

Ingénieur ICAM  
Expert Maritime – Marine Surveyor  
Plaisance voile/moteur – Servitude – Militaire

OBJET : Problème corrosion électrolytique/mise à la terre du 220V.

Ce texte est une mise en forme généraliste de différentes expertises de différents bateaux ayant eu ce problème.

### 1<sup>er</sup> type : corrosion soudaine et violente par le 220V

#### 1 - Historique :

Trois bateaux faisaient la même croisière en même temps, même parcours, même ports (une nuit dans chacun sauf 3 nuits pour le dernier), bateaux amarrés l'un à côté de l'autre dans chaque port.

Pour le bateau 1 : c'est un bateau neuf (livraison quelques mois auparavant). Juste avant la croisière, l'hélice a été chang e et aucune corrosion n'avait été notée, tout était parfait. Le dernier jour de la croisière, au retour vers la France, l'hélice a été perdue. Le bateau a été mis au sec : la vis de fixation de l'hélice, l'anode en zinc et l'embase en alu du sail-drive étaient très sévèrement corrodées. Une sévère corrosion était évidente.

Pour le bateau 2 : au retour de croisière, comme son ami avait eu ce problème de corrosion, il a plongé pour voir son hélice : l'hélice, l'arbre et la chaise étaient corrodés.

Les photos parlent d'elles mêmes.

La corrosion de l'hélice est telle qu'il suffit d'appuyer pour casser un bout de pale. La corrosion est dans toute l'épaisseur, la tranche de la cassure est toute rouge.

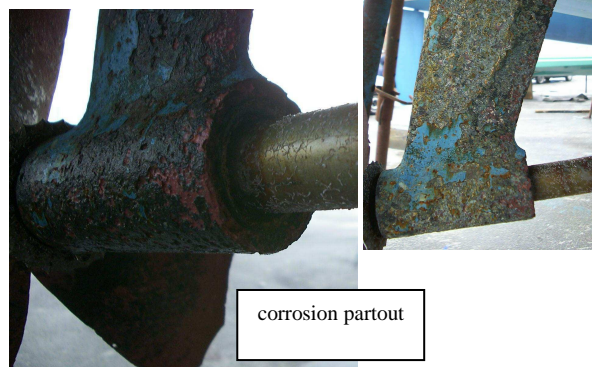


Arbre corrodé aussi.

Nota : avec un accouplement flexible caoutchouc, généralement ( a dépend de sa conception), il n'y a pas de liaison électrique moteur/arbre donc pas de corrosion arbre et hélice .... Mais « concentration » de la corrosion sur le moteur.



Chaise : avec son palier hydrolube (caoutchouc) la chaise n'est pas en liaison électrique avec l'arbre. Mais à l'intérieur de ce bateau, il y a une tresse de masse entre la tête de la chaise et le moteur, c'est la raison de la corrosion qui a atteint aussi la chaise.



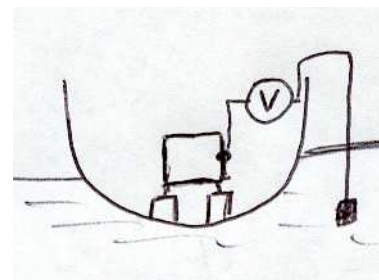
Côté moteur, des contrôles ont montré qu'il n'y avait pas de corrosion mais ce n'est pas toujours le cas.

Pour le bateau 3 : au retour il a été vérifié lui aussi par son propriétaire : pas de corrosion.

#### 2 – Constat à flot :

J'ai d'abord recherché à détecter un défaut d'isolement soit sur les équipements 12V soit sur les équipements 220V.

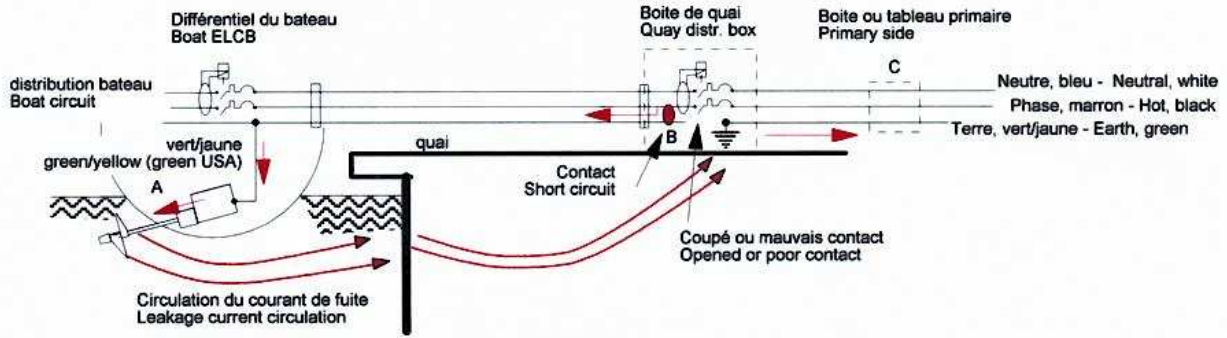
Mesure de tension entre une anode mobile passée par dessus bord et la masse moteur, d'abord tout coupé et sans câble de quai et en enclenchant les uns après les autres les équipements 12V et 220V, en faisant tourner le moteur, puis même chose avec câble de quai mis en place et 220V enclenché : la tension est « normale\* » et elle ne varie pas, sauf quand on fait tourner le moteur, la tension augmente un peu, c'est normal, c'est d  au passage d'eau dans le bloc moteur qui active l'échange chimique donc le passage de courant.



la tension est « normale\* » : 0,022V dans ce cas. C'est la différence de potentiel entre mon anode (zinc + cuivre du câble + étain de la connexion soudée) d'un côté et la fonte du bloc moteur + aluminium des échangeurs, l'acier inox et l'anode en zinc de l'autre côté. Elle dépend de la nature des différents métaux. Mais ça n'a pas d'importance, elle ne sert que de « référence » pour voir si ça bouge.

Donc ma conclusion : ce jour là, il n'y a pas de défaut d'isolement, tout est parfait, il n'y a pas de corrosion en cours.

Donc quelle est la cause passée de la corrosion passée ?



