

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 126 (2000)
Heft: 01/02

Artikel: Ponts mixtes en acier patinable en Suisse
Autor: Ryser, René / Lang, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-81475>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ponts mixtes en **acier patinable** en Suisse

(GÉNIE CIVIL)

En Suisse, le début de l'utilisation de l'acier patinable remonte à la fin des années soixante et il a tout de suite suscité un grand intérêt auprès des constructeurs. Malheureusement, certaines applications inadéquates - en particulier dans le domaine des façades de bâtiments - ont quelque peu terni sa réputation. Le but de cet article est de montrer que ce matériau, pour autant que l'on respecte quelques règles de mise en œuvre, convient particulièrement bien pour la réalisation de ponts mixtes acier-béton (fig. 1).

Rappel historique

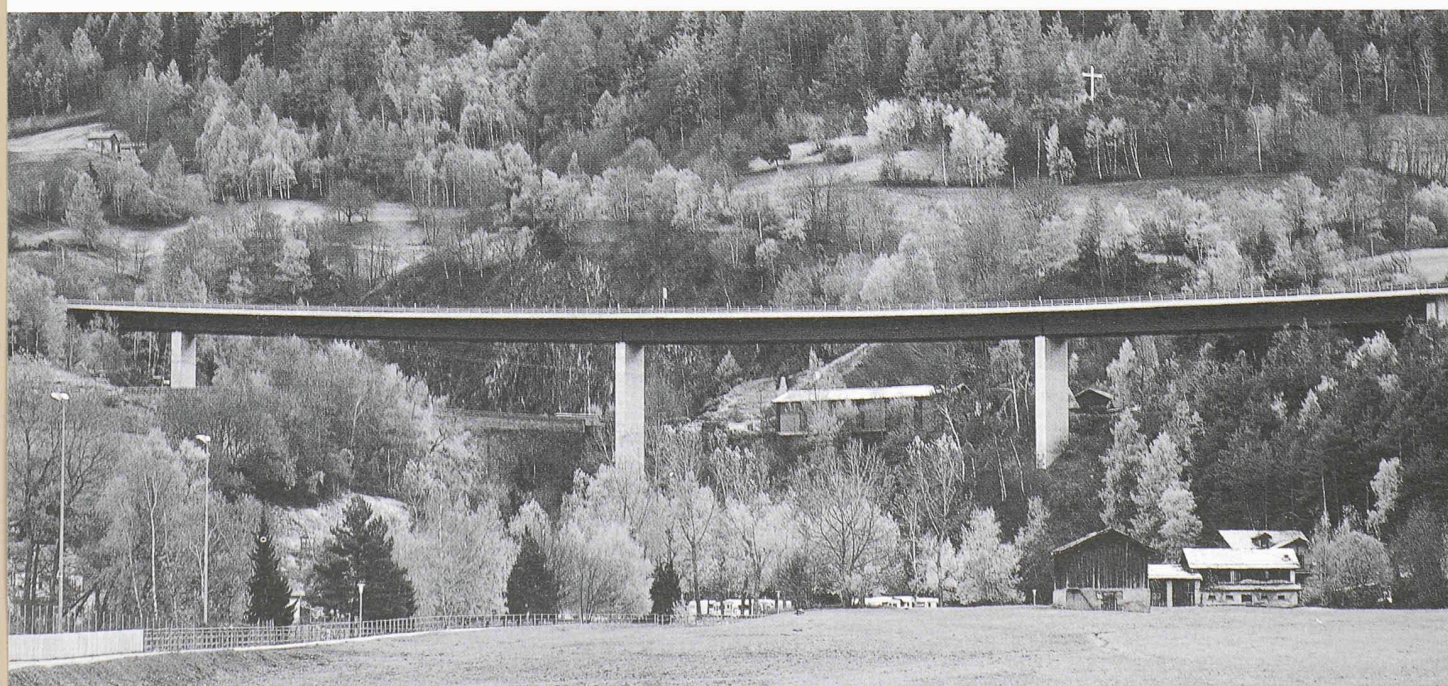
Les aciers patinables ont été développés aux Etats-Unis à partir des années trente et commercialisés par l'*U.S. Steel* sous le nom de *COR-TEN*. Trouvant leurs premières applications dans la construction de véhicules ferroviaires et routiers et la construction navale, ils ont également été utilisés pour la réalisation de pylônes pour lignes à haute tension. Ce

