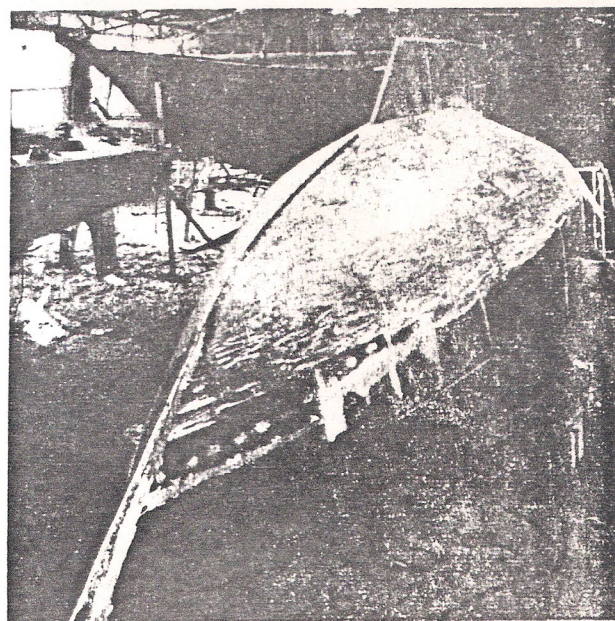




bateaux en

DURALINOX
→ marine

recommandations d'installations
et d'entretien

CEGEDUR PECHINEY
secteur sports et loisirs

protection cathodique par anodes consommables

L'utilisation de la protection cathodique est indispensable pour les coques en acier, elle est d'ailleurs aussi employée sur des coques en bois ou en plastique qui possèdent sous la flottaison des accessoires fabriqués dans des métaux différents (par exemple : hélice en bronze sur arbre d'hélice en inox). On peut conclure que cette protection est d'usage courant, mais il est moins certain qu'elle soit toujours bien conçue et utilisée comme il se doit.

protection cathodique

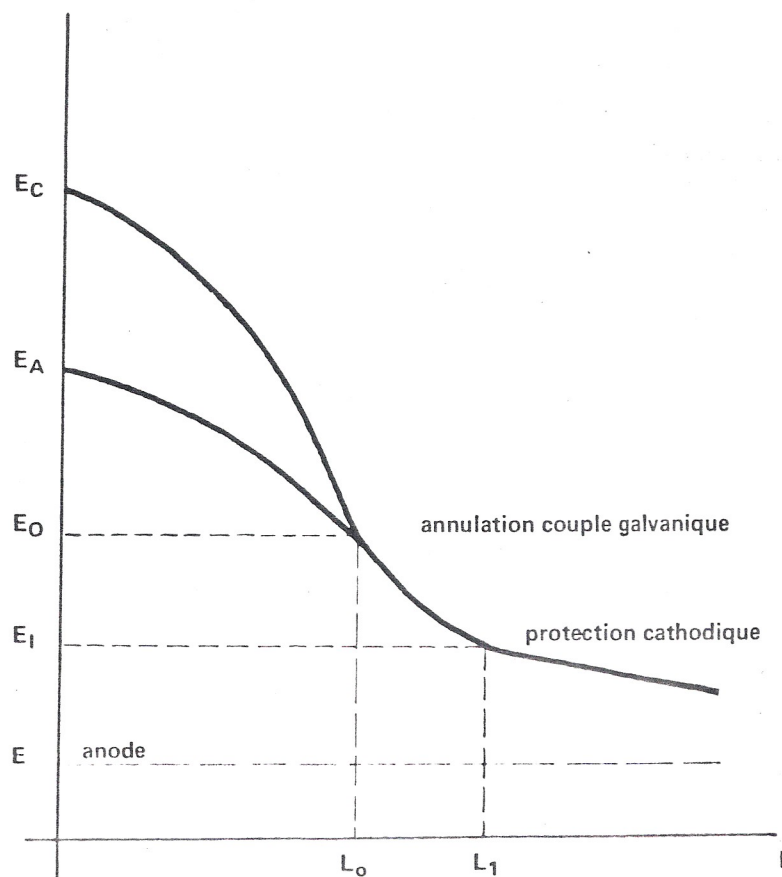
Même si toutes les règles de construction ont été parfaitement observées, il est nécessaire de protéger les coques en alliage d'aluminium par des anodes consommables, précaution qui éliminera les risques de corrosion par couples galvaniques.