### 3 - Mesures à sec :

Une telle corrosion aussi violente est due au 220V. Explication :

Si sur la distribution du 220V sur le quai on a :

- un défaut d'isolement qui fait une liaison électrique plus ou moins franche entre la phase et la terre (qu'on appelle quelquefois improprement la « masse », vert/jaune), au point B par exemple. Mais ça peut être en amont, et ça peut être sur la canalisation électrique elle-même, pas forcément dans une boîte de distribution ou une boîte tertiaire ou secondaire ou au tableau général du port. L'explication est la même.
- Et le fil de terre vert/jaune coupé ou avec un mauvais contact équivalent à une coupure. Je l'ai représenté aussi au point B mais ça peut être plus en amont, pas en aval.

Et sur le bateau, une liaison entre la terre vert/jaune de son circuit 220V et le moteur (ou le -12V, c'est la même chose pour les moteurs dont le - est à la masse).

Qu'est ce qui se passe ?

Le courant de la phase cherche à remonter vers la terre mais il ne peut pas en remontant vers C puisque le fil de terre est coupé. Il va donc passer par le fil de terre vert/jaune du bateau, le moteur et à travers l'eau pour revenir à la terre.

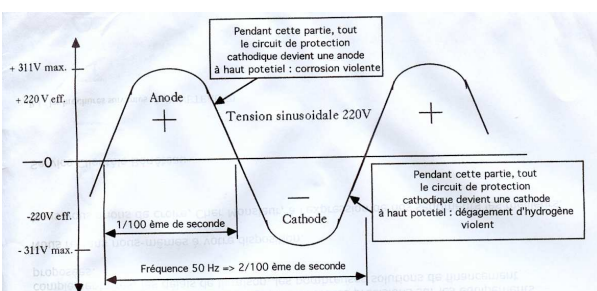
Normalement le différentiel du quai « saute » et la distribution est coupée. Et il n'y a aucun problème.

Mais si le différentiel du quai ne fonctionne pas, le moteur (et donc arbre, hélice, chaise) sont sous 220V, plus ou moins parfaitement, c'est peut être seulement 90V ou 170V ou réellement 220V, ça dépend de la « qualité » du défaut d'isolement.

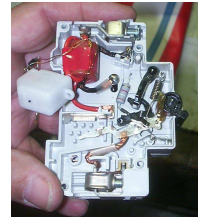
Alors :

- pendant la partie - de la sinusoïde, il n'y a pas de corrosion parce que moteur, arbre, hélice, chaise, sont une cathode. Il y a, au contraire, surprotection, la peinture est brûlée et forme des cloques (c'est le  $H^2$ , l'hydrogène produit qui pousse sous le film de peinture). On voit des cloques et des points noirs.
- pendant la partie + de la sinusoïde, moteur, arbre, hélice, chaise, sont une anode à fort potentiel et même si ça ne dure que 1/1000<sup>e</sup> de seconde en 50Hz, c'est répétitif, ça n'arrête pas, donc il y a une sévère corrosion. C'est là la cause du problème. Fort potentiel : 220V c'est la tension efficace, le maximum (haut de la sinusoïde) est 311V ( $220 \times \sqrt{2}$ ).

Note : le fait qu'on ait en même temps les cloques de peinture et la corrosion prouve que la cause est due à une tension alternative (comme le 220V alternatif) et non à une tension continue (12V



continu par exemple). Si le problème était dû à une tension continue on aurait soit surprotection et cloques peinture, soit une corrosion sévère, suivant que c'est une cathode (-12V) ou une anode (+12V) mais pas les deux.



Comment est-il possible qu'un différentiel ne fonctionne pas correctement ?

- Parce que son mécanisme est bloqué par la corrosion marine (ce genre d'appareil est fait pour le bâtiment, les maisons, ce n'est pas du matériel « marine »). Et l'intérieur d'un différentiel, c'est une « usine à gaz » avec de nombreux leviers qui pivotent pour faire bouger l'un puis l'autre. On se rend bien compte que la moindre oxydation interne entrave le bon fonctionnement du différentiel.
- Ou au contraire le différentiel fonctionne bien mais le personnel du port « en a marre » qu'on vienne lui réclamer du jus pour les bateaux parce qu'un défaut fait sauter le quai en permanence. Ils n'ont pas le temps de trouver le défaut (on est en pleine saison) et d'y remédier, alors ils by-passent le différentiel ou bloquent sa manette. Malheureusement, c'est une possible et fréquente réaction.

Notons aussi qu'un différentiel ne coupe que s'il y a un défaut en aval, pas en amont, on va l'expliquer un peu plus loin. Donc s'il y a un défaut sur le quai, le différentiel du bateau ne le « voit » pas, il ne déclenche pas.

La corrosion est survenue pendant la croisière quand le bateau était dans un port où il y avait un défaut sur la distribution 220V du quai. Quel port ? C'est impossible de savoir après-coup. Avec une corrosion en 220V, une nuit suffit pour faire de graves dégâts.

Nota : le bateau 1, américain, a eu lui aussi la même corrosion violente sur son embase sail-drive. Il a lui aussi le fil de terre du 220V connecté à la masse moteur, c'est obligatoire aux US.

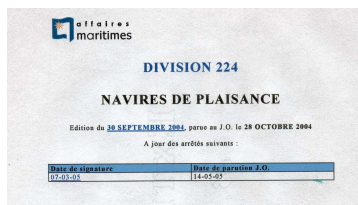
Par contre le bateau 3 n'a pas eu de corrosion : il n'a pas sa terre vert/jaune du 220V connectée à la masse moteur. Ce qui est une preuve à contrario que c'est bien la liaison terre vert/jaune du 220V/masse moteur qui permet cette corrosion violente.

Les causes sont donc quadruples et simultanées :

- Défaut d'isolement et fil de terre coupé et défaut de fonctionnement du différentiel du port : responsabilité port. Mais votre port habituel ou « un » port au cours de votre croisière ?
- Liaison entre la terre du 220V (fil vert/jaune) et le moteur : c'est le chantier qui suit les nouvelles règles CE. Quoique la norme ISO 13297 permet de ne pas faire de liaison entre la terre du 220V (fil vert/jaune) et le moteur (ou le -12V, c'est la même chose) si le circuit 220V du bord est protégé par un différentiel de 30mA en tête ... ce qui est toujours le cas.