n'est que beaucoup plus tard, dans les années soixante que l'acier patinable a été mis en œuvre pour réaliser des ponts et des bâtiments. Aux Etats-Unis, le premier ouvrage de ce type date de 1964 [1]¹ et dès la fin des années soixante, les principales aciéries européennes étaient en mesure de livrer de l'acier patinable. En Suisse, les premiers bâtiments ont été réalisés en 1969 et le premier pont route en 1970.

Caractéristiques et propriétés

Faiblement alliés, les aciers patinables se distinguent par une remarquable résistance à la corrosion atmosphérique, propriété qui permet leur usage à l'état nu, sans revêtement de peinture. Obtenue par l'adjonction en faibles quantités de cuivre, de chrome et de nickel, cette résistance est due à la formation, par ces trois agents actifs, d'une couche d'oxyde compacte qui constitue la patine et, par là même, la résistance aux intempéries. Le tableau 1 donne une comparaison entre

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article



Désignation			Teneurs moyennes en %								
SIA 161/1 (1990)	EN 10027-1, ECISS-IC 10, EN 10088	EN 10027-2	C max [TL1]	Si max [TL2]	Mn	P max [TL3]	S max. [TL4]	Cr	Cu	Ni max.	
Fe E 355-D	S355J2G3	1,0570	0,20	0,55	max. 1,60	0,035	0,035				
Fe E 355-D patinable	S355J2G1W	1,8963	0,16	0,50	0,50 à 1,50	0,035	0,035	0,40 à 0,80	0,25 à 0,55	0,65	

l'analyse chimique d'un acier FeE 355 D standard (EN 10025 [2]) et celle d'un acier FeE 355 D patinable (EN 10155 [3]).

Comportement des aciers patinables au cours du temps

Le comportement des aciers patinables au cours du temps dépend principalement de la fréquence et de la durée des cycles « sec / humide ». La figure 2 montre la perte de matière en fonction du temps, caractéristique typique de la formation de la couche d'oxyde compacte.

La courbe 1 reproduit ce processus dans une atmosphère industrielle très agressive et pour une structure directement exposée aux intempéries. La courbe 2, qui correspond à une atmosphère urbaine normale, donne une approximation des pertes de matière valable pour la majorité des ouvrages construits en Suisse.

Compensation des pertes de matière

Les courbes reproduites à la figure 2 indiquent effectivement une légère perte de matière au cours du temps. Cela soulève, bien évidemment, la question d'une éventuelle compensation par une surépaisseur des tôles. Certains pays comme l'Allemagne et la Suède ont défini des règles pour la prise en compte de ces pertes, alors que d'autres comme les Etats-Unis ne prévoient pas de surépaisseur. En Suisse, la plupart des ouvrages ont été conçus sans tenir compte de ce phénomène. Si l'on applique la directive allemande [4], on doit ajouter, suivant le type d'atmosphère, entre 0,8 et 1,5 mm à l'épaisseur des tôles sur chaque face exposée aux intempéries. La directive suédoise [5] donne des valeurs légèrement plus faibles, entre 0,35 et 1,1 mm. En réalité, les premiers résultats des mesures systématiques effectuées en Allemagne depuis quelques années [6] montrent que les pertes effectives sont inférieures aux prévisions: en atmosphère industrielle, celles-ci demeurent en moyenne au-

dessous de 0,2 mm après quinze ans d'exploitation. Or, d'une part, les ponts mixtes réalisés en Suisse sont pour la plupart des ouvrages bi-poutres avec tablier supérieur où le métal protégé par le porte-à-faux de la dalle n'est pas directement exposé aux intempéries et, d'autre part, ces pertes de matière demeurent très minimes par rapport aux épaisseurs de tôles usuelles dans la construction de ponts, si bien qu'une surépaisseur n'est pas nécessaire.

