

Chapitre 11

LA PROTECTION DE L'ALUMINIUM

1. L'anodisation	167
2. La peinture	168
2.1 Le dégraissage	168
2.2 Le nettoyage de la surface	169
2.3 La mise en peinture	169
2.4 Les enduits	169
2.5 Les peintures antifouling	170
2.6. Le cas du réservoir pour eau potable	170
2.7 Les réparations et les gammes de traitement	170
2.8 Les conditions d'application	170
2.9 Les contrôles des peintures	170
2.10 Hygiène et sécurité	171
2.11 Exemples de gammes proposées par Jotun	171
3. La protection cathodique	172
3.1 La protection cathodique de l'aluminium	172
3.2 La neutralisation des couples galvaniques	173
3.3 La protection à quai des bateaux de plaisance	173

11. LA PROTECTION

LES ALLIAGES d'aluminium utilisés dans les applications marines – essentiellement ceux des familles 5000 et 6000 – ont une excellente tenue à la corrosion en milieu marin, qu'ils soient exposés en atmosphère marine ou immergés dans l'eau de mer.

Contrairement aux autres métaux usuels, tel l'acier, il n'est pas indispensable de les protéger par peinture ou de toute autre manière. Ne peindre que le strict minimum d'un bateau, à savoir les œuvres vives et les locaux de vie ou d'accueil, représente une sérieuse économie, y compris sur l'entretien, et un gain de poids.

Les exemples d'applications marines en aluminium non protégé abondent : barges ostréicoles, locaux techniques des navires à passagers, équipements du littoral (pontons de ports de plaisance, signalisation routière), etc. On a de très nombreux exemples de bateaux, d'équipements du littoral, qui n'ont jamais été protégés et qui sont en service depuis plusieurs décennies.

L'aluminium et ses alliages ne sont pas toxiques vis-à-vis des organismes vivants, dont les

animaux marins et la flore marine (1). La protection des œuvres vives, par peinture spéciale « anti-fouling », d'un bateau est donc obligatoire pour éviter les dépôts de bio-salissures marines d'origine animale ou végétale. Il en est de même pour les équipements immergés si on souhaite les protéger contre les bio-salissures (2).

Dans la plupart des cas, hormis bien sûr celui des œuvres vives, la protection a essentiellement un but décoratif et esthétique. Il en est ainsi pour l'accastillage, la mâture des navires de plaisance, la coque et les superstructures des navires de service à qui l'armateur veut donner sa « marque ».

Il est reconnu depuis plusieurs décennies⁽¹⁾ que la peinture résiste plus longtemps sur l'aluminium que sur l'acier parce que le subjectile a une meilleure tenue à la corrosion (3), et c'est vrai en milieu marin. Mais peindre implique la réfection régulière de la peinture avec toutes les préparations de surface que cela suppose.

Si cela est facilement faisable pour des surfaces accessibles, il n'en est pas de même pour des bal-

lasts aux formes compliquées et aux surfaces coupées par les raidisseurs, les varangues, avec les cordons de soudure en plus qui contribuent aux irrégularités de surface.

Autant dire qu'il ne faut peindre en chantier que ce qui est réparable, raison pour laquelle il est souvent illusoire de peindre des ballasts, des caisses à eau... car on ne pourra pas refaire la peinture, une fois dégradée.

Dans les applications marines, on utilise presque exclusivement trois modes de protection :

- l'anodisation,
- la peinture,
- la protection cathodique.

(1) Il en est de même de ses sels et de l'oxyde d'aluminium (l'alumine), si bien que les produits de corrosion de l'aluminium ne sont pas non plus toxiques.

(2) Pour leur action sur la tenue à la corrosion, cf. chapitre 10.

(3) Le fait que le produit de corrosion de l'aluminium – l'alumine – soit blanc, presque incolore si la corrosion par piqûre est très superficielle, n'a que peu d'effet sur l'aspect général d'une surface peinte dont la peinture a localement disparu sous l'action de la corrosion. C'est sans rapport avec la dégradation d'aspect sur les surfaces en acier peint !

MÂTS DE VOILIERS



DE L'ALUMINIUM

1. | L'ANODISATION

L'anodisation est un traitement de surface qui consiste à renforcer l'épaisseur du film d'oxyde naturel. C'est un procédé spécifique à l'aluminium. Les alliages des familles 5000 et 6000 ont une structure métallurgique et une composition chimique favorables à l'anodisation.

