

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 124 (1998)
Heft: 22

Artikel: Tranchée couverte d'Auvernier
Autor: Monnier, Roland / Girard, Jean-Daniel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79411>

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>

Tranchée couverte d'Auvernier

Par Roland Monnier
ingénieur civil EPFL-SIA
Service des ponts et
chaussées
Office des routes
cantonales
Case postale 1332
2001 Neuchâtel
et Jean-Daniel Girard
ingénieur civil EPFL-SIA
SD Ingénierie Neuchâtel
S.A.
Rue de l'Ecluse 38
Case postale 8
2004 Neuchâtel

Introduction

La tranchée couverte d'Auvernier (fig. 1) fait passer la route nationale A5 Yverdon-Soleure en souterrain au sud du village, ce qui permet le libre accès au débarcadère de la compagnie de navigation (LNM), au port de petite batellerie et à la pêche, ainsi qu'aux nouvelles rives d'Auvernier, très fréquentées durant la belle saison. Le train Neuchâtel-Boudry (TN) emprunte également la tranchée couverte pour franchir la route nationale, la station « Auvernier » se trouvant à proximité. L'ouvrage a été réalisé en même temps que les remblayages constituant les nouvelles surfaces vertes mises à disposition du public en bordure du lac. Ouverte au trafic routier le 29 octobre 1975, la tranchée couverte est partiellement immergée dans la nappe phréatique et une installation de pompage assure en permanence l'évacuation des eaux de surface de la chaussée. Or depuis bien des années, le Service des ponts et chaussées neu-

châtelois était préoccupé par des signes de dégradation des parois: il faut dire qu'en période hivernale, l'utilisation de sels de déverglaçage est à l'origine de brouillards salants qui imbibent les parois sur toute leur longueur, alors que l'eau de pluie ne peut jamais les laver.

Dans son approche du problème, le Service des ponts et chaussées a grandement bénéficié de l'appui de l'Office fédéral des routes¹, essentiellement en la personne de M. Christian Meuli, ingénieur EPFZ, inspecteur pour le canton de Neuchâtel dans le domaine de la maintenance des ouvrages d'art. C'est ainsi que, dans un premier temps, il a été fait appel à des spécialistes pour la mesure du potentiel électrochimique du béton armé des parois et qu'une première campagne de mesures a été effectuée en 1992, suivie d'une deuxième en octobre 1993. Les résultats ont confirmé les craintes du Service des ponts et chaussées:

¹OFR, OFROU depuis le 1^{er} janvier 1998

bien que le béton de l'ouvrage offre des qualités convenables, il était victime d'une forte pénétration par les chlorures et les armatures se trouvaient en état de corrosion active.

Dès lors, la certitude fut acquise qu'une absence d'intervention conduirait tout droit, après un certain nombre d'années, à une situation inquiétante compromettant gravement la sécurité et la durabilité de l'ouvrage. Le mérite revient à l'OFR d'avoir aiguillé le Service vers une méthode fort intéressante, ayant fait ses preuves à l'étranger, mais encore peu appliquée dans notre pays: la *protection cathodique* des ouvrages en béton armé. Le principe en est simple: la corrosion étant accompagnée d'un courant électrique continu, dit courant de corrosion, à l'intérieur du matériau, il suffit d'imposer un courant continu de sens inverse pour stopper le phénomène.

Il importait toutefois de s'assurer les services d'un mandataire apte à dominer tous les problèmes