Ce bateau avait 10 ans quand ça s'est passé. Il a fallu, « un jour », la conjonction des défauts sur le 220V du port pour que la corrosion violente se fasse avec « l'aide » de la liaison terre du 220V/moteur (qui elle est permanente, de construction).

Que dit exactement la norme CE et son application française (nouvelle division 224) :



Pour notre problème c'est la norme EN ISO 13297 qui s'applique et cette norme dit :

**4.2** Le conducteur de protection doit être raccordé à la terre reliée au négatif de l'installation à courant continu du navire aussi près que possible de la borne négative (à courant continu) de la batterie.

**NOTE** Si un RCD (ensemble du dispositif de courant résiduel du navire) ou un transformateur d'isolement est installé sur le conducteur de protection de l'installation à courant alternatif (voir 8.2), il n'est pas nécessaire de raccorder la borne de terre négative de l'installation à courant continu à la terre du courant alternatif (conducteur de protection).

Commentaire :

La norme, d'inspiration anglo-saxonne, dit qu'il faut faire une liaison terre du 220 / -12V.

Par le Nota, elle ajoute que s'il y a un RCD (relais différentiel) il n'est pas nécessaire de le faire.

Donc l'esprit de la norme est « il faut le faire » et si vous avez un différentiel, « il n'est pas nécessaire » de le faire mais ce n'est pas « vous ne devez pas le faire », ce n'est pas du tout une obligation. Je trouve que l'énoncé est particulièrement vicieux et qu'il pousse à faire cette liaison donc à la faute du point de vue de la corrosion.

Chez les anglo-saxons, la possibilité de ne pas le faire n'existe pas, chez eux la liaison électrique entre le fil de protection (Vert chez eux) du 220V et le -12V donc moteurs et embases est obligatoire, sans exception.

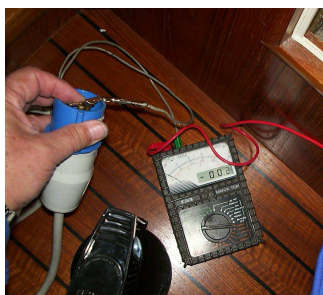
### Ground Fault Circuit Breakers

Notwithstanding what I've written above, in some circumstances the ISO (International Organization for Standardization) standards for European boatbuilding *do* permit disconnecting the AC-grounding-to-DC-negative connection. Under ISO, this is allowable—provided the incoming shore-power cord is protected by a device known as a Ground Fault Circuit Breaker, also called a Residual Current Device; or by a Ground Fault Circuit Interrupter. The American Boat & Yacht Council does *not* allow the same exception.

62 PROFESSIONAL BOATBUILDER  
N° 100 - Avril-Mai 2006

4 – Recherche du défaut, par où se fait donc la liaison terre vert/jaune du 220V/masse moteur ?

Principe de la recherche : je branche un ohm-mètre entre la masse sur le moteur et la broche de terre de la prise du câble 220V d'alimentation par le quai et je vais rechercher ce qui donne la continuité terre vert/jaune du 220V/masse moteur, on avance

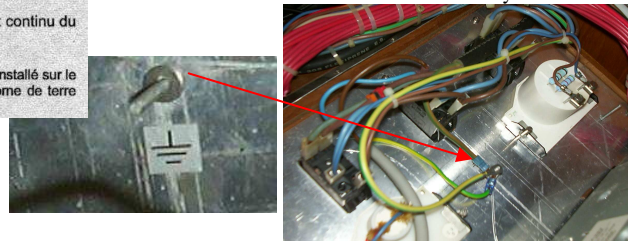


un peu au hasard jusqu'à avoir trouvé « le responsable ». On fait cette mesure bateau à sec pour avoir des indications nettes. Si on fait cela à flot, comme l'eau de mer referme le circuit, les indications peuvent être trompeuses.

Dans le cas de notre bateau 2, c'est de construction du fabricant du tableau électrique :

Je passe sur les fausses pistes pour arriver à l'identification du défaut :

Quand on démonte ce tableau, on voit que les trois fils vert/jaune sont boulonnés sur une tige filetée qui est la borne de mise à la terre, elle est bien identifiée comme telle avec son symbole.



Cette tige filetée passe à travers la façade en alu (donc conductrice) du tableau.

Et mon ohm-mètre dit : il y a une continuité terre 220V/Masse moteur, c'est pas bon.

En les démontant, mon ohm-mètre dit : pas de continuité terre 220V/Masse moteur, c'est bon.

Si je les garde réunis mais non connectés sur la tige filetée, mon ohm-mètre dit : pas de continuité terre 220V/Masse moteur, c'est bon.

Donc on peut les garder connectés ensemble, la protection contre l'électrocution est gardée, il suffit qu'ils ne soient pas connectés sur la tige filetée de mise à la terre de la façade du tableau et c'est bon.



Cela suppose, pour boucler le circuit, que la façade en alu fasse la liaison avec la masse du moteur, mais comment ?

Pour ce tableau, la façade en alu sert de conducteur - 12V pour :

- l'alimentation -12V des voyants.
- Le - du voltmètre 12V du tableau.
- Le - du compteur d'eau.
- Le -12V de l'auto-radio.

Et c'est volontaire, c'est comme ça de conception.

Et, comme pour 99% des moteurs, ce moteur a le -12V à sa masse, en connectant les trois vert/jaune sur l'alu qui lui est aussi au -12V, j'ai la liaison terre 220V => moteur. C'est par là qu'elle se fait.

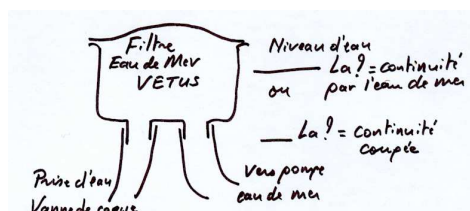
Solution : on garde les trois fils de terre 220V vert/jaune réunis ensemble mais non connectés sur la tige filetée donc non connectés au -12V, donc non connectés au moteur.

Y a-t'il une autre liaison parasite cachée, il faut le mesurer pour en être sûr ? Mon ohm-mètre dit qu'il n'y a plus de continuité terre 220/moteur (et donc arbre, hélice, chaise). Le problème est résolu.