Il existe plusieurs techniques d'anodisation visant à améliorer les propriétés de surface du métal ou à les adapter à des applications particulières : décoration, tenue à la corrosion, pérennité d'aspect, dureté superficielle, résistance à l'abrasion, aptitude au frottement et anti-adhérence, aptitude à l'adhérence de revêtements organiques (colles, vernis, peintures).

Dans les applications marines, c'est essentiellement l'aspect décoratif qui est recherché. L'anodisation évite le ternissement, la corrosion par piqûres superficielles. Ce traitement de surface est principalement pratiqué sur l'accastillage et sur la mâture de bateaux de plaisance.

L'anodisation sulfurique est le traitement le plus couramment utilisé pour la décoration, pour l'obtention de couches dures et pour l'amélioration de la tenue à la corrosion.

Les conditions classiques du traitement sont les suivantes :

- teneur en H_2SO_4 : $200 \pm 20 \text{ g. l}^{-1}$,
- teneur en aluminium dissous dans le bain : 15 g. l^{-1} maxi,
- agitation du bain pour éviter que la température dépasse $20 \text{ }^\circ\text{C}$,
- densité du courant continu : $1,5 \pm 0,1 \text{ A. dm}^{-2}$.

Ce traitement est effectué en discontinu sur des pièces moulées (principalement pour l'accastillage), des profilés (principalement pour la mâture), des tôles (4) ou en continu sur des bandes.

Les couches anodiques, dont la structure dépend de la nature du bain et des conditions de traitement, sont formées de cellules hexagonales percées de micropores dont le diamètre, pour une couche de 15 microns par exemple, est mille fois plus petit que leur épaisseur (figure 137). Ces couches poreuses se prêtent bien à la coloration par absorption, soit

(4) Les traitements de surface sont effectués dans des installations comprenant plusieurs bains successifs. La taille des bacs contenant ces bains est forcément limitée à une quinzaine de mètres pour le traitement des mâts de bateaux.

VOILIER ADRIEN, GLOBAL CHALLENGE



par immersion dans la cuve de colorant, soit par traitement de coloration électrolytique.

Les couches anodiques, colorées ou non, doivent subir un colmatage qui a pour but d'obstruer les pores et de conférer ainsi une excellente tenue à la corrosion. Ce traitement est fait à l'eau déminéralisée bouillante, pure, complétée par des additifs de colmatage. La qualité de l'anodisation, c'est-à-dire sa résistance dans la durée, dépend pour beaucoup des conditions de colmatage (5)(6).

Les normes définissent des classes d'anodisation (pour les applications du bâtiment) en fonction de leur épaisseur et précisent les classes à adopter en fonction de l'atmosphère du milieu (7). En pratique, une épaisseur minimale de 20 μm est recommandée en atmosphère marine (soit au minimum la classe 20) [2].

Sous réserve d'un entretien régulier, au moins une fois par an, visant à éliminer l'empoussiérage éventuel et les dépôts de sel marin, avec des produits adaptés à

l'aluminium anodisé, la « durée de vie » d'une couche de 20 μm , normalement colmatée, dépasse largement 20 ans en milieu marin.

Il existe d'autres traitements d'anodisation :

- l'anodisation dure, dont l'épaisseur atteint 100 μm , utilisée plutôt pour des applications techniques parce qu'elle présente une bonne résistance à l'usure en milieu marin (8),

- l'anodisation phosphorique en couche mince (préparation de surface fort utile pour le collage).

Remarque : L'anodisation ne supprime pas le risque de corrosion galvanique en cas de contact entre une pièce en aluminium anodisé et un autre métal placés dans un milieu aqueux.

2. | LA PEINTURE

Il faut rappeler ici la spécificité de l'aluminium : le film d'oxyde naturel qui recouvre toujours la surface du métal empêche l'adhésion des peintures en particulier et des revêtements organiques en général. Il faut donc une préparation de surface pour créer des sites d'accrochage « des ponts » entre le film d'oxyde et le revêtement. L'expérience, déjà très ancienne, montre que la tenue des revêtements sur l'aluminium dépend de la préparation de surface [3].

