

F. COBOS INGENIERIE sous-marine



Siège Social : Résidence Le Nautica 4 rue Baudasse 34200 SETE France
tél : (+33) 6 14 86 83 18 mail : cobos.f@wanadoo.fr
SIRET 441 627 528 00017 Code APE 742 C Site : <http://www.f-cobos.fr/fr/index.htm>

Paris le 20 mai 2016

Agences :

- Caraïbes à FORT de FRANCE Martinique GSM : 06 96 20 96 25 ou 06 96 48 29 32
- AIX en PROVENCE GSM : 06 15 78 63 38
- Saint ETIENNE GSM : 06 14 86 83 18

LA PROTECTION ANTICORROSION DES OUVRAGES METALLIQUES A LA MER

Par : **Hervé BARREDA**

Ingénieur Chargé d'études - Corrosionniste certifié Afnor/Compétence en Protection Cathodique du Secteur Mer - Membre du CEFRACOR*
Scaphandrier-Plongeur professionnel IIA et Expert du RST** Ex-Responsable du Service des Phares et Balises-Polmar de La Martinique (2010-2015)



Figure 1 : Port d'Ajaccio - Quai de la Chambre de Commerce - Système duplex : revêtement et protection cathodique

I - Les systèmes de peinture anticorrosion

L'ACQPA (Association pour la Certification et la Qualification en Peinture Anticorrosion) siégeant à l'IFFSTAR - LCPC Paris, a permis de certifier des systèmes de peinture (à la demande des fabricants). Elle est reconnue depuis de nombreuses années pour ses activités dans le domaine de la protection anticorrosion des ouvrages métalliques. L'ACQPA certifie, de façon indépendante des producteurs, des systèmes de peinture conformes à des spécifications rassemblées dans un règlement particulier qui précise les procédures, les essais normalisés et les exigences de résultats.

Six classes sont retenues, soit : C2, C3, C4, C5Ma, C5Mn et Im2. Les trois dernières classes sont destinées à la protection des parties immergées ou émergées ou marnantes en eau de mer ou saumâtre de structures en acier.

Le choix du système est disponible sur le site : www.acqpa.com/systemes-anticorrosion_systeme.php

Précisons que les systèmes de peintures antico ne sont pas applicables en immersion et sur support humide. Ce qui pose de problème de la protection de la ligne d'eau (interface eau/air).

*Centre Français de l'AntiCorrosion 28 Rue Saint-Dominique, 75007 Paris- Site : www.cefracor.org

**Réseau Scientifique et Technique du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie pendant 29 ans (de 1981 à 2010 CEREMA)

II - Les résines époxydiques anticorrosion applicables en immersion

1 - Généralité

Il n'existe actuellement aucun texte relatif à l'homologation, ou à la mise en oeuvre de résines époxydiques sur des structures métalliques immergées.

2 - Rappel des caractéristiques des résines époxydiques

Nature du processus de réticulation

Rappelons, que dans leur forme réticulées (*durcies*), les résines époxydiques résultent d'une réaction d'addition entre une «*base*» la résine époxy, et son «*durcisseur*», qui est généralement une polyamine.

Par sa nature, ce mode de réaction entraîne au moins deux conséquences qui sont communes à l'ensemble de la famille des époxydes, que l'on rappelle ci-dessous :

- les quantités respectives de base et de durcisseur, doivent être présentes suivant des rapports bien déterminés -ce sont des proportions stoechiométriques- ;
- le durcissement (*réticulation*) du mélange des deux composants, ne dépend que de la présence du durcisseur, quel que soit le milieu d'application, à l'exclusion d'un milieu solvant.

Ce qui conduit à remarquer que :

- d'une part, les quantités de composants à utiliser, ne sont pas modifiables, elles doivent suivre au plus près les indications du fournisseur relatives au mélange des constituants ;
- d'autre part, un composé de la famille des résines époxydiques, peut parfaitement réticuler sous l'eau, en milieu confiné ou autre, pourvu que celui-ci ne soit pas un solvant du mélange, dans la mesure où il ne requiert aucun apport extérieur.

Mécanisme de polymérisation

La réaction chimique (*exothermique = qui produit de la chaleur*) qui va se développer entre les composants, impose, pour chaque type de durcisseur, une température minimale d'amorçage, au dessous de laquelle, la réaction d'addition ne peut pas s'initier. Cette condition entraîne une remarque relative à l'influence de ce paramètre ainsi qu'une définition.

