



## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### **Protection cathodique contre la corrosion des armatures d'acier** Brousseau, R.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

<https://doi.org/10.4224/23000505>

#### **NRC Publications Record / Notice d'Archives des publications de CNRC:**

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=d6c59b67-ab4d-4f86-9d98-6a1061b52bfe>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=d6c59b67-ab4d-4f86-9d98-6a1061b52bfe>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

**Questions?** Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

**Vous avez des questions?** Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.



# Protection cathodique contre la corrosion des armatures d'acier

par R. Brousseau

Paru dans « Construction Canada » 34(5), sept-oct. 1992, p. 29, 32-33

La corrosion des armatures d'acier des ponts et des garages de stationnement est un problème coûteux bien connu. En présence de chlorures, d'humidité et d'oxygène, la corrosion progresse assez rapidement. Les produits de corrosion, qui occupent deux fois le volume de l'acier original, exercent des contraintes de traction dans le béton environnant. Lorsque ces contraintes internes sont excessives, le béton à proximité des armatures se fissure, puis tôt ou tard éclate et s'effrite. Il faut alors le réparer sans tarder avant que les armatures ne subissent des dommages irréparables.

L'enlèvement du béton contaminé par le sel, le rapiéçage et la pose de membranes hydrofuges sont des traitements possibles qui, seuls ou combinés, ont été utilisés traditionnellement pour la remise en état des infrastructures endommagées par la corrosion. Malheureusement, ces mesures ne mettent pas toujours un frein à la corrosion. Par exemple, dans un travail de rapiéçage, il s'établit une cellule galvanique : l'armature exposée au béton frais agit comme cathode, tandis que, dans le béton contaminé par le sel autour du rapiéçage, l'armature agit comme anode et se corrode plus rapidement, comme l'indique la figure 1.

**Figure 1.** Schéma de la cellule galvanique dans des rapiéçages. La corrosion est accélérée dans le béton contaminé par le sel autour des rapiéçages.

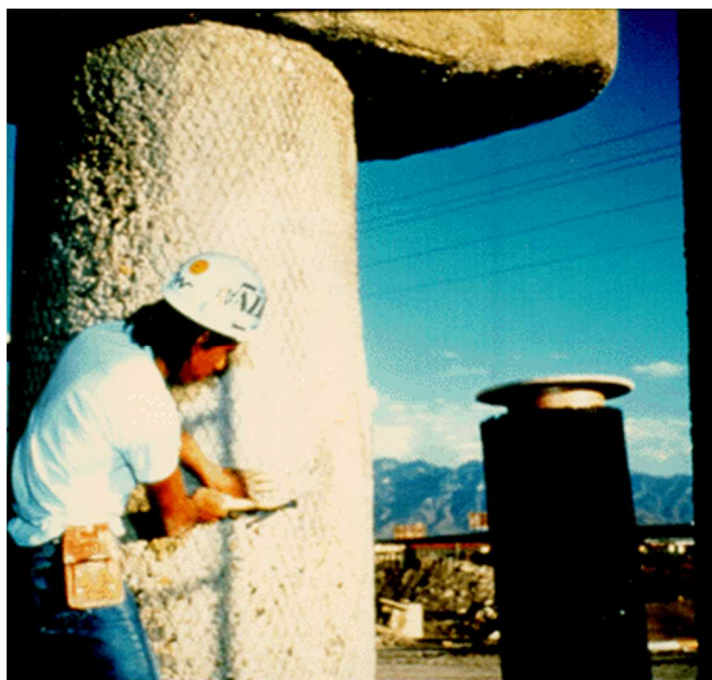
**Figure 2.** Pose d'un treillis anodique de titane sur une colonne au moyen d'attaches mécaniques. Le treillis sera ensuite enrobé de béton projeté qui assurera un bon contact électrique avec l'ouvrage de béton.