Les étapes de la mise en peinture d'une surface en alliage d'aluminium sont les suivantes.

2.1 | Le dégraissage

Le dégraissage a pour but d'éliminer tous les corps étrangers : les particules solides (copeaux, poussières), les produits gras (huiles, graisses), qui imprègnent le film d'oxyde naturel.

Le dégraissage aux détergents (du type Teepol ou équivalent) sera préféré aux solvants organiques (9). L'utilisation de solvants trop « légers », comme l'acétone, est déconseillée, car ils sont difficiles à manipuler et très inflammables.

Il convient de procéder par petites zones, d'utiliser des chiffons non pelucheux et d'en changer fréquemment pour éviter d'étaler les salissures au lieu de les éliminer !

(9) Le dégraissage aux solvants chlorés, de moins en moins toléré pour des questions de santé et d'environnement, est susceptible de provoquer des corrosions ultérieures si les solvants ne sont pas stabilisés. Il n'est pas recommandé pour les travaux de chantier et pour les applications marines.

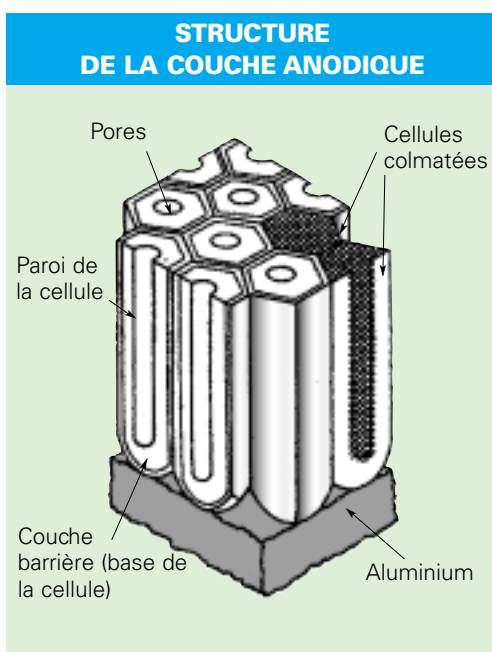


Figure 137

(5) Une fois colmatée, la surface anodisée n'accroche aucun revêtement, il n'est plus possible de peindre une telle surface.

(6) En pratique, la durée de colmatage doit être égale à celle de l'anodisation.

(7) Norme NF A 91-450 : Anodisation (oxydation anodique) de l'aluminium et de ses alliages. Couches anodiques sur aluminium, décembre 1981.

Norme internationale ISO 7599 : Anodisation de l'aluminium et de ses alliages – Spécifications générales pour couches anodiques sur aluminium, 1983.

(8) Contrairement à une idée reçue, l'anodisation dure n'est pas faite pour protéger l'aluminium contre la corrosion par piqûres. Elle n'apporte pas de protection supplémentaire par rapport à l'anodisation classique de 20 μm d'épaisseur parce qu'elle n'est presque jamais colmatée, et... elle coûte bien plus cher !

2.2 | Le nettoyage de la surface

Il y a trois moyens possibles :

- le dérochage,
- le décapage au jet d'abrasif,
- le disquage.

■ Le dérochage

Celui-ci consiste en un décapage chimique de la couche superficielle d'aluminium pour la rendre apte à recevoir le primaire d'accrochage.

Le dérochant est constitué d'une solution d'acide phosphorique qu'il faudra appliquer abondamment sur toutes les surfaces à traiter. L'application sera faite au pinceau, au chiffon ou éventuellement au balai, en prenant soin de protéger efficacement l'opérateur contre les éclaboussures.

Il faut laisser agir le produit selon les indications du fabricant, généralement pendant 20 à 30 min. Après quoi, on procédera à un lavage à l'eau douce, suffisant pour que les eaux de rinçage reviennent à un pH équivalent à celui de l'eau du réseau.

■ Le décapage au jet d'abrasif

Pour le décapage au jet d'abrasif (10), on utilisera un abrasif spécialement adapté aux alliages d'aluminium tel que le corindon, ou tout autre abrasif inerte. Ce traitement doit toujours être fait sur des surfaces propres et sèches et suivi d'un dépoussiérage soigné.