#### Investigation sur le moteur :

A t'il souffert lui aussi, peut-on craindre une corrosion du même genre à l'intérieur, là où passe l'eau de mer ?

La pompe eau de mer : ça dépend de la position du filtre VETUS qui est en amont par rapport à la flottaison. Si le bas (le bas), pas le



haut) du filtre VETUS est au dessus de la flottaison, à l'arrêt moteur l'eau retombe de chaque côté, la pompe n'est plus en contact avec l'eau de mer, pas de corrosion. Mais moteur en marche à quai avec le 220V défectueux branché, l'eau de mer légèrement conductrice passe et établit le circuit et on peut avoir de la corrosion.

Si corrosion interne de la pompe : le filtre VETUS ne coupe pas la continuité du circuit eau de mer, il faut donc aller voir plus loin dans le sens du circuit d'eau.

Réfrigérant huile moteur : si ce réfrigérant est sous le niveau de la flottaison, s'il reste donc rempli d'eau à l'arrêt du moteur, il a droit lui aussi à la corrosion électrolytique.

Idem pour le réfrigérant eau de mer/eau douce.

Tresse de masse moteur/chaise :

Quelle était sa fonction ? C'est une pratique, un peu irraisonnée, de certains chantiers pour la relier au moteur et qu'elle soit protégée de la corrosion par les anodes du moteur ou pour faire une liaison équipotentielle des masses métalliques. Mais comme on le voit ici, le mieux est l'ennemi du bien. D'autant plus que dans notre cas il n'y a pas d'anode sur le moteur. La tresse de masse n'a donc pas d'utilité. La chaise se débrouille très bien toute seule, son métal est résistant, par nature, à la corrosion. D'ailleurs beaucoup de chantiers ne mettent pas une telle tresse et ça se passe très bien. Si on désire la protéger par une anode, il suffit de boulonner une anode directement sur la chaise.

\*\*\*\*\*

Autres exemples où peut se faire la liaison moteur/terre du 220V :

- Une tresse de masse boulon de quille/moteur/chaise/safran. « Une vieille » pratique, on mettait tout à la masse.
- Un conducteur vert/jaune entre le chauffe-eau et une patte moteur, pour faire une « bonne mise à la terre » du chauffe-eau .... Idem pour le chargeur
- auto-radio à la masse (-12V raccordé à l'intérieur avec la carcasse de l'appareil, c'est courant pour ces appareils qu'on monte sur les autos où le -12V est le pôle commun à la masse) et auto-radio encastré dans la façade du tableau électrique. Mais la façade était en alu et servait aussi de point de connection de tous les vert/jaune. Donc liaison parfaite -12V => carcasse auto-radio => façade alu du tableau électrique => terre du 220V.

Et un peu plus vicieux, par le chauffe-eau :

Le chauffe-eau est bien sur mis à la terre par le vert/jaune connecté sur la borne prévue pour cela.



Et sa cuve est réchauffée par l'eau du circuit de réfrigération du moteur, qui n'est pas en eau de mer, on est côté eau douce. Mais l'eau douce + son anti-gel est conductrice, pas très bien mais elle conduit. Je suppose que selon le type d'anti-gel, qui contient aussi un additif inhibiteur de corrosion, la résistivité varie.

Contrôle à l'ohm-mètre entre la borne de terre de la prise 220V du tableau 220V et le moins 12V du tableau adjacent :

- En position « test de continuité » et position « 2 kΩ » : infini, pas de liaison.
  - Mais en position « 20 kΩ » :
    - 12 kΩ, il y a une liaison même si elle est très résistive. Ça c'est moteur arrêté depuis quelques jours.
    - Moteur démarré et au ralenti : 3 kΩ
    - Moteur à 1500T : 1 à 2 kΩ
    - Moteur à 2000T : 0,3 kΩ
- Tout cela avec chauffe-eau normalement branché
- Et infini, pas de liaison avec chauffe-eau débranché ou sa masse vert/jaune débranchée.

Nota : la tension d'essai de l'ohm-mètre augmente au fur et à mesure en passant de « test de continuité » à « 2 kΩ » à « 20 kΩ » etc .....

Et si j'ai un défaut 220V comme déjà expliqué, le courant est 220V/0,3 kΩ : 0,7A et ça, ça n'est pas rien, la corrosion se fait.

Donc je suis au quai,

- câble de quai branché
- disjoncteur 220V du bateau enclenché ou non ) \*
- chauffe-eau enclenché ou non ) \*

\* ça ne change rien puisque la terre vert/jaune n'est pas coupée

- je fais tourner mon moteur pour entretien, pour avoir de l'eau chaude plus vite, pour charger mes batteries (mon chargeur est en panne), ou quelqu'en soit la raison

J'ai alors une bonne liaison entre la terre du 220V et le moteur.

Que peut-on faire ?

**Débrancher la prise de quai** si on veut faire tourner le moteur, ça c'est simple mais il faut y penser.

Débrancher la mise à la terre du chauffe-eau ? C'est une solution puisque le différentiel assure la protection anti-électrocution même s'il n'y a pas de fil de terre, je le répète encore.

Mais je vous sens réticent, un défaut d'isolement dans un chauffe-eau, c'est monnaie courante, ... et si le différentiel ne fonctionne pas ... , ça arrive, quoique je peux le contrôler régulièrement par son bouton « Test ». Je peux doubler les différentiels, avoir le 30mA usuel en tête et insérer un différentiel plus sensible, un 5mA, sur l'alimentation du chauffe-eau. C'est déjà beaucoup mieux.

Mais vous êtes toujours réticent, et en plus ça reste votre décision car le chantier n'a pas à déroger à la « sacro-sainte » règle de mise à la terre.

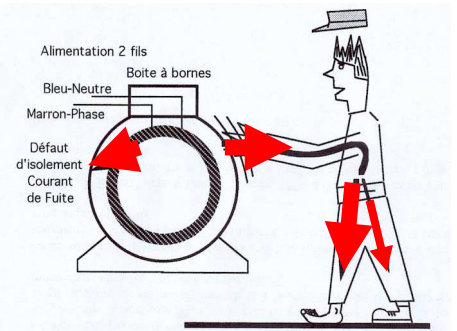
Je ne vois que la solution du transfo d'isolement qui puisse convenir dans tous les cas. Mais c'est du volume, du poids, des sous et simplement à cause du chauffe-eau.

