XI^èmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil
Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010
DOI:10.5150/jngcgc.2010.076-B *© Editions Paralia CFL*
disponible en ligne – http://www.paralia.fr – available online

Réhabilitation de l'appontement de Crozet par chemisage PEHD - Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF)

Hervé BARREDA [1], Laurent BESNARD [2], Philippe DELORME [3], Henri GOUGE [4]

1. CETMEF Agence d'Aix en Provence,
   2 bd du Président Kennedy, CS90385, 13097 Aix-en-Provence cedex 2, France.
   herve.barreda@developpement-durable.gouv.fr
2. TAAF, rue Gabriel Dejean, BP 400, 97410 Saint-Pierre de La Réunion, France.
   laurent.besnard@taaf.fr
3. SDIS, 94 rue Monthyon, 97487 Saint Denis de La Réunion, France.
   philibertdelorme@hotmail.com
4. DDE des Bouches du Rhône,
   1 rue Vincent Auriol, BP 60781, 13625 Aix-en-Provence cedex 01, France.
   henri.gouge@developpement-durable.gouv.fr

Résumé :
L'article expose les actions de surveillance et de maintenance réalisées sur l'appontement de Crozet, d'une part l'expertise dans un environnement hostile et isolé (3000 km de La Réunion et uniquement accessible par voie maritime) ;
et d'autre part, la réhabilitation par chemisage anticorrosion PEHD (Polyéthylène Haute Densité) des nouveaux pieux-tubes métalliques.
La méthode de protection anticorrosion utilisée est applicable aux ouvrages dont les pieux sont fondés, en zone de déferlement de la houle, par fond meuble (plage de sable et/ou de graviers). Il s'agit d'une méthode préventive ou curative innovante et originale. Elle est simple au niveau de la mise en œuvre, efficace au niveau anticorrosion, peu onéreuse et n'a pas d'impact sur l'environnement.
Mots-clés :
Houle – Appontement – Pieu-tube – Protection anti-corrosion – Corrosion – Réhabilitation – Chemisage PEHD (Polyéthylène Haute Densité) – Système duplex

1. Description sommaire et historique de l'ouvrage

1974. Construction de l'appontement : 22,10 m de long sur 6,00 m de large et 0,45 m d'épaisseur du tablier, en béton armé *(BA)*. Le tablier est supporté par 18 pieux (figure 1).
2004. L'expertise, réalisée par le CETMEF (BARREDA, 2004) en août, révèle que tous les pieux sont très corrodés. Ces atteintes sont de nature à compromettre la stabilité de l'ouvrage. Le CETMEF préconise une solution de réhabilitation anticorrosive.
2005/2006 (été austral). La réalisation des travaux a été confiée à une entreprise réunionnaise SGTPS, titulaire du marché, notifié par les TAAF.

Figure 1. Vue de l'appontement avant travaux.

2. Expertise

Récapitulatif des opérations menées *in situ* :

- inspection visuelle de l'ouvrage et relevé des désordres ;
- mesures par ultrasons des épaisseurs résiduelles des pieux ;
- bathymétrie, composition des fonds et lançage : vérification de l'épaisseur de sable et de la profondeur du refus ;
- prélèvements de sol pour analyse des matériaux *(granulométrie)* et d'eau *(résistivité)*;
- mesures des potentiels électrochimiques des pieux *(situation électrochimique)*.

3. Inspection visuelle de l'ouvrage

Après 30 années de service de 1974 à 2004 le tablier a bien résisté aux actions de la houle . La sous face ne présente que peu d'oxydes de fer rouge, tout au plus quelques épaufrures sont visibles sur les faces latérales.

Les pieux très affectés par la corrosion présentent, hors d'eau, un foisonnement généralisé. Dans la zone de déferlement le métal apparaît blanc brillant. Les 2 pieux de la file 5 sont complètement détruits à la base, sur 0,40 m de haut (figure 2).

