

## LA CORROSION DES METAUX EMPLOYES DANS LA CONSTRUCTION NAVALE.

---

Par Eug. M. J. GILLON,  
Ingénieur Civil et Naval.

---

L'ensemble d'un navire se synthétise dans la coque, l'agent de propulsion, les aménagements et les auxiliaires.

La composition de la charpente, la coque, est un assemblage d'une série de pièces, disposées pour répondre au service demandé et agencées de façon à assurer une résistance parfaite, laquelle est fonction de la résistance propre et individuelle de ces pièces et de la résistance de leurs liaisons et assemblages. Il s'en suit que l'étude de cette résistance se porte sur les efforts et fatigues auxquelles sont soumis ces éléments afin de les façonner et de les proportionner pour y faire face.

Ces considérations s'appliquent aussi bien à l'agent de propulsion, voilure, appareil moteur, qu'aux auxiliaires et aux aménagements.

En vue d'uniformiser l'adoption d'échantillonnages pour telles dimensions et tels types de navires et d'en contrôler les qualités, le façonnage et leurs assemblages, des sociétés de surveillance se sont créées et ont établi des règles de classification. Les navires construits en conformité avec ces règlements sont classés dans les Régistres de ces Sociétés d'après la côte — ou la classe — attribuée à leur structure.

Pour maintenir leur classe, ces navires sont expertisés périodiquement et des instructions de réfection, renforcement, renouvellement, etc., sont données aux armateurs pour conserver la côte requise.

Ces expertises deviennent plus méticuleuses et plus sévères avec l'âge du navire et c'est ainsi que le Lloyd Register procède, après une période de douze ans, à une surveillance très approfondie et à des prélèvements d'épaisseur des tôles.

Sans être absolue, cette période semblerait indiquer une limite vers laquelle la coque devient plus fatiguée et plus usée. On a vu des coques en fer — et plus tard en acier — résister 25, 30, 40 ans et rester en service actif; puis passer aux mains des démolisseurs, non pas parce que les navires

étaient « finis », mais parce que, commercialement parlant, ils ne pouvaient plus donner satisfaction.

L'appropriation de la construction, la résistance de la structure ne sont qu'une face du problème de la vie d'un navire; mais il y a l'autre qui leur est inséparablement associée, c'est celle de la conservation, de l'entretien, que les Anglais appellent « maintenance ». C'est l'art de conserver, autant que possible cette résistance et d'arrêter les dégradations et les corrosions qui affaiblissent la matière.

Pour pouvoir procéder à cette surveillance intégrale pour la conservation, il faut pouvoir examiner, nettoyer, entretenir tous les « coins » et, en conséquence, prévoir des accès faciles à toutes les parties du navire, sans pour cela affaiblir sa résistance; négliger ces parties, réduire ces accès, c'est créer autant de centres d'affaiblissement, d'où l'attention est détournée, ce qui ne tardera pas à susciter des graves ennuis par une détérioration insoupçonnée qui se manifesterà un jour brutalement.

Le maximum de longévité de la construction, du maintien de l'ensemble dans ses conditions primitives, correspondra au minimum des modifications structurales causées par la série des agents destructeurs auxquels la construction est exposée. Il s'en suit donc qu'en annihilant ou tout au moins en minimisant les possibilités de détérioration, on contribuera, pour autant, à maintenir la résistance envisagée initialement. La formule est simple : *surveiller et préserver*, mais son application n'est pas toujours aisée et devient quelquefois complexe.

Faisant abstraction des efforts et des fatigues que peut subir un navire, longitudinalement, transversalement ou localement, des vibrations du propulseur, des mouvements des vagues, toutes causes de détériorations qui sont absorbées par la résistance de la structure, nous nous bornerons à examiner dans cet exposé la corrosion des parties en fer et en acier et les moyens en usage ou préconisés pour en combattre, en atténuer les effets et y porter remède.