Le choix de l'emplacement des anodes est important et ce n'est pas, lorsqu'on localise les couples galvaniques, à proximité des anodes locales que doit être le maximum de protection, mais près des cathodes.

En effet, la protection cathodique abaisse à des valeurs plus négatives le potentiel de l'alliage ; l'anode étant à un potentiel plus négatif que la cathode, on doit chercher à abaisser plus vite celui de la cathode pour diminuer le couple. Nous estimons que 60 % du courant de protection est utilisé pour abaisser le potentiel des cathodes locales, 15 % pour les anodes et 25 % pour amener le potentiel à la valeur nécessaire pour obtenir la protection complète (croquis n° 6).

polarisation d'un couple galvanique par une anode sacrificielle

croquis n° 6



recherche des zones anodiques et cathodiques

méthode aux deux électrodes

On utilise deux électrodes de référence reliées à un millivoltmètre (0 à 100 mV – 1000 mV) de résistance interne élevée ($\geq 100\,000$ ohms) et à zéro central.

Une des électrodes est immergée à une certaine distance du navire et, en général, au minimum la moitié de la longueur du navire, l'autre est placée à proximité même de la coque (2 à 3 m) à l'aide d'une perche en bambou par exemple, pour bien épouser la forme de la carène.

Cette électrode est déplacée le long de la coque de 0,50 m en 0,50 m, tant en profondeur qu'en longueur, et on note en chaque point la valeur et le sens de la différence de potentiel relevée. La même mesure est répétée sur l'autre bord du navire.

On dresse la carte des potentiels des œuvres vives et on situe les zones anodiques et cathodiques.

