

PONTS ET PASSERELLES EN ALUMINIUM

Sommaire exécutif

**RAPPORT DE VISITES ET DE RENCONTRES EN SUÈDE ET EN HOLLANDE
ET AUX ÉTATS-UNIS**

**EN EUROPE
DU 2 DÉCEMBRE AU 11 DÉCEMBRE 2014
AUX ÉTATS-UNIS
LE 26 FÉVRIER 2015**

par

**Denis Beaulieu, Ph. D.,Ing.
Jacques Internoscia, B.SC., MBA
Martin Hartlieb**

Avril 2015



Association
de l'aluminium
du Canada



Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Personnes rencontrées.....	3
3. Rencontre au Royal Institute of Technology de Stockholm et visite de SAPA, Finspang	3
4. Aperçu des ponts et passerelles visités	4
5. Conclusions préliminaires sur la technologie utilisée en Suède	4
6. Rencontres en Hollande et visite de Bayards.....	5
7. Aperçu des ponts et passerelles visités	6
8. Conclusions préliminaires sur la technologie utilisée en Hollande	7
9. Rencontres chez Aecom et Seacoast aux États-Unis et visite d'un pont	7
10. Conclusions préliminaires sur la technologie utilisée aux États-Unis	9
11. Questions posées par le MTQ, le MTO et Scott Walbridge	9
12. Conclusions générales	10

1. Introduction

Au début de décembre 2014, **Jacques Internoscia**, de l'*Association de l'aluminium du Canada*, et **Denis Beaulieu**, consultant, se sont rendus en Europe pour rencontrer les concepteurs, les fabricants et les gestionnaires des ponts et passerelles en aluminium de Suède et de Hollande et visiter un certain nombre de ces ouvrages dans le but de préparer le terrain, par la rédaction d'un rapport, pour une visite plus officielle d'un certain nombre de délégués à l'automne 2015.

Une visite de même type et visant le même objectif a eu lieu le 26 février 2015 aux États-Unis. **Martin Hartlieb** d'*AluQuébec* s'est alors joint au groupe.

2. Personnes rencontrées

En Suède : le **Dr Torsten Höglund**, professeur retraité du *Royal Institute of Technology*, **Mikael Lindqvist** de *SAPA*, **Hans Pétursson**, ingénieur de la *Swedish Transportation Administration*, **Bert Norlin**, professeur au *Royal Institute of Technology*, et **Lars Svensson**, développeur du *SAPA Bridge Decking System* (absent pour cause de maladie lors de notre passage).

En Hollande : **Dick de Kluijver**, **Tjibbe van der Werff** et **Dies W.S. Mackintosh**, trois ingénieurs de *Bayards*, **Dr Frans Soetens**, professeur retraité du *TNO* et **Dr Johan Maljaars**, professeur au *TNO*.

Aux États-Unis : **Greg Osberg** d'*AlumaBridge*, **George C. Patton** d'*Hardesty-Hanover*, **Ed Coholich** et **Mike Riley** de *LBFoster*, **David Graff** de *Parsons*, **Steven Ballou** et **R. Randy Johnson** de *Sea-coast*.

3. Rencontre au Royal Institute of Technology de Stockholm et visite de SAPA, Finspang

Cette rencontre visait à présenter la technologie de remplacement de platelages de ponts et passerelles existants par un système de platelage en aluminium autrefois appelé *Svensson Decking System*, du nom de son inventeur. Ce système porte maintenant le nom de *SAPA Bridge Decking System*, puisque c'est SAPA qui en fait la promotion depuis la prise de retraite de Lars Svensson.

Le remplacement de platelages par un platelage en aluminium a été très populaire de 1987 à 2005, puisque près de 70 ponts ont été réhabilités durant cette période. Une dizaine de ponts seulement ont été réhabilités depuis 2005, ce qui semble être imputable à un manque de relève suite au départ à la retraite des principaux développeurs (Höglund et Svensson).

Le platelage est formé de profilés extrudés disposés transversalement par rapport à l'axe du pont. Deux principaux types de profilés sont utilisés en fonction de la portée disponible (voir la figure 1). La largeur et la profondeur du plus petit profilé sont respectivement égales à 250 et 50 mm (système 50), et celles du plus gros sont égales à 300 et 100 mm (système 100). Le premier système convient surtout au remplacement de platelages de bois et le deuxième au remplacement de dalles de béton. Les sections s'emboîtent l'une dans l'autre et sont retenues aux poutres d'acier qui les supportent à l'aide d'attaches extrudées boulonnées à l'aile supérieure des poutres. La réalisation d'un platelage de pont complet fait appel à un grand nombre de profilés, comme en fait foi la figure 1.