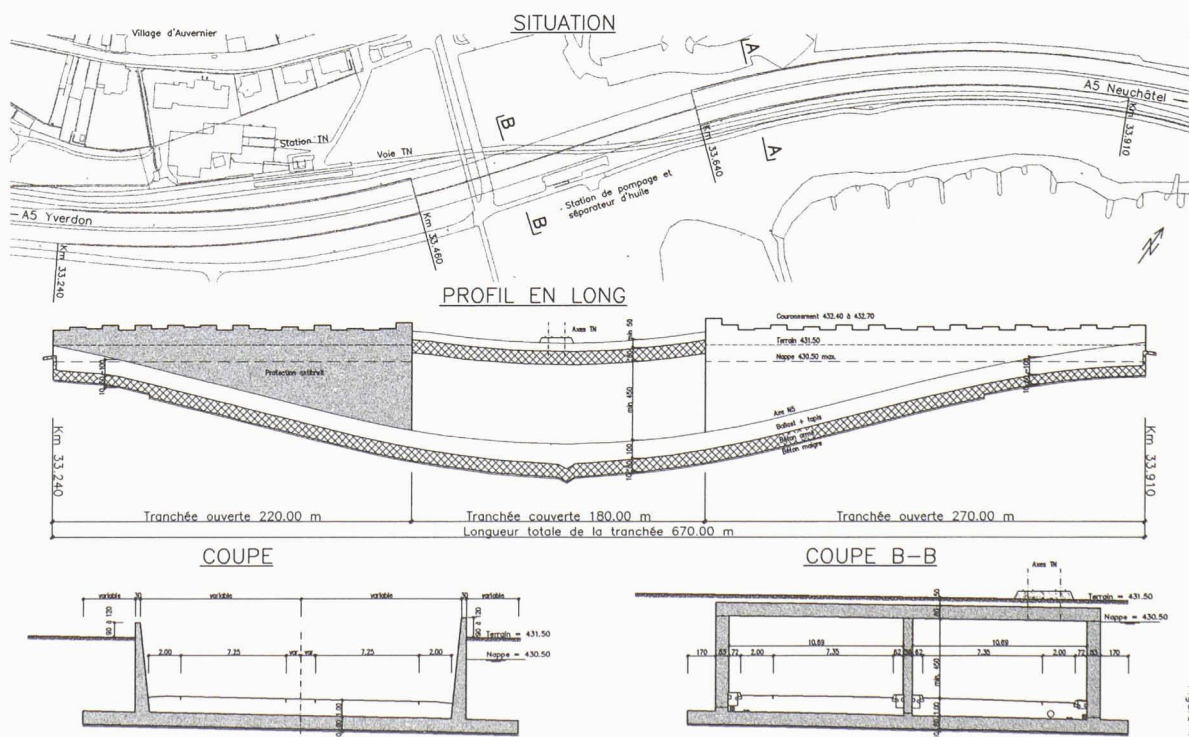


Fig. 1. - Situation, profil en long et coupes

propres à une telle méthode. Le choix s'est porté sur une association formée d'un bureau neuchâtelais ayant une bonne expérience dans l'assainissement des ouvrages d'art, *SD Ingénierie Neuchâtel S.A.*, et d'une maison zurichoise spécialisée dans le domaine de la protection cathodique, *Helbling Ingenieurunternehmung AG*. L'article présenté ici relate le processus d'assainissement de la tranchée d'Auvernier.

Historique

La protection cathodique (PC) est appliquée à la lutte contre les effets de la corrosion depuis plus de cent ans. D'abord employée pour les bateaux, puis pour les conduites et réservoirs métalliques enterrés, c'est à partir des années 50 que certaines expériences ont révélé son potentiel d'application aux structures en béton armé; le premier ouvrage de génie civil à être muni, en 1973, d'une protection cathodique est un pont situé aux Etats-Unis.

Applications dans le génie civil

Les Etats-Unis et le Canada ont ensuite acquis la plus vaste expérience dans ce type d'assainissement et une récente publication du *Strategic Highway Research Program (SHRP-S-337)* mentionne que plus de trois cents cinquante objets, principalement des ponts, sont équipés d'une protection cathodique, ce qui représente une surface totale d'environ 940 000 m². Quant à la fiabilité d'une telle solution, elle est attestée par 90 % des installations fonctionnant à la pleine satisfaction des responsables, contre 10 % qui présentent de petits défauts.

En Europe, l'Italie est à l'avant-garde des applications de PC à de nouvelles constructions en béton armé. Ainsi, les chaussées et les dispositifs de retenue type *New-Jersey* des ponts sur l'autoroute Turin-Fréjus ont été protégés par cette méthode lors de leur construction. En Autriche, un cer-

tain nombre de ponts sur l'autoroute du Brenner sont également munis d'une protection cathodique et l'on en dénombre encore quelques exemples en France, mais aucune application n'est connue pour le béton armé en Allemagne.

En Suisse, la première protection cathodique a été installée en 1985 sur la chaussée d'un pont à Berne (sur une surface d'environ 30 m²). Depuis lors, ce type d'assainissement a connu une importante expansion et quelque 15 000 m² ont été protégés à ce jour. La PC a surtout été appliquée avec succès à des structures contaminées par des chlorures, où la diminution de la section d'armature est faible et ne nécessite pas de renforcement. Les exemples les plus connus sont des ouvrages situés sur l'autoroute A2: le pont d'Intschi et le tunnel du Gothard, dans le canton d'Uri, ainsi que le tunnel d'Eich dans le canton de Lucerne. Quant à l'assainissement de la tranchée d'Auvernier, il constitue une première en Suisse romande.

Mécanisme de corrosion

Lors d'une blessure de la couche de passivation à la surface de

l'acier, sous l'action de chlorures par exemple, l'armature est attaquée par l'oxygène (corrosion) et le potentiel électrochimique se décale vers des valeurs négatives plus élevées. Il s'ensuit une différence de tension entre les zones encore passivées et celles qui sont activées. Lorsque le béton présente une conductibilité suffisante, ce qui est le cas dans la tranchée d'Auvernier, un courant se crée, qui accélère la corrosion naturelle. Le processus électrochimique est ainsi engagé et l'armature en place, qui agit comme anode, est attaquée par l'oxygène (corrosion).