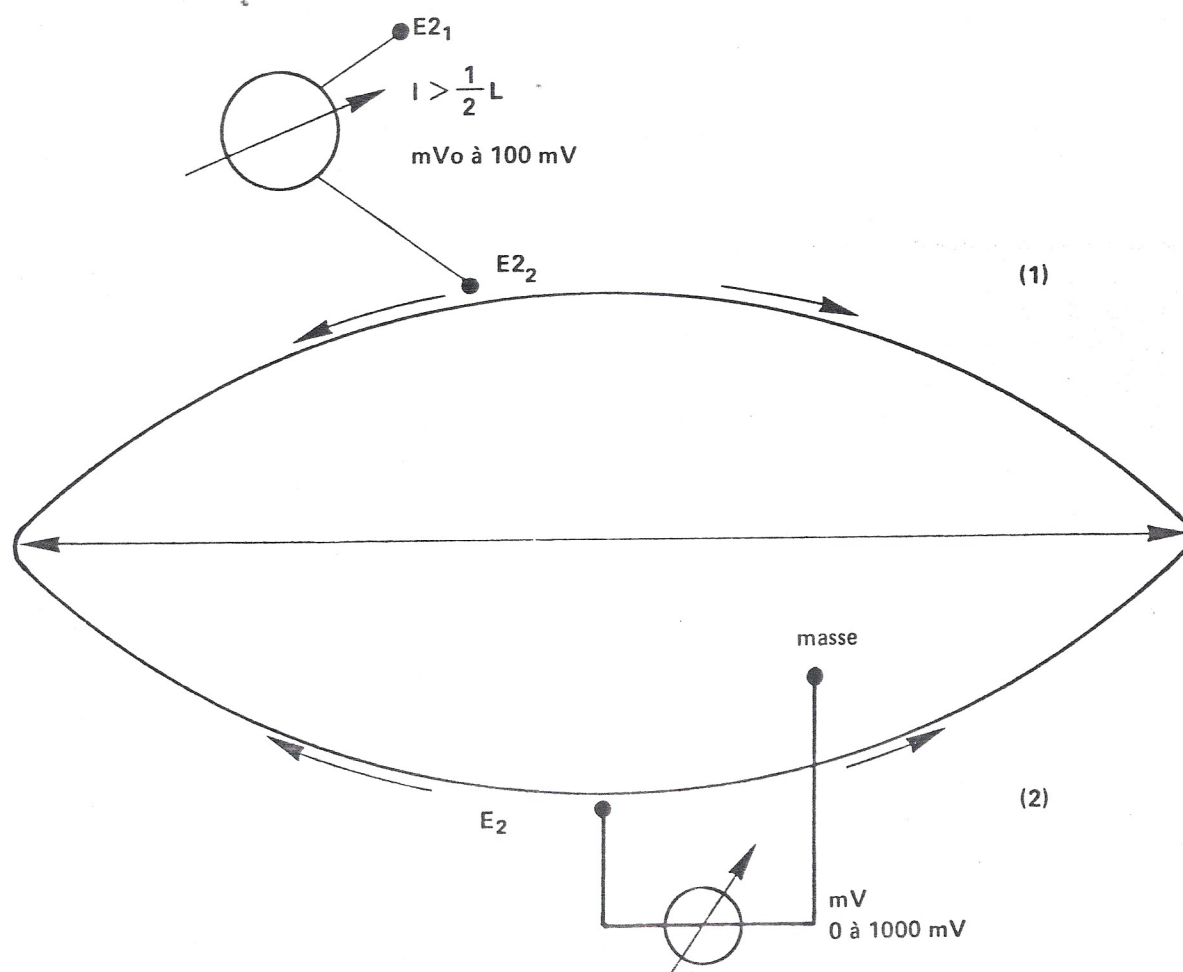
méthode à une électrode

On peut utiliser également une seule électrode de référence, qui est déplacée le long de la carène dans les mêmes conditions que précédemment, et on relève en chaque point le potentiel du métal.

L'électrode la plus couramment employée est celle Argent Chlorure d'Argent, car la différence de potentiel entre 2 électrodes est en général inférieure à 5 mV (il faut noter cette différence pour définir le zéro d'origine dans le cas d'utilisation de la méthode des 2 électrodes de référence).

mesure des potentiels locaux d'une carène

croquis n° 7



(1) méthode aux 2 électrodes de référence

(2) méthode directe à 1 électrode de référence

critères de protection cathodique

potentiel

Pour les alliages du type aluminium magnésium, le potentiel de protection dans l'eau de mer est de $-0,87 \pm 0,05$ V par référence à l'électrode Ag/agCl. Il ne doit en aucun point de la structure atteindre $-0,95$ V, valeur à partir de laquelle peut apparaître une attaque alcalino-cathodique du métal.

En outre, comme dans ces conditions on se trouve très en-dessous de la surtension de dégagement cathodique d'hydrogène sur le 5086 (A-G4MC), les risques de dégradation du revêtement sont très faibles, surtout s'il s'agit de revêtement vinylique très sensible à la surcharge cathodique.

intensité

Pour obtenir le potentiel ci-dessus indiqué, il faut, lors de la mise en service pour le 5086 (A-G4MC) **sans revêtement**, une intensité de l'ordre de 10 mA/m^2 . Avec un revêtement ayant une résistance d'isolement de 108 ohms cm^2 , il suffit de $1 \text{ à } 3 \text{ mA/m}^2$.

Mais après quelques mois, l'intensité nécessaire tombe à $0,5$, voire $0,1 \text{ mA/m}^2$, par suite de la formation d'une couche étanche à la surface de l'aluminium. Il n'y a pas lieu de modifier l'installation pour revenir à l'intensité initiale.

mode de protection

Pour obtenir la protection cathodique on utilise des anodes sacrificielles. En choisissant des anodes à potentiel moyennement électronégatif, il n'y a aucun risque de surcharge cathodique, donc de corrosion alcalino-cathodique ou de dégradation du revêtement.

type d'anodes

Les anodes vont dépendre des dimensions du navire et des couples galvaniques qu'on y trouve, surtout pour les structures arrière.

L'anode est carénée, mais elle peut être également encastrée partiellement, pour en diminuer la traînée (croquis n° 8).

On n'a aucun intérêt à encastrer totalement l'anode car, après une certaine usure, la cavité qui se forme perturbe plus qu'une anode bien carénée, même si celle-ci débord de $10 \text{ à } 15 \text{ mm}$ à l'extérieur de la carène. Notre préférence va aux anodes en alliages spéciaux d'aluminium dont la d.d.p. avec l'alliage n'est que de 200 mV .