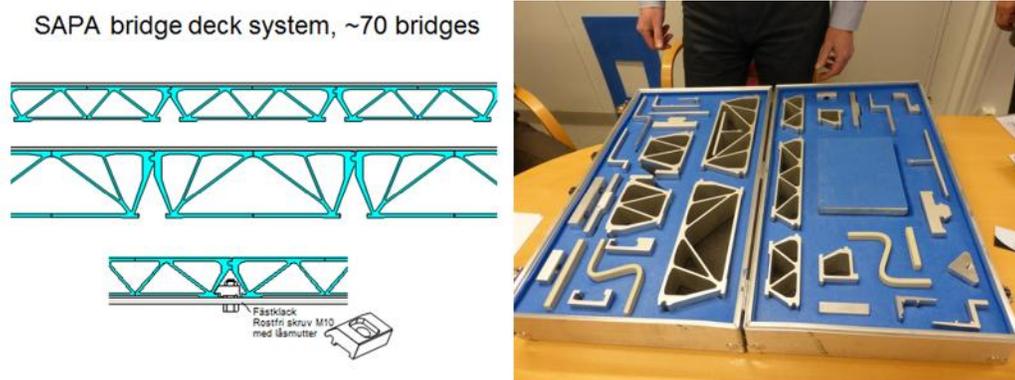


Figure 1 – Système de platelage en aluminium de SAPA

Le tour guidé de l'usine de SAPA à Finspang a été rapide, mais très impressionnant. SAPA dispose d'un important inventaire de matrices d'extrusion gérées à l'aide de robots. SAPA possède aussi une immense machine à souder par friction-malaxage qui permet d'assembler des panneaux de 14,5 m de long par 3 m de large. Présentement, SAPA préassemble des panneaux pour de multiples applications, mais n'a pas encore développé un profilé de platelage de pont extrudé qui pourrait être soudé par friction-malaxage, comme c'est le cas chez SAPA aux États Unis. Nous avons eu la nette impression que ce développement majeur ne saurait tarder.

SAPA appartient en parties égales à Orkla et Hydro. La compagnie opère dans 40 pays, emploie 23 000 personnes et a son siège social à Oslo, en Norvège.

4. Aperçu des ponts et passerelles visités

Six ponts dont le platelage a été remplacé par le platelage d'aluminium de SAPA ont été visités. Tous sont situés à proximité de Stockholm. Le pont **Tottnäs**, le pont **Stallarholmen**, les ponts **Vilsta**, le pont **Björnavad**, le pont **Snövelstorp** et le pont **Venneberga**. Un exemple de ces ponts est montré sur la figure 2.

Le revêtement de bitume de la plupart de ces ponts a tendance, au fil des ans, à se fissurer transversalement vis-à-vis les joints entre les profilés, comme le montre la figure 2.

5. Conclusions préliminaires sur la technologie utilisée en Suède

Le système de platelage de SAPA ne se prête pas au remplacement de platelages de ponts sur des axes routiers d'importance. À ce jour, tous les ponts dont le platelage a été remplacé par un platelage d'aluminium sont situés sur des routes secondaires et plusieurs de ces ponts sont des ponts mobiles.

Il serait temps de moderniser le concept en développant un nouveau type de profilé extrudé qui permettrait l'utilisation du procédé de soudage par friction-malaxage pour la fabrication de panneaux de bonnes dimensions pour les ponts, comme c'est déjà le cas en Hollande et aux États-Unis. L'usine de SAPA à Finspang utilise déjà cette technologie pour la fabrication de panneaux et platelages servant

à d'autres fins. Le problème de fissuration du revêtement serait alors grandement, sinon entièrement, résolu.

La fissuration du revêtement ne semble toutefois pas rendre le platelage perméable à l'eau, puisqu'on observe que la superstructure sous le platelage des ponts visités n'est pas affectée par la corrosion. La membrane imperméable placée à la base du revêtement demeure apparemment intacte.



Figure 2 – Un exemple de pont visité et un exemple de fissuration du platelage

6. Rencontres en Hollande et visite de Bayards

Dick de Kluijver a fait une présentation PowerPoint de réalisations très impressionnantes d'ouvrages entièrement en aluminium réalisés par Bayards : bateaux, héliports, quartiers d'habitation de plateformes de forage, bâtiments, ponts, passerelles, etc. La compagnie existe et opère dans le secteur de l'aluminium depuis 50 ans. Elle a conçu, fabriqué et construit 26 ponts et passerelles en aluminium depuis l'an 2000. Bayards a récemment réhabilité deux ponts en acier de 25 m de portée par des structures d'acier avec platelage d'aluminium au Kentucky. Un mélange époxy/agrégats de 10 mm ou une couche d'asphalte de 10 cm (pour les pneus à crampons en Amérique) est généralement utilisé comme recouvrement.