Règle à observer

La Suisse n'étant pas concernée par les restrictions applicables à l'utilisation d'acier patinable en atmosphère marine, il reste une seule règle fondamentale pour la mise en œuvre de ce matériau: l'alternance entre périodes sèches et humides doit être assurée.

Cette règle doit impérativement être respectée, sans quoi des dysfonctionnements risquent de perturber le processus de formation de la patine. L'influence des cycles « sec / humide » a été étudiée en détail par H. Schwitter et H. Böhni [7], dont les travaux montrent clairement que des périodes humides nombreuses et de courte durée constituent une situation idéale. La réalisation et l'exploitation d'un pont mixte impliquent donc l'observation d'un certain nombre de critères.

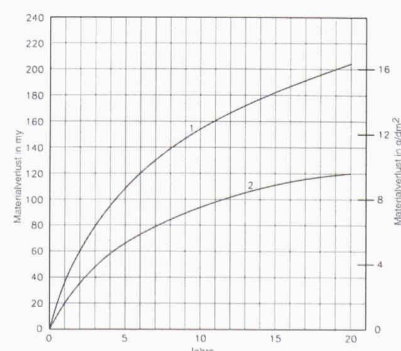


Fig. 3 - Exemple de culée envahie par la végétation

Fig. 4a - Patine compacte

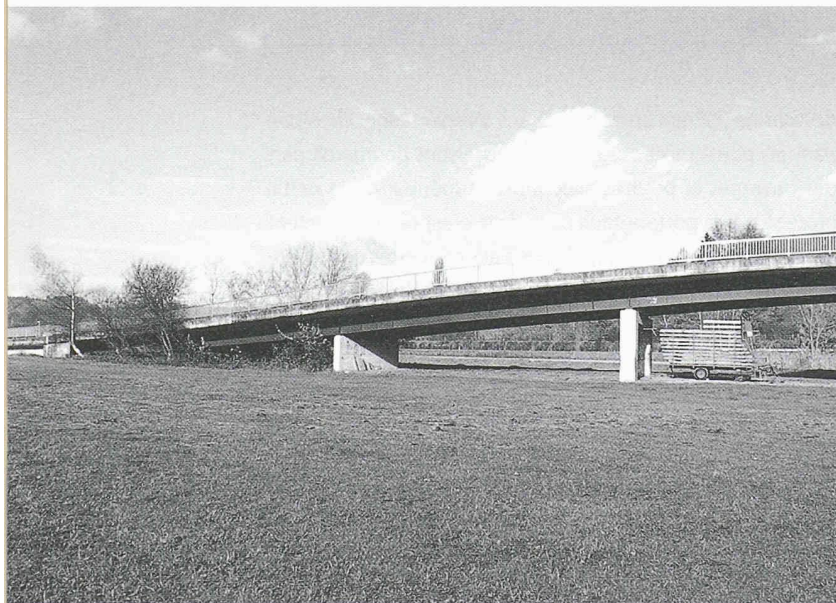
Fig. 4b - Patine grossière

Fig. 4c - Pellicule de rouille

Fig. 5 - Viaduc des Vaux en cours de lancement (1998) (Photo Jean Jeker)

Conditions climatiques

Le premier point consiste à contrôler si les conditions climatiques locales permettent l'alternance « sec / humide ». Si tel n'est pas le cas, il faut renoncer à l'acier patinable. Cette situation peut notamment se présenter lorsque l'ouvrage doit s'intégrer dans un lieu très humide, s'il est entouré d'une végétation dense (fig. 3), s'il est proche du sol, (moins d'un mètre) ou s'il enjambe un plan d'eau à moins de deux mètres cinquante.