\*\*\*\*\*

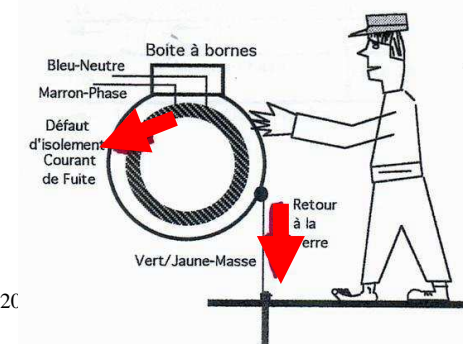
Maintenant pourquoi connecter le conducteur vert/jaune de terre du 220V sur le moteur (ou sur le -12V) ?

Historique de la mise à la terre (fil vert/jaune) :

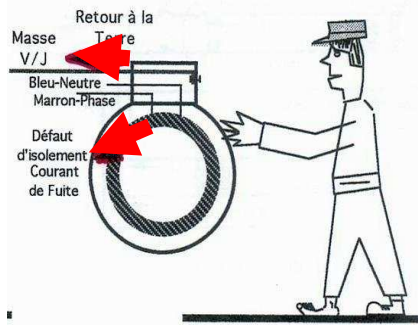
Si je touche un équipement défectueux (défaut d'isolement phase/corps de l'appareil) et sans organe de protection (le différentiel n'existait pas), je reçois "une châtaigne", le courant s'évacue à la terre en passant par mon corps puisqu'à la production (alternateur EDF), le neutre est mis à la terre mais pas la phase. Le courant passe plus ou moins facilement selon la qualité du contact, exemple pied nu sur le sol humide ou chaussure plus ou moins isolante. Et si le courant passe bien, « je suis mort électrocuté ».



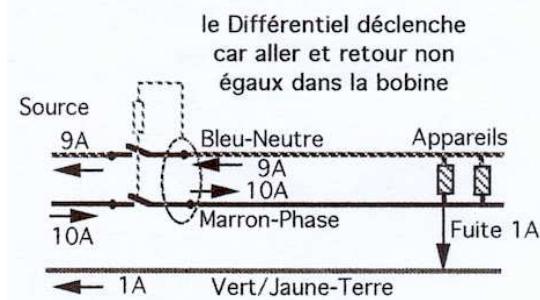
Dans le passé, la protection était seulement faite en mettant un conducteur de terre entre la carcasse de l'appareil et la terre, soit directement à une broche de terre au pied de l'appareil comme c'était le cas au début.



Soit par le fil de terre (vert/jaune en France, vert aux USA) qui ramène le courant de fuite à une broche générale comme on trouve dans les maisons, les ateliers. C'est ce qui était fait partout, y compris sur les bateaux.



Puis vient le disjoncteur différentiel : c'est une bobine dans laquelle passent la phase et le neutre, pas la terre. Si le courant « aller » n'est pas égal au courant « retour » parce qu'il y a une fuite de courant sur un appareil après le différentiel, un courant est créé dans la bobine et il actionne une « gâchette » qui fait « sauter » (ouvrir) le disjoncteur.

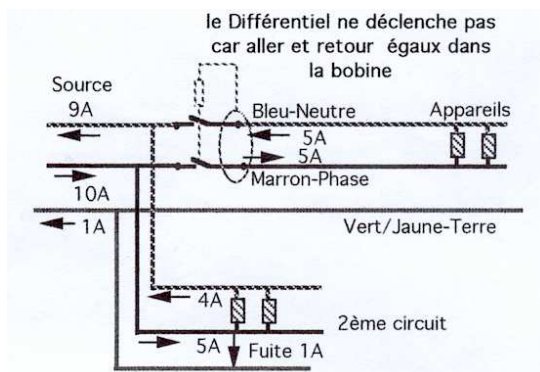


Nota : même s'il n'y a pas de fil de terre vert/jaune, le différentiel détecte un défaut d'isolement quand je vais toucher l'appareil, il suffit que l'« aller » ne soit pas égal au « retour » pour que le différentiel fonctionne et coupe.

Mais le fil de terre vert/jaune est encore utilisé et il est même obligatoire. Dans les maisons, les bateaux vous avez toujours ce fil de terre vert/jaune. L'avantage est aussi qu'il n'est pas nécessaire que je touche l'appareil défectueux pour créer le courant de fuite qui fait déclencher le différentiel, même si je ne suis pas là, le courant de fuite revient par ce fil de terre vert/jaune et le différentiel déclenche.

Rappelons aussi qu'un différentiel ne coupe que s'il y a un défaut en aval, pas en amont.

Donc s'il y a un défaut sur le quai, le différentiel du bateau ne le « voit » pas, il ne déclenche pas et c'est normal.



Quand on utilise le 220V à bord, c'est qu'on est connecté au quai et donc la mise à la terre se fait par le câble de quai. Pourquoi connecter en plus la terre du système 220V sur le moteur ?

Ce n'est pas nécessaire pour la sécurité et vous risquez des problèmes de corrosion sévère comme on l'a expliqué, quand, en plus, on a un défaut sur l'alimentation 220V du quai.

Ce n'est donc pas une bonne idée de connecter la terre du système 220V sur le moteur, même si une norme semble l'imposer. Ce qui est maintenant le cas, les normes européennes et la norme ISO afférente

l'impose (avec le bémol, voir plus haut) à l'image des USA où la liaison terre 220V vert/jaune (110V et vert en fait) doit être connectée au -12V, donc au moteur.

Alors si cette norme est mauvaise, pourquoi existe-t-elle ?

Parce que ceux qui en sont les auteurs ne connaissent pas le cas de figure que j'ai décrit, ils n'ont pas l'expérience pratique d'un expert.

Et aussi, c'est du moins ce que j'ai compris, dans le but de protéger un plongeur qui serait à proximité de votre hélice alors que votre moteur serait au 220V. Comment, puisqu'il n'y a pas de 220V sur le circuit moteur ? Le cas le plus fréquemment cité est un défaut sur le chargeur, la phase 220 peut arriver sur le -12V si le pont de diode est en court-circuit, si ... Soit, mais je suis branché au quai donc mon fil de terre vert/jaune permet au courant de fuite de retourner à la terre par lui et non à travers l'eau et de plus mon différentiel va sauter. Et lui, je suis responsable de son bon fonctionnement, j'en ai la maîtrise, je peux et je dois en vérifier le bon fonctionnement de temps en temps (bouton « test » sur le différentiel). Alors que le différentiel du quai, qui est souvent dans une armoire fermée à clef, le skipper ne peut pas le contrôler).