Bayards ne fait pas que remplacer des dalles de ponts en béton ou en platelage de bois par des platelages d'aluminium. La compagnie s'associe aussi avec des architectes pour concevoir, fabriquer et construire des ponts et passerelles entièrement en aluminium. Il n'y a pas de système standard pour ce dernier type d'application, comme c'est le cas, à toutes fins pratiques, pour le remplacement de platelages. La compagnie possède, en fait, différents types de profilés pour les ponts.

Bayards favorise le soudage par friction-malaxage des profilés extrudés pour la fabrication des platelages de ponts et passerelles. La machine à souder par friction-malaxage de Bayards est une des plus grandes sur le marché présentement (figure 3). De plus, le soudage à l'arc effectué chez Bayards est de très grande qualité, comme le montre la même figure.



Figure 3 – Exemples de soudage par friction-malaxage et de soudage à l'arc chez Bayards

Les professeurs Soetens et Maljaars sont deux collaborateurs de longue date avec Bayards. Ils ont participé à la réalisation de plusieurs projets, dont des projets de ponts, avec cette compagnie. Ils confirment leur disponibilité pour rencontrer les chercheurs et étudiants du Regal. Ils travaillent aussi en étroite collaboration avec les professeurs Magnus Langset et Oddstore Hopperstad du SINTEF de l'Université de Trondheim, en Norvège.

7. Aperçu des ponts et passerelles visités

Cinq ponts et passerelles fabriqués, construits et installés par Bayards ont été visités. Il s'agit de la passerelle **Westerdok**, du pont **Uiver**, du pont/passerelle de **Maarsen**, des passerelles du District **Ijburg** et du pont **Haringvlietbrug**. Toutes ces structures sont situées à Amsterdam ou à proximité, ainsi que dans la région de Rotterdam. La figure 4 montre une vue des passerelles Westerdock et de Maarsen, comme exemples de ce que Bayards est en mesure de réaliser.

Tous les ponts et passerelles que nous avons visités en Hollande sont en très bon état. Il en est de même pour le revêtement des platelages.

8. Conclusions préliminaires sur la technologie utilisée en Hollande

À la différence de la technologie standard utilisée par SAPA, en Suède, pour le remplacement de platelages de ponts existants par des platelages en aluminium, l'approche favorisée par Bayards est plus versatile et plus diversifiée. Elle s'applique aussi bien au remplacement de platelages de ponts existants qu'à la construction de ponts et passerelles entièrement en aluminium. Les concepts et profilés utilisés pour les différents ouvrages d'art sont adaptés aux besoins du client. De plus, Bayards favorise l'implication d'un architecte à l'étape de la conception du pont. Il en résulte des ouvrages généralement plus attrayants que ceux réalisés uniquement par des ingénieurs dont le souci principal est trop souvent celui de favoriser le plus bas soumissionnaire.



Figure 4 – Passerelles Westerdok et de Maarsen réalisées par Bayards

9. Rencontres chez Aecom et Seacoast aux États-Unis et visite d'un pont

Les efforts de développement actuels ne concernent que le remplacement de platelages de ponts routiers existants par des platelages d'aluminium. Il n'est toutefois pas exclu que l'équipe s'attaque, dans un futur rapproché, à des projets de conception et de construction de ponts dans lesquels l'aluminium prendra davantage de place. Puisque plusieurs milliers de platelages de ponts routiers devront être remplacés dans les années à venir aux États-Unis, il a été stratégiquement décidé de se concentrer sur ce créneau pour lequel l'aluminium présente des avantages incontestables.

Greg Osberg a tout récemment démarré sa propre firme, AlumaBridge, et, en partenariat avec quelques collaborateurs, il a développé un nouveau profilé extrudé de 5 pouces (130 mm) de profondeur, plus adapté que le profilé de 8 pouces (200 mm) de profondeur, développé il y a quelques années par la *Reynolds Metals*, pour le remplacement des grillages métalliques vieillissants que l'on retrouve sur des milliers de ponts mobiles aux États-Unis et en particulier en Floride. Le profilé de 8 pouces et le nouveau profilé de 5 pouces sont extrudés par SAPA en Indiana et sont soudés par friction-malaxage à l'aide d'une toute nouvelle machine chez HF Webster de Rapid City, au Dakota du Sud (figure 5). Le recouvrement de type *Flexolith (low modulus epoxy coating and broadcast overlay system)* produit par *Euclid Chemical* à Cleveland, OH, (<http://www.euclidchemical.com/>) est ensuite appliqué par HRI Inc. à Williamsport, PA, (<http://www.hriinc.com/>). Les panneaux sont enfin expédiés sur les sites par camions. La firme LBFoster développe le produit en partenariat avec AlumaBridge et en fait la promotion.



