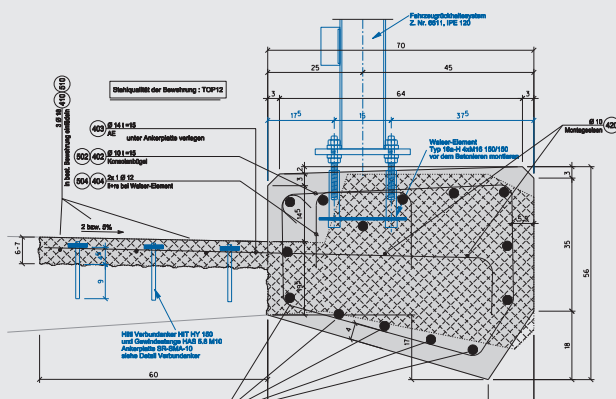


## Rendre durable



Les ponts de la jonction de l'A1 à Härkingen ont été complètement remis en état. Les têtes des consoles avaient été endommagées à la suite de la corrosion de l'armature et ont dû être remplacées. Grâce à l'utilisation de Top12, des futures mises en état et les coûts et encombrements du trafic associés peuvent être évités.

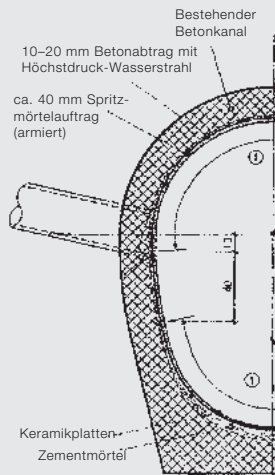
Maître de l'ouvrage : Office Fédéral des Routes OFROU  
Ingénieur : B+S Ingenieur AG, Berne  
Année d'exécution : 2010



## Conditions d'exécution difficiles

Le canal d'égout datant de 1920 devait être assaini : enlèvement du béton défectueux et reprofilage au mortier projeté. Dans les conditions de travail difficiles, seulement 20 mm d'enrobage d'armature pouvaient être garantis. Comme l'armature n'est pas protégée de façon durable contre la corrosion et que l'exposition aux chlorures est possible (eau pluviale avec sels de déverglaçage), le Top12 a été utilisé.

Maître de l'ouvrage : Service des Ponts et Chaussées, Ville de Zurich  
Ingénieur : WKP Bauingenieure AG, Zurich  
Année d'exécution : 2008



## Pont à faible entretien sans étanchéité

Avec pour but une construction à faible entretien, les tabliers des deux ponts sur le Rombach ont été exécutés sans étanchéité (afin d'éviter son renouvellement régulier). Pour éviter les dommages causés par la corrosion des armatures, Top12 a été utilisé pour l'armature supérieure des tabliers. L'enrobage est de 50 mm.

Maître de l'ouvrage : Service des Ponts et Chaussées, Ville d'Aarau  
Ingénieur : Rothpletz+Lienhardt, Aarau  
Année d'exécution : 2003



## Charge de chlorure élevée dans les tunnels routiers...



Suite à une forte exposition aux chlorures, les panneaux de revêtement mural à l'entrée sud du tunnel routier du St-Gothard étaient en mauvais état et devaient être remplacés. Les panneaux de béton préfabriqués, de 70 mm d'épaisseur, sont armés avec Top12 entre les 250 et 1000 premiers mètres, et avec un acier inoxydable 1.4362 sur les 250 premiers mètres. L'épaisseur d'enrobage du côté de la chaussée a été portée à 30 mm.

Maître de l'ouvrage : Office Fédéral des Routes OFROU

Ingénieur : Ernst Basler + Partner AG, Zurich

Année d'exécution : 2008



## ... et les galeries routières



Les galeries au col du Simplon ont été remises en état et équipées entre autres de parapets. L'expérience montre que dans les zones d'eau projetée des galeries routières – en particulier celles sans fermeture hivernale – des accumulations importantes de chlorures se forment, dues aux sels de déverglaçage. Pour éviter la corrosion de l'armature malgré une telle concentration, le parapet a été armé avec du Top12 (étriers et armature longitudinale du côté de la chaussée).