La mise en peinture doit être faite dans un délai aussi court que possible après le traitement à l'abrasif pour éviter une reprise d'humidité par le film d'oxyde, voire une pollution superficielle par des salissures.

Le grenailage à la bille d'acier est à proscrire en raison des risques

de corrosion par piqûres qu'il induit. Pour des raisons analogues, on évitera d'utiliser des abrasifs ayant déjà servi pour le traitement d'autres métaux que l'aluminium.

■ Le disquage

Ce mode de préparation de surface est employé sur les surfaces qui ne peuvent pas être traitées par dérochage ou sablage. Il devra être fait avec des disques à gros grains de façon à obtenir une bonne base d'accrochage.

Toutefois, la tenue des revêtements sur une surface ainsi traitée est moins bonne qu'après dérochage ou sablage.

2.3 | La mise en peinture

Une protection efficace contre l'agressivité du milieu marin est obtenue par des revêtements multicouches, dont chaque couche contribue à l'efficacité du système. Les peintures les plus utilisées actuellement sont à base de résines polyuréthanes ou époxydiques.

La gamme classique comprend :

- un primaire réactif, en général à base de résines vinyliques contenant une certaine quantité d'acide phosphorique. Le primaire assure l'adhérence des revêtements sur l'aluminium,
- les couches de finition, qui ont pour but de renforcer l'étanchéité du système de peinture et d'améliorer l'aspect esthétique.

L'application se fera de préférence au pistolet pneumatique.

(10) Improprement appelé sablage ou grenailage.

(11) Ils sont dus pour la plupart aux déformations lors du soudage. Le respect des règles de soudage de l'aluminium, indiquées au chapitre 6, a pour effet de réduire la quantité d'enduit sur une coque.

2.4 | Les enduits

Pour rattraper les défauts de surface (11), on utilise des enduits spéciaux. On choisira de préférence des enduits époxydiques sans solvant, parfaitement adaptés à l'immersion et ne présentant pas de rétreint en cours de durcissement.

Il faut éviter d'appliquer les enduits directement sur le métal, mais plutôt le faire entre deux couches de primaires époxydiques. L'application se fera au couteau à enduire ou, le plus souvent, à la règle.

Le ponçage sera fait au papier abrasif à sec ou humide. Certains enduits peuvent nécessiter un lavage à l'eau douce après polymérisation, surtout quand celle-ci a lieu à basse température. Dans tous les cas, un dépoussiérage soigneux sera effectué avant le surcouchage.

SUNREEF 74



2.5 | Les peintures antifouling

L'aluminium et ses composés minéraux, dont l'alumine $Al(OH)_3$ qui constitue le produit de corrosion de l'aluminium, ne sont pas toxiques vis-à-vis de la flore et de la faune marines.

C'est la raison pour laquelle il faut que les œuvres vives d'un bateau en aluminium soient revêtues d'une peinture antisalissure marine (« antifouling ») si on veut éviter les dépôts, la fixation d'animaux marins tels que les moules, les barnacles.

Ainsi que cela a été dit et expliqué précédemment (12), les peintures antifouling à base d'oxyde cuivreux sont à prohiber, faute de quoi on risque une sévère corrosion du métal sous-jacent.

Depuis le début des années 1970, le biocide de la plupart des peintures antifouling proposées était à base d'un sel d'étain, le TBT (tributyl stané), compatible avec l'aluminium.

Compte tenu de la toxicité de ce biocide pour l'environnement marin, l'OMI a décidé le 5 octobre 2001 l'interdiction des antifouling à base de TBT à partir du 1^{er} janvier 2003, et aucun navire ne devra plus naviguer avec des œuvres vives revêtues de telles antifouling après le 1^{er} janvier 2008 (13).

Ayant anticipé cette mesure, plusieurs fabricants de peinture proposent depuis plusieurs années des peintures antifouling compatibles avec l'aluminium et conformes à la directive européenne et à la décision de l'OMI ⁽¹⁴⁾, par exemple l'ALUSEA de Jotun.

2.6 | Le cas du réservoir pour eau potable

Les alliages des familles 5000 et 6000, couramment utilisés pour les applications marines, ont une composition chimique qui les classe parmi les matériaux « alimentaires » (14).