Chaque fournisseur précise dans ses fiches techniques et pour tous les produit de sa gamme, une température d'utilisation comprise entre deux valeurs (*minimale et maximale*). Le non respect de ces conditions d'emploi, peut conduire sur le plan pratique à de sérieux déboires. Une autre caractéristique importante également liée à la réactivité des matériaux est la D.P.U, ou durée de vie en pot (*pot-life*), qui est définie comme la période au cours de laquelle une masse déterminée de résine peut être utilisée sans modification de ses caractéristiques à une température conventionnelle.

lorsque les conditions sont favorables, une formulation suit nécessairement un processus d'évolution, qui comporte plusieurs phases qui caractérisent un stade de réticulation. Il faut noter, que la phase dite de mûrissement correspond à la phase de début de réaction.

3 - Application

Les résines époxydiques, possèdent en commun de faibles tensions superficielles, ce qui leur permet de déplacer les liquides moins mouillants, et notamment l'eau, par rapport à un support solide.

Cette possibilité essentielle, pour les applications en milieu subaquatique, puisqu'elle permet l'adhésion du film de résine sur un support immergé, n'est réellement exploitable, que si aucun autre liquide de basse tension superficielle (*corps gras, voile biologique, etc...*) n'est présent à la surface du métal.

Il s'ensuit que la préparation des surface à traiter prend dans ce cas une importance encore plus grande que lorsqu'il s'agit de parties aériennes.

Le terme de préparation, recouvre sensiblement deux domaines qui sont :

- la propreté, qui consiste théoriquement à éliminer totalement d'une surface, tout ce qui n'est pas

le métal lui-même (*oxydes, calamine, salissures, etc. ...*) ;

- la rugosité qui consiste, à obtenir suivant une coupe verticale du support, un profil constitué d'aspérités et de creux présentant une certaine « hauteur » entre la moyenne des crêtes et des creux.

S'il n'y a pas de limite à la propreté, c'est à dire que l'on aura intérêt à aller aussi loin que possible, dans la degré que l'on pourra atteindre (*nettoyage à la lance HP et sablage -fig 2-*), il n'en va pas de même, pour la rugosité ou l'excès peut conduire à des problèmes au niveau de la protection anticorrosion.

A cette condition nécessaire (*la préparation des surfaces*), il importe d'en ajouter une seconde; la cohésion du mélange, qui doit pour pouvoir être étalé sous forme d'un film continu, avoir atteint une certaine valeur.



Figure 2 : Ajaccio Quai CC - Sablage zone d'éclaboussures

Celle-ci, propre à chaque formulation, va dépendre d'un temps de mûrissement qui sera spécifique aux applications subaquatiques à une température donnée, qu'il faudra définir expérimentalement dans chaque cas en fonction de la température du mélange résine/durcisseur.

Sur le plan de l'exécution, le cas de figure où l'on applique sur les parties hors d'eau soumises aux embruns, ou fortement oxydées, requiert, lorsqu'on n'est pas certain d'avoir entièrement éliminé les oxydes du support, l'application d'une couche d'imprégnation, avec une liant pur identique à celui utilisé pour le revêtement.

Sur le plan purement pratique, et en fonction des impératifs qui ont été définis plus haut, il faut :

- obtenir une surface parfaitement propre, au moment où l'on étale le film de résine, de manière à élever la tension de la surface du métal, tous les moyens hydrauliques et mécaniques peuvent être envisagés pour ces traitements, mais les contingences d'efficacité, conduiront rapidement le choix.
- respecter dans tous les cas, pour le mélange de constituants, une température supérieure à 10°C, sous peine de voir les caractéristiques de la résine, évoluer défavorablement.

Les instruments d'application d'un revêtement, sont : des brosses traditionnelles, le gant ou la spatule. Pendant la réalisation de la première couche, l'étalement du matériau sur la surface n'est pas toujours immédiat, mais il s'obtient généralement en repassant à plusieurs reprises sur les zones de refus.

Quelquefois, il faut procéder à un nouveau nettoyage des parties refusant le revêtement. Par opposition à ces difficultés, l'application de la deuxième couche ne pose pas de problèmes particuliers.

La mise en oeuvre en pleine eau, requiert de la part des entreprises une étude soignée pour organiser non seulement le phasage des opérations qui doit concilier, le temps de préparation, l'intervalle d'application de la première couche et celui qui court entre deux couches consécutives.