Oui, mais si, dit-on aux USA, le fil de terre vert/jaune est coupé quelque part et si, en même temps mon différentiel et celui du quai ne fonctionnent pas, alors le courant de fuite sera obligé de retourner à la terre par le -12V donc par le moteur et donc par l'eau environnant le bateau, ce qui peut électrocuter ce nageur .... C'est déjà arrivé aux USA, qui sont à la source de cette norme mais en fait dans le cas cité, il n'y avait pas de différentiel ni sur le bateau ni sur le quai, ni de fil de terre vert/jaune à la prise de quai.

Concernant le différentiel du bateau, américains et européens ne préconisent pas la même chose : les américains préconisent un 5mA pour chaque appareil installé dans une zone à risque (SdB, cuisine, cale moteur, pont), les européens un seul 30mA en tête de ligne.

Les américains réunissent aussi toutes les parties aériennes métalliques (mât, arceau inox etc...) à la masse commune terre 220V/-12V dans le but qu'en cas d'orage et de foudre il n'y ait pas de naissance de potentiels différents entre le circuit 220V et le circuit 12V ni entre les différentes masses métalliques, ce qui pourrait entraîner des arcs dangereux. Soit.

Notons que les considérations de sécurité avant tout des américains qui prônent la liaison terre du 220V/-12V ou masse moteur peut, au contraire, avoir des effets inverses s'il n'y a pas de différentiel :

- Si le fil de terre vert/jaune est coupé quelque part, alors le défaut 220V est obligé de s'évacuer par le moteur-arbre-hélice et l'eau pour retourner à la terre, alors qu'on veut éviter l'électrocution d'un nageur à proximité. Dans un article publié dans le N° 94-avril/mai 2005 de la revue américaine Professional Boat Builder, Ed Sherman membre éminent de l'ABYC (American Boat & Yacht Council qui fait les règlements aux USA) se posait la question de savoir si leur système n'était pas à revoir.
- Autre inconvénient dans la liaison terre du 220V/-12V ou masse moteur : si le bateau est au sec et qu'il y a un défaut du 220V qui passe donc sur le moteur, l'arbre et l'hélice. Ce défaut ne peut pas s'évacuer par l'eau pour retourner à la terre puisqu'il n'y en a pas. Et si quelqu'un passe sous le bateau et touche son arbre ou son hélice, c'est à travers lui que le courant du défaut rejoindra la terre.

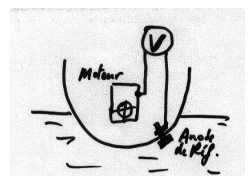
Je pense donc, même si on oublie la corrosion possible, si on s'en tient uniquement à la recherche de la sécurité, que faire une liaison terre du 220V/-12V donc masse moteur est une très mauvaise idée.

Y a-t'il un système, un appareil qui puisse contrôler le problème précédent pour l'éviter si ces circonstances surviennent ?

Non, pas vraiment.

Je peux monter un voltmètre entre le moteur et une anode de coque qui servirait d'anode de référence, le jour où la tension « s'envole » c'est qu'il se passe quelque chose. Mais vous n'allez pas monter la garde jour et nuit pendant des années devant votre voltmètre.

Normalement, l'anode de référence doit être en Argent/Chlorure d'argent pour rester « invariable ».

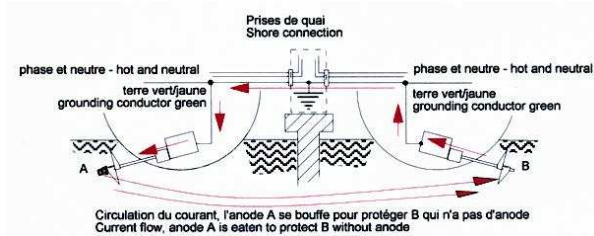


## 2<sup>e</sup> type : corrosion lente par interconnexion

L'exemple ci-dessus est il extrême et faut-il ne pas en tenir compte ?

Sur un bateau où il y a une liaison terre du 220V/-12V (donc masse moteur), je peux aussi avoir de la corrosion même s'il n'y a pas de défaut sur le 220V.

Si j'ai deux bateaux simplement reliés au 220V du quai, **même si ce 220V n'est pas enclenché**. Par leur fil de terre vert/jaune ils sont reliés à la terre commune du quai, donc reliés ensemble.

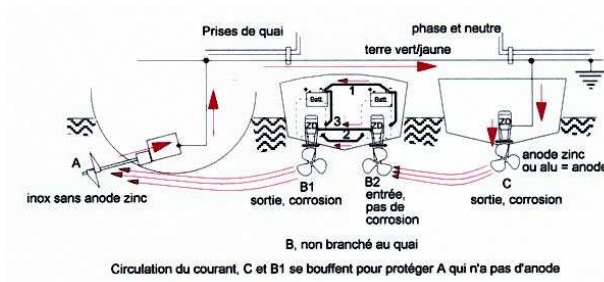


Et si le moteur de chacun est relié au fil de terre vert/jaune (à la mode américaine), alors on a créé une pile. Si votre voisin n'a pas d'anodes, ce sont les vôtres qui vont le protéger, elles vont donc se consommer plus rapidement et quand il n'y en aura plus, si ça arrive à ce point :

- Les deux se retrouvent avec les mêmes métaux trempant dans l'électrolyte. La circulation de courant galvanique s'arrête ou devient négligeable.
- Mais vous êtes alors sujet à la corrosion de votre hélice par rapport à votre arbre inox par contact entre les deux. Votre voisin aussi mais comme il n'avait déjà pas d'anode, il n'a que ce qu'il mérite.

Côté A, si c'est une embase en alu dépourvue de zincs, l'alu joue le rôle d'anode, c'est pire car la masse d'alu ne s'épuise pas, ça continue et ça continue .....