Ils peuvent donc être utilisés nus pour la réalisation de réservoirs pour eau potable. Dans ce cas, il faut effectuer, avant mise en service, un nettoyage soigné des parois du réservoir, suivi de plusieurs rinçages avec de l'eau potable, chaude de préférence.

Les réservoirs peuvent être protégés par peinture. Les systèmes de protection proposés par les fournisseurs doivent alors faire l'objet d'un procès-verbal d'alimentarité.

2.7 | Les réparations et les gammes de traitement

Deux cas sont à considérer suivant l'importance de l'endommagement :

1^{er} cas : le primaire anticorrosif n'a pas été atteint

- dégraissage,
- rinçage soigné en eau douce,
- séchage,
- enduit pour mise à niveau,
- ponçage à l'abrasif (250-300) sous eau (largement autour de la blessure, mais sans atteindre le primaire anticorrosif),
- reprise de la gamme de finition.

2^e cas : l'endommagement est plus important et le métal a été mis à nu

- dégraissage,
- rinçage soigné en eau douce,
- ponçage à l'abrasif (180-220) en mettant largement le métal à nu autour de la zone atteinte,
- wash-primer (primaire phosphatant) sur les zones mises à nu,
- reprise de la gamme complète.

2.8 | Les conditions d'application

Les conditions générales d'application des peintures sont les suivantes :

- à l'abri de la poussière et du vent,
- à une température supérieure à 15 °C,
- avec une humidité relative de 40 à 70 %.

Les pots de peinture devront être stockés à une température proche de 20 °C, au moins 24 h avant emploi. Avant de commencer l'application, il est prudent de s'assurer que le support est au moins 3 °C au-dessus du point de rosée.

Les opérations de peinture et de séchage doivent être programmées dans le planning général de fabrication au même titre que toutes les autres opérations.

2.9 | Les contrôles des peintures

Ils peuvent porter sur :

- la viscosité des peintures ; elle se mesure à la coupe consistométrique suivant la norme AFNOR NF T 30 070 (coupe Ford n° 4) et ce contrôle permet de régler la viscosité de la peinture en fonction du mode d'application utilisé (pinceau, pistolet pneumatique, par exemple) dans le cas des couches de finition pour œuvres mortes,

(12) Cf. Chapitre 10.

(13) Cette décision fait suite à la réglementation européenne interdisant l'usage des composés organostanniques (sels d'étain), depuis 1989 (Directive n° 89/677 CEE du 21.12.89).

(14) Norme EN 602 : Aluminium et alliages d'aluminium – Produits corroyés. Composition chimique des demi-produits utilisés pour la fabrication d'articles destinés à entrer en contact avec les aliments.

■ l'épaisseur humide ; la mesure de l'épaisseur humide se fait à l'aide de jauges-peignes. L'épaisseur sèche est calculée à partir de cette mesure et de la connaissance de l'extrait sec volumique de la peinture.

Ainsi, il faut appliquer une couche humide de 100 µm d'épaisseur pour obtenir une couche sèche de 35 µm avec une peinture à 35 % d'extrait sec en volume.

Si le mode d'application retenu a nécessité une dilution de la peinture, l'épaisseur sèche déposée s'en trouvera diminuée pour une même épaisseur humide. Dans ce cas, il convient d'augmenter le

nombre de couches appliquées pour obtenir l'épaisseur sèche totale requise. Ce point est particulièrement important pour les couches primaires.

2.10 | Hygiène et sécurité

Les fournisseurs de produits de traitements de surface et de peinture indiquent dans leurs notices toutes les précautions à prendre pour leur application et leur stockage. Ils sont, de plus, tenus d'adresser les fiches de données de sécurité à tout utilisateur en faisant la demande.

2.11

Exemples de gammes proposées par Jotun

Dans le tableau 69, pour la carène, les œuvres mortes, les ponts et les superstructures, et dans le tableau 70, pour l'intérieur du navire, sont indiquées les gammes proposées par Jotun.

