

# les courants galvaniques

## Introduction :

Notre bateau étant en polyester , nous remplacions l'anode en bout d' arbre une fois par an : tout allait bien jusqu'au jour où , à la marina du Marin , notre anode posée seulement depuis 3 mois était à remplacer d' urgence; notre voisin de ponton , un Amel 54 , subissait de graves dégâts ( 2 groupes frigo endommagés et inutilisables ). Je connaissais bien , de par mon métier les problèmes liés aux courants circulant à la terre , les problèmes de corrosion entre différents métaux , un peu moins les problèmes de circulation de courant entre les milieux marin et terrestre .

Afin de ne pas subir de graves dégâts comme notre voisin , j' ai recherché la cause de la corrosion que nous avons subi afin de prévenir toute dégradation de matériel.

## Sommaire :

1. [Quelques définitions](#)
  2. [La Législation](#)
  3. [Un peu de théorie](#)
  4. [Corrosion galvanique sur un bateau](#)
  5. [Corrosion électrolytique sur un bateau](#)
- Page suivante**
6. [Coté pratique](#)
    - .....6 .1 [Corrosion électrolytique](#)
      - .....6 .1 .1 [Recherche de fuite de courant \( sur voilier en polyester \)](#)
      - .....6 .1 .2 [Recherche de liaison -12 Volts/Terre](#)
    - .....6 .2 [Corrosion galvanique](#)
  7. [Comment limiter les risques de corrosion](#)

## 1 . Quelques définitions

### L' Anode



d'un élément passif inséré dans un circuit en courant continu est l'[électrode](#) où, en courant

conventionnel, **entre** le courant électrique (en courant électronique, électrode d'où **sortent** les électrons). Pour une résistance, c'est l'électrode reliée au pôle positif du générateur; pour une pile électrique faisant office de générateur, c'est l'électrode négative.

**Les anodes sacrificielles** , qui *présentent un potentiel électrochimique plus négatif que celui du métal à protéger (voir tableau [ici](#))*. Elles équipent la plupart des bateaux de plaisance et sont constituées d'alliages de Zinc, Aluminium ou Magnésium.

### La cathode



d'un appareil passif parcouru par un courant continu est l'[électrode](#) où, en courant

conventionnel, **sort** le courant électrique (en courant électronique, électrode d'où **entrent** les électrons). . Pour une résistance, c'est l'électrode reliée au pôle négatif du générateur; pour une pile électrique faisant office de générateur, c'est l'électrode positive.

## Corrosion Galvanique

Le terme galvanique provient du nom du physicien italien Luigi Galvani.

La corrosion galvanique peut se définir ainsi : c'est l'effet résultant du contact de deux métaux différents dans un environnement conducteur ( l'eau de mer par exemple ); elle n'apparaît pas en atmosphère sèche.

Lors d'un couplage ( court circuit ) entre deux métaux différents, il va s'établir un courant électronique entre eux. Le métal le moins noble (Anode ) subit un accroissement de la corrosion et le plus noble ( Cathode ) pas de corrosion ou une diminution; la corrosion métallique implique la perte de métal sur une zone exposée .

## Isolation Galvanique

On parle d'isolation galvanique entre deux circuits électroniques directement voisins quand le courant ne peut circuler directement entre ces deux circuits.

## Corrosion électrolytique

Vers l'année 1800, monsieur Volta inventa la pile électrique. Le principe de cette pile reste le même aujourd'hui, et la corrosion électrolytique des métaux découle directement de ce principe.

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 une cathode et une anode parfois du même métal.

## protection cathodique

La protection cathodique est le corollaire de la corrosion galvanique.

Elle permet de protéger un métal contre la corrosion. Pour modifier le potentiel du métal à protéger cathodiquement, une anode ( *sacrificielle* ) installée dans le même électrolyte est utilisée.

## Passivité

c'est la formation spontanée d'une couche superficielle (oxyde ou sel) qui protège la surface du métal de la corrosion

## Terre

Définition légale : masse conductrice de la terre, ( le sol ) ,  dont le potentiel électrique en chaque point est

considéré comme égal à zéro .Il s'agit d'une convention car en pratique un conducteur raccordé à la terre n'aura pas obligatoirement un potentiel nul mais il sera de toute façon très faible et suffisant pour assurer la sécurité. De plus, ce qui importe pour la sécurité n'est pas tant le potentiel mais l'équipotentialité.