Détails constructifs

La durabilité d'un ouvrage en acier patinable dépend pour une large part de la qualité des détails constructifs. Il est nécessaire de tout mettre en œuvre pour que la durée des périodes humides demeure aussi courte que possible. L'eau doit donc pouvoir s'écouler librement en tous points, sans rencontrer d'obstacles, et les ouvertures destinées à l'écoulement doivent être largement dimensionnées pour éviter qu'elles ne s'obstruent au cours du temps. L'intérieur des caissons visitables doit être bien aéré afin d'empêcher la condensation. Quant aux corps creux de petites dimensions, ils doivent être étanches. Ces problèmes constructifs sont relativement simples à résoudre correctement et de nombreux exemples sont proposés dans la littérature [4], [6].

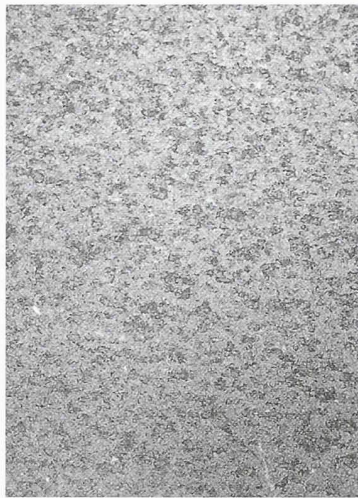
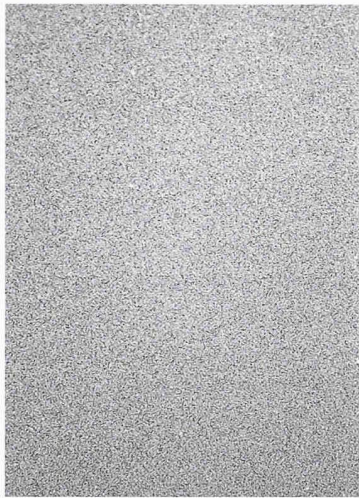
Le type d'assemblage retenu peut également représenter un point sensible pour la durabilité. Ainsi, on donnera la préférence à des joints soudés, car l'interface des pièces assemblées par boulons n'est généralement pas étanche, le phénomène de capillarité ayant tendance à favoriser l'hu-

midité permanente entre les tôles, avec les risques de corrosion que cela entraîne. Les attaches boulonnées peuvent cependant être utilisées pour des éléments secondaires qui ne sont pas directement exposés aux intempéries (entretoises, contreventements, etc.).

Outre les mesures liées à la durabilité, il est nécessaire de respecter certaines précautions relatives à l'aspect de l'ouvrage. Lors de la fabrication tout d'abord, il est souhaitable de grenailer les tôles afin d'éliminer la calamine, ce qui aura pour effet d'accélérer la formation de la patine et l'apparition de la teinte définitive de l'acier. Pendant le bétonnage de la dalle ensuite, il faut absolument éviter les coulures de lait de ciment qui, une fois sèches, laissent des traces extrêmement tenaces et peu esthétiques. Au stade final enfin, il importe de veiller soigneusement au guidage de l'eau qui ruisselle sur les parties métalliques, afin qu'elle ne vienne pas tacher les éléments en béton.

