

Plaisance écologique



Accueil

Traduire le site :

English



Go

Innovations

- Consommer moins de carburant
- Bulbe d'étrave
- Initiatives Ecologiques
- Carénage Ecologique
- Protection Metagrip
- Voiles & cerfs-volants tracteurs
- Gestion électrique à bord
- Eolienne & hydrolienne
- Batteries marines
- Eclairage à bord
- Gestion du Froid à bord
- La propulsion électrique
- Bateaux promenade électriques

Préserver le milieu

- Guide navigation éconologique
- Impact fioul lourd
- Le gasoil non routier (GNR)
- Dragage et fauchage durables
- Gestion de l'eau à bord
- Traitement des eaux noires
- Gestion des eaux grises
- Gestion des déchets de bord
- Ecluses & environnement
- L'Eutrophisation de l'eau
- Bonne pratique du Mouillage
- Croisières maritimes écologiques
- Le Grenelle de la mer
- Le Pavillon Bleu
- Tourisme fluvial écologique
- Impact CO² & NO² sur océans
- Marées Noires

Trucs & astuces

- Trucs et astuces pour bateaux
- Entretien des moteurs
- Remotorisation électrique
- Antidérivant pour ponts
- Entretien et réfection bois
- Peintures marines
- Isolation et double-vitrage
- Acheter neuf ou d'occasion ?
- Adaptation voile sur vedette
- Osmose des coques
- Dossier rouille
- L'électrolyse des coques
- Entretien bateaux acier
- Autonomie en eau
- Pavillon belge
- Club "Nicols"

Comprendre

- Petit lexique de la batellerie
- Petit lexique de la marine
- Hélices et propulsion
- Vents & Météo marine
- Tout savoir sur la VHF
- Code des pavillons
- Catégories plaisance

L'électrolyse des coques métalliques

Chaque matériau de construction de coque possède ses avantages et ses inconvénients spécifiques.

L'électrolyse ou l'osmose des coques font partie de ces derniers.

L'électrolyse (ou plus exactement la corrosion galvanique) s'attaque aux bateaux en métal ; c'est un phénomène électro-chimique qui aboutit à une oxydation rapide de la carène, pouvant aller jusqu'à des entrées d'eau.

Le remède consiste à installer des anodes sacrificielles en zinc ou aluminium (les plus courantes) pour l'eau saumâtre, et en magnésium pour l'eau douce.

Ce phénomène dont tout le monde parle sur les pontons, n'est pas facile à appréhender ; espérons que ce petit dossier vous aidera à mieux le comprendre.



Définition

Le caractère électrochimique de la corrosion en milieu humide et notamment en solution aqueuse, correspond à un échange permanent de particules électrisées qui se produit entre un métal et une solution acide, basique ou salée dans lequel il est plongé ; le milieu liquide conducteur est appelé **électrolyte**, le métal qui y est plongé est appelé **électrode**.

Sous l'effet du courant électrique entre le métal et la solution, l'électrode se dissout et reçoit des charges négatives, qui par accumulation amènent l'électrode à un potentiel négatif et donc à attirer les particules métalliques positives dissoutes dans l'électrolyse.

Un équilibre s'établit alors entre les deux réactions, celle qui dissout le métal et celle qui le dépose. Ce potentiel est appelé **potentiel d'équilibre**.

Classement des métaux par potentiel d'équilibre

Symbole	Désignation	Potentiel
Li	Lithium	plus anodique
Mg	Magnésium	plus anodique
Al	Aluminium	plus anodique
Zn	Zinc	plus anodique
Fe	Fer	plus anodique
Cr	Chrome	plus anodique
Ni	Nickel	plus anodique
Mo	Molybdène	plus cathodique
Pb	Plomb	plus cathodique
Sn	Etain	plus cathodique
Cu	Cuivre	plus cathodique
Ag	Argent	plus cathodique
Au	Or	plus cathodique
Pt	Platine	plus cathodique

Pour info, la norme des installations électriques des marinas et des bateaux de plaisance est la norme UTE NF C 15-100 (Section 709).

A savoir :

L'eau salée est 10 fois plus conductrice que l'eau de rivière, elle-même 1000 fois plus que l'eau de pluie !

Petit glossaire pour être "au courant"

En électrotechnique (ou en électronique) on distingue la **terre**, le **neutre**, et la **masse**, qui ne sont pas exactement la même chose.

La terre ou potentiel de sécurité : tout équipement électrique doit y être relié afin qu'en cas de défaut

- Transport fret fluvial
- Gestion des ports
- GPS et sortie NMEA 183
- Calcul taxe passeport maritime
- Bibliographie
- Bateaux-lavoirs
- Canal du Nivernais
- Canal de Givry

Vivre

- Assurance Plaisance
- Plaisance & handicap
- Carnets de croisière
- Chants de marins
- Passage des écluses
- Les Bateaux-colo
- Escale à Sète 2012
- Produits d'entretien
- Forums nautiques
- Péniches-Logements
- Faire son pain à bord
- Associes plaisance
- Agenda Plaisance
- **Coups de corne !**
- Scènes étonnantes

Services

- Testing plaisanciers
- La co-navigation
- Vignette 2013
- La co-navigation
- Calcul d'itinéraires
- Calendrier marées
- Entretien moteur
- Hiverner son bateau
- Coordonnées des marques
- Ship Simulator
- Liens
- Agenda écologique
- Immobilier écologique
- Contact



Nous aider ?

d'isolateur soit mis au même potentiel que le sol.

Pour cela on plante un piquet dans un sol idéalement toujours humide, selon des normes bien définies afin que cette liaison avec la terre soit la meilleure possible (résistance la plus faible).