La principale utilité de la terre c'est la détection des défauts d'isolation des appareils électriques ( [voir document sur la protection des personnes](#) ).

Le fil de terre (vert/jaune) se nomme "conducteur de protection"

## Masse

La masse désigne le potentiel qui sert de référence pour les mesures de différence de potentiel. Sur les schémas électriques, la masse est représentée par un 

La masse est souvent reliée , dans un circuit électrique , à la borne négative . Le choix du potentiel de la masse est défini par le concepteur du circuit électrique et ce potentiel peut être différent de zéro ( circuit électroniques par exemple ).

Autre définition : c'est la partie conductrice d'un matériel électrique , qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut d'isolement , susceptible d'être touchée par une personne.

## 2 . La législation

Elle existe pour les installations neuves ou rénovées mais heureusement il n'est pas obligatoire de mettre en conformité à chaque évolution des normes .

**Extraits de la [division 240](#) :**

### Article 240-2.31 Caractéristiques générales des installations électriques

VI. Toutes les installations électriques en courant continu, sauf l'appareillage électrique des machines de propulsion, sont à deux pôles isolés sans retour par la masse. Pour les navires de construction métallique, tous les accessoires de la propulsion sont également à deux pôles isolés sans retour par la masse, sauf l'allumage des moteurs à explosion et les démarreurs qui sont munis d'un relais bipolaire.

VII. Un réseau à courant alternatif utilise des circuits monophasés à deux conducteurs avec neutre à la terre (TN-S). Toutes les installations électriques en courant alternatif sont sans retour par la masse. Le conducteur neutre d'un réseau à courant alternatif est relié à la terre uniquement à la source de l'alimentation, par exemple au niveau d'un générateur. Lorsqu'un navire est connecté à l'alimentation par le quai, le neutre est seulement relié à la terre à la source d'alimentation par le quai par l'intermédiaire du câble d'alimentation.

### Article 240-2.32 Protection contre les chocs électriques

I. Aucune partie sous tension des installations du domaine II ne doit être accessible au contact direct par le personnel.

II. Les installations du domaine II comportent des conducteurs de protection, ainsi qu'une détection des courants de défaut mise en œuvre à l'origine de l'installation. Ce dispositif provoque la coupure du circuit concerné sur détection de courant différentiel maximal de 30 mA.

III. Les parties métalliques accessibles des machines et des matériels électriques sont reliées au conducteur de protection, sauf si l'équipement concerné est alimenté sous tension inférieure à 50 V en alternatif, et 120 V en continu. Cette disposition ne s'applique pas aux équipements de classe II.

V. Un conducteur de protection est constitué de cuivre ou d'un autre matériau résistant à la corrosion. Il est isolé, et convenablement relié à la borne principale de masse, cette borne étant elle-même reliée à la coque ou à une prise de masse, cette dernière étant en contact permanent avec l'eau.

### **Article 240-2.38 Alimentation par le quai**

I. Les prises de courant des circuits d'alimentation par le quai sont conformes à la norme NF/EN 60309-2. Le câble est du type HO7 RN-F, sa section atteint au moins 2,5 mm<sup>2</sup>.

II. La longueur totale de la ligne de quai n'excède pas 25 m. Elle est munie d'un dispositif de protection à courant différentiel résiduel, d'une sensibilité de 30 mA maximum, installé à moins de 0,5 m de l'arrivée de la source d'alimentation du quai.

### **Article 240-2.39 Batteries d'accumulateurs**

V. Les batteries d'accumulateurs électriques sont pourvues de coupe-circuit sur les deux pôles, aussi proches que possible de la batterie, permettant de les isoler dans tous les cas du reste de l'installation. Ces dispositifs sont situés à l'extérieur des emplacements des batteries. Toutefois, ces dispositions ne sont pas obligatoires pour l'alimentation des feux de mouillage, des dispositifs anti-effraction, des systèmes de protection cathodiques actifs et de tout dispositif de sécurité utilisable en dehors des périodes de navigation.