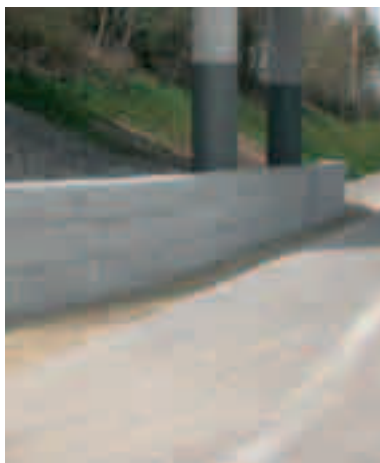
Maître de l'ouvrage : Office Fédéral des Routes OFROU

Ingénieur : IM Ingenieurbüro Maggia AG, IUB Bern AG, Weder AG Naters

Année d'exécution : 2010



# Comparaison économique des mesures de protection contre la corrosion



Paroi de guidage sur l'A1

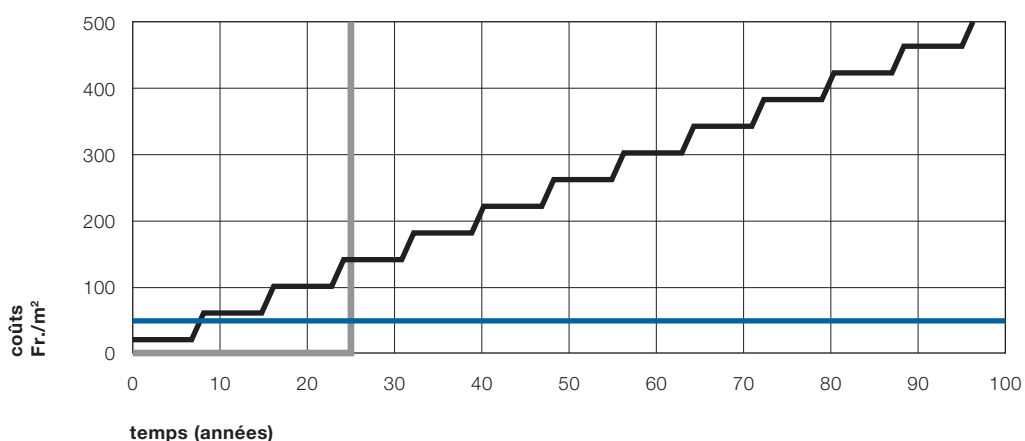


Tolérance d'exécution



Revêtement de surface

## Exemple : paroi de guidage (hauteur 1 m, largeur 30 cm)



■ Scénario de référence : acier d'armature traditionnel. L'expérience montre qu'un élément doit être remplacé après environ 25 ans. Le remplacement d'un élément similaire coûte environ 1'000 francs par mètre.

■ Les coûts pour un traitement hydrophobe (OS1) sont de 20 francs/m<sup>2</sup> pour une application initiale et de 40 francs/m<sup>2</sup> pour le renouvellement. Le traitement devrait être répété chaque 5–10 ans.

■ Surcoût Top12 par rapport à l'acier traditionnel: 3 francs/kg. Pour étriers (Ø12) et armature longitudinale du côté de la chaussée (Ø16), les surcoûts sont d'environ 50 francs par mètre.

## Haute résistance à la corrosion

Top12 se distingue par une résistance à la corrosion notablement élevée, grâce à une teneur en chrome de 12%. Sa composition chimique particulière couvre toute l'étendue de la composition normée établie pour le matériau 1.4003. Grâce à un procédé particulier de laminage breveté, le Top12 est obtenu directement par laminage à chaud – ce qui le rend plus avantageux – avec toutes les caractéristiques requises pour l'acier à béton. Dans le béton alcalin, la teneur en

chlorure critique de Top12 est d'environ 1% du poids du ciment, soit 2-3 fois plus élevée que pour l'acier non allié. Lors de présence simultanée de carbonatation, la résistance diminue. Dans le cas de carbonatation seule (sans chlorures), il n'y a pas de risque de corrosion pour le Top12.

### Composition chimique selon EN 10088 «Aciers inoxydables»:

Désignation abrégée	Numéro de matière	C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	N max.	Cr
X2CrNi12	1.4003	0.030	1.00	1.50	0.040	0.015	0.030	10.50 à 12.50

toutes indications en %

## Dimensionnement et mise en œuvre usuels



Marque de laminage



Étiquettes spéciales



Marquage en couleur rouge

L'acier d'armature Top12 est disponible dans les diamètres 8, 10, 12, 14, 16, 18 et 20 mm. L'EMPA certifie la conformité du Top12 à la norme SIA 262 et le qualifie comme B500B. En principe, l'acier est soudable bien qu'il soit fortement déconseillé de le souder sur le chantier. Pour la conception et la mise en œuvre, les mêmes règles que pour l'acier d'armature traditionnel sont applicables. L'armature mixte avec de l'acier traditionnel est possible. Nous recommandons d'utiliser des ligatures inoxydables.