GAMMES JOTUN POUR CARÈNE, ŒUVRES MORTES, PONTS ET SUPERSTRUCTURES

Gamme	Carène	Œuvres mortes, ponts, superstructures et accessoires extérieurs
Préparation de surface	Dégraissage au détergent (du type Teepol ou équivalent) Rinçage à l'eau douce Balayage général à l'abrasif non métallique de l'ensemble des surfaces (corindonnage)* Cette préparation des surfaces doit être réservée à des zones très limitées et en tout état de cause ne peut pas concerner le bordé extérieur.	
Primaire	1 x 50 µm DFT Epoxy Primer	1 x 50 µm DFT Epoxy Primer
Finition	2 x 100 µm DFT Epoxy	1 x 100 µm DFT Epoxy 2 x 50 µm DFT Acryl Polyuréthane Topcoat**
Antifouling	2 x 125 µm DFT Antifouling Selfpolishing Tin Free « special Aluminium », (non electrolytic pigments).	

* Les zones ne pouvant pas être traitées par balayage à l'abrasif non métallique pourront exceptionnellement être dérochées chimiquement avec une solution d'acide phosphorique du type « déoxydine » suivie d'un rinçage.

Tableau 69

** Une poudre antidérapante doit être utilisée entre les deux couches de finition Acryl Polyuréthane sur les ponts extérieurs.

GAMMES JOTUN COMPARTIMENT MACHINE EMMÉNAGEMENTS

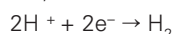
Gamme	Cloisons vaigrées Ponts intérieurs	Tôleries sous vaigrages	Tôleries sous parquet machine	Caisses à eau douce
Préparation de surface	Dégraissage au détergent type Teepol Rinçage à l'eau douce.			
Primaire	1 x 40 µm DFT Epoxy Primer			
Finitions	1 x 40 µm DFT Epoxy Undercoat White		2 x 100 µm DFT Epoxy	2 x 150 µm DFT Epoxy (homologué eau potable)
	1 x 40 µm DFT Acryl Polyuréthane Topcoat			

Tableau 70

3.

LA PROTECTION CATHODIQUE

C'est une protection de nature électrochimique qui consiste à placer le métal en situation de cathode (figure 138) sur laquelle a lieu la réduction des ions H^+ (en hydrogène gazeux) suivant la réaction :



Pour que cette réaction ait lieu, il faut *apporter des électrons e^-* au métal. Il y a deux façons de le faire :

■ associer un autre métal (ou alliage) – l'anode – dont le potentiel de dissolution est plus électro-négatif dans le milieu considéré qui va s'oxyder suivant la réaction :



Les électrons ainsi libérés vont à la cathode. Cette réaction consomme le métal de l'anode, raison pour laquelle on parle d'« anode consommable » ou d'« anode sacrificielle ».

En général, sur les navires, les anodes sont constituées de pièces moulées, aux formes adaptées à

leur mode de fixation et à leur emplacement (photo p. 174).

■ installer une source de courant continu qui délivre le courant d'électrons nécessaire à la réaction de réduction sur le métal à protéger. C'est la « protection cathodique sous courant imposé ».

3.1

La protection cathodique de l'aluminium

Placé en situation de cathode, le métal voit son potentiel de dissolution abaissé vers des valeurs plus électronégatives que son potentiel de dissolution normal. Pour qu'une anode soit efficace, il faut que la différence de potentiel entre elle et le métal qu'elle doit protéger soit d'au moins 100 à 200 mV. Sous courant imposé, le système régule à la fois le niveau de potentiel souhaitable (par rapport à une électrode de référence) et le débit du courant d'électrons.

La protection cathodique de l'aluminium est beaucoup plus compliquée que celle de l'acier, même s'il est admis que le courant de

protection de l'aluminium est dix fois plus faible que celui pour l'acier (non peint) ^[5].

Pour protéger l'aluminium, il faut descendre à des niveaux de potentiels à partir desquels la réduction des ions H^+ s'accélère. Cette réduction a pour effet d'alcaliniser le milieu par excès d'ions OH^- , donc de provoquer une corrosion localisée de l'aluminium, qu'on appelle « corrosion cathodique ».

Cette « corrosion cathodique » (qui n'est pas voulue) présente un aspect bien particulier, qui la rend facile à identifier. Sur métal nu, elle se développe généralement sous forme de cratères aux formes arrondies dont la surface peut être assez brillante. Si le métal est peint, il peut y avoir boursoufflures des peintures (15).

Des études ont montré que, pour obtenir une immunité totale, il faudrait abaisser le potentiel des alliages au magnésium, comme le 5083 ou le 5086, à des niveaux tels que, dans l'eau de mer, il y aurait développement d'une forte corrosion cathodique ^[6].