#### **ISO 13297-2012**

ce document est payant, il ne peut être consulté sur Internet ; cependant l'ancienne version, en anglais, est consultable [ICI](#). : résumé : *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.*

**extrait 4.2** : le conducteur de protection doit être relié à la terre et au négatif de l'installation à courant continu du navire aussi près 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 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).

**extrait NF C 15-100** concernant les bateaux plaisance

### **Partie 7-709 - 397 - 2002**

**Annexe - (informative)** - Exemple d'instruction pour le branchement du bateau de plaisance sur l'alimentation du port

Il est recommandé que le directeur du port fournisse à chaque usager de bateau ayant l'intention de se raccorder à l'alimentation de la marina, une notice d'instructions claire et à jour et appose, à chaque point d'alimentation, une copie à jour de cette notice d'instruction aisément lisible et protégée contre les intempéries.

Cette notice d'instruction doit comprendre, au moins, les indications suivantes :

## **INSTRUCTIONS DE MOUILLAGE POUR LE BRANCHEMENT DIRECT A L'ALIMENTATION DU QUAÏ**

Cette marina met à votre disposition pour votre bateau de plaisance une connexion directe et une mise à la terre à l'alimentation du quai.

### **Généralités**

a) **A moins que vous n'ayez un transformateur d'isolement embarqué pour séparer l'installation électrique de votre bateau de l'alimentation du quai, la corrosion** (l'électrolyse) peut endommager votre bateau ou les bateaux voisins.

b) L'alimentation de cette marina est ....\* V, .....\* Hz [normalement 230 V 50 Hz monophasé ou 400 V 50 Hz triphasé], fournie par des prises conformes à la norme (2), position 6 h (9 h pour le triphasé dans le cas d'un système IT).

c) Des dispositions doivent être prises pour éviter la chute du câble de branchement dans l'eau en cas de déconnexion.

d) Un seul câble souple de branchement doit être connecté à une prise quelconque.

e) Le câble de branchement souple doit être d'une seule longueur et ne pas dépasser 25 m. Il est du type HO7-RNF :

- 3G2,5 pour un socle de prise de courant de 16 A ;

- 3G6 ou 5G6 pour un socle de prise de courant de 32 A.

f) La pénétration d'humidité, de poussière ou de sel dans la boîte de connexion embarquée peut provoquer un danger. Examinez soigneusement, nettoyez et séchez la prise avant d'effectuer le branchement à l'alimentation du quai.

g) Toute réparation ou modification est dangereuse pour des personnes non averties.

En cas de difficulté, appelez la direction du port.

### **A l'arrivée**

a) Couper l'alimentation de tous les appareils embarqués.

b) Connecter le câble souple en premier sur la boîte embarquée, puis sur la prise du quai.

### **Avant l'appareillage**

a) Couper l'alimentation de tous les appareils embarqués.

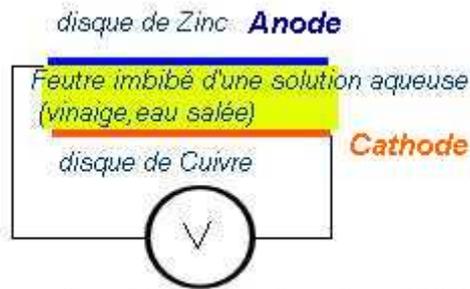
b) Débrancher d'abord le câble souple de la prise de quai, puis de la boîte embarquée.

c) Remettre en place le couvercle de protection de la boîte de connexion embarquée afin de prévenir la pénétration d'eau.

d) Lever le câble de branchement et l'entreposer dans un emplacement sec où il ne sera pas endommagé.