Les pieux soumis aux courants marins, au vent, au sable en suspension et surtout au déferlement de la houle, sont l'objet de deux actions juxtaposées, corrosion et abrasion :

- une action électrochimique affectant toute la surface de l'acier (micro-piles de corrosion) ;
- et une action d'abrasion au déferlement par le sable en suspension. Cette action a une influence très importante sur la vitesse de corrosion par l'enlèvement continuel des produits de corrosion.

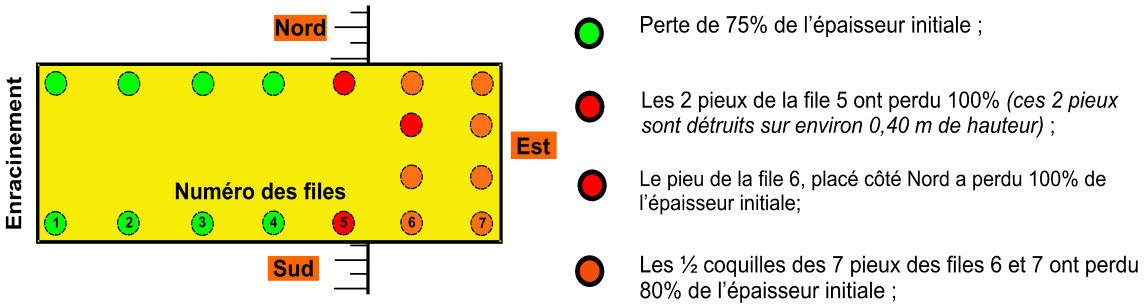

Figure 2. Plan de repérage des pieux et atteintes.

4. Lançages et reconnaissance du fond

Le lançage le plus profond (point d'origine du profil Sud) est de 1,00 m, les autres ont entre 0,40 à 0,60 m de profondeur. On observe une prédominance de sable noir cru d'origine basaltique sans sédiment ni vase et le refus n'est pas franc. Le fond, légèrement en pente d'environ (20 à 7%), est essentiellement constitué de sable noir.

5. Hauteurs des pieux

Les hauteurs montrent que le profil a une tendance à l'engraissement en haut de plage et à un équilibre en bas, du côté mer. Pas de surcreusement significatif mis en évidence.

6. Épaisseurs résiduelles et potentiels électrochimiques

Sur 18 pieux, trois ne participent plus au fonctionnement de la structure. Les pieux, objet d'une vitesse de corrosion importante, ont perdu de 75 à 100% d'épaisseur initiale (figure 2). A noter que les pieux sont bétonnés et armés.

Les potentiels confirment que les pieux ne sont pas perturbés par des courants vagabonds ou d'anomalies électrochimiques. Ils sont conformes au potentiel d'abandon de l'acier en eau de mer, qui est compris entre -550 à -690 mV Ag/AgCl/eau de mer.

7. Conclusion et préconisation de réhabilitation

Tous les pieux sont très affectés par la corrosion. Les désordres affectant les files 5, 6 et 7 sont de nature à compromettre la stabilité de l'ouvrage. Il conviendra de réhabiliter l'appontement par le remplacement de tous les pieux. Ils seront chemisés avec du PEHD (LEMAIRE, 1988 ; BARREDA *et al.*, 2002 ; LABEL IVOR, 2002 ; ARAGON *et al.*, 2006) pour les préserver de la corrosion/abrasion. En configuration de déferlement, la solution protection cathodique par anodes sacrificielles très difficile à mettre en œuvre pour une efficacité incertaine (BARREDA & LAZZERI, 1995) n'a pas été retenue.

8. Réhabilitation et contraintes

L'intérêt technique tient dans l'originalité de la méthode utilisée : forage du tablier au diamètre des nouveaux pieux, battage, découpage du tablier en BA, recépage, chemisage anticorrosion en PEHD, injection d'un mortier de calage dans l'espace annulaire, bétonnage du pieu et du chevêtre puis enlèvement des anciens pieux. Les travaux ont duré environ 4 mois *in situ* de décembre 2005 à mars 2006 (figure 3).