Si une protection différentielle est installée, le conducteur touchant la terre va provoquer un courant de fuite auquel le disjoncteur va "réagir" (30 mA en général) en coupant le circuit d'alimentation général.

Le câble de terre (vert-jaune) ne transporte normalement rien, relié à la terre (équipotentiel), il est la référence de sécurité.

Le neutre recouvre un terme d'électrotechnique qui définit le point commun des 3 circuits du triphasé, il en constitue donc le 4^{ème} fil conventionnellement de couleur bleue ; il est censé servir de référence aux 3 fils de phase rouges (le plus souvent, où rouge, noir et brun) tout en étant le plus proche de la terre. Les transformateurs installés par EDF ont le neutre relié à la terre afin que tout le réseau distribué par ce transfo présente une différence de potentiel la plus faible possible entre neutre et terre. Il participe malgré tout au transport de l'énergie et, donc, est parcouru par des courants qui peuvent être importants et présenter des différences de potentiel avec la terre.

La masse en électrotechnique, représente avant tout la plus grande surface conductrice d'un appareil. En électronique c'est le référentiel des différents potentiels continus présent dans un montage ; toutes les tensions y réfèrent et c'est généralement le 0 V, mais cela peut être par exemple le + 12 V comme ce fut le cas sur les véhicules anglo-saxons, il y a encore peu.

Les 3 schémas de raccordement basiques de sécurité sont donc :

- **TT** (neutre à la terre, masse à la terre),
- **TN** (neutre à la terre, masse au neutre),
- **IT** (neutre isolé, masse à la terre).

A savoir :

- Un Ampère correspond à un débit de charge d'un Coulomb par seconde.
- L'intensité se mesure à l'aide d'un ampèremètre, branché en série dans le circuit, ou à l'aide d'une pince ampèremétrique, qui ne nécessite pas d'ouvrir le circuit.

Dans les faits

Lorsqu'un bateau est raccordé à la terre du quai et que cette terre est "polluée" par des retours en provenance d'installations "un peu limite", la terre du quai devient génératrice de tensions continues et alternatives de faible valeur, mais suffisantes pour provoquer une électrolyse.

La corrosion (rouille de l'acier et piqure de l'innox ou de l'al) est toujours la conséquence d'un courant sortant, qu'il soit galvanique - *c'est à dire provoqué par la présence de métaux différents en contact entre eux et immergés dans le même milieu faisant office d'électrolyte* - ou apporté par un générateur.

C'est le phénomène, bien connu, d'oxydo-réduction.

Evidemment la corrosion électrolytique (**électrolyse** en langage plaisance) est beaucoup plus agressive que la **corrosion galvanique**, limitée par les propriétés naturelles des métaux, et ses conséquences vont dépendre de la qualité du matériau. Elle va également varier selon la mise en oeuvre d'une protection et son plan (nombre et emplacements des anodes sacrificielles).

En usage marine les anodes de protections sacrificielles installées sont traditionnellement constituées de :

- **Zinc** (navigation en mer),
- **Aluminium** (navigation en eau saumâtre),
- **Magnésium** (navigation en eau douce).

Intervient ensuite la manière dont sont installés le lest, le moteur, le circuit électrique, la peinture sur la coque et le type de l'**antifouling**.

Les 2 premières photos de cette série illustrent une attaque galvanique, sur la carène et sur les épingles du keel-cooling ; la 3^{ème} présente la tôle, une fois passée au nettoyeur haute pression et poncée ; ces tavelures argentées sont caractéristiques des coques métalliques ayant subi l'électrolyse.

Des approches différentes

Aux USA et au Royaume-Unis, l'usage dans les chantiers de construction est de réunir tous les éléments métalliques du bateau au contact de l'eau par une tresse de masse et de la relier à un certain nombre d'anodes dans le but de l'amener à un potentiel suffisant pour assurer la protection.

En Europe, l'approche est parfois différente :

- relier la terre réseau de bord à la masse, tout en ne branchant pas le conducteur de sécurité à la terre du quai,
- maintenir le branchement du conducteur de sécurité à la terre du quai, en y intercalant un isolateur



galvanique,

- supprimer le branchement du conducteur de sécurité à la terre du quai, en alimentant le circuit 230 V AC de bord par un transformateur d'isolement.

Dans tous les cas, doubler la protection installée par des anodes sacrificielles adaptées au milieu !

La réglementation

La réglementation européenne en vigueur (standard ISO) EN 13297, stipule que les constructeurs de bateaux doivent désormais relier l'ensemble des pièces métalliques (moteur, pompes, vannes, équipements électriques...) à la terre du "courant de quai".

Pour ne pas que votre bateau serve d'anode sacrificielle aux bateaux environnants, au ponton ou au quai, vous n'avez donc pas d'autre solution que d'installer un **isolateur galvanique**, qui ne laissera plus passer les petits courants de fuite générant l'électrolyse, tout en vous protégeant par une mise à la terre en cas d'incident pour un courant plus important.

Ces dispositifs existent sur le marché (environ 140 €) ; ils répondent à la norme ISO EN 13297 et ISO 8846.

Le rôle des anodes

Aujourd'hui les anodes sacrificielles peuvent avoir différentes formes et sont constituées de zinc, magnésium ou aluminium. Le potentiel électrochimique de ces anodes est plus bas que ceux des alliages de fer – les alliages de fer étant plus "nobles", ils servent de cathodes.

De plus, la capacité de courant et le taux de consommation de ces métaux sacrificiels en font de bons candidats.

Prenons le cas le plus commun : celui des anodes en **Zinc**.