### 3 . Un peu de théorie

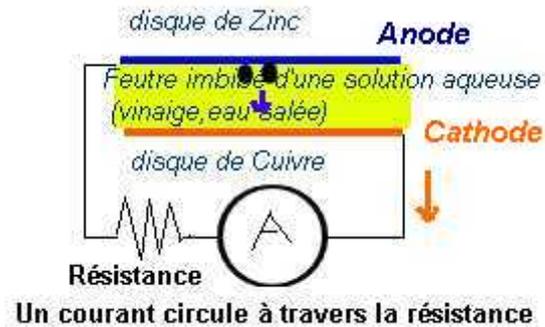
**Pile de Volta** (inventée par Alessandro Volta, 1800 )



la tension affichée est d' environ 1 Volt

On construit une pile en imbibant une rondelle de feutrine avec du vinaigre et en l'insérant entre deux rondelles de métaux différents. La tension obtenue est d'environ un volt; avec le voltmètre on détermine aussi le sens du courant : le + sur la rondelle de cuivre ( sens conventionnel du courant )

Branchons une résistance et un Ampèremètre aux bornes de notre pile :



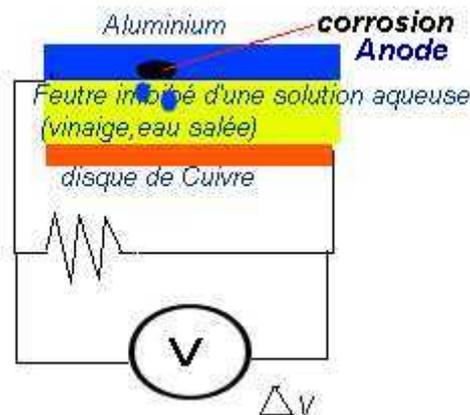
Un courant circule à travers la résistance

Le circuit est fermé et la circulation des électrons se fait , contrairement au sens conventionnel , de l'anode (électrode moins) vers la cathode (électrode plus); des ions de Zinc se détachent et vont se déposer sur le disque de cuivre.

#### Il y a corrosion du disque de Zinc

Si le circuit est ouvert , il n' y a plus de circulation de courant , plus de détachement d' ions de Zinc , donc plus de corrosion.

Remplaçons le Zinc par de l' Aluminium :