Surveillance et entretien

Lorsqu'un ouvrage est en service, il est essentiel de procéder à des contrôles périodiques. Les premiers contrôles après la mise en service permettent de vérifier le bon fonctionnement des mesures prises lors de la conception. Par la suite, les inspections peuvent être plus espacées, mais restent nécessaires. En effet, l'on constate parfois que l'environnement se modifie et influe sur le comportement de l'acier patinable. L'évolution de la végétation, la présence de feuilles mortes et de terre ou de poussière sur la structure peuvent favoriser la persistance de l'humidité. Celle-ci peut également être provoquée par un défaut d'étanchéité du tablier, des joints de dilatation ou des conduites d'évacuation des eaux. Simples à effectuer, ces contrôles périodiques font appel à une vérification visuelle et ne nécessitent pas d'équipement de mesure particulier. Une patine fine, compacte et présentant une bonne adhérence au frottement, indique un bon comportement de l'acier (fig. 4a). Si la patine présente une structure plus grossière et qu'elle se détache en petites pellicules, cela signifie que le métal subit des périodes d'humidité prolongées (fig. 4b). Un phénomène en général imputable à des distances métal - sol ou métal - béton insuffisantes ou encore à un manque d'aération de zones confinées. Quant à l'humidité permanente ou de très longue durée, elle est mise en évidence par la présence de grosses pellicules de rouille qui se détachent facilement et dont l'épaisseur varie de 1 à 4 voire 5 mm (fig. 4c). Dans ce dernier cas, il est indispensable d'entreprendre les modifications nécessaires pour éliminer cette humidité. Cela étant, il faut savoir que l'importance des dégâts causés par une humidité



permanente demeure relative: le rapport entre l'épaisseur de la pellicule et la perte d'épaisseur du matériau étant de l'ordre de dix à un, une plaque de rouille de 5 mm d'épaisseur correspond à une perte d'environ 0,5 mm sur la tôle.

Considérations économiques

Avec une réduction des coûts portant à la fois sur la fabrication et les frais d'entretien, l'intérêt économique de l'acier patinable est indiscutable. Si l'on compare en effet un pont en acier patinable à un ouvrage revêtu d'un traitement anticorrosion classique - soit quatre couches de peinture à deux composants dont la dernière est appliquée sur le chantier après bétonnage de la dalle -, on obtient une économie variant entre 10 et 15% du prix de la structure métallique. Rapportée à l'ouvrage complet, cette économie se situe entre 3 et 8%, le haut de cette fourchette correspondant à des réalisations qui nécessitent de nombreuses soudures sur le

chantier et dont le mode de montage peut provoquer d'importants dégâts aux couches de fond appliquées en atelier (fig. 5).

Plus difficile à évaluer, l'économie sur les frais d'entretien n'en est pas moins réelle. Un pont mixte ayant reçu un traitement anticorrosion classique de bonne qualité nécessite généralement des travaux de réfection plus ou moins importants au bout de vingt à vingt-cinq ans, tandis que plusieurs ponts en acier patinable construits en Suisse ont déjà dépassé le quart de siècle sans problème.

Ponts construits en Suisse

En Suisse, nous avons recensé trente-cinq ponts mixtes en acier patinable qui sont répertoriés dans le tableau 2, à l'exception des passerelles pour piétons et des ouvrages dont la longueur totale est inférieure à 30 mètres. Quant à la figure 7, elle donne un exemple de pont avec poutre-caisson.



Nom de l'ouvrage	Ct.	Année	Long.[m]	Acier[t]
SBB-Bahnüberführung Industrie				
Althau	AG	1970	54,00	41
Ponts sur la Grande Eau	VD	1973	63,00	130
Viaduc route d'accès à la jonction d'Aigle	VD	1974	545,00	470
Pont de Leukerfeld	VS	1974	149,00	130
Pont sur le Rhône à Illarsaz	VS	1974	181,00	240
Viaduc de Turtig-Raron	VS	1974	551,50	460
Brücke Fabrikstrasse	BE	1976	35,50	91
Brücke Murtenstrasse	BE	1976	38,50	185
Brücke Gampel-Steg/T9-SBB-Rotten	VS	1976	198,00	248
Pont sur la Losentze	VS	1976	164,80	460
Viaduc de Vionnaz	VS	1976	340,00	245
Lehnenbrücke Nr, 1, Kandersteg	BE	1977	139,00	120
Lehnenbrücke Nr, 2, Kandersteg	BE	1977	61,00	50
Rheinbrücke Zurzach - Rheinhelm	AG	1977	156,50	216
Viaduc de Getwing sur le Rhône+CFF	VS	1977	302,00	290
Viaduc du Chêne	VD	1978	365,20	700
Brücke Nidau-Büren-Kanal	BE	1979	94,00	80
Brücke Nidau-Büren-Kanal (BTI)	BE	1979	94,00	90
Ueberführung U8 Wiggiswilstrasse	BE	1980	159,00	106
Napoleonbrücke	VS	1980	330,00	750
Nuovo ponte sul Ticino	TI	1981	342,50	547
Pont sur la Sarine	FR	1982	40,85	80
Nuovo ponte sul fiume Maggia	TI	1982	90,00	115
Pont de la Tine	VD	1984	123,67	120
Pont sur le Rhône Saxon-Ouest	VS	1987	130,00	200
Pont sur la Dala	VS	1990	211,00	950
Nouveau pont de Gueuroz	VS	1993	170,25	400
Viaducs des Vaux	VD	1999	945,00	5000

