

LES PHÉNOMÈNES



DE CORROSION

Il n'est pas inhabituel d'entendre des plaisanciers et parfois même des professionnels raconter d'horribles histoires de destruction du métal d'une hélice, d'embase ou pire encore d'une coque en aluminium par un mystérieux mal souvent appelé à tort électrolyse. Il s'agit en effet de la corrosion, un phénomène électrochimique dont les deux principaux types sont la corrosion galvanique et la corrosion électrolytique. Elles sont connues et elles peuvent être contrôlées. A titre anecdotique, les plaisanciers actuels ne sont pas les premiers à découvrir avec surprise les effets de la corrosion. En 1761, les responsables de l'amirauté britannique dont les navires naviguant dans les eaux tropicales eurent la géniale idée de doubler, à titre expérimental les oeuvres vives du HMS ALARM, de plaques de cuivre. Ce doublage devait permettre de lutter contre les tarets qui attaquaient le bois des éléments de la coque. La protection s'avéra efficace mais la surprise fut grande de constater que les ferrures de gouvernail et les clous en fer utilisés pour les assemblages étaient totalement corrodés au point que le navire perdit sa fausse quille. Le cuivre a pour effet d'attaquer et de détruire le fer lorsque les deux métaux sont plongés dans l'eau de mer. Il se crée alors un couple galvanique.

par Eric Ogden

CORROSION GALVANIQUE

Ce phénomène est produit par la différence de potentiel entre deux métaux en contact ou reliés entre eux et plongés dans une électrolyte, en l'occurrence l'eau de mer, et qui forme ainsi une pile électrique. Le courant électrique positif sort du métal au potentiel le plus faible (l'anode) pour se diriger au travers de l'électrolyte vers celui au potentiel le plus élevé (la cathode). C'est l'anode qui se consomme au profit de la cathode. Ce phénomène ne peut se déclencher que si les deux métaux sont en contact, le circuit électrique est alors fermé. A bord d'un bateau, le potentiel de chaque élément métallique immergé peut être mesuré par rapport à une électrode de référence généralement, en Argent/Chlorure d'Argent (Ag/AgCl), immergée dans l'eau de mer et reliée à la borne négative d'un voltmètre. L'autre borne (positive) est connectée à l'élément métallique à considérer (vanne, passe-coque, chaise d'arbre ou même le bordé ou les éléments de la structure sur les coques métalliques). Les experts utilisent ce type de mesures pour rechercher l'origine et identifier des phénomènes de corrosion ou vérifier l'efficacité d'un système de protection cathodique sur un bateau à flot. Un métal est considéré comme effi-

cacement protégé par la protection cathodique lorsque son potentiel mesuré par rapport à l'électrode de référence est de - 200 à - 250 millivolts par rapport aux valeurs du tableau. Pour les métaux les plus utilisés, les valeurs généralement admissibles se situent entre - 800 à -1050 millivolts pour l'acier, entre -850 et -950 millivolts pour les alliages d'aluminium et entre - 500 et -700 millivolts pour le bronze. Un potentiel trop bas (plus négatif que -1050mV) peut cependant provoquer la formation d'alcali et d'oxygène qui risquent d'attaquer les peintures. D'autre part certains aciers à haute résistance peuvent être fragilisés et des criques ou fissures peuvent apparaître. Il est important de respecter ces règles ou de faire appel à un spécialiste pour résoudre ces problèmes. Il est donc

fondamental de respecter certains principes dans le choix et l'assemblage des autres matériaux utilisés à bord afin d'éliminer les risques de corrosion galvanique. Par exemple, sur les coques construites en alliage d'aluminium, les vannes en bronze ou en acier inoxydable et les pompes en acier doivent être soigneusement isolées de la coque ou des éléments de structure en aluminium par des inserts ou des supports en matériau isolant. Mieux encore elles peuvent être remplacées par des matériels équivalents fabriqués en matériaux synthétiques.

PROTECTION CATHODIQUE

Il existe deux formes de protection cathodique. La première est bien connue, elle consiste à installer, à différents endroits de la carène et des appendices, des anodes sacrificielles fabriquées dans un métal moins noble que les autres, généralement le zinc (on les appelle d'ailleurs maintenant des "zincs"). Ce métal est choisi, car il est anodique par rapport à tous les autres métaux utilisés en construction navale, son potentiel électro négatif est de - 1000 millivolts (voir le tableau). Des anodes en aluminium sont parfois utilisées sur des coques en acier, elles sont plus légères et moins coûteuses. Par contre, les

yachts utilisés sur les plans d'eau intérieurs il est recommandé de les protéger par des anodes en magnésium pour tenir compte des variations des différences de potentiel qui ne sont pas les mêmes en eau douce. Le positionnement et le montage de ces anodes doivent respecter des règles précises afin d'assurer une protection efficace. Ces anodes doivent être vérifiées régulièrement, tant pour leur consommation que pour l'efficacité de leur montage. Le nombre et la masse des anodes doivent être adaptés à la taille de la coque. La consommation anormalement rapide des anodes indique un problème qui devra être identifié et corrigé dans les meilleurs délais. Il est fortement recommandé que l'ensemble des équipements métalliques immergés installés sur

Le tableau suivant indique les valeurs moyennes des potentiels de différents métaux immergés dans l'eau de mer et mesurées par rapport à une électrode de référence (Ag/AgCl).