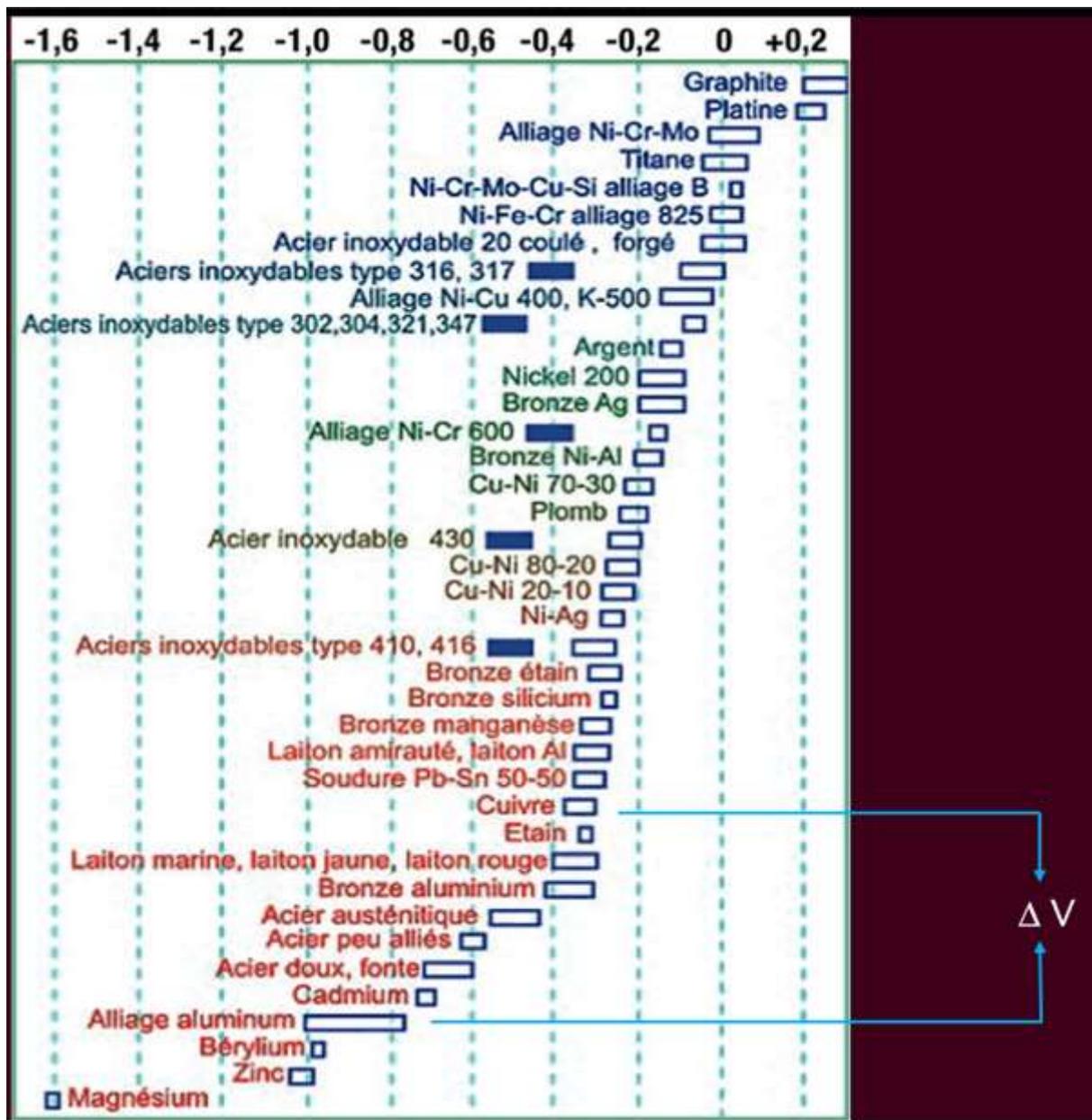


Le résultat est identique : il y a corrosion de l' aluminium ( Anode ) : le potentiel électrochimique ou potentiel de dissolution entre ces 2 métaux est du même sens par rapport au cuivre mais il pourrait être dans le sens contraire avec d' autres métaux .

Le potentiel électrochimique est mesuré avec des électrodes de référence; des électrodes de chlorure d'Argent ou au calomel sont utilisées pour les applications en eau de mer.

Pour un électrolyte donné un classement des métaux est établi , appelé SERIE GALVANIQUE.

Pour l' eau de mer ce classement est le suivant :



[http://www.cdcorrosion.com/mode\\_corrosion/corrosion\\_image/galvanique\\_1\\_zoom.gif](http://www.cdcorrosion.com/mode_corrosion/corrosion_image/galvanique_1_zoom.gif)

Série galvanique du graphite et de divers métaux et alliages dans l'eau de mer (vitesse de l'eau 2.4 à 4 m/s, durée d'immersion : 5 à 15 jours, température : 5 à 30 °), d'après ASTM G82. Le potentiel est exprimé par rapport à l'électrode au calomel saturé.

L'acier inox s'active lorsqu'il est immergé dans de l'eau de mer : potentiel [ ] dans le tableau ci dessus.

Le métal le plus noble (le plus haut dans la série galvanique) devient cathodique et sa résistance à la corrosion augmente.

Le métal le moins noble (le plus bas dans la série galvanique) devient anodique et sa résistance à la corrosion diminue.

Plus les deux métaux seront distants dans la série galvanique plus la corrosion sera importante; la distance entre l'anode et la cathode est également un élément à prendre en compte ainsi que le rapport des surfaces ( Grande cathode et petite anode = danger ).

#### 4 . Corrosion galvanique sur un bateau

Pour que ce phénomène existe , il faut :