Le zinc ayant un potentiel moins élevé que le fer, il joue le rôle électrochimique d'anode tandis que l'acier devient la cathode. Ce n'est donc plus la coque qui va perdre de la matière, mais cet ajout de zinc. D'où l'intérêt des "pendanodes" et des anodes en général que l'on place sur la carène et dans les zones à risques (en extrémité d'arbre d'hélice, notamment).



Attention

L'électrolyse propre aux bateaux à coque métallique, existe aussi sur les parties immergées métalliques des bateaux plastiques qui, en plus, sont sujets à l'**osmose des coques** (une autre galère pour les plaisanciers...)

De même, l'arrière est plus corrodé à cause de la présence du groupe propulseur (le plus souvent métallique et des flux d'eau importants engendrés).

A noter

L'installation des anodes sacrificielles fixes laisse le choix entre deux modes différents de fixation :

- leur **soudage** ; qui garantit un contact parfait entre l'anode et la carène, mais qui présente le désavantage d'altérer la zone de carène soudée, avec l'obligation de la traiter en profondeur, puis de la reprotéger convenablement.
- leur **boulonnage** sur tige filetée ; qui ne doit souffrir aucun défaut de contact (écrou d'appui parfaitement décapé, et écrou de serrage renforcé par un écrou de contre serrage) ; il permet de changer ses anodes sans avoir à refaire les zones d'ancrage.

L'influence des batteries

Voilier ou vedette, l'affaire peut se compliquer lorsque l'on possède des batteries à bord, ce qui est le cas général.

La batterie constitue un stock important d'électricité qui ne demande qu'à fuir à travers le moindre défaut du circuit en créant un redoutable courant.

Ainsi une simple traînée de dépôt de sel, un plafonnier (avec interrupteur mono-polaire, donc toujours alimenté) et le moteur à travers le tirant de cadène, puis les tresses de mise à la masse peuvent devenir un problème.

Il faut donc prêter une attention particulière pour que l'isolation électrique soit parfaite sans oublier d'installer une tresse de masse digne de ce nom entre le moins (-) de la batterie et la coque.

Quelques conseils

- ne pas relier la coque à la terre des appareils électriques,
- utiliser des interrupteurs multipolaires,
- supprimer tout câblage inutile.

Les mesures à effectuer...

Les mesures ne sont souvent lancées que lorsqu'un problème est détecté (corrosion anormale, consommation rapide des anodes).

Il est donc préférable d'y procéder à titre préventif avant que le désordre intervienne, dans le cadre d'un bon entretien de son bateau ...

Détecteur fixe

Il existe des détecteurs à installer en fixe sur le tableau électrique général pour signaler une fuite électrique, qu'il restera malgré tout à localiser exactement pour pouvoir y remédier.

Plus simplement, pour vérifier la qualité de la mise à la masse, il est facile de mesurer s'il n'y a pas un courant de fuite résiduel, à l'aide d'un milliampère-mètre ou d'une petite ampoule de lampe de poche (faute de mieux), entre le + de la batterie coupée et la coque.

Détecteur mobile

La mesure du potentiel de la coque (pour les carènes métalliques) ou des équipements situés sous la flottaison (moteur, inverseur, quille, arbre, hélice, embase, passe-coque...) s'effectue couramment à l'aide d'une électrode de référence et d'un voltmètre suffisamment sensible ; cela établira :

- si les anodes protègent efficacement le bateau et/ou ses équipements,
- s'il n'est pas agressé par des courants destructeurs issus des batteries, du quai ou de vos voisins de ponton ou de quai...

Cette technique utilisée couramment sur les unités de commerce ou de pêche, l'est beaucoup moins pour la petite plaisance ; les anodes n'y sont d'ailleurs plus sacrificielles (à changer une fois usées) mais à courant imposé, et délivrent donc en permanence la quantité de courant nécessaire.

Les mesures doivent être réalisées très régulièrement, et notamment après tout mouillage prolongé de carènes métalliques.

Cas des coques plastiques

Le potentiel des équipements immergés d'une coque polyester doit être mesuré entre (-) 1000 mV et (-) 750 mV pour une bonne protection.

En deçà, il y a sur-protection (ce qui ne vaut pas mieux) et au delà, une sous-protection (dont les conséquences sont maintenant établies).

L'électrode de mesure

Le recours à ce type d'électrode, utilisée avec un voltmètre standard (sensibilité 1 mV sur les positions 2 V ou AUTO CC/DC) est particulièrement adapté pour effectuer ces mesures selon un référentiel de contrôle.

Il est d'ailleurs conseillé de répéter ces mesures de potentiel :

- prise de quai branchée, puis débranchée,
- batteries en circuit et isolées.

Un "**petit livre blanc de la protection cathodique des bateaux de plaisance**" téléchargeable gratuitement sur le site web [www.galvatest.fr] permettra au néophyte de compléter son information au cas où nous n'y serions pas parvenus.

Les électrodes de contrôle ont un potentiel fixe et sont elles-mêmes étalonnées par rapport à une électrode de référence à hydrogène (en théorie) ou au calomel (en pratique). Elles sont constituées (pour la version marine Ag/AgCl) d'un très mince fil d'argent pur de 70 mm, revêtu en partie de chlorure d'argent afin de garantir la stabilité des mesures et d'assurer un référentiel fiable de contrôle.

A l'aide d'un simple voltmètre ainsi que de quelques mètres de fil électrique vous serez en capacité d'effectuer les mesures à flot.

A noter

En eau douce, il vaut mieux utiliser une électrode au Cuivre et Sulfate de Cuivre (Cu/CuSO_4) dont le potentiel est de + 0,314 V.

Exemple

Mesures sur 2 bateaux coque acier protégés par des anodes sacrificielles en magnésium au port de Nevers (alimenté par le canal Latéral à la Loire). (les mesures sont renouvelées à bâbord et tribord et la moyenne des 2 est reportée dans le tableau.)