Utilisation des anodes en alliages spéciaux d'aluminium :

$E = -1,05$ volt à 100 mA/dm^2

$C = 3,6 \text{ kg}$ par A/an

Une anode de $1,2 \text{ kg}$ de 2 dm^2 de surface active protège pendant deux ans 25 m^2 de 5086 peint.

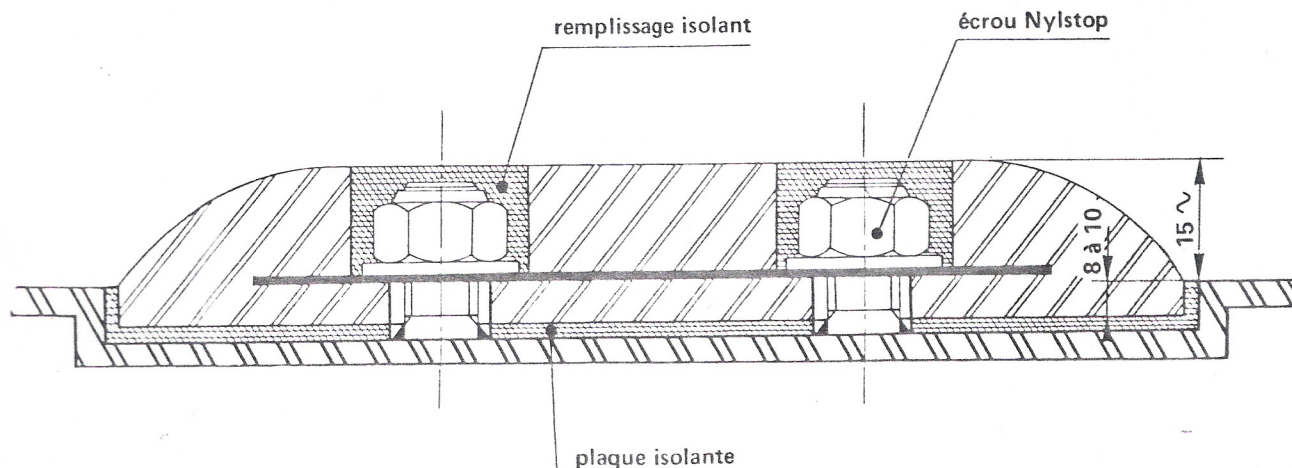
poids des anodes

L'anode Mercatal, marque et brevets de la Société Française d'Electrometallurgie (SOFREM) du groupe PUK, commercialisée par la Société COPIM fut calculée sur les bases actuelles de la protection du Duralinox Marine 5086 et pour une coque de $11 \text{ à } 12 \text{ m}$ avec hélice arrière.

Compte tenu de l'intensité nécessaire pour protéger cette coque et pour une longévité raisonnable des anodes, il fallait un poids d'alliage de $2,2 \text{ kg}$ environ. Comme chaque bord doit recevoir une anode au minimum celle-ci devait peser $1,1 \text{ kg}$.

anodes encastrées

croquis n° 8



De plus, pour qu'elle débite l'intensité voulue, elle devait avoir une certaine surface 2 dm². Ces contraintes ont abouti à l'anode Mercatal A1M* (croquis n° 9 page suivante).

Il n'existe pratiquement pas de normalisations d'anodes, mais on peut, dans une certaine mesure, prévoir l'utilisation de cette anode comme suit :

* Marque et brevets de la SOFREM.

Bateau de	7 à 9 m :	(deux) 1/2 anodes
" "	10 à 12 m :	2 "
" "	14 à 15 m :	4 "
" "	20 à 22 m :	6 "

(La recherche des points anodique et cathodique permet de définir les emplacements et la valeur des anodes).

protection cathodique par "pendanodes"

Dans beaucoup de cas, les périodes de navigation sont relativement courtes proportionnellement à celles de navigation réelle, par ailleurs certains "Skippers" de bateaux de compétition ne souhaitent pas perdre quelques dixièmes de nœuds par suite de la présence d'anodes fixes.

C'est pourquoi les techniciens de la COPIM ont créé les "Pendanodes", qui sont des anodes, en alliages spéciaux (brevetés), moulées autour d'un câble en acier.