Principe de la protection cathodique

La protection cathodique consiste à abaisser le potentiel électrochimique afin de diminuer la vitesse de corrosion, voire supprimer le phénomène. Un treillis en titane, totalement isolé de l'armature en place et recouvert d'une couche superficielle de béton projeté, est appliqué sur les surfaces atteintes. Par l'intermédiaire d'un courant continu, une légère tension est créée entre l'armature en place et le treillis. La première se comporte

Intervenants

Maître de l'ouvrage

Autorité fédérale:

Direction générale des travaux

Projet et direction locale des travaux

Mesures du potentiel électrochimique

Laboratoire de contrôle des bétons et matériaux
Entreprise de génie civil

Entreprise de protection cathodique

Hydrodémolition

Réalisation des travaux

République et Canton de Neuchâtel
Département de la gestion du territoire
Service des ponts et chaussées
Office fédéral des routes, Berne
(approbation de mesure du
12 septembre 1995)
Service des ponts et chaussées, bureau
des ouvrages d'art de l'office des routes
cantonales
Association SD Ingénierie Neuchâtel S.A.
et HIU Helbling
Ingenieurunternehmung, Zurich
BetonExpert Losinger S.A., Wallisellen
Association SD / HIU

Laboratoire Juracime S.A., Cornaux
F. Bernasconi et Cie S.A., Les Geneveys-
sur-Coffrane (adjudication du 4 mars 1997)
Indarco S.A., Lausanne (adjudication du
4 mars 1997)
Etter et fils S.A., Vuadens (en sous-
traitance)
21 avril - 10 juillet 1997: tube côté lac
10 juillet - 10 octobre 1997: tube côté
Jura

alors comme cathode tandis que le treillis en titane, spécialement conçu à cet effet, joue le rôle d'anode. L'altération de l'armature est dès lors arrêtée en raison de la repassivation de l'acier. Un tel assainissement est aussi bien indiqué pour les zones atteintes par la corrosion que pour celles qui présentent un risque imminent de corrosion.

Campagnes d'auscultation

La tranchée d'Auvernier se compose de deux trémies d'accès de 220 m et 270 m et d'une tranchée couverte de 180 m à deux tubes, dont chacun comprend deux voies de circulation, une bande d'arrêt d'urgence et une banquette de service. L'ouvrage est constitué d'un radier général, de deux parois latérales (côté Jura et côté lac), d'une paroi médiane et d'une dalle. Cette dernière est recouverte de terre végétale et supporte la voie des TN et la route d'accès au port (fig. 1).

Suite à l'apparition de taches de rouille de plus en plus marquées et à l'observation d'éclatements du béton, le Service des ponts et chaussées du canton de Neuchâtel a effectué une auscultation de l'ouvrage en automne 1992, en recourant notamment à la mesure du potentiel électro-chimique. Une campagne complémentaire de reconnaissance selon la même méthode a été effectuée en octobre 1993.

Les conclusions ont été les suivantes:

- 1) Le béton en place présente une porosité et un rapport eau/ciment (E/C) que l'on peut qualifier de bons. La résistance au gel est satisfaisante et les essais de résistance à la compression ont donné de très bons résultats ($f_{c, moy} \cong 70 \text{ N/mm}^2$).
- 2) Le front de carbonatation n'avait pas encore atteint l'armature en octobre 1993, mais semblait cependant devoir la toucher dans un délai assez court, avec une accélération

prévisible du processus de corrosion.

- 3) Dans les parois, sur une zone qui s'étend de 20 cm en dessous de la banquette jusqu'à la hauteur de 2,0 m, les teneurs en chlorures se sont en général révélées supérieures à la valeur limite admise. Enfin, la valeur limite est dépassée jusqu'à une hauteur parfois supérieure à 2,0 m aux deux portails, et les mesures de potentiel ainsi que les fenêtres d'observation ont mis en évidence un état de corrosion avancé sur ces surfaces.
- 4) Les teneurs en chlorures au plafond et à plus de 20 cm en dessous de la banquette sont négligeables.

En s'appuyant sur les degrés de corrosion définis dans le cahier technique SIA 2006, l'étendue des dégâts dans la tranchée couverte peut être résumée comme suit.