	Devise					
	Blue Star		Rusina		Kohéos	
Branchement	Mesuré à l'avant	Mesuré à l'arrière	Mesuré à l'avant	Mesuré à l'arrière	Mesuré à l'avant	Mesuré à l'arrière
Aucun	733 mV	680 mV	715 mV	715 mV	800 mV	741 mV
Batteries seules	733 mV	680 mV	715 mV	715 mV	788 mV	736 mV
Batterie + secteur	733 mV	680 mV	715 mV	715 mV	736 mV	690 mV
Secteur seul	733 mV	680 mV	673 mV	673 mV	724 mV	680 mV

Mesures effectuées avec une électrode étalon à fil d'argent et voltmètre standard calibré sur 2 V en septembre et octobre 2011.

Une première conclusion s'impose :

- peu de différence entre le courant mesuré à tribord et à bâbord,
- peu de différence entre le courant mesuré à la proue et la poupe,
- peu de différence entre le courant mesuré selon les modes de branchement des bateaux, ce qui semble prouver qu'ils sont correctement isolés (*) et avec une masse efficace.

* Le Blue-Star et le Kohéos possèdent un transformateur d'isolement sur l'arrivée secteur 220 V.

- l'âge et la qualité du revêtement ne semblent pas intervenir puisque Rusina et Blue Star ont plus de 30 ans tandis que Kohéos est un bateau neuf (ainsi que sa peinture de carène),
- La taille de coque ne semble pas avoir une grande influence : 11 m pour Rusina, 9,80 m pour Blue Star et 15 m pour Kohéos.

Tant qu'à faire, le potentiel a été mesuré entre chacun des bateaux testé et un autre bateau coque acier situé entre les 2 ; le potentiel mesuré est de 8 mV pour le Blue Star et 11 mV pour le Rusina.

Les électrodes de mesure professionnelles

Il existe également sur le marché des électrodes portables "professionnelles" - type Ag/AgCl - constituées d'un fil d'argent pur revêtu de chlorure d'argent mais baignant dans une solution saturée en chlorure de potassium ; l'ensemble se présente dans un contenant en verre ou en plastique.

L'appareil est généralement livré avec un connecteur industriel de type « jack » puisque rendu inaccessible par sa protection.

Les prix publics varient généralement d'une à plusieurs centaines d'euros auxquels il faut ajouter une vérification bi-annuelle en laboratoire selon les tolérances d'emploi pour des usages professionnels.

Mais par expérience ce type d'appareil est fiable pendant plusieurs décennies, ce qui peut éventuellement justifier d'effectuer cet investissement.

Mais vous allez voir qu'on peut réaliser pour 3 fois rien un système de contrôle fiable des anodes sacrificielles...

Contrôle de l'efficacité des anodes

Méthode pratique (et pragmatique)

(Une contribution de François SCHAAF - Bateau "**Epilobe**")

Il est possible de s'affranchir de l'utilisation d'une électrode de référence coûteuse tout en obtenant des résultats incontestables quelque-soit la nature de l'eau, et le tout sans avoir besoin de connaître par avance les valeurs de mesure à obtenir.

Il suffit de procéder à des comparaisons entre les mesures effectuées d'une part sur la coque, et celles effectuées d'autre part avec des matériaux témoins.

Matériel nécessaire :

- 1 morceau de cuivre nu relié à un bout de fil électrique (un morceau de tube de plombier d'environ 10 cm de long percé d'un trou pour le fil, par exemple),
- 1 morceau d'acier ordinaire, à relier à un autre bout de fil électrique (un morceau de tôle d'acier doux de 10 cm x 2 cm avec un trou pour le fil, mais un simple clou de charpentier fait aussi l'affaire (j'ai vérifié...))
- 1 morceau de tôle d'acier zingué ou cadmié, à relier à un autre bout de fil électrique (là aussi, une vis électrozinguée ou cadmiée genre cruciforme pour bois aggloméré fait très bien l'affaire...),
- quelques mètres de fil électrique,
- un peu de papier abrasif (ou une gratounette empruntée à votre chère et tendre),
- un voltmètre calibré sur 2 V (le petit voltmètre basique que vous avez acheté pour vérifier l'état de vos batteries ou faire un peu de dépannage).

Préparation indispensable :

- nettoyer le cuivre pour le mettre à nu, au moins sur 50 % de sa surface,
- nettoyer à nu le morceau d'acier ordinaire,
- surtout ne pas gratter l'acier zingué ou cadmié (c'est la couche de protection qui nous intéresse...)

Procédure :

1. Raccorder le morceau de cuivre à une des bornes du voltmètre, puis immerger le cuivre dans l'eau. Le cuivre ne doit évidemment pas toucher la coque, la distance entre la coque et le cuivre ainsi que la profondeur ne sont pas importantes ; en pratique 20 à 50 cm vont bien.

2. Raccorder le morceau d'acier ordinaire à l'autre borne du voltmètre ; immerger-le comme le cuivre et à quelques mètres de ce dernier.

3. Lire la valeur affichée au voltmètre (probablement quelque-chose comme 300 mV) ; vous connaissez maintenant la différence de potentiel électrochimique entre le cuivre et l'acier doux, mesuré dans les conditions du moment. Cette valeur correspond à ce que vous pourriez mesurer avec une coque métallique non protégée, sans anodes sacrificielles ou avec des anodes inefficaces.

4. Débrancher le morceau d'acier ordinaire et brancher le morceau d'acier zingué sur votre voltmètre. Immerger le morceau d'acier zingué comme le précédent.