La pose de membranes hydrofuges sur les nouvelles constructions est très efficace. Ces membranes empêchent ou du moins retardent l'infiltration des chlorures vers l'armature. Mais lorsque la teneur en chlorures du béton exposé à l'armature égale ou dépasse le seuil de corrosion, les membranes ne réduisent pas notablement la corrosion. Dans le béton fortement

contaminé par les chlorures, les membranes ne réduisent la corrosion que si elles enveloppent complètement le béton, empêchant ainsi tout oxygène d'atteindre l'armature d'acier.

## Introduction du courant électrique

La protection cathodique (PC) est la seule technique qui puisse empêcher la corrosion dans les ouvrages de béton contaminés par les chlorures. Son efficacité a été démontrée dans des systèmes



expérimentaux installés sur des ponts avec armature au début des années 1970. Les premiers systèmes de PC commercialement viables sont apparus sur le marché dans les années 1980. Par conséquent, les ingénieurs civils n'ont disposé d'aucune donnée sur leur rendement jusqu'à récemment.

La protection cathodique diminue la corrosion en modifiant la thermodynamique de l'acier, c'est-à-dire que le potentiel chimique de l'acier en contact avec le béton est modifié de façon à rendre l'acier plus inerte. La PC consiste à établir un courant électrique à l'interface acier béton. Dans la plupart des systèmes de protection cathodique, le courant est appliqué au moyen d'un redresseur et d'une anode (voir fig. 2). L'anode devrait couvrir autant que possible la surface de béton à protéger de manière à mieux répartir le courant dans l'armature, augmentant ainsi la durée du système.

Les meilleurs types d'anodes mis au point jusqu'à maintenant sont énumérés au tableau 1, qui donne des recommandations quant à leur pose et des commentaires.

**Table 1.** Systèmes à anode les plus courants

Type d'anode	Application	Commentaires
Treillis de titane enrobé de béton projeté	Tabliers de pont et éléments de l'infrastructure, garages de stationnement, docks, murs de soutènement	Considéré aujourd'hui comme la norme de l'industrie. Excellent pour les utilisations horizontales. À l'occasion toutefois, on a constaté une certaine délamination du béton pulvérisé sur les colonnes et les murs. Relativement coûteux mais durée de vie utile prévue supérieure.
Enduit conducteur, c.-à-d. peinture contenant de la poudre de graphite	Partie inférieure des dalles des garages et des tabliers de pont ; colonnes, murs	Peut être appliqué à la brosse ou pulvérisé. Cependant, il est recommandé d'utiliser un enduit éprouvé puisque la performance de certains a été très pauvre en raison d'un

		<p>mélange incompatible. Système le moins coûteux, et durée de vie utile inférieure à l'occasion selon la qualité de l'enduit ; fortement recommandé si l'échafaudage est peu importante et peu coûteux.</p>
<p>Enduit bitumineux contenant du poussier de coke conducteur</p>	<p>Tabliers de pont</p>	<p>Utilisé avec succès par certains ministères des transports, notamment en Ontario. Par contre, ajoute une charge permanente additionnelle à la structure. Relativement peu coûteux, bonne performance.</p>
<p>Zinc métalisé</p>	<p>Partie inférieure des tabliers de pont, colonnes. Peut être utilisé dans les garages (galvanique)</p>	<p>Résultats concluants sur tous les systèmes éprouvés. Longue durée de vie utile prévue. Coûteux comme anode à courant appliqué, mais peut être moins coûteux comme anode galvanique avec un béton relativement humide et un enrobage mince, d'après les données</p>