- Sur une hauteur de 30 à 50 cm à partir du pied des parois, le béton armé présente un degré de corrosion 4, équivalent à des pertes de section d'armature de 10 à 20 %.
- En dessus de cette zone, et jusqu'à une hauteur de 1,5 à 3,0 m, le degré de corrosion est situé entre 1 et 2, ce qui correspond à des attaques, superficielles ou par piqûres, de l'armature.
- La probabilité de corrosion est faible au-delà de 20 cm en dessous de la banquette et en dessus des limites supérieures susmentionnées. Des essais sur la face inférieure de la dalle (intradoss) ont également révélé une présence négligeable de chlorures.
- Toutes les dégradations constatées sont provoquées principalement par les chlorures. Elles se limitent toutefois à la tranchée couverte, les trémies à ciel ouvert n'étant que peu, voire pas du tout attaquées par les chlorures, vraisemblablement à cause du lavage provoqué par la

pluie. Des essais ayant confirmé leur bon état, aucune intervention n'a donc été prévue pour les trémies à ciel ouvert.

Méthodes d'assainissement envisagées

L'assainissement de l'ouvrage s'imposant à l'évidence, quatre variantes ont été envisagées.

- Une première variante, faisant appel à une protection d'enduit ou de peinture, a été jugée inadéquate pour stopper les réactions de corrosion à l'intérieur d'un béton très fortement contaminé par les chlorures. Malgré son faible coût, elle a donc été écartée.
- Une deuxième variante impliquait l'enlèvement du béton contaminé et son remplacement par du béton projeté. Or il s'agit là d'une solution très lourde pour un ouvrage présentant de bonnes caractéristiques. De plus, la suppression du béton atteint par les chlorures aurait nécessité une hydrodémolition jusqu'à une profondeur de 6 à 8 cm, ce qui posait de sérieux problèmes de résistance aux actions permanentes; en effet, la tranchée étant immergée dans la nappe phréatique et la chaussée se trouvant sous le niveau du lac, l'ouvrage est donc soumis en permanence à la poussée hydrostatique, augmentée de la poussée des terres sur les parois, du poids propre et du remblai recouvrant la dalle. Des protections complémentaires contre l'infiltration des chlorures par un enduit approprié auraient en outre été nécessaires, et la durée de vie d'une telle couche de protection demande un renouvellement régulier tous les dix à quinze ans. En raison des problèmes statiques évoqués et de son coût élevé, cette variante a donc été abandonnée.
- Une troisième variante consistait en un assainissement par déchloruration électrochimique et réalcalinisation, ce qui ne sem-

ble guère adapté lorsque les taux de chlorures sont aussi élevés que ceux constatés au bas des parois. Cette solution recevait par ailleurs des inconnues quant à son application pratique, au contrôle d'efficacité et au comportement à long terme. Pour réduire le taux de chlorures au-dessous de la valeur critique, le traitement devrait en outre être appliqué plusieurs fois et les procédés évoqués exigeraient une protection complémentaire des surfaces pour éviter l'infiltration de chlorures dans le futur.

- La quatrième variante consistait à réaliser une protection cathodique dans les zones à forte corrosion après enlèvement d'une couche superficielle minime, cette solution étant combinée à des traitements de surface dans les régions à faibles teneurs en chlorures et peu dégradées.

Avantages et inconvénients de la protection cathodique

Les avantages de la protection cathodique sont les suivants.

- Le béton en place, de bonne qualité mais contaminé par les chlorures, peut être conservé.
- La corrosion de l'armature est arrêtée même si celle-ci est située dans un béton chargé de chlorures.
- L'apport ultérieur de chlorures est neutralisé avant d'avoir pu agir sur le fer des armatures.
- La durée de vie d'un système de protection cathodique est supérieure à cinquante ans. Durant cette période, aucune intervention importante et coûteuse n'est nécessaire.
- L'adaptation du réglage des redresseurs est possible en cas de modification des conditions d'exploitation.
- Le système de surveillance mis en place rend superflue toute campagne d'auscultation des parois pendant la durée de vie, de la PC, l'état des armatures et du béton ainsi que son évolution étant sous contrôle.

Au chapitre des inconvénients propres à la variante retenue, nous mentionneront les trois points suivants.

- Le caractère très spécialisé des interventions
- Une maintenance faisant appel à des connaissances approfondies et nécessitant un suivi périodique du comportement de l'installation
- Une réparation rendue plus délicate par la présence des treillis en titane et de leurs connexions électriques, en cas d'accidents de la circulation occasionnant des dégâts sur les parois de la tranchée.

A la lumière des considérations présentées et en dépit des quelques inconvénients énumérés, c'est l'assainissement par protection cathodique qui a été retenu par le maître de l'ouvrage, avec la pleine approbation de l'Office fédéral des routes.