5. Lire la nouvelle valeur (la mesure sera probablement de l'ordre de 700 mV) ; cette fois, vous connaissez la différence de potentiel électrochimique entre le cuivre et le zinc. Cette valeur correspond à ce que vous allez mesurer avec une coque métallique protégée par des anodes sacrificielles en zinc (la valeur pour une coque protégée par des anodes en magnésium sera un peu supérieure, de l'ordre de 1000 mV).

6. Laisser toujours en place le morceau de cuivre et brancher maintenant votre voltmètre à la masse de votre bateau (sur un point sans peinture pour les coques acier, sur la ligne d'arbre pour une coque bois ou plastique).

7. Lire la valeur obtenue pour votre coque :

- Si elle se rapproche de celle mesurée au point 5, votre coque est protégée, vos anodes sont efficaces.
- Si la valeur est plutôt proche de celle obtenue avec l'acier ordinaire, méfiance !

Faites plusieurs mesures en des points différents et si cela se confirme, il n'y a plus qu'à envisager de remplacer vos anodes...

Remarques :

- si votre bateau est relié au réseau électrique par la prise de quai, faire plusieurs séries de mesures en branchant et en débranchant le câble de raccordement. Si votre bateau est équipé d'un dispositif d'isolement efficace (vivement recommandé), vous ne devriez pas constater de différences dans vos mesures.
 - si vous avez équipé votre bateau avec des anodes en magnésium, vous pouvez avantageusement utiliser un morceau de magnésium pour votre matériau témoin (par exemple un petit morceau prélevé sur une vieille anode)
 - n'oubliez pas de bien nettoyer à nu votre électrode de cuivre avant de faire les mesures
 - pour une coque aluminium, remplacer le morceau de tôle d'acier ordinaire par un morceau d'alliage d'aluminium si possible identique au matériau constituant votre coque.
- La méthode est simple et rapide à mettre en œuvre, n'hésitez pas à vérifier votre protection 2 à 3 fois par saison et en particulier avant votre hivernage à flot.

Les mesures préventives à prendre...

Tout et son contraire circule sur les précautions à prendre ou équipements à installer pour éviter ou limiter l'électrolyse sur un bateau.

Il y a en effet la théorie et la pratique...

A la lumière de cette dernière, on peut souvent avoir de drôles de surprises, car l'électrolyse dépend en plus de la configuration électrique et des anodes installées sur votre propre bateau comme :

- la qualité de la terre du réseau ponton ou quai sur lequel vous êtes raccordé,
- la configuration (type de coque, équipement électrique et protections) de vos voisins de ponton,
- la qualité chimique de l'eau du bassin (pH, pollutions...)

Ainsi des bateaux correctement isolés et protégés sont victimes dans un même port d'électrolyse alors que d'autres ne le sont pas, ou moins...

L'exemple faisant maintenant référence est celui intervenu le 10 avril 2009 le long d'un des pontons du port de Seurre sur la Saône (PK 187). Au bout de quelques mois d'hivernage, l'électrolyse y a ravagé au moins une dizaine de coques en acier ; un bateau (l'Alice) sorti de l'eau pour une intervention, révéla une coque, pourtant sablée et repeinte l'année précédente, rongée par l'électrolyse avec des anodes en dentelle...

7 autres bateaux sortis de l'eau par leurs propriétaires inquiets, avaient constaté les mêmes stigmates. Pas étonnant : l'expert mandaté par l'assurance du plaisancier suisse, aurait mesuré une différence de potentiel de plus de 6 volts entre le ponton et les bateaux reliés à ses bornes électriques et les trois disjoncteurs différentiels du ponton étaient hors d'usage.

Suite à cette singulière aventure, notamment, et bien que nous nous soyons rapprochés d'experts spécialisés dans le domaine pour réaliser ce dossier, nous nous gardons donc de garantir les résultats obtenus.

Contrôle de la terre de la prise de quai

Attention à ne pas vous tromper de fil (il s'agit du vert/jaune) sinon vous risquez l'électrocution !

On doit trouver entre - 400 et - 800 mV.

Toute mesure en dehors de cette fourchette indique un problème de terre ou de courant de fuite côté port.

Savoir interpréter les mesures

- les valeurs mesurées sont moins importantes

< les anodes sont sous-dimensionnées ou usées,

< le contact électrique anode/ support est mauvais (cas fréquent avec certains montages boulonnés).

- les valeurs mesurées sont plus importantes

au-delà de - 1 050 mV, on a un risque de surprotection ou d'oxydation cathodique :

< due au montage d'anodes non adaptées (magnésium à la place de zinc en milieu saumâtre),

< due à des courants de fuite ; en ce cas, il ne faut pas traîner pour en rechercher les causes.

Les anodes sacrificielles

Pour lutter contre la corrosion galvanique, il faut abaisser le potentiel électrique des métaux à protéger par rapport à leur potentiel naturel.

Sur les petites unités, on utilise couramment des anodes sacrificielles - pour rappel en **zinc** pour la mer



et **magnésium** en eau douce - dont le potentiel naturel est de (-) 1030 mV.

En effet, le zinc permet de transformer tous les autres métaux en cathode et d'inverser la perte de matière résultant de l'activité électrique.

A savoir

Il y a circulation d'un courant d'oxydation significatif dès que la différence de potentiel entre deux métaux dépasse les 200 mV.

Exemples

- une hélice en bronze peut présenter un potentiel de (-) 280 mV,
 - son arbre en inox avec un potentiel spécifique de (-) 550 mV,
 - le moteur en acier ayant lui-même un potentiel de (-) 650 mV.
- L'ensemble du bloc propulseur sera protégé en eau saline par une anode en zinc pur (en magnésium en eau douce) pendant un temps donné si :
- < elle fonctionne correctement (parfaite connexion avec l'élément à protéger),
 - < elle est placée au bon endroit,
 - < elle est de taille suffisante.