Le brin libre de ce câble permet de suspendre l'anode verticalement à la partie haute du bordé, où elle est fixée solidement par cosse soudée ou coin conique, en assurant une liaison électrique permanente, d'où le nom de "Pendanode" qui est donné à ce type d'anode sacrificielle suspendue.

Les anodes sont immergées aux niveaux où peuvent apparaître les corrosions, principalement celles dues à des couples galvaniques.

Pendant les périodes de navigation les anodes sont relevées et placées à l'abri ; lors de l'arrêt,

dans un port, elles sont à nouveau immergées. Pour certaines unités, où la question d'une légère perte de vitesse est sans importance, elles peuvent rester immergées en permanence et deviennent alors des anodes traînées.

Une telle disposition évitant tous travaux de soudage sur la carène, est d'un prix de revient peu élevé.

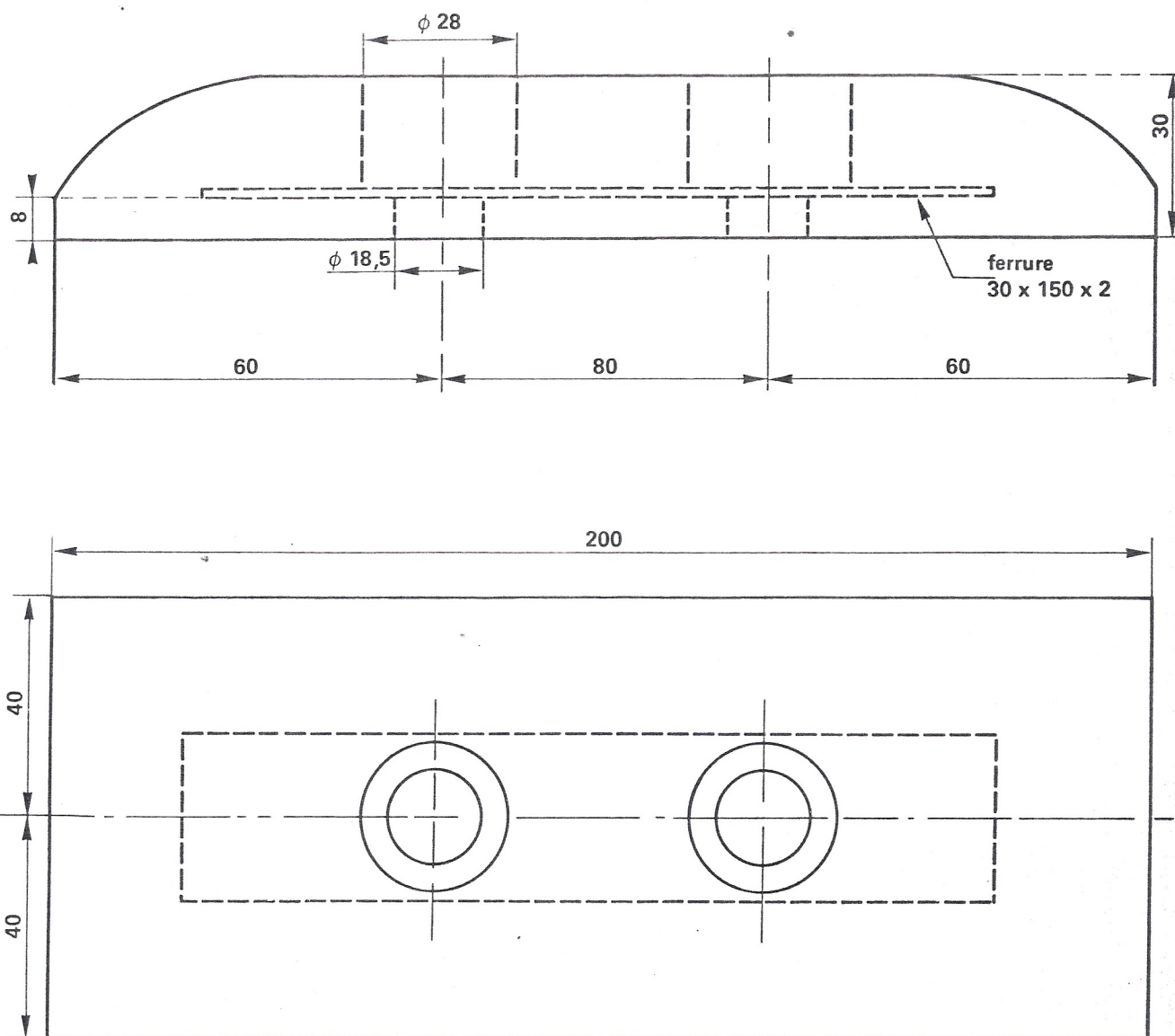
Les Pandanodes intéressent particulièrement les coques métalliques (Acier-alliages d'aluminium) mais également les coques bois ou plastiques pour la protection des pièces en acier ou alliage légers, tels les bandes molles, les safrans, les arbres porte-hélice, etc. Il suffit alors de réaliser une liaison électrique permanente et étanche entre les "Pendanodes" et ces pièces métalliques pour obtenir le résultat recherché.