Etat actuel des ouvrages en Suisse

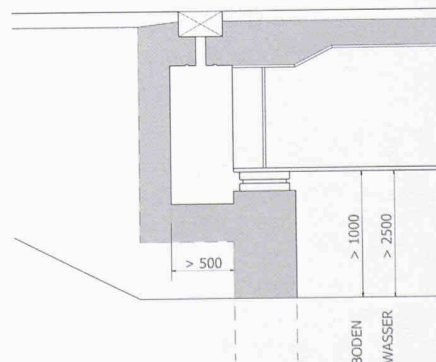
Par le biais d'un questionnaire envoyé aux responsables cantonaux des ouvrages d'arts, l'Institut de la construction métallique de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (ICOM) a procédé à une enquête, dont le dépouillement n'a révélé aucun problème particulier relatif aux ouvrages en acier patinable. Là où des défauts ont été constatés, ils sont généralement sans rapport avec le type d'acier, à l'exception de quatre ouvrages tessinois auxquels un traitement anticorrosion conventionnel a dû être appliqué quelques années après leur mise en service. Il s'agit de petits ouvrages à une travée, dont la longueur varie entre 20 et 30 mètres, et qui ne remplissaient visiblement pas les conditions requises pour l'utilisation de l'acier patinable.

Pour compléter cette enquête, l'atelier de construction métallique *Zwahlen & Mayr SA* à Aigle a entrepris l'inspection visuelle d'une dizaine de ponts, complétée par des mesures d'épaisseur de tôle à l'aide d'un appareil à ultrasons. Ces ouvrages, dont le plus ancien a été construit en 1972, sont globalement en bon état, bien que dans certains cas l'entretien semble avoir été négligé. On a pu voir, entre autres, des

conduites d'eau pluviale déboîtées, des dispositifs d'évacuation se déversant directement sur les poutres et des dépôts de terre sur les semelles inférieures. Sur trois ouvrages, on a constaté des signes de corrosion due à l'humidité permanente. Les zones touchées demeurent restreintes et se situent, dans les trois cas, aux culées. D'une manière générale on peut constater que les culées sont fréquemment conçues sans tenir compte des spécificités de l'acier patinable, avec des distances minimales (fig. 6) non respectées ou des joints de dilatation - dont l'étanchéité laisse souvent à désirer - situés au dessus des poutres. Enfin, c'est également au voisinage des culées que la végétation susceptible de favoriser l'humidité se développe le plus facilement.