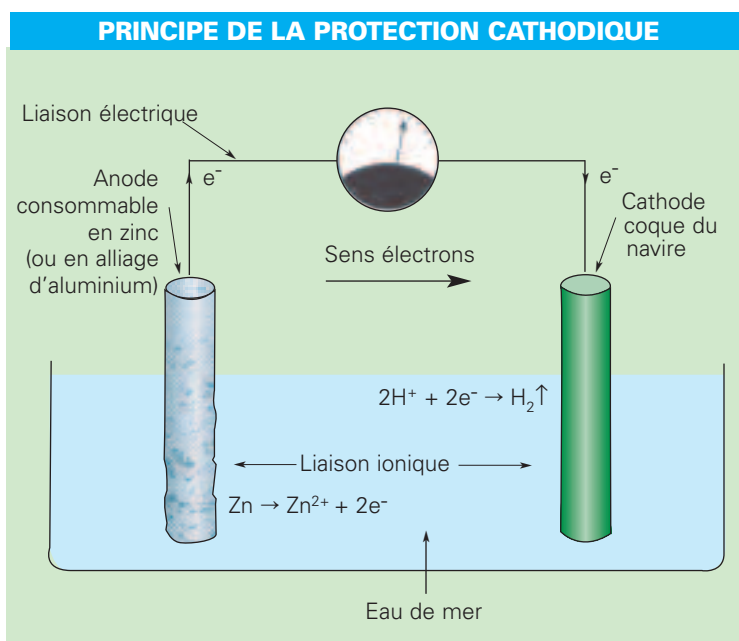


Figure 138

(15) Mais la réciproque n'est pas vraie, une boursoufflure de peinture n'est pas forcément le fait d'une « corrosion cathodique ».

3.2 La neutralisation des couples galvaniques

Compte tenu de leur très bonne résistance à la corrosion en milieu marin, et plus particulièrement en immersion dans l'eau de mer, les alliages d'aluminium-magnésium de la famille 5000 et de ceux de la famille 6000 ne nécessitent aucune protection.

Cependant, quel que soit le système de propulsion du navire (classique avec hélice ou hydrojet), il faut une protection cathodique pour neutraliser le couple galvanique entre la structure immergée en alliage d'aluminium et les éléments de la propulsion : arbre en acier inoxydable, hélice en bronze ou hydrojet en acier.

Pour cela, on dispose des anodes sacrificielles dont la répartition sur la coque et le poids dépend d'une étude réalisée au cas par cas pour chaque navire par les sociétés spécialisées en protection cathodique.

Le rôle de ces anodes est d'abaisser le potentiel du bronze, de l'acier inoxydable et des autres métaux à des valeurs plus négatives qui les rapprochent de celles de l'aluminium (figure 139).

Le fonctionnement du système

Au point de fonctionnement du système ternaire ainsi formé par :

- la coque en alliage d'aluminium,
- l'hélice et l'arbre (en bronze et/ou Inox) ou l'hydrojet en acier,
- les anodes consommables,

celles-ci débitent un courant tel que le potentiel des métaux E_C (bronze, acier inoxydable) s'abaisse, ainsi que celui de l'aluminium E_{Al} . De ce fait, le potentiel de tous les métaux en présence s'établit à un même niveau E_{Pc} , si bien qu'il n'y a plus de risque de corrosion galvanique de la coque (ou de la structure) en alliage d'aluminium.

Puisqu'il y a débit d'un courant électrique, il y a consommation des anodes. La durée de vie des anodes dépend de plusieurs facteurs : les systèmes de propulsion, la surface à protéger, les états de surfaces, la température de l'eau de mer. Il importe donc de vérifier très régulièrement à chaque carénage l'état des anodes et de les changer aussi souvent que cela est nécessaire.

Le choix des anodes

Le potentiel de l'aluminium ne doit pas être abaissé de plus de 200 à 300 mV (par rapport à son potentiel d'origine). La limite extrême tolérée du potentiel de l'aluminium est de l'ordre de $-1\ 100$ mV ECS (16). Au-delà, il y a un risque sérieux de « corrosion cathodique ».