MÉTALPotentiel (millivolt)	MÉTALPotentiel (millivolt)
Graphite..... 270	Laiton - 300
Titane..... 20	Cuivre - 310
Acier inox 316 (passivé) - 30	Étain - 310
Monel..... - 60	Acier inox 316 (actif) - 390
Acier inox 304 (passif)..... - 60	Acier inox 304 (actif) - 490
Argent..... - 100	Acier doux - 630
Nickel..... - 130	Alliage d'aluminium (marine) . - 750
Bronze d'aluminium - 160	Zinc - 100
Plomb - 200	Acier galvanisé - 1100
Bronze cupronickel - 250	Magnésium - 1600

une coque (passe-coques/vannes, presse-étoupes, chaises, arbres porte-hélice, flaps etc), mais également les pompes de cale ou d'eau de mer et le moteur soient reliés entre eux par un fil ou feuillard de masse qui est également raccordé aux anodes. Ce montage permet d'obtenir une égalisation des potentiels et de limiter considérablement les risques de corrosion galvanique. Le conducteur utilisé doit avoir une section minimum de 8.5 mm². Le deuxième type de protection cathodique, dit "par courant imposé", est utilisé sur les grands navires. Ce procédé consiste à transformer en cathode la structure à protéger par l'émission d'un courant inverse par une anode inerte. Un système de mesure permanent permet de contrôler et de réguler ce courant en fonction de la différence de potentiel mesurée. Les embases des moteurs MerCruiser sont équipées d'un système de ce type appelé MerCathode. Notons à ce sujet que les corps d'embase sont fabriqués en alliage d'aluminium, ils sont donc particulièrement sensibles à la corrosion. La vérification de l'efficacité de leur protection cathodique est donc impérative afin d'éviter les remises ou des remplacements souvent coûteux. Toutes les anodes installées sur une embase doivent être régulièrement vérifiées et remplacées dès que nécessaire et de préférence par des pièces d'origine. La protection cathodique ne se limite pas aux équipements de coque et aux embases. Des anodes ou zincs sont installées sur les moteurs pour protéger le circuit de refroidissement et plus particulièrement les échangeurs. Ces anodes doivent être aussi régulièrement vérifiées afin d'éviter toutes détériorations internes qui peuvent entraîner la surchauffe du moteur avec les graves conséquences que l'on connaît.

LA CORROSION ÉLECTROLYTIQUE

La corrosion électrolytique n'est pas liée à la différence de potentiel entre deux métaux différents.

Elle est due à des fuites de courant continu ou alternatif qui créent artificiellement une cathode et une anode parfois du même métal. Comme pour la corrosion galvanique, la pièce ou l'organe métallique anodique se consommera au profit de la cathode, mais dans ce cas la destruction sera



Huit jours ont suffi à consommer l'anode de gauche.

souvent plus sévère et plus rapide. Les effets de la corrosion galvanique peuvent mettre des mois ou des années à apparaître, ceux de la corrosion électrolytique seront visibles en quelques jours voir dans certains cas extrêmes en quelques heures. Sur tous les bateaux, mais encore plus sur ceux construits en aluminium, les installations non conformes ou les "bricolages" électriques peuvent avoir des conséquences dramatiques. Les fuites de courant peuvent rapidement provoquer des détériorations importantes d'éléments structurels par corrosion électrolytique. C'est pourquoi les installations électriques doivent être réalisées avec les plus grands soins et dans le respect des règles de l'art. Elles doivent notamment comporter des isolations et des protections efficaces. Les câblages doivent être réalisés en bifilaires, les conducteurs doivent être soigneusement fixés et/ou dans des goulottes placées en hauteur pour éviter tout contact avec l'eau des fonds. Tous les coupe-circuits, interrupteurs et disjoncteurs doivent être bipolaires, les appareils doivent être isolés et étanches. Les prises de quai doivent être reliées à des transformateurs d'isolement avec mise à la terre. Les chargeurs de batterie du type domestique présentent souvent des défauts d'isolement et ne sont pas conçues pour être utilisés en milieu marin, ils ne doivent pas être utilisés à bord. Les autres principales sources de fuites de courant sont une inversion de polarité, isolation d'un câble en mauvais état, présence d'humidité ou de cristaux de sel dans un boîte de dérivation, conducteurs dans les fonds, mauvaise ou non mise à la masse de cer-



Un arbre d'hélice attaqué par une fuite de courant continu.

tains équipements. La recherche d'une fuite de courant peut s'avérer longue et difficile car son origine peut être bien cachée. Il n'est pas inhabituel de découvrir une fuite ou masse dans une pompe de cale mal isolée ou dans des branchements avec des barettes situées dans les fonds et non protégées. De plus, le phénomène de corrosion peut trouver son

.....

origine dans un défaut d'isolement à bord d'un ou plusieurs bateaux voisins et/ou sur l'installation électrique du port. En effet tous les bateaux branchés sur les bornes électriques du quai sont reliés entre eux par la terre. Tous les moteurs et leurs arbres d'hélice sont ainsi interconnectés et créent un ou des couples galvaniques. Les anodes installées sur certains bateaux protègent alors les arbres d'hélice ou les embases d'autres unités dont les anodes sont consommées ou qui n'en sont pas équipées. Une fuite de courant ou une inversion de polarité à bord d'un bateau voisin peut également affecter l'installation électrique du votre. Les isolateurs et les transformateurs d'isolement permettent de limiter les risques. Il est également recommandé de ne pas laisser les prises de quai branchées en permanence pendant de longues périodes. Mais une fois encore la prévention passe impérativement par une installation électrique conforme et bien entretenue avec une mise à la masse des divers éléments mais également par un contrôle et un remplacement dès que nécessaire des anodes sacrificielles.