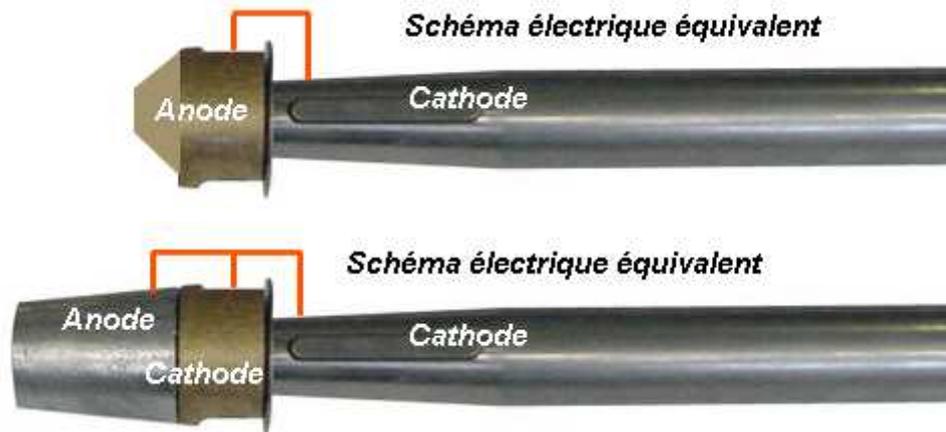
- **un électrolyte** , il existe avec l' eau de mer , l' air humide salin,....
- **2 métaux différents** , il existe de nombreux cas : une vis inox raccordant des pièces d' aluminium ,l' arbre d' hélice et l' hélice , etc ....)
- **un contact physique** donc aussi électrique entre 2 métaux , **c' est l' élément que nous pouvons modifier**.(voir l' exemple de l' hélice et l' arbre d' hélice ci dessous )

Cas particulier des alliages cuivreux ( plusieurs métaux dans un seul produit ) :

par exemple contenant du Zinc: les propriétés mécaniques vont se modifier par la disparition progressive du Zinc ( Anode ); les passe coque doivent être vérifiées de temps en temps.

#### exemple de l' hélice et l' arbre d' hélice

Nous modifions par exemple le circuit électrique entre l' hélice et l' arbre d' hélice en ajoutant une anode en Zinc sur l' écrou fixant l' hélice sur l' arbre; dans ce dernier cas l' hélice devient une cathode et non plus une anode et sa corrosion est évitée.



Nous évitons le contact de 2 métaux différents sur les coques en alu , les embases sail- drive , les tubes de jaumière , par exemple , en n' utilisant pas un antifouling chargé en cuivre, mais en lui préférant un antifouling « spécial alu ».

Cette corrosion est lente , il suffit donc de prendre quelques précautions et d' installer des Anodes aux endroits nécessaires , de les remplacer à intervalles réguliers pour éviter toute détérioration de matériel.

#### 5 . Corrosion électrolytique sur un bateau :

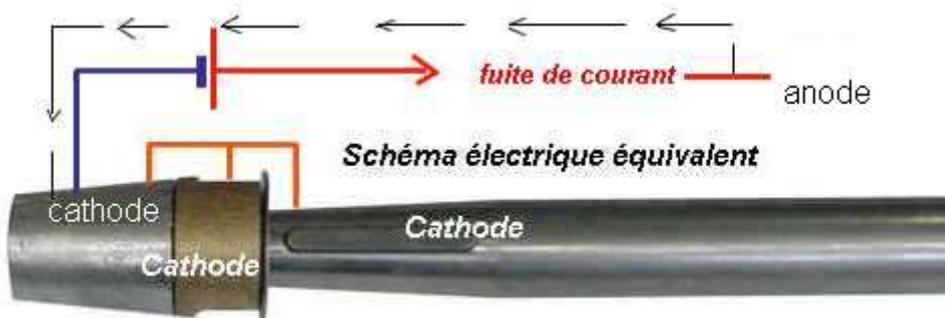
Pour que ce phénomène existe , il faut :

- un électrolyte , il existe avec l' eau de mer , l' air humide salin,....
- 2 métaux différents ou non.
- un contact électrique entre les 2 métaux , **c' est l' élément que nous pouvons éviter.**

**cette corrosion , contrairement à la corrosion galvanique est rapide**

Nous avons pris toutes les précautions pour éviter la corrosion galvanique et malgré cela des problèmes surviennent , comme sur notre bateau et celui de notre voisin , car des courants parasites circulent et créent le contact électrique que nous essayons tant d'éviter.

Ce contact électrique peut provenir d' un défaut d'isolement à bord de son bateau mais aussi d'un ou plusieurs bateaux voisins ainsi que de la borne électrique du port. Pour assurer la sécurité , comme à la maison les prises , protégées par un disjoncteur différentiel , sont avec terre et par conséquent tous les bateaux branchés sur les bornes électriques sont reliés entre eux par la terre.