Les croquis nos 10 et 11 — fig. 1 et 2 (pages 12 et 13), montrent les dispositions généralement adoptées pour l'utilisation de ces Pandanodes. Il faut donc prévoir deux ou quatre Pandanodes suivant les dimensions de la carène.

(voir suite page 14)

anode en alliage "Mercatal" A 1 M*
 COPIMAT 310-311
 couleur conventionnelle verte

croquis n° 9



surface active : 2,2 dm²

poids net : 1,15 kg

poids brut : 1,22 kg

accessoires :

2 boulons alu. soudés ϕ 14 lg. 20

1 plaque isolante - 1136 N

C O P I M COMPAGNIE POUR LA PROTECTION INTEGRALE DES MATERIAUX
 4, rue Choron - 75009 Paris - tél. 526.42.62

* Marque et brevets de la Société Française d'Electrometallurgie (SOFREM)

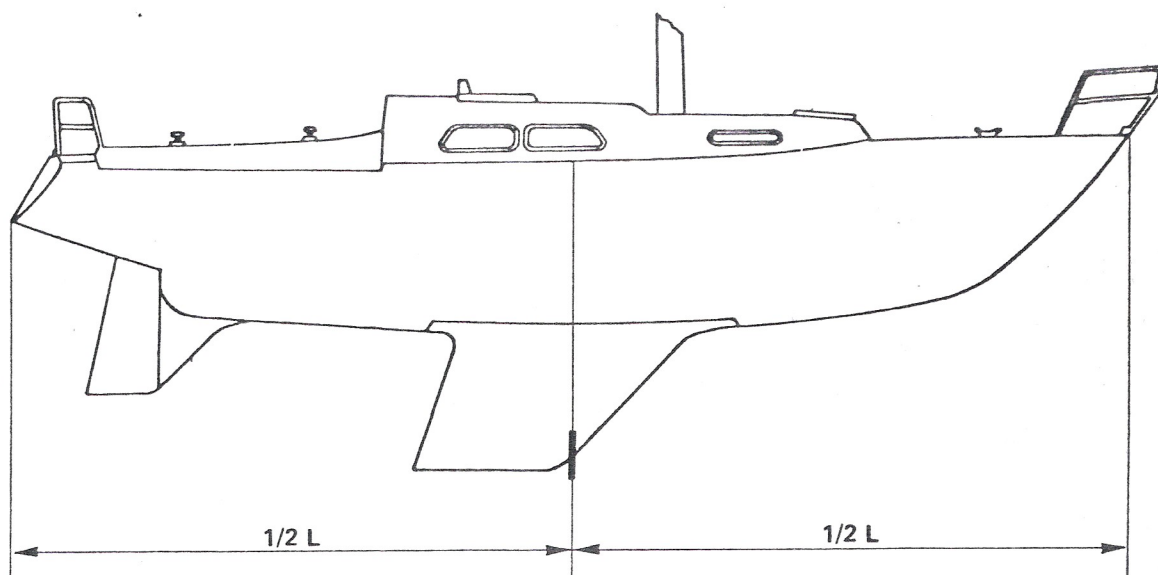


fig. n° 1 sans hélice

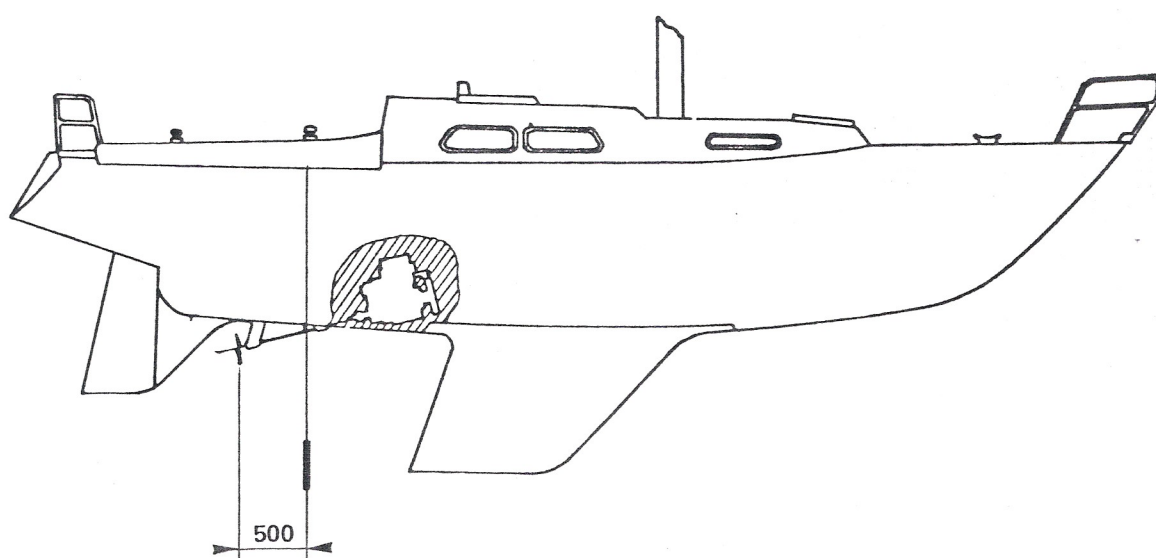


fig. n° 2 avec hélice

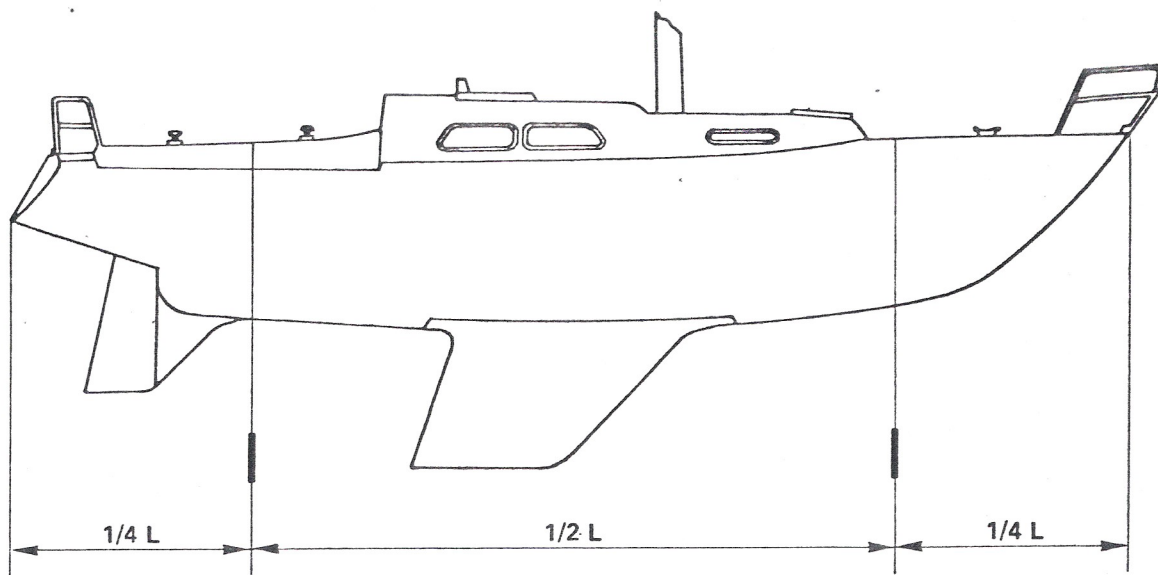


fig. n° 1 sans hélice

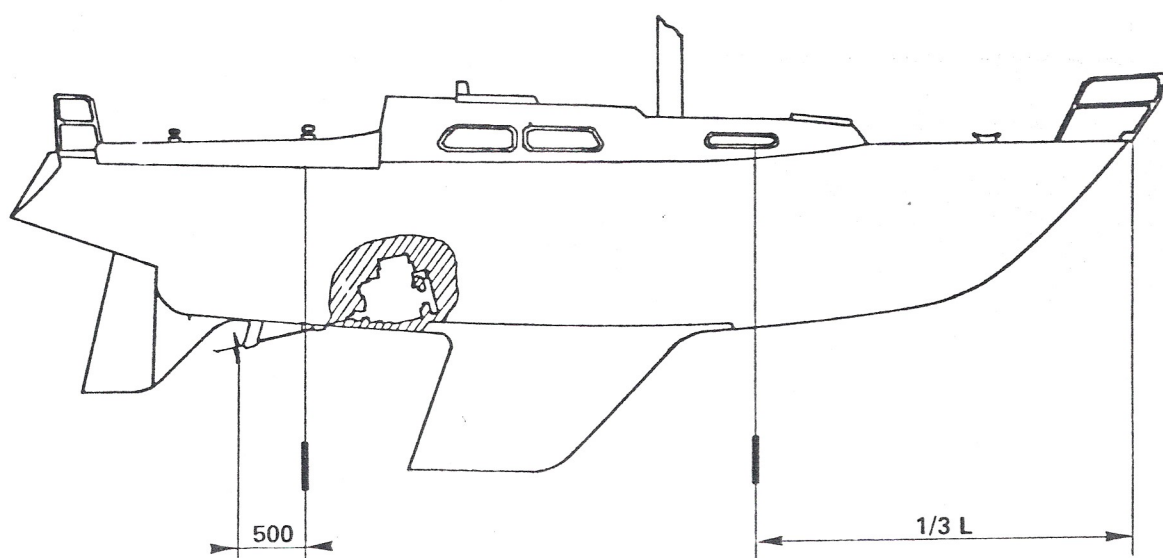