On peut même avoir un bateau (B), sans défaut et même non branché au quai, situé entre deux bateaux dont l'un (A) est à arbre inox (très « noble ») et sans anode et l'autre (C) avec anode ou à embase alu sans anode :

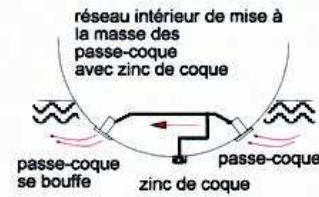


Si les embases de B sont reliées ensemble, ce qui est toujours le cas

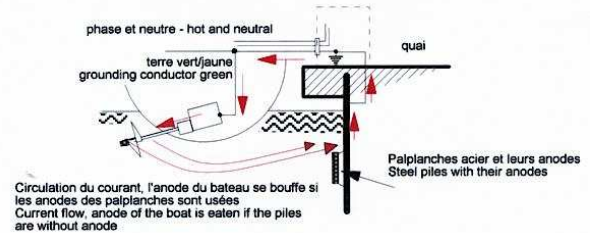
- à l'intérieur par le -12V commun (1)
  - ou par une barre de liaison entre les deux pour la direction, qu'elle soit à l'intérieur ou à l'extérieur (2)
  - ou par un câble – pontant les deux moteurs (3)
- alors le courant qui va de C vers A passera par le circuit des embases de B car c'est un chemin « métallique, conducteur » bien moins résistant que la même distance dans l'eau de mer. L'embase B1, côté sortie du courant, devient une anode par rapport à A. Corrosion possible de B1. C'est un peu extrême, ça dépend de la densité de passage du courant mais cela a déjà été mentionné.

Si les anodes des embases de B sont en bon état, les embases resteront protégées mais les anodes s'useront plus vite, et alors là, on pourra avoir de la corrosion.

Même phénomène si c'est un bateau avec réseau de mise à la masse des passe-coque relié à une anode coque (système courant chez les anglo-saxons)



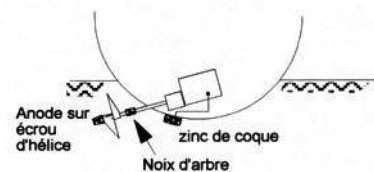
De même, le simple fait de brancher votre câble de quai vous relie aux palplanches de ce quai qui elles sont bien « à la terre ».



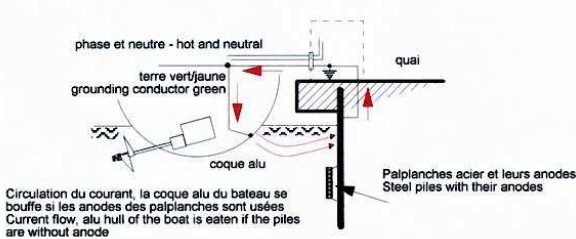
Les palplanches en acier sont normalement protégées par leurs anodes. Mais si ces anodes sont usées, c'est la vôtre qui va se consommer plus vite et quand il n'y en aura plus vous êtes alors sujet à la corrosion de votre hélice par son contact à son arbre inox.

Au fait, puisque dans la plupart des cas précédents, le risque survient quand on n'a plus d'anode et qu'alors l'hélice en contact avec l'inox de l'arbre va se corroder et ça c'est sûr, c'est pas peut être, que peut-on faire :

- Augmenter les anodes,
  - c'est généralement toujours possible et facile : noix supplémentaire sur l'arbre, deux s'il le faut.
  - Mais si l'hélice sort de la coque par un tube stratifié à la coque (sans chaise), à part l'anode sur l'écrou d'hélice on n'a pas de place pour une anode supplémentaire. Reste alors la solution de mettre une anode de coque avec une liaison sur le moteur et en supposant que l'accouplement arbre/sortie réducteur soit rigide, pas flexible avec un caoutchouc isolant (dans ce cas mettre un bout de fil, un « strap », entre les deux plateaux de l'accouplement).



Si c'est un bateau en alu, et que le conducteur Vert/Jaune de mise à la terre de votre 220V est boulonné à la coque, c'est l'alu de votre coque qui va servir d'anode de protection des palplanches en acier. Si les anodes de ces palplanches sont bouffées et non remplacées, c'est l'alu de votre coque qui va se bouffer. Heureusement la distance dans l'eau est un facteur de limitation du passage du courant galvanique, donc c'est assez variable et il ne faut pas exagérer ce problème mais je l'ai déjà vu aussi.



Exemples où se fait la liaison coque alu/terre du 220V :

- Un conducteur vert/jaune entre la borne de terre d'un appareil et sa patte de fixation sur l'alu. Pour faire une « bonne mise à la terre » ....
- Un conducteur vert/jaune entre la borne de terre du 220V et l'alu. Pour faire une « bonne mise à la terre » ....
- Une certaine prise Hubbell ou Maringo (pas tous les modèles) qui a une petite patte en inox connectée intérieurement à la broche de terre du 220V et vissée au socle métallique. Donc quand on boulonne la prise sur l'alu, cette patte fait la liaison alu/terre du 220V.



Dans tous ces cas vous risquez une corrosion lente et graduelle. Pas du tout soudaine et brutale comme le premier type.

**Vous n'avez pas cette corrosion si vous n'avez pas de liaison terre du 220V/-12V masse moteur ou coque alu.**

\*\*\*\*\*

Y a-t'il un système, un appareil qui puisse contrôler le problème précédent pour l'éviter si ces circonstances surviennent ?

Oui, c'est l'isolateur galvanique (appelé quelquefois « zinc saver ») : deux diodes montées tête-bêche sur le fil de liaison terre du 220V/-12V masse moteur. Le courant alternatif de fuite à fort potentiel passera mais le courant de corrosion est de tension faible (0,2 à 0,7V selon les métaux en présence) et cette tension sera insuffisante pour déclencher le passage à travers la diode, même celle montée « dans le bon sens » (en choisissant son type, il faut 1 à 1,5V environ pour que la diode soit « passante »). Quelquefois il y a un condensateur en parallèle, il conduit en alternatif, il ne conduit pas en continu.



Donc un « fort » courant de fuite issu du 220V alternatif passera mais un courant continu de corrosion, de tension faible, ne passera pas.

Aucun chantier n'en monte, je n'en ai jamais vu, à ce jour un seul shipchandler en propose un pour un prix voisin de 140€.