Etendue de l'assainissement

Dans la tranchée couverte d'Auvergnier une surface totale de 2050 m² de parois est protégée cathodiquement. Le nombre et la grandeur des zones d'alimentation ont été fixés en fonction des mesures de potentiel effectuées lors de la campagne d'auscultation. Les dégradations plus importantes aux portails ont conduit à séparer chaque paroi en trois zones dont les circuits anodiques sont totalement indépendants. Longues respectivement de 40 m, 100 m, et 40 m, chacune est reliée à son propre redresseur. La zone protégée par PC débute à 20 cm en dessous de la banquette, et s'étend sur une hauteur de 2,20 m dans la zone centrale longue de 100 m. Pour les parois latérales dans les zones des portails, la protection s'étend jusqu'au plafond sur une longueur de 40 mètres (fig. 2).

Le système se compose d'un redresseur de courant par zone d'alimentation, relié au treillis par un système de câblage transitant dans les banquettes de la chaussée, les connexions étant assurées par des fils ou des rubans plats en titane.

Pour contrôler le fonctionnement et l'efficacité du système de protection cathodique, quarante éléments de surveillance ont été installés, sous forme d'électrodes de référence, d'échantillons de mesure et de sondes de température. Afin de réduire au maximum les frais de surveillance, un système d'enregistrement des données par ordinateur a été mis en place. Tous les éléments de surveillance sont donc connectés à un ordinateur qui enregistre périodiquement l'ensemble des paramètres essentiels du système. Ainsi, le courant et la tension de sortie des redresseurs, les potentiels d'enclenchement et de déclenchement, le courant entrant dans les échantillons de mesure et la température sont enregistrés mensuellement; une mesure de dépolarisation est effectuée tous les trois mois.

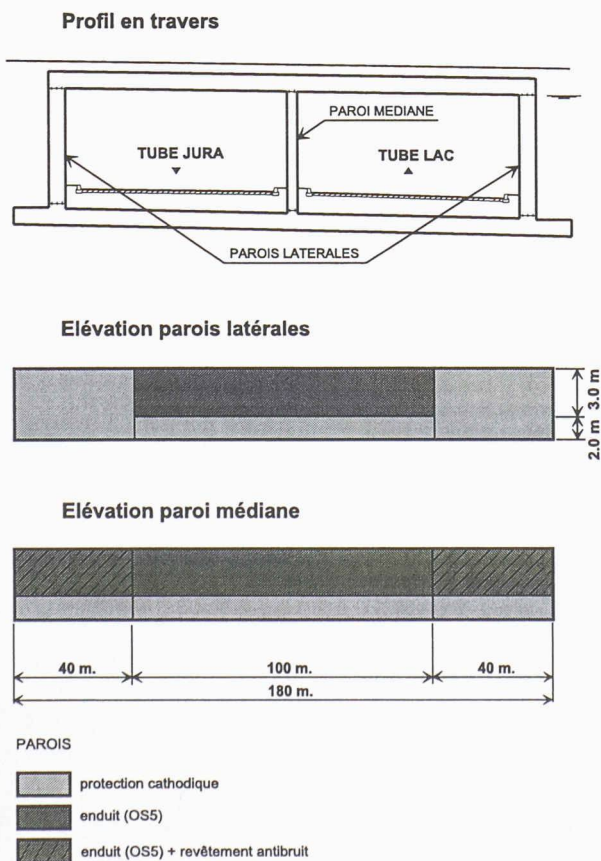


Fig. 2.- Schéma du principe d'assainissement

Avec cette installation, l'efficacité du système est contrôlée. De même, il est possible de détecter rapidement les modifications des paramètres qui pourraient avoir une influence sur la corrosion (humidité du béton, teneur en chlorures, etc.) et de les compenser par une modification du courant électrique.

Selon nos estimations, la consommation d'électricité ne dépassera pas 1000 kWh par année, ce qui est modeste en comparaison de l'énergie nécessaire à l'éclairage de la chaussée.

Exécution des travaux

Les travaux se sont déroulés en deux étapes. Le trafic a été canalisé en bidirectionnel dans un tube, mettant alternativement l'autre tube à disposition des entreprises. L'assainissement des installations électromécaniques de l'ouvrage et la pose d'un revêtement antibruit aux portails ont été réalisés parallèlement aux travaux de protection cathodique.

Effectués en cinq mois et demi – soit du 21 avril au 10 juillet 1997 pour l'assainissement du tube côté lac, et du 10 juillet au 10 octobre 1997 pour le côté Jura –, les travaux se sont déroulés selon le schéma suivant :

- Hydrodémolition de la couche superficielle sur une épaisseur de 1 à 3 mm, garantissant une rugosité suffisante pour la bonne adhérence du béton projeté.
- Détection des éventuels courts-circuits entre l'armature passive et le treillis en titane. Pouvant provenir des fers d'attache par exemple, ceux-ci doivent en effet être supprimés afin de garantir les effets de la protection cathodique.
- Pose du treillis en titane (fig. 3 et 4), installation des circuits d'alimentation et de surveillance (fig. 5).
- Enrobage du treillis par la mise en œuvre d'un béton projeté, épaisseur 3 cm, talochage et