Conseil

Soyez intraitable sur la qualité des anodes, pas de zinc ou de magnésium de récupération !

Où les installer ?

- Sur la coque, à raison de 6 à 8 pour un 12 m.
- sur la ligne d'arbre,
- sur le safran.

Différents type d'anodes

Elles sont de 3 sortes :

- soudées (ce sont les pattes prises dans la masse, qui sont soudées), pour rappel, la soudure pose cependant des problèmes de faiblesse à la corrosion,
- boulonnées (pour rappel, attention à la qualité du contact !),
- à pendilles.

Cette dernière solution (réservée aux coques métalliques) peut être une solution intéressante, car elle améliore la glisse (à relever en navigation), permet à tout moment de vérifier l'état de corrosion des anodes, évite point de soudure ou tarodage des carènes et de surcroît se trouve à travers le circuit des plombiers qui les utilisent lors de l'installation et de l'entretien des ballons d'eau chaude haut de gamme en inox.

remarque :

Dans le cas d'anodes sacrificielles fixes, nous préférons le boulonnage sur tige filetées soudées une fois pour toutes ; en effet cela permet de les changer facilement sans avoir à sortir le bateau, mais surtout, les soudures et meulages successifs sur la carène, ne sont pas très respectueux de son intégrité physico-chimique, tout en occasionnant des dommages aux couches de protection des oeuvres vives sur ces zones.

Utilisation mixte fluvial et mer

Beaucoup de bateaux (type vedette hollandaise) sont prévus pour naviguer aussi bien en milieu salin qu'en eau douce.

Faut-il alors que l'on passe d'un milieu à un autre sortir le bateau pour en changer les anodes sacrificielles ou existe-t-il une anode universelle ?

En partant du principe que rien n'est parfait mais qu'il existe toujours de meilleures solutions que d'autres plus mauvaises (Lapalisse n'aurait pas dit mieux !) vous pouvez utiliser des anodes en **Alu**.

Avec un potentiel de - 1,05 V, elles fournissent une meilleure protection que le Zinc, ont une durée de vie plus longue (x 1,5 en eaux salées), sont sans danger pour l'environnement et restent les mieux adaptées à une navigation mixte.

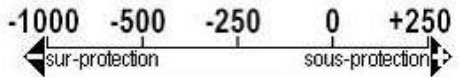
Les isolateurs galvaniques

L'actuelle réglementation Européenne oblige les constructeurs de bateaux à relier l'ensemble des pièces métalliques (quille, réservoirs, moteurs...) à la terre, pour assurer la sécurité à bord en cas de problème sur le circuit 220 V.

Dans ce cas, le bateau se trouve relié à la terre du quai et forcément à l'ensemble des masses métalliques des bateaux voisins.

Cela ne va pas sans poser quelques problèmes :

- lorsqu'un bateau relié à la même terre que vous se retrouve avec un désordre électrique (de type fuite), cela peut aboutir à une dégradation rapide de vos anodes sacrificielles, puis des pièces métalliques immergées.



Anode Magnésium	-1600 mV
Anode Aluminium	-1050 mV
Anode Zinc	-1030 mV
Acier galvanisé	-1100 mV
Embase aluminium	-700 mV
Aluminium 5000+	-650 mV
Acier doux	-650 mV
Acier inox actif*	-550 mV
Laiton	-350 mV
Cuivre	-330 mV
Etain	-320 mV
Soudure	-320 mV
Bronze	-280 mV
Plomb	-220 mV
Nickel	-150 mV
Acier inox passif*	-50 mV



puisque toutes les parties métalliques des bateaux sont reliées par une terre commune, vous prenez le risque que vos anodes sacrificielles assurent la protection de ceux qui sont mal ou pas protégés, d'où une fonte prématurée de vos anodes.

D'où l'intérêt théorique (voir mesures effectuées) de l'installation d'une isolation galvanique qui en empêchant les courants de fuite, assurera la continuité avec la terre tout en évitant d'avoir à supporter d'éventuels désordres électriques des bateaux voisins.
Si deux circuits ont une masse en commun, ils ne sont pas par définition, galvaniquement isolés.

2 technologies sont préconisées :

- Le transformateur d'isolement

Désigne un transformateur dont la tension de sortie est identique à celle de l'entrée.

Il n'y a aucune connexion électrique entre les 2 enroulements (*) ; c'est la liaison magnétique qui permet au primaire d'agir sur le secondaire et inversement.

Le fil de terre est physiquement interrompu.

() A ne pas confondre avec l'auto-transformateur qui n'assure pas d'isolation galvanique entre le primaire et le secondaire, puisqu'ils ont au moins un point électrique commun ; dans ce cas, le courant alimentant le transformateur parcourt le primaire en totalité et une dérivation à un point donné de celui-ci détermine la sortie du secondaire.*



Cet équipement est cependant lourd, encombrant et onéreux (à cause notamment du prix du cuivre).

Son rendement est par ailleurs sujet à des pertes :

- « fer », qui dépendent de la fréquence et de la tension d'alimentation (d'une part, l'induction crée des courants au sein du noyau de fer, qui chauffe ce dernier par **effet Joule**, d'autre part, l'**hystérésis** ou changement de direction permanent du flux oblige le fer à se réorienter lui aussi en permanence, ce qui occasionne des frottements.

- « cuivre », par effet Joule dans les enroulements ; elles dépendent de la résistance des enroulements et de l'intensité du courant qui les traverse (elles sont proportionnelles au carré de l'intensité).

- « Fuite de flux », car la résistance magnétique du fer n'est pas nulle et que le flux circule donc partiellement à l'extérieur du noyau.