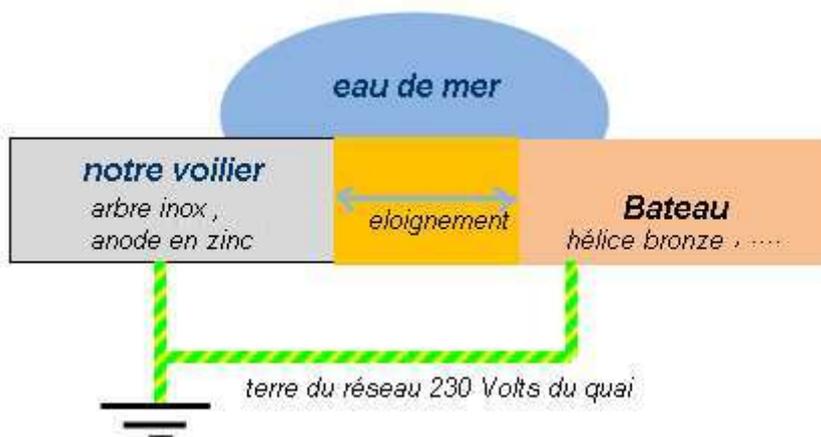


Principales sources de fuites de courant :

- présence d'humidité ou de sel ( cristaux ) dans une boîte de dérivation.
- inversion de polarité
- mauvais état d'un câble donc mauvaise isolation.

- mauvaise masse d' un appareil
- raccordements mal isolés dans les fonds ( pompe de cale )
- chargeurs de batterie du type automobile ( souvent avec des défauts d'isolement ) .
- etc ,....

### Le circuit électrique :



Dans ce cas les anodes installées sur des bateaux peuvent protéger les arbres d'hélice ou les embases d'autres bateaux dont les anodes sont consommées ou qui n'en sont pas équipées.

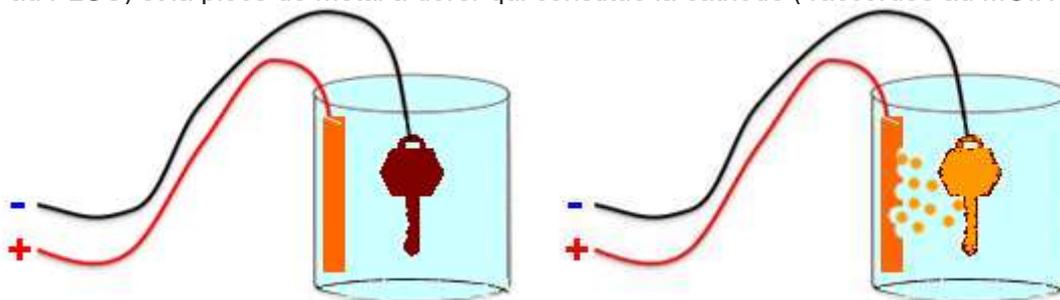
**Plus la distance dans l'eau est importante plus est limité le passage du courant galvanique,**

Une fuite de courant ou une inversion de polarité à bord d'un bateau peut également affecter l'installation électrique d'un autre bateau.

### Corrosion due à un courant externe :

**peu importe la nature des métaux, en courant continu, la pièce ou l'organe métallique anodique ( relié au positif ) se consommera au profit de la cathode et en courant alternatif les 2 métaux sont soumis à la corrosion.**

C' est identique à une dorure par électrolyse : on place la (ou les) électrode(s) en or (qui constituent l'anode, donc raccordés au PLUS) et la pièce de métal à dorer qui constitue la cathode ( raccordée au MOINS) :



### A suivre , page suivante :

- 6 .Coté pratique
  - .....6 .1 Corrosion électrolytique
    - .....6 .1 .1 Recherche de fuite de courant ( sur voilier en polyester )
    - .....6 .1 .2 Recherche de liaison -12 Volts/Terre
  - .....6 .2 Corrosion galvanique
- 7 .Comment limiter les risques de corrosion