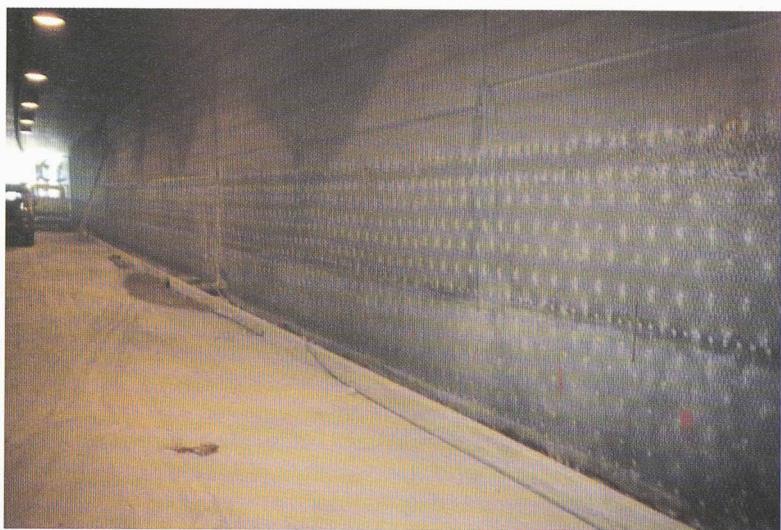


Fig. 3. – Treillis avant bétonnage

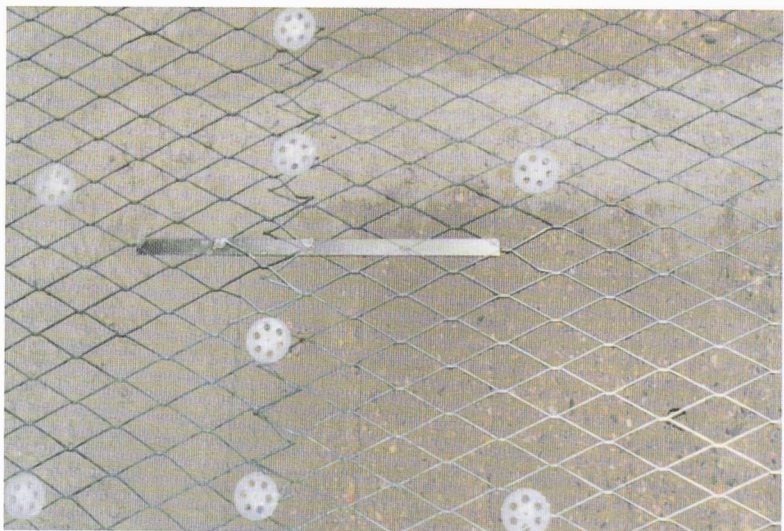


Fig. 4. – Détail treillis en titane

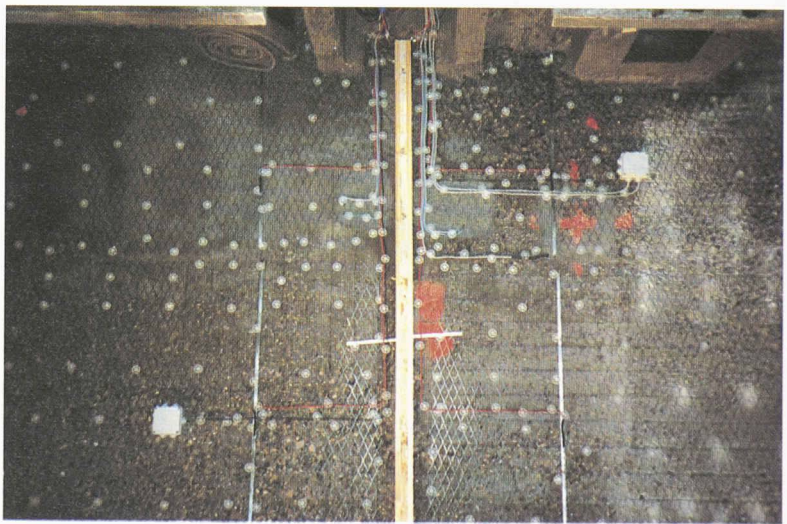


Fig. 5. – Détail connexion avant bétonnage



Fig. 6.- Enrobage du treillis par béton projeté

traitement de cure durant 10 jours (fig. 6).

- Peinture de qualité OS 4. Cette peinture n'est pas indispensable à la réhabilitation du béton mais elle freine l'apport ultérieur des chlorures, facilite le nettoyage et améliore l'esthétique. Sa couleur blanche augmente la luminosité de la tranchée (fig. 7 et 8).