Note :

Pour compenser ces pertes en tension, l'enroulement secondaire contient généralement plus de spires que le primaire.

Comment choisir son transformateur :

La puissance conseillée doit être égale à celle du disjoncteur EDF avec une marge de sécurité de 20 % en plus.

Mais selon les constructeurs, les puissances transfos sont exprimées en VA (Volt x Ampères) ou en Watts.

En règle générale on multiplie par 0,8 pour convertir les VA en Watts.

Par exemple si le disjoncteur du ponton est calibré à 16 A (monophasé) cela donne comme puissance 16 A x 230 V = 3680 Watts pour adapter correctement la puissance du transfo, soit 4600 VA (on divise la puissance en Watt par 0,8).

Le branchement :

- côté primaire on rentre le secteur (*),

- côté secondaire, l'arrivée du circuit secteur 220 V du bateau.

(*) ENEDIS relie systématiquement le neutre à la terre.

Les prix :

- environ 230 € TTC pour un modèle d'une puissance de 1000 VA

- environ 472 € TTC pour un modèle d'une puissance de 1600 VA

- environ 622 € TTC pour un modèle d'une puissance de 2500 VA,

acheté dans le circuit de distribution de pièces électriques et 562 € pour le premier modèle (2000 W soit 2500 VA) chez Victron, par exemple.

Nous attirons l'attention sur le fait que la rupture de continuité du conducteur de sécurité vers la terre physique peut occasionner une mise en danger des personnes à bord.

- L'isolateur à diodes

Rappel :

Les diodes sont des dispositifs laissant passer le courant électrique dans un sens, mais pas dans l'autre ; elles sont généralement réalisées avec des jonctions de semi-conducteurs dopés différemment (jonction P-N ou jonction métal semi-conducteur).

Le montage que nous vous proposons est constitué de 2 ponts de diodes ; il maintient la continuité du fil de terre, l'isolation étant assurée par les diodes.

Beaucoup plus léger et moins cher qu'un transformateur d'isolement, cela peut représenter une bonne solution à condition de le tester régulièrement car une surtension peut griller les diodes, sans que vous ayez aucun moyen d'en être averti.

Un isolateur à diodes est facile à réaliser puisqu'il s'agit de 2 ponts de diodes (35 A en 400 V semble être la bonne valeur pour être tranquille) ; la chute de tension d'une diode silicium étant d'environ 700 mV, ce montage assure le blocage des tensions continues inférieures à 1400 mV dans les deux sens.



installation

L'isolateur galvanique doit être branché au navire sur la connexion de terre de telle manière qu'aucune connexion de mise à la terre du bateau ne contourne l'isolateur galvanique.

Par ailleurs, le risque de chauffe des ponts de diodes selon l'intensité qui les traverse obligera d'une part, à bien en choisir les limites électriques et d'autre part à les installer dans un endroit bien ventilé avec un espace libre de 10 cm autour du dispositif et ou sur un radiateur de dissipation thermique.

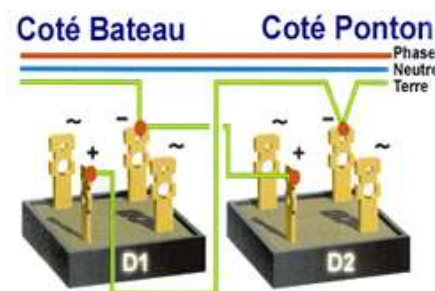
En effet, en conditions normales, l'augmentation de sa température ne dépasse pas 20 °C, mais en cas de défaut de terre important du ponton, il peut chauffer.

Branchement

- le "**moins**" du premier pont de diodes (D2) est à relier à la terre secteur (côté ponton) en même temps qu'au "**plus**" du second pont de diodes (D1),

- la terre du bateau est à relier de façon exactement inverse (au "**plus**" du pont de diodes D2 en même temps qu'au "**moins**" du pont de diodes D1).

En composants, vous en aurez pour une quinzaine d'euros maximum avec la livraison (et même moins en furetant un peu) alors que le modèle proposé par Victron (Galvanic Isolator VDI-16) coûte 141 € (beaucoup plus pour des intensités supérieures).



Comment vérifier

En utilisant un contrôleur universel sur la position Ohm-mètre, on doit mesurer une résistance infinie (par contre, en cas de courant traversant important de type choc électrique, les diodes deviennent passantes, rétablissant ainsi la continuité du conducteur de sécurité).

Limite

Lorsque un courant de fuite alternatif survient sur l'installation électrique du port, il peut rendre les diodes passantes pendant la durée de l'alternance (au delà de 1 400 mV) et donc annuler cette protection.

La solution électrique à ce risque serait d'installer un condensateur de 25 000 microFarad (µF) non polarisé en 2,5 V maximum, entre la terre du bord et celle du quai, mais ce composant reste difficile à trouver et d'un coût non négligeable... alors le jeu en vaut-il la chandelle ?

Le problème des chauffe-eau

Relié à la fois au 220 V et au circuit de refroidissement moteur, un chauffe-eau électrique représente un risque souvent ignoré.

Il faut l'alimenter soit à travers un interrupteur tripolaire soit à travers une prise facile à débrancher.

Veiller également à vidanger régulièrement le liquide de refroidissement pour éviter que les particules en suspension le rendent conducteur.

Assurance et électrolyse

Méfiez-vous, car la quasi majorité des polices d'assurance marines excluent clairement dans leurs contrats l'électrolyse ou la rouille ou de façon moins claire à travers une mention du type : "risques lents et sournois".

Forum

J'ai une vedette acier en rivière (Marne) avec des anodes en zinc. Donc théoriquement je devrais la sortir de l'eau pour mettre du magnésium ou de l'aluminium (ce qui était initialement prévu puisque j'ai fait un peu de mer avec).