4 - L'efficacité anticorrosion

L'efficacité d'un revêtement appliqué sous l'eau, ne peut, être obtenue que par un recouvrement continu de la surface de l'ouvrage métallique, ce qui implique 2 couches de 500 microns chacune.

Comme dans tous les systèmes à plusieurs couches, il est recommandé de modifier la teinte entre la première et la deuxième couche.

III - La protection cathodique par anodes galvaniques, une protection active

La protection cathodique (PC) d'un ouvrage portuaire métallique immergé dans l'eau de mer consiste à placer cet ouvrage à un potentiel électrochimique négatif tel que la corrosion devienne thermodynamiquement impossible.

Comme valeur de potentiel, au dessous duquel l'acier ne peut se corroder dans un milieu ayant un pH compris entre 4 et 9 (8,2 en moyenne pour l'eau de mer), on admet le critère de -800 mV (NF EN 12495 Mai 2000 «PC des structures en acier fixes en mer»), mesuré par rapport à l'électrode impolarisable en Argent/Chlorure d'argent/Eau de mer (Ag/AgCl/eau de mer).

Le principe de la PC trouve son application dans la pile élémentaire ou l'une des électrodes (*anode galvanique*) est toujours corrodée alors que l'autre ne l'est pas. De façon imagée c'est toujours le métal le plus électronégatif qui se corrode (*perte d'ions métal à l'anode*).

La PC est la technique qui permet de conserver dans son intégrité les parties d'un ouvrage en acier en zones marnantes, immergées ou fichées dans le sol sous-marin, en s'opposant au processus électrochimique d'attaque du métal par le milieu ambiant (*eau de mer*), c'est-à-dire la corrosion.

Les palpieux, pieux-tubes (*fig 3*), piles, duc d'Albe, palplanches, palfeuilles, émissaires en mer, pipes, grilles, navires, etc,... en acier constituent le champ d'application principal de cette protection.

Les ouvrages en acier, même anciens et dégradés, peuvent également bénéficier de cette technique.

Précisons que la PC est inefficace hors d'eau aussi il faudra appliquer hors d'eau une peinture ou un revêtement.



Figure 3 : PC du wharf de Futuna

VI - Le système duplex (*fig 1*)

La protection anticorrosion par système duplex est une technique anticorrosion qui allie :

- un système de peinture anticorrosion (*hors d'eau et marnage*) ou un revêtement appliqué hors d'eau (*hors d'eau et descendu de 30 cm sous l'eau*), voir les § I et § II;
- et une protection par anodes galvaniques sous l'eau (*voir le § III*).

L'application d'un revêtement de bonne qualité peut retarder de plus de 10 ans le début du phénomène de corrosion et en diminuer globalement l'amplitude.

Il suffira souvent de limiter le revêtement à une zone allant du sommet de la structure métallique jusqu'à 30 cm environ au-dessous de la zone des plus basses eaux (*fig 4*).



Figure 4 : Ajaccio Quai CC - Revêtement appliqué en 2 couches

Cette solution sera souvent associée à un système de PC par anodes sacrificielles (*la corrosion sous le plan d'eau pourra être éliminée avec une PC par anodes*).

Le choix d'une protection anticorrosion par un système duplex protection passive/protection active, c'est à dire l'association d'une protection par revêtement et d'une PC, est la solution à retenir dans le cas d'une longue durée de vie d'ouvrage.

En effet, les avantages d'un système duplex sont nombreux :

- la PC a pour rôle de suppléer aux éventuelles altérations du revêtement, à savoir augmentation de la durée de vie du revêtement et diminution de la consommation des anodes ;
- inversement, l'application d'un revêtement diminue la demande en courant et donc la masse nécessaire d'anodes sacrificielles ;
- de plus, un système duplex assure une meilleure répartition de la PC dans le cas de structures à géométrie complexe.

Un système duplex permet de prolonger la durée totale de la protection.

A cause des conditions extrêmement corrosives qui existent dans la zone d'éclaboussures et des difficultés qui ont rapport à l'entretien de cette zone, les exigences sont strictes quant à la préparation de surface avant l'application des revêtements.

La norme de nettoyage par projection de matériaux abrasifs spécifiant un degré de soin égal à Sa 2^{1/2} est retenue (*fig 2*).

On exige généralement aussi une certaine rugosité (*conforme à la fiche technique du fabricant*) pour s'assurer que les revêtements appliqués satisferont les conditions rigoureuses d'adhérence.