fig. n° 2 avec hélice

au-dessus de 18 m , une étude spéciale doit être faite.

protection cathodique par "pendanodes" (suite)

Le tableau suivant donne les caractéristiques des différents types de "Pendanodes" :

Pendanodes type	ϕ mm	L mm	poids grammes	capacité Amp. heures
26	26	400	560	1 600
33	33	400	780	2 200
40	40	400	1 360	3 800
60	60	400	3 100	8 500
80	80	330	5 100	17 500

La surface protégée par chaque type dépend de trois facteurs :

- nature de métal à protéger (acier ou alliages légers),
- type de revêtement de la carène,
- métaux plus nobles en liaison avec le métal de la carène (bronze, inox...).

Nous rappelons que pour une carène la protection de base doit être une formule de peinture parfaitement définie et répondant impérativement aux conditions imposées pour les peintures marines : résistance élevée à pH = 11 en milieu salin. En effet, la protection cathodique confère une légère alcalinisation au contact de la carène protégée (cathode) ; donc toute peinture sensible aux alcalis sera détériorée en pure perte, telles par exemple les peintures à l'huile de lin.

Il est donc important de bien suivre les indications des fabricants de peintures marines pour obtenir les meilleurs résultats.

Pour définir le type d'anode il y a lieu de préciser :

- la surface de la carène,
- le métal dont elle est faite,
- la surface et la nature des métaux plus nobles éventuellement en contact avec la coque,
- le croquis coté de la coque donnant la position des métaux les plus nobles, et les dimensions principales du navire,
- la formule complète du revêtement de carène.

Pour tous renseignements complémentaires sur les "Pendanodes" s'adresser à la :
C.O.P.I.M., 4, rue Choron, B.P. 194, 75422 PARIS CEDEX 09

Agents dans les principaux ports : Le Havre, Dunkerque, Dinard, Concarneau, Bordeaux...