La difficulté d'un tel chantier réside dans la maîtrise des sept contraintes suivantes : climatique, éloignement, temps, sécurité, intempérie, psychologique et environnementale.

Figure 3. Travaux en cours de réalisation.

9. Contrôle du béton

Des essais de convenance de béton ont, préalablement, été réalisés en octobre 2005 à la Plaine des Cafres de La Réunion considérée comme étant le lieu se rapprochant le plus des conditions météo de Crozet. Ces essais portant sur trois formulations, ont permis de confirmer la mise en œuvre et la résistance en compression du béton supérieure à 35 MPa à 28 jours. Pendant la phase bétonnage à Crozet, il y a eu confection d'éprouvettes (ϕ16x32 cm) transportées jusqu'à La Réunion puis écrasées en laboratoire. Les valeurs ont révélé des résistances en compression plus élevées que les valeurs attendues ce qui répond aux exigences du Fascicule 65 (CCTG - Fascicule n° 65, 2008).

10. Mode opératoire de mise en œuvre

Réhabilitation de la sous face du tablier en BA :

- piquage et nettoyage des zones altérées (aciers corrodés et épaufrures) ;
- passivation des aciers apparents (Sika Monotop 610AC) ;
- ragréage et surfaçage avec une résine époxydique (Sika Monotop 630SR).

Tous les 18 pieux atteints ont été remplacés par 14 nouveaux comme suit (figure 4) :

- carottage du tablier au ϕ410 mm au droit d'un nouveau pieu ;
- battage de nouveaux pieux ϕ406 mm épais 12.7 mm ;
- découpage du tablier (1.30 x 1.00) au niveau de chaque nouveau pieu ;
- recépage et curage des nouveaux pieux ;
- forage des scellements horizontaux des aciers des chevêtres dans le tablier ;
- mise en place du PEHD et battage d'environ 50 cm dans le sable ;
- ferraillage des nouveaux pieux ;
- remplissage de l'espace annulaire pieu/PEHD avec un mortier de calage à retrait compensé haute performance. La protection contre la corrosion/abrasion des pieux est assurée par le PEHD (ϕ630 mm, épaisseur 30 mm) ;
- scellements des aciers HA du chevêtre identiques à l'existant dans le tablier ;
- mise en place du coffrage puis bétonnage du nouveau pieu et du chevêtre ;
- suppression des ½ coquilles, découpage et enlèvement des 18 anciens pieux.

Le montant de la réhabilitation s'élève à 494000 € HT.