Les parois sans protection cathodique ont été lavées et revêtues d'un enduit de qualité OS5-II épais de 2 à 3 mm. Cette protection à base de ciment a été appliquée par projection. Sa principale propriété est une bonne résistance au sel de déverglaçage.

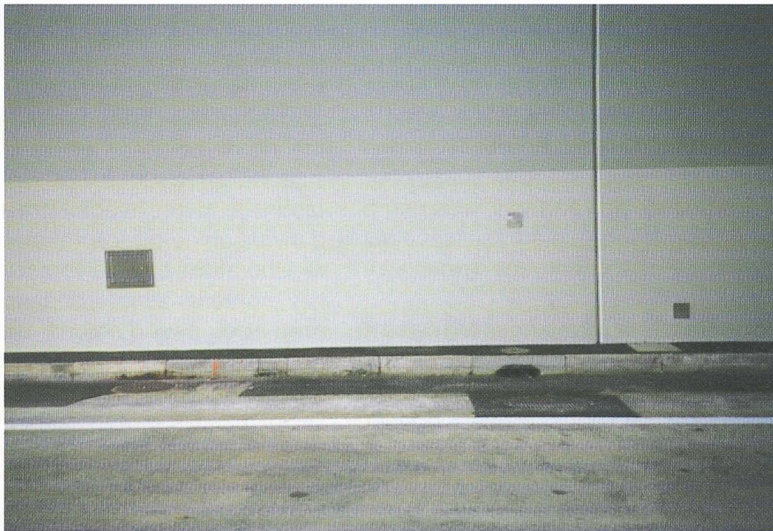


Fig. 7.- Peinture

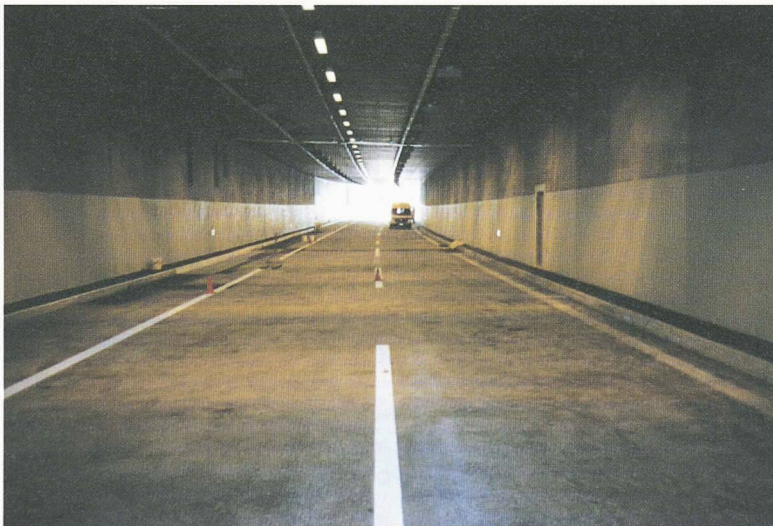


Fig. 8.- Vue d'ensemble

Le matériau d'enrobage du treillis en titane n'est quant à lui soumis à aucune exigence particulière: sa durabilité est garantie par la protection cathodique et la résistance mécanique n'est pas une condition nécessaire à la pérennité de l'ouvrage. Le critère de qualité principal portant sur une bonne adhérence avec le béton en place, les caractéristiques techniques qu'il doit présenter sont les suivantes:

- additif synthétique < 4 % du poids du ciment
- acide silicique colloïdal < 4 % du poids du ciment (fumée de silice ou microsiline)
- adhérence sur la liaison entre l'ancien et le nouveau béton > 1,5 N/mm²
- rapport eau/ciment < 0,5.

Ces exigences, et des essais de qualification effectués au début du chantier ont conduit à choisir un béton projeté à sec de la composition suivante:

- CEM I 42,5 350 kg/m³ (mélange sec)
- granulométrie 0-4 mm
- accélérateur de prise 2,5 % du poids du ciment (1^{ère} passe).

Le béton projeté est un béton de centrale livré journallement au chantier. Des essais selon DIN 18551 ont montré des résistances à la compression à 28 jours dépassant 40 N/mm². Le rebond estimé à 30 % est considéré comme faible pour un béton projeté d'une épaisseur de 3 cm. Les premières analyses rapport eau/ciment ont, quant à elles, montré des valeurs relativement élevées, mais en améliorant les exigences de qualité lors de la livraison du béton, le rapport E/C a ensuite oscillé entre 0,40 et 0,50, ce qui est suffisant compte tenu de la technique utilisée et des buts fixés. Finalement, des essais d'adhérence entre le béton en place et le béton projeté ont été exécutés: les valeurs moyennes oscillent entre 1,5 et 2,5 N/mm² et sont par conséquent supérieures au minimum fixé.