Pour les tôles et profilés employés dans la construction navale, l'acier doux a remplacé le fer. La méthode la moins chère pour fabriquer de grandes quantités d'acier est celle où l'on retire le carbone de la fonte. Le procédé qui permet une latitude plus grande de temps d'opération et un dosage ou ajustage plus précis pour obtenir une qualité déterminée, en conduisant le bain suivant les échantillons prélevés, est le procédé Siemens Martin, à four ouvert, dont le recouvrement

peut être basique ou acide. Le procédé basique élimine le phosphore et la silice. C'est l'acier basique Siemens-Martin qui est presque exclusivement employé dans la construction navale. Les tôles usuelles contiennent de 0.12 à 0.20 % de carbone; au-delà de cette proportion, les tôles deviennent trop dures et ne conviennent plus. Le soufre ne peut être toléré qu'en quantité infinitésimale; au maximum 0.08 %, sa présence empêche le forgeage; le phosphore ne doit pas dépasser la teneur de 0.04 à 0.06 %, il rend le métal cassant. Le manganèse neutralise l'action du soufre, du phosphore et de la silice, mais si la proportion de manganèse est trop forte, la corrosion de l'acier sera plus rapide. L'acier au nickel a été employé dans quelques cas spéciaux, peut-être le sera-t-il plus à l'avenir. La composition des tôles en Siemens-Martin s'établit entre les limites suivantes :

Carbone	Silice	Soufre	Phosphore	Manganèse
0.09 à 0.14	0.03 à 0.06	0.04 à 0.06	0.04 à 0.06	0.30 à 0.60

et quelques quantités infinitésimales d'autres substances.

La composition de l'acier employé dans les coques ne répond donc pas à une homogénéité absolue et ces différences ont leur influence sur la façon dont les tôles se comporteront.

La détérioration des métaux peut être provoquée par trois causes principales : la corrosion qui est la plus importante, la plus difficile à combattre; l'usure par frottement; l'érosion, due au flux ou brassage énergétique d'un courant liquide ou gazeux à très grande vitesse sur les parois métalliques.

Les métaux se trouvent donc affaiblis par ces agents destructeurs, mais aussi par suite des variations continues des efforts auxquels ils sont soumis; ils sont exposés à voir s'intensifier, de ce fait et s'augmenter les défauts inhérents à leur constitution, à leur texture, défauts d'impuretés, de différences d'état physique provoquées par les variations de température pendant leur fabrication, leur traitement, leur mise en œuvre.

Bien qu'une pièce d'acier soit considérée comme entièrement homogène, soit chimiquement, soit dans sa texture, les analyses chimiques et les méthodes photomicrographiques ont bientôt démontré l'erreur de cette croyance.

Et l'on constate que des tôles ou des profilés, apparemment de même qualité sont très différemment attaqués par la corrosion, et même dans diverses parties d'une même tôle ou d'une même membrure.

On trouvera aussi qu'une cornière se corrodera plus vite qu'une tôle de même composition; qu'un profil courbé, une tôle pliée sera plus vite attaquée à cet endroit que sur la partie droite, que les tôles de l'étrave ou des bouchains seront plus vite « mangées » que dans les parties droites; qu'un rivet martelé souffrira plus qu'un rivet qui n'a pas subi les coups de marteau.

Les tendances d'attaque ne varient donc pas seulement d'après la composition chimique du métal, mais aussi suivant les tensions moléculaires de la texture, le travail moléculaire qui s'est opéré par les traitements divers auxquels le métal a été soumis, le temps pendant lequel il a été travaillé, les opérations thermiques qu'il a dû subir pour sa manipulation ou son façonnage.

Les constituants diversement répartis dans la masse et surtout à la surface donneront lieu à des séries de tensions différentes et amèneront ainsi des alternances dans le travail de corrosion.

\*\*\*

La corrosion se manifeste sur les parties extérieures et intérieures de la coque. Les premières sont sous eau ou hors de l'eau; les parties immergées sont plus attaquées que celles soumises uniquement à l'air et aux intempéries atmosphériques.

Les parties intérieures subissent des différences de températures, amenant des condensations des vapeurs humides; l'attaque de substances corrosives composant la cargaison; des eaux de cale chargées de matières nuisibles; d'écoulements gras ou huileux sous les machines et les chaudières, auxquels s'ajoutent de hautes températures ambiantes, des dégagements de vapeur, de gaz, etc. Des actions galvaniques s'établissent entre des parties immergées dans l'eau de mer, ou l'eau des cales, acier et fer d'une part, autres métaux, cuivre, bronze, plomb, etc. de l'autre.

On voit que parmi ces causes de détérioration, beaucoup peuvent être éliminées ou du moins réduites par des soins attentifs et judicieux; mais il en est une qu'il faut continuellement combattre, car elle est toujours prête à se renouveler et à agir, c'est l'action de l'eau de mer.

Cette action varie suivant les diverses latitudes, elle est plus intense dans les mers chaudes.