C'est la raison pour laquelle l'emploi d'anodes en magnésium est à éviter. Elles ont pour effet de trop abaisser le potentiel de l'aluminium.

Par contre, les anodes en alliage d'aluminium spécial « Hydral » ou « Mercatal », ou en zinc conviennent très bien. Elles sont très largement utilisées.

Remarques : Pour que la protection cathodique de la structure immergée en alliage d'aluminium fonctionne, il faut que :

- le système de propulsion du navire soit en équipotentialité avec la coque (17),
- les anodes ne soient jamais peintes et que le contact anode/coque soit excellent.

Enfin, on évitera de placer sur un navire en aluminium un système de protection cathodique par courant imposé. D'un maniement complexe, il présente trop de risques pour la coque en aluminium s'il n'est pas parfaitement réglé.

Tout ce qui a été dit au sujet de la protection cathodique d'un navire est vrai pour une structure fixe,

immergée dans l'eau de mer, qu'il faudrait protéger cathodiquement. Il va de soi que la protection cathodique ne fonctionne que pour la partie immergée de la structure.

3.3 La protection à quai des bateaux de plaisance

À quai, les navires peuvent se trouver à proximité, ou en contact, non seulement d'un quai en acier, en béton armé, mais également d'autres navires en acier. S'il s'établit entre eux des contacts suffisamment conducteurs, il peut s'ensuivre une corrosion galvanique de la coque en aluminium.

Pour y parer, certaines sociétés proposent des systèmes d'anodes mobiles ou pendantes à mettre en place pendant la période de l'hivernage des bateaux de plaisance. Cette méthode convient bien aux navires de plaisance qui séjournent longtemps au même endroit.

(16) mV ECS = millivolts mesurés par rapport à l'électrode au calomel saturé.

(17) Cf. chapitre 10.

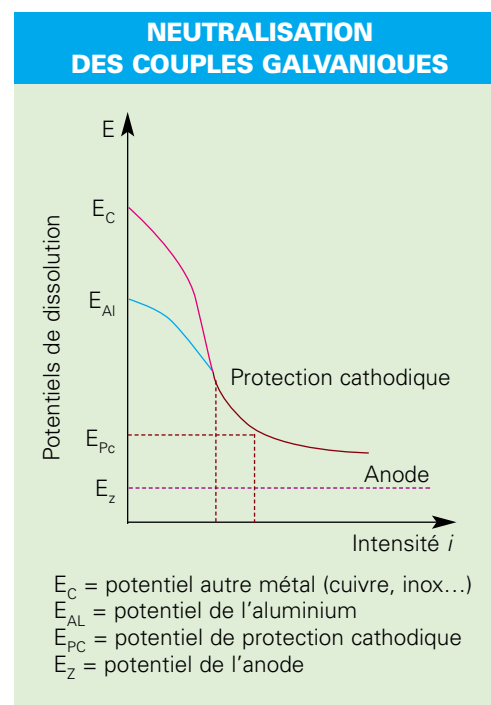


Figure 139

Références bibliographiques

[1] « Painting Aluminum and its alloys », J. D. EDWARDS, R. I. WRAY, Aluminum Research Laboratories, New Kensington, Pa. *Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 27, 1935, pp. 145-149.

[2] « Anodized Aluminium, atmospheric exposure tests », CIDA, H. CAMPBELL, Euston 20 years, Aluminium Federation Ltd, Birmingham, report HC 8509/1, June 1987.

[3] « La protection de l'aluminium et de ses alliages par peinture », A. GUILHAUDIS, R. BOURBON, *Revue de l'Aluminium*, vol. 31, n° 206, 1954, pp. 7-10 et n° 207, pp. 47-51.

[4] « Effective antifouling is critical to performance », P. HYNDS, *Speed at Sea*, April 1999, pp. 29-31.

[5] « Cathodic protection of aluminium in sea water », R. GUNDERSEN, K. NISANCIOGLU, *Corrosion*, vol. 46, n° 4, 1990, pp. 279-285.

[6] « Diagramme expérimental potentiel pH de l'aluminium pour l'eau de mer », Ph. GIMENEZ, J. J. RAMEAU, M. REBOUL, *Revue de l'Aluminium*, juin 1982, pp. 261-272.

PROTECTION CATHODIQUE