Aspects financiers

L'assainissement de la tranchée couverte d'Auvernier a coûté quelque 1 600 000 francs, honoraires et TVA inclus. Ce montant englobe l'ensemble des opérations nécessaires à la mise en œuvre de la protection cathodique et au traitement des zones

où la protection cathodique ne paraissait pas indiquée. Les travaux spécifiques à la protection cathodique se sont élevés à 580 000 francs pour le génie civil (hydrodémolition, béton projeté, etc.) et 350 000 francs pour les installations électromécaniques, y compris la pose du treillis en ti-

tane. Par rapport à la surface traitée (2050 m²), le prix unitaire est donc de fr. 450.-/m². Enfin, les coûts d'exploitation et d'entretien du système sont estimés à quelques milliers de francs par année, les frais d'énergie étant de deux à trois cents francs, au prix unitaire de 23 ct par kWh.

Entreprises: l'IAESTE cherche des places de stage pour étudiants

Organisation internationale apolitique, l'IAESTE¹ se consacre depuis cinquante ans à la promotion d'échanges d'étudiants.

Notre but est de procurer des places de stage dans des entreprises à des étudiantes et des étudiants en sciences de l'ingénieur, en sciences naturelles ainsi que dans d'autres domaines techniques. Nos élèves en Suisse ne peuvent cependant obtenir un poste à l'étranger que si la réciprocité est accordée.

Plus nous disposons de postes de stage en Suisse pour les étudiants en provenance de l'étranger, plus grand est le nombre des étudiantes et étudiants suisses à qui est offerte la possibilité d'acquérir une expérience pratique à l'étranger.

Assurez à nos élèves un séjour à l'étranger en mettant à disposition un poste stage d'une durée de deux à quatre mois dans votre entreprise!

Appelez-nous, nous nous réjouissons de vous donner une information plus détaillée:

EPFZ, Service des échanges, stages IAESTE, Rämistrasse 101, 8092 Zurich, tél. 01/632 20 67/71, fax 01/632 12 64, M^{mes} Marianne Fink et Brigitte Powell

¹International Association for the Exchange of Students for Technical Experience

Bourses d'études pour jeunes ingénieurs

L'Académie suisse des sciences techniques (SATW/ASST) peut offrir à de jeunes ingénieurs praticiens les bourses d'étude et de recherche d'un an à l'étranger (ou en Suisse, pour les bourses NEFF) pour 1998/99 mentionnées ci-dessous.

Les candidats ou les candidates² doivent remplir les conditions suivantes:

- avoir terminé des études d'ingénieur,
- avoir travaillé, dans les deux dernières années au moins, en dehors d'un milieu académique et avoir

effectué des recherches et développements intéressants,

- être de nationalité suisse ou être domicilié en Suisse,

- être âgé de moins de trente-trois ans (35 pour les bourses du NEFF) au moment où débute le séjour.

Si ces conditions ne sont pas tout à fait remplies, il est tenu compte de la valeur scientifique des candidats.

Ces bourses ont pour objectif de donner au candidat ayant un but et un sujet de recherche précis le moyen de parfaire ses connaissances professionnelles et scientifiques à l'université ou dans le laboratoire industriel de son choix, disposé à le recevoir. Dans la demande de bourse, il est indispensable de préciser le sujet de la recherche ainsi que l'université ou le laboratoire à même d'admettre le candidat. Une lettre d'invitation ou d'acceptation de cette université ou de ce laboratoire est également requise.

Les montants alloués dépendent des charges de famille et du pays d'accueil. Les maxima sont fixés par le Fonds national. Ils permettent au boursier de consacrer l'entier de son temps à la recherche.

Les demandes sont à soumettre dès que possible, au plus tard jusqu'au 1^{er} mars 1999. Les intéressés peuvent obtenir des renseignements complémentaires et les formules de demande de bourse à l'adresse suivante:

Secrétariat de la commission de recherche de l'ASST
Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
LAMI-INF - Ecublens, 1015 Lausanne
tél. 021/693 26 41, fax 021/693 52 63
E-mail: marie-jose.pellaud@epfl.ch

Renseignements complémentaires: H. Bleuler, prof., président de la commission de recherche, tél. 021 693 59 27, E-mail hannes.bleuler@epfl., ou pour les candidats proches de Zurich G. Schweitzer, prof., vice-président, tél. 01/632 35 68)

Bourses de recherche du FN

Grâce au soutien du Fonds national de la recherche scientifique (FN), la SATW/ASST est en mesure d'offrir, à de jeunes ingénieurs universitaires travaillant depuis deux ans dans l'industrie ou dans un laboratoire à l'étranger, des bourses d'étude et de recherche d'un an dans un laboratoire de recherche nouveau per-

²Toutes ces offres sont destinées aussi bien à des candidates qu'à des candidats