Figure 5 – Soudage par friction-malaxage du platelage de 5 pouces

Un programme de recherche a été mis sur pied avec l'appui du *Florida Department of Transportation* (FDOT) pour tester le nouveau platelage de 5 pouces afin de permettre son accréditation pour le remplacement des grillages métalliques sur les nombreux ponts mobiles de Floride. Le platelage d'aluminium, d'un poids équivalent à celui du grillage métallique qu'il remplace, a été sélectionné comme étant la meilleure option après avoir considéré plusieurs alternatives. C'est cette opération qui est en cours présentement en Floride sous la responsabilité de George Patton.

Denis Beaulieu a visité un pont construit en 1996 au-dessus du ruisseau *Little Buffalo*, sur la Route 58 près de Clarksville, en Virginie. Le platelage d'aluminium a été conçu pour travailler de façon mixte avec quatre poutres d'acier sur lesquelles ont été soudés des goujons, comme en témoigne la figure 6.



Figure 6 – Le pont mixte aluminium-acier sur le ruisseau *Little Buffalo*, en Virginie

10. Conclusions préliminaires sur la technologie utilisée aux États-Unis

L'équipe de développement et de promotion des platelages d'aluminium, qui s'est constituée autour de la compagnie AlumaBridge aux États-Unis, est sur le point de faire reconnaître deux modèles de platelages orthotropes par différents ministères des Transports, tant aux États-Unis qu'au Canada. Plusieurs milliers de ponts routiers sont visés. Les passerelles piétonnières et les autres éléments de ponts routiers en aluminium ne sont pas considérés par ce regroupement, pour le moment. Le champ est laissé libre à la concurrence.

11. Questions posées par le MTQ, le MTO et Scott Walbridge

Nos hôtes ont répondu à plus de 30 questions posées par les ministères des Transports du Québec et de l'Ontario, ainsi que par le Dr Scott Walbridge, professeur à l'Université de Waterloo.

12. Conclusions générales

La technologie utilisée par SAPA pour la réhabilitation des ponts en Suède est différente de celle utilisée par Bayards en Hollande. Dans les deux cas, toutefois, les profilés extrudés du platelage sont généralement disposés transversalement à l'axe longitudinal du pont et les platelages réhabilités sont soit des platelages de bois ou des dalles de béton arrivés à leur fin de vie. Dans tous les cas, le besoin de légèreté, l'imperméabilité, la facilité d'entretien et la rapidité de remplacement sont les principaux critères considérés. Si la technologie suédoise est standard et ne concerne que le remplacement des platelages, en Hollande, Bayards conçoit, fabrique et construit aussi des ponts et passerelles tout aluminium qui ne respectent pas un standard préétabli.

Le soudage par friction-malaxage des profilés extrudés utilisés dans la fabrication des platelages d'aluminium pour les ponts n'est utilisé qu'en Hollande et aux États Unis. C'est probablement une question de temps avant que les Suédois se décident à adopter cette nouvelle technologie pour la fabrication d'un nouveau type de platelage de pont. SAPA, à Finspang, utilise déjà le soudage par friction-malaxage pour la fabrication de panneaux et platelages servant à d'autres fins et AlumaBridge, aux États-Unis, l'utilise depuis peu pour la fabrication de ses platelages de ponts, en partenariat avec SAPA et d'autres intervenants. C'est ainsi que le problème de fissuration du revêtement observé en Suède sera solutionné.

Il est intéressant de comparer les approches suédoise et hollandaise à celle des Américains. Ces derniers disposent leurs extrusions dans le sens transversal ou longitudinal des ponts, selon le type de superstructure, et les soudent par friction-malaxage pour former de grands panneaux. Cela leur permet de concevoir des platelages orthotropes en mesure de développer une action mixte avec les poutres de support lorsqu'elle est requise. Des assemblages anti-glissement obtenus à l'aide de boulons à haute résistance reliant le platelage aux poutres de support permettent le développement de cette action composite. Les américains sont à ce jour les seuls à utiliser cette technologie.

L'objectif poursuivi par le présent exercice de rencontres et de visites, et par la production de deux rapports, est de sensibiliser les décideurs québécois et canadiens à l'utilisation de l'aluminium dans les ponts et de préparer une tournée équivalente, mais plus officielle, pour une délégation de personnes intéressées par le sujet à l'automne 2015.