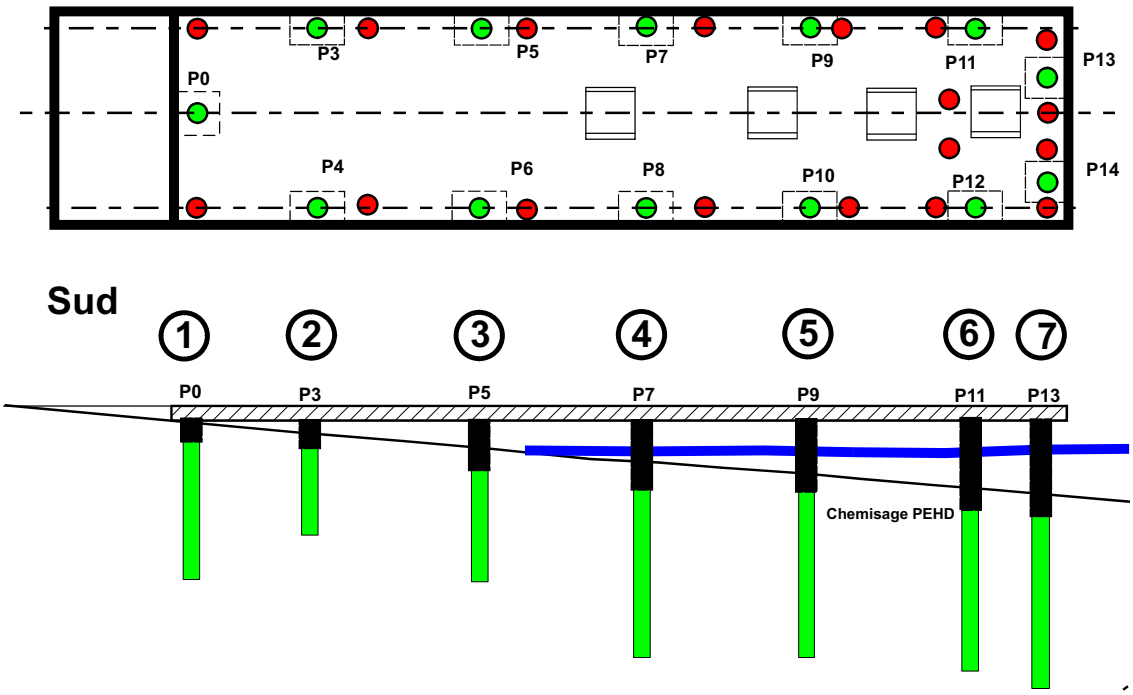

Figure 4. Implantation des 18 anciens pieux en rouge et des 13 nouveaux en vert.

11. Conclusion et perspectives

La méthode de protection des pieux métalliques utilisant le PHED est innovante, originale, simple au niveau de la mise en œuvre et efficace au niveau anticorrosion (BARREDA *et al*., 2009).

Elle peut être utilisée indifféremment : soit préventivement sur un ouvrage neuf, soit curativement sur un ouvrage en service. Elle présente aussi l'intérêt d'être peu onéreuse, peu consommatrice en matériau et en matériel et a peu d'impact sur l'environnement.

12. Références bibliographiques

ARAGON E., BARREDA H., EYRAUD M., PELLON L., VACANDIO F., VERRIER N. (2006). *Élaboration d'une méthode d'évaluation des performances de revêtements époxydiques applicables en immersion.* 3éme colloque international d'Aix en Pce sur la PCRA (juin) CEFRACOR Paris.

BARREDA H. (2004). *Rapport d'expertise des quais des îles Crozet, Kerguelen et Amsterdam - Terres Australes et Antarctiques Françaises*. CETMEF Agence d'Aix-en-Provence.

BARREDA H., BESNARD L., DELORME P., GOUGE H. (2009). *Réhabilitation de l'appontement de Crozet par chemisage PEHD - Terres Australes et Antarctiques Française.* Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime (décembre), Hammamet Tunisie, pp 1-4, [URL http://www.paralia.fr/cmcm/e01-01.pdf].

BARREDA H., HUBERT C., FARDELLA C. (2002). *Systèmes de protection anticorrosion duplex de structures métalliques à la mer.* 2iéme colloque international d'Aix en Pce sur la PCRA (juin) CEFRACOR Paris.

BARREDA H., LAZZERI A. (1995) *Protection cathodique des palplanches en eau de mer : dimensionnement des anodes sacrificielles*. Note technique du bulletin de liaison des Ponts & Chaussées (janvier) n° 195, LCPC Paris.

CCTG - Fascicule n° 65 (2008). *Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint* (18 juin).

LABEL IVOR (2002) *Procédé anticorrosion duplex par chemisage et protection cathodique de pieux métalliques.* n° 02.4, DRAST/Mission Génie Civil/Comité Innovation Validées sur Ouvrages de Référence - Paris la Défense.

LEMAIRE F. (1988). *La protection contre la corrosion des structures métalliques immergées.* Service Technique Central PMVN, Notice STC-QG n° 88-2 Compiègne.