### Propriétés mécaniques

Acier à béton	B500B
Limite d'écoulement $f_{sk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 500
Rapport $(f_t/f_s)_k$	≥ 1.08
Allongement sous charge ultime $\epsilon_{uk}$ [%]	≥ 5.0
Module d'élasticité [N/mm <sup>2</sup> ]	205 000

# Propriétés démontrées grâce à la recherche



Armature des échantillons



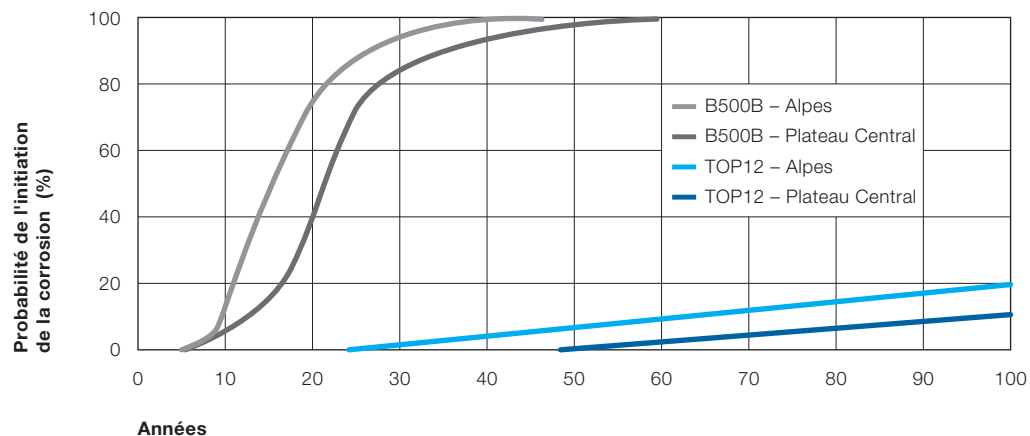
Essai in situ dans la galerie de l'A13 (San Bernardino)

Le développement du Top12 a été financé par la CTI. Dans des essais en laboratoire et sur le terrain, notamment à l'EPF de Zurich, la résistance à la corrosion causée par les ions de chlorure (corrosion par piqûres) du Top12 et de l'acier d'armature non allié a été analysée. Résultat: dans le béton alcalin,

Top12 est deux à trois fois plus résistant aux chlorures que l'acier non allié. Le temps d'initiation de la corrosion est ainsi prolongé d'un facteur 3 [1].

[1] Schiegg et al.: «Initiation and Corrosion of Stainless Steel Reinforcements in Concrete Structures», Eurocorr, 2004.

## Exposition : zone de l'eau stagnante / Enrobage : 35 mm



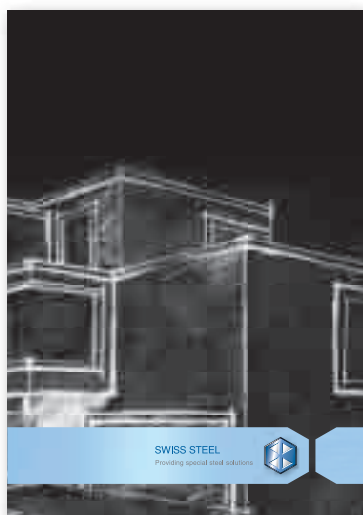
L'influence de la résistance à la corrosion sur la longévité d'éléments en béton armé exposés à des chlorures a fait l'objet d'une étude effectuée sur un modèle numérique à l'EPFL. Les analyses ont porté sur l'acier à béton entre les fissures. Conclusion : le béton armé avec Top12 et présentant un recouvrement d'armature minimal de qualité

habituelle de 35 mm résiste pendant une durée d'utilisation prévue d'environ 100 ans, même pour des éléments fortement sollicités [2].

[2] Brühwiler et al.: «Betonstahl mit erhöhtem Korrosionswiderstand», Beton- und Stahlbetonbau 97 (2002), Heft 5.

## Dimensions livrables et prix

L'acier à béton Top12 peut être acheté partout en Suisse chez un négociant en acier qui vous le proposera dans les diamètres suivants: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 mm, dans toutes les figures de façonnage usuelles. Nous recommandons d'utiliser des ligatures inoxydables sur les chantiers. Prix indicatifs en vigueur:  
[www.swiss-steel.com/top12](http://www.swiss-steel.com/top12)



Pour des applications de l'acier d'armature Top12 dans le bâtiment : contactez-nous.

SWISS STEEL SA

Emmenweidstrasse 90  
CH-6020 Emmenbrücke  
Tél. : 041 209 51 51  
Fax : 041 209 52 55  
[www.swiss-steel.com/top12](http://www.swiss-steel.com/top12)

Partenaire commercial :

Debrunner Acifer  
Infotel 0844 80 88 18  
[www.d-a.ch](http://www.d-a.ch)