		expérimentales à ce jour.
--	--	------------------------------

Un système qui a suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années met en cause du zinc métallisé. Dans la métallisation, le zinc est d'abord fondu, à la flamme ou à l'arc, en petites gouttelettes qui sont ensuite projetées à haute vitesse par un jet d'air sur la surface du béton. Le premier système de PC à zinc métallisé avec courant appliqué a été installé en 1983 sur le pont San Rafael dans la baie de San Francisco en Californie. Un deuxième système a été installé en 1985 sur le pont de la rue Leslie, à l'intersection de l'autoroute 401 à Toronto, en Ontario. Compte tenu de l'excellent rendement de ces deux systèmes d'essai, des projets plus ambitieux dans lesquels le zinc métallisé sert d'anode ont récemment été entrepris. Plus de 12 ponts ont été ou sont en voie d'être métallisés au zinc. Le plus gros pont métallisé au zinc jusqu'ici est le Cape Creek Bridge, dans le Devil's Elbow State Park, Oregon, où environ 100 000 pieds carrés de béton ont été métallisés. Un projet encore plus ambitieux est en cours sur le pont de la baie Yaquina, à Newport en Oregon, où il est prévu qu'environ 175 000 pieds carrés de béton seront enduits de zinc pulvérisé à l'arc. À l'automne 1992, 30 000 pieds carrés d'un pont de Toronto ont été enduits de zinc aux fins de la PC à courant appliqué.

Les revêtements de zinc métallisé ont aussi ouvert la voie à une nouvelle forme de PC pour les ouvrages en béton armé, la « protection cathodique galvanique ». La PC galvanique est actuellement expérimentée sur quelques ponts dans les Keys de la Floride, à la South Florida University (voir fig. 3) et à l'Institut de recherche en construction du CNRC. Dans un système de PC galvanique, un métal sacrificiel comme le zinc est mis en contact électrique direct avec l'acier en quelques points de raccordement. Le courant est produit par la différence de force électromotrice entre le métal sacrificiel et l'acier. Toutefois, pour qu'un tel système maintienne une polarisation adéquate de l'acier pendant de longues périodes, il faut que la teneur en humidité du béton soit élevée ou que l'enrobage de béton soit le plus mince possible. Cela pourrait être le cas dans plusieurs ouvrages marins et dans certains garages. Il se peut que les systèmes de PC galvanique n'assurent pas une polarisation de l'acier aussi grande que les systèmes à courant appliqué. Toutefois, étant plus simple que les systèmes à courant appliqué, la PC galvanique avec zinc métallisé pourrait devenir une importante technique de remise en état dans l'avenir.



**Figure 3.** Pulvérisation à l'arc d'une couche de zinc sur un pilier de pont en béton dans les Keys de la Floride. Dans ce cas-ci, le zinc agit comme anode sacrificielle, mais ce métal est plus répandu dans les systèmes à courant appliqué. Trois systèmes à courant appliqué utilisant le zinc ont déjà été installés par le ministère des Transports de l'Ontario, à Toronto.

Au Canada et aux États-Unis seulement, plus de 500 ouvrages de béton ont bénéficié d'une protection cathodique à courant appliqué. La protection cathodique est surtout utile en début

de corrosion avant que des dommages matériels n'apparaissent. Par contre, lorsqu'un pont est corrodé au-delà de toute réparation, la PC est vaine. Dans d'autres cas, le béton fortement éclaté et effrité requiert tant de rapiéçage que l'ajout d'un système de PC devient économiquement impossible.

Les techniques de réparation plus traditionnelles ne peuvent empêcher la corrosion des armatures d'acier. La protection cathodique a été éprouvée en laboratoire et dans des centaines de constructions, comme technique de contrôle de la corrosion des armatures d'acier. Hors, pour qu'un système de protection cathodique à courant appliqué soit efficace, il faut qu'il soit entretenu par des spécialistes et que la structure renforcée à protéger soit revêtue de l'anode qui convient le mieux. Le zinc métallisé est de plus en plus utilisé comme anode dans les systèmes à courant appliqué. Ce métal est présentement à l'essai comme anode galvanique et, si cela s'avère efficace, l'avenir de l'industrie de la protection cathodique est prometteur.

Dr R. Brousseau est agent de recherche au Laboratoire des matériaux de l'Institut de recherche en construction.