Et attention, ça vous protège du « 2<sup>e</sup> type, corrosion lente par interconnexion », pas du « 1<sup>er</sup> type, corrosion soudaine et violente par le 220V ». Alors que de ne pas raccorder le fil Vert/Jaune (terre du 220V) au -12V (ou masse moteur) vous protège des deux cas et très simplement.

Ou le transfo d'isolement : à l'entrée du 220V sur le bateau il y a un transfo dont le primaire et le secondaire sont séparés. Le circuit 220V du bateau devient indépendant du réseau EDF et il y a coupure, séparation des fils de mise à la terre. Préconisé surtout pour les bateaux métalliques.

Détaillons le pour un bateau aluminium.

On monte un transfo d'isolement 220/220 ou on en profite pour monter un transfo à double entrée, 220V (pays européens) et 110V (pour zones Caraïbes-USA) et une sortie 220V pour le réseau bord qui est en 220.

La terre du quai est interrompue, elle n'est pas reliée à la terre du bateau.

Côté quai on utilise tout de même un câble 3 conducteurs, donc avec terre, ainsi, si le câble lui-même se trouve endommagé, abîmé, coupé, la terre protégera toujours.

Mais la terre s'arrête à la prise de la rallonge.

Le primaire et le secondaire du transfo sont des enroulements séparés (d'où "transfo d'isolement"), il n'y a pas de point commun comme sur un Auto-transfo (type usuel).

La sortie du transfo n'a pas en réalité de phase et de neutre, elle est "flottante". Si on raccorde une des sorties à la "mise à la terre" du bateau, cette sortie devient le Neutre et donc l'autre devient la Phase. C'est ce qu'on fait habituellement.

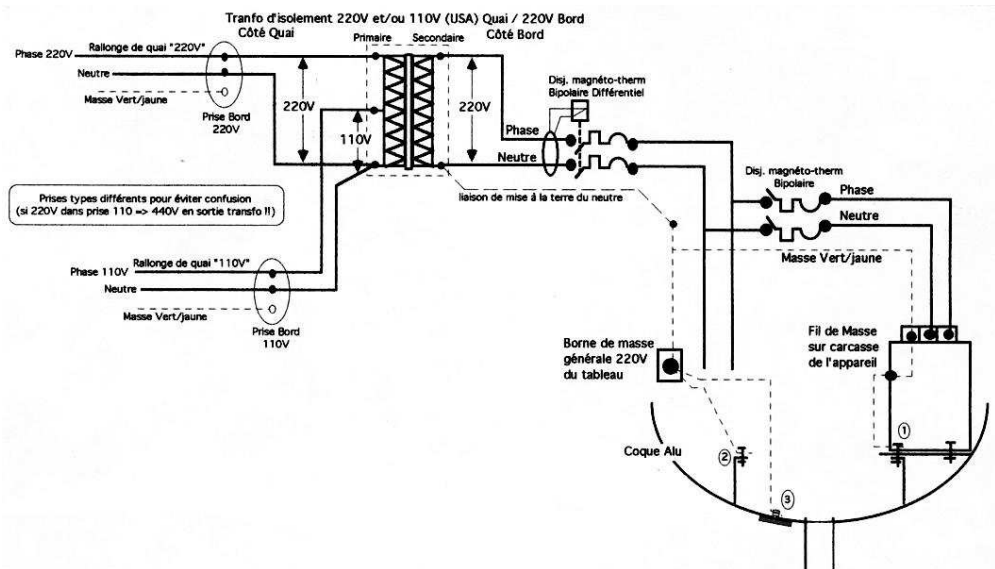
La "mise à la terre" du bateau doit se faire :

par "mise à la terre" de chaque appareil : fil de masse carcasse => fixation / support / coque alu : (1) sur dessin.

En plus, par le raccordement de la borne de masse générale à la coque: (2) sur dessin. Si le fil (1) est coupé ou sa connexion arrachée, on a toujours la protection : anti-électrocution, la protection aura été doublée.

La plaque de masse, (3) devient inutile.

Par contre pour une coque polyester ou bois (non conductrice), les liaisons (1) et (2) n'existent pas puisque la coque non conductrice ne peut pas servir de mise à la terre. C'est une plaque de masse (3) qui assurera cette fonction de mise à la terre ... qui sera en fait une « mise à la mer ».



En judiciaire :

L'expert doit démontrer la faute du chantier s'il en a une. Il ne peut pas dire « c'est le chantier » s'il n'a pas identifié la cause exacte et fait les mesures qui le démontrent.

Même un fil de liaison terre 220/moteur n'est pas une faute puisque la norme ISO le permet, c'est d'ailleurs plutôt le contraire, par un « Nota » elle permet de ne pas le faire (donc sous entendu, usuellement on doit le faire). Et chez les américains, c'est **obligatoire**.

La faute côté quai doit être recherchée puisque c'est tout de même la partie principale de la cause de la corrosion. Il ne doit pas y avoir de défaut d'isolement (défaut d'entretien) et le différentiel, qui est obligatoire, doit fonctionner. Et le port en est responsable, à la fois de l'entretien des câbles, connections, boîtes de jonction et de distribution et vérification régulière du bon fonctionnement de chaque différentiel.

Le port où le bateau est amarré, ça c'est faisable :

Défaut d'isolement sur la distribution sur le quai : par des mesures d'isolement classiques.


Vérifier que le fil de terre n'est pas coupé quelque part.

Défaut de fonctionnement du/des différentiels : test des différentiels en remontant vers l'amont. Vérifier que les bruits de ponton n'ont pas amené au changement « récent » du différentiel en cause.

Le différentiel de la boîte de distribution sur le quai fonctionne peut-être correctement mais c'est un 500mA et le défaut de corrosion être 400mA (700mA mentionné plus haut mais l'eau peut être un peu plus résistive, le défaut d'isolement un peu plus résistif etc ...) et dans ce cas personne n'est à blâmer.

C'est vraiment la faute à « pas de chance ». Et « pas de chance », c'est plutôt du ressort d'une assurance mais bien sûr il faut que les garanties contractuelles le prévoient.

\*\*\*\*\*

  
C.M. EL - G. BOULANT  
EXPERT MARITIME  
N° 64 Sainte-Candle  
83520 Roquebrune/Argens