En l'absence des données correspondantes attestées au temps $t = 0$, les mesures d'épaisseur effectuées dans ce cadre n'ont qu'une valeur indicative et ne permettent évidemment pas de tirer des conclusions sur les pertes de matière. Les comparaisons sont donc établies avec les épaisseurs théoriques figurant dans les plans d'exécution. Sur la centaine de mesures effectuées, seules deux ont livré des valeurs inférieures aux épaisseurs théoriques: il s'agit de deux âmes mesurées à 9,9 mm pour une épaisseur théorique de 10 mm. Outre qu'il est inférieur à la précision des mesures, cet écart est aussi largement en dessous des tolérances de laminage. (Rappelons que la tolérance inférieure de laminage d'une tôle de 10 mm dont la longueur dépasse 8 mètres est de -0,6 mm et de -1,4 mm pour une tôle de 40 mm). Pour le reste, les épaisseurs mesurées sont en moyenne 3 à 4% plus élevées que les valeurs théoriques, résultats qui corroborent ceux obtenus en Allemagne sur un nombre beaucoup plus important d'ouvrages [6].

En ce moment, tous les ponts en acier patinable existant en Suisse font l'objet d'une étude systématique de l'ICOM - Construction métallique, commandée par l'Office fédéral des



routes. L'objectif de ce travail est d'établir un relevé global de leur état et de fournir des règles générales supplémentaires pour l'utilisation de l'acier patinable en Suisse (publication prévue pour l'été 2000).

Conclusion

Il ne fait aucun doute que l'utilisation d'acier patinable, dans la mesure où il est mis en œuvre selon les règles, est une bonne solution technique. Les ouvrages réalisés en Suisse et à l'étranger (plus de 110 ponts en Allemagne, environ 100 au Grande Bretagne et plus de 2500 aux Etats-Unis) en témoignent. L'intérêt économique de l'acier patinable est indéniable: il découle directement de la différence entre le prix du traitement anticorrosion et le surcoût de qualité pour la matière. L'aspect esthétique est évidemment plus subjectif. Sur ce plan, la caractéristique principale des ponts en acier patinable est leur « discrétion »: les teintes, très contrastées, du béton et de l'acier atténuent l'impact visuel de ces ouvrages et leur intégration dans le paysage est généralement très bonne (fig. 1 et 8). Après l'euphorie qui a marqué les années septante, puis les désillusions qui ont sanctionné des applications inadéquates dans le bâtiment en particulier, l'acier patinable connaît aujourd'hui un net regain d'intérêt. Un intérêt justifié par les solutions pertinentes que ce matériau est à même d'apporter dans le domaine de la construction, en particulier pour la réalisation de ponts mixtes.

Le présent article sera publié en allemand par *SI+A*, notre revue sœur à Zurich, dans son N° 4 du 24 janvier 2000

Bibliographie

- [1] NICKERSON, R. L.: «Performance of weathering steel in highway bridges, a Third Phase Report», American Iron and Steel Institute, Washington, 1995
- [2] EN 10025 : 1993, «Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen – Technische Lieferbedingungen», Europäisches Komitee für Normung, Bruxelles, 1993
- [3] EN 10155 : 1993, «Wetterfeste Baustähle – Technische Lieferbedingungen», Europäisches Komitee für Normung, Bruxelles, 1993
- [4] DAST Richtlinie 007, «Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle», Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Cologne, 1993
- [5] Schwedische Richtlinien, Bulletin 97, «Richtlinie für die Verwendung von korrosionsfesten Stählen»
- [6] FISCHER, M.; ROXLAU, U.: «Projekt 191, Anwendung wetterfester Baustähle im Brückenbau. Forschungsbericht», Studiengesellschaft Stahlanwendungen e.V., Düsseldorf, 1992
- [7] BÖHNI, H.; SCHWITZER H.: «Wetterfeste Baustähle, das Korrosionsverhalten», *Schweizer Ingenieur und Architekt* 6/79, Zurich, 1979
- [8] LEBET, J.-P. ; DUCRET, J.-M.: «Le comportement dans le temps des ponts mixtes continus», EPFL, Publication ICOM 351, Lausanne, 1997
- [9] FISCHER, M.; WIEN, B.: «Erfahrungen mit Brücken aus wetterfestem Baustahl», Universität Dortmund, konstruktiver Ingenieurbau, Bericht aus dem Fachgebiet Stahlbau, Mitteilung Nr. 3. Dortmund, 1988