En attendant de faire une telle opération, pensez-vous qu'il puisse être pertinent de mettre des anodes à pendille en magnésium, ou cela serait inefficace, et risquerait de faire un conflit avec le zinc.

Aussi pour les anodes à pendille, y a t'il un endroit optimal où il faut faire contact ? Par exemple chandeliers inox, fond de cale en passant par une dorade... ?

Gwen

Réponse

C'est effectivement une bonne idée d'installer des anodes pendilles magnésium (-1600 mV) en attendant de pouvoir changer les vôtres, en fixe.

Une interaction avec vos anodes zinc (-1030 mV) va exister, mais la diminution de potentiel électrique naturel restera bénéfique pour votre coque acier (-650 mV).

A l'instar d'un voilier coque métal, vous pouvez les positionner sur des chandeliers soudés en les répartissant régulièrement.

Par contre, une fois leur fixation effectuée, vérifiez bien avec un Ohmmètre la continuité électrique entre la pendille et la coque.

Attention cependant à la protection de la ligne d'arbre et du safran... pas toujours reliés électriquement à la coque.

Le transfo d'isolement permet d'avoir un 230 V relié à rien en amont. En aval, on peut mettre un côté à la

terre réseau 0-230 ou utiliser un point milieu réseau symétrique.

A moins d'utiliser des appareils en double isolement partout, il faut un retour de sécurité par la terre et un différentiel derrière le transfo.

En supposant qu'il y a sur la terre du quai +1 Volt continu et une ronflette de 1,5 V alternatif (30 mA pour une terre de 50 Ohm et un quai risquant d'être protégé en 300 mA).

On a un signal périodique 50 hz décalé crête de +3 V et -1 V ($V_{crete} = V_{eff} * 1,4$). Par contre, dans le cas de 2 diodes tête bêche on redresse une partie du signal et on met une composante continue sur les anodes.

G.B

A propos du montage de ponts de diodes que vous proposez :

J'ai effectivement constaté que le système est symétrique après avoir dessiné le pont de diodes en détail ; j'ai effectué le montage et lorsque je branche un multimètre entre l'entrée et la sortie, je mesure la tension des diodes à environ 960 mVolts (en position testeur de diodes).

En position Ohmètre (avec un multimètre électronique) on a un circuit ouvert (résistance infinie), avec un multimètre à aiguille, on a peut-être un circuit fermé...

Gérard L.

Mes félicitations les plus vives !

Je n'avais encore jamais lu sur Internet un dossier aussi complet sur l'électrolyse marine et les moyens de s'en prémunir. Vous avez su expliquer clairement et de façon suffisamment développée les références nécessaires à la bonne compréhension de ce phénomène, tout en laissant une large part aux solutions pratiques pour y remédier. Information, bon sens, pédagogie, illustrations pertinentes... vous avez tout compris.

Alain L.

Vérifier régulièrement l'état de ses anodes sacrificielles est une nécessité pour tout propriétaire de bateau.

Cela peut se faire en mettant le bateau au sec, ou en plongeant sous la coque.

Mais pour nous, pauvres plaisanciers en canal, la première solution est hors de prix. Et plonger dans les eaux chargées de vase n'est ni agréable, ni même efficace car il n'y a en général pas de visibilité suffisante.

Heureusement, il est possible de vérifier à flot l'état de sa protection en effectuant des mesures de potentiel électrochimique entre une électrode de référence et les éléments métalliques du bateau. Cette méthode est maintenant bien connue des plaisanciers curieux, et pourtant, peu de plaisanciers font l'effort d'acheter une électrode de référence, puis de l'utiliser en interprétant correctement les résultats des mesures.

Il est vrai que pour ceux qui n'ont pas eu la chance de faire des études techniques, faire la synthèse des informations trouvées dans ce domaine sur Internet relève de la gageure. Les auteurs publient des tableaux de chiffres basés sur des référentiels divers, en général valables pour l'eau de mer dans des conditions précises. La situation en eau douce plus ou moins polluée n'est presque jamais abordée. La question de la durée de vie de l'électrode de référence et sa vérification éventuelle pour garantir la validité des mesures n'est quasi jamais abordée.

F.S

Je suis élève en classe préparatoire scientifique, et je présente pour mes concours un projet sur la protection cathodique des coques de bateaux. Votre dossier sur l'électrolyse marine m'a beaucoup aidé dans le choix de mon sujet. J'ai cependant quelques questions, auxquelles j'espère vous pourrez répondre : est-ce que la surprotection cathodique est vraiment problématique ? J'ai cru comprendre que le dégagement d'hydrogène pouvait décoller les revêtements des bateaux, ou en tout cas former des cloques. Mais je me demandais si pour en arriver là, le courant de protection devait être excessivement grand, ou si c'est commun comme phénomène ?

M.DS

Réponse

Soyons clairs dans l'expression des questions : lorsque l'on parle de protection et donc de surprotection il faut distinguer la protection passive, de la protection active.

C'est sans doute de cette dernière dont vous parlez à travers un dispositif électrique générant un "contre-courant" réglable en voltage et intensité, en rapport avec votre allusion au dégagement d'hydrogène propre à l'électrolyse de l'eau ou d'un électrolyte type batterie.

L'inconvénient de cette approche est de ne jamais être en équipotentiel compte-tenu des variations importantes pouvant intervenir tant sur les qualités électrochimiques de l'eau que sur les fuites électriques dues - à minima - aux autres bateaux et/ou au branchement à quai.

L'idéal reste le "potentiel d'équilibre".

Nous ne pouvons donc pas vous parler de cette option à laquelle nous n'avons pas accordé notre étude,

Autres liens connexes

- La peinture anti-galvanique au zinc