On sait d'ailleurs que la composition de l'eau de mer varie suivant les lieux. Elle comprend environ  $1/32$  de matières solides en poids (analyse moyenne : sel commun 76 %, chlorure de magnésium 10 %, sulfate de magnésium 6 %, sulfate de chaux 5 % et 3 % de carbonate de chaux et autres substances).

Dès le début de l'emploi du fer, puis de l'acier, des séries d'expériences et d'essais ont été faites afin de pouvoir déterminer le degré de corrosion dû à l'action de différentes eaux de mer.

En 1841, les recherches de M. Mallet attribuèrent à des tôles de chaudière une perte de .007 à .009 lb par pied carré et par mois, dans l'eau de mer claire; le double dans de l'eau de mer chargée et sale.

En 1865, les travaux de MM. Calvert et Johnson attribuèrent au fer une perte de .0204 lb par pied carré et par mois.

En 1881-88, M. Parker détermina pour l'acier une perte de .0172 dans l'eau de mer et de .0436 dans les eaux de cale.

Ces expériences n'ont pu être qu'indicatives et ne peuvent donner aucune règle absolue pour les navires.

En tous cas, l'acier est plus vite attaqué que le fer, et les oxydes qui peuvent recouvrir ces métaux leurs sont électro-négatifs et par conséquent l'action galvanique provoquée par l'oxyde accélère à ces endroits la rapidité de la corrosion.

Des expériences plus récentes ont été conduites vers 1902-1904 par M. Diegel dans le port de Kiel, en vue d'établir des données sur la résistance à la corrosion des divers métaux employés dans la construction navale. Ces essais prouvèrent entre autres que des aciers riches en phosphore ou en nickel résistaient beaucoup mieux que ceux d'un pourcentage moindre. D'où il serait intéressant d'augmenter la proportion du phosphore et du nickel aux endroits plus susceptibles de corrosion.

D'une façon générale, il est reconnu que la corrosion, qui est au fond une décomposition chimique du métal, est due à la différence de potentiel électrique entre le liquide ou l'humidité qui mouille la surface du métal et le métal lui-même. Chaque corps et chaque liquide ont un potentiel déterminé à une température donnée. Si nous plongeons un métal dans un liquide d'un potentiel moindre, le métal se dissolva peu à peu dans le liquide, dont il élèvera le potentiel jusqu'à égalisation du potentiel des deux corps mis en présence — et cela pour autant que toutes mêmes conditions soient maintenues;

si celles-ci sont modifiées, par exemple par la température, une nouvelle dissolution se produira.

Si le liquide est remplacé au fur et à mesure que le métal se dissout, comme par exemple le cas d'un navire se mouvant dans la mer, les particules désagrégées n'élèveront réellement pas le potentiel de la masse et la dissolution pourra se continuer jusqu'à l'extinction du métal.

Si le potentiel du liquide surpasse le potentiel du métal, une certaine pression électrique sera exercée sur le métal et la dissolution ne se produira pas, il n'y aura pas de désagrégation, donc de corrosion.

Si une tôle uniformément mouillée présente sur tous les points de sa surface le même potentiel et que celui-ci soit plus élevé que celui du liquide qui le mouille, le métal, en le supposant homogène, se corrodera de la même façon à tous ses points et il se produira une corrosion générale. Par corollaire, s'il y avait des endroits où les potentiels seraient différents, le métal se corrodera d'abord aux points où ces potentiels sont les plus élevés par rapport au liquide et il se produira une corrosion locale plus active : le piquage, le « pitting » de la tôle.

D'autre part, un métal absolument sec ne se corrodera pas, et celui mouillé, ne s'altérera qu'aux places « mouillées ».

En somme, l'acier est électropositif par rapport à l'eau de mer; la fonte est électronégative; le cuivre et ses alliages varient; à température ordinaire sont électronégatifs, mais si leur potentiel augmente, mettons par surélévation de température et dépasse celui du liquide, il y aura corrosion comme pour l'acier. L'acier, en contact métallique parfait avec la fonte, plongé dans l'eau de mer aura une corrosion plus rapide; s'il n'y a pas de contact, il n'y aura pas d'augmentation de corrosion. Si l'acier est bien enrobé de couleur, inattaquable à l'humidité et que le même contact soit assuré, il n'y aura pas de corrosion; si la pellicule de couleur se brise, il y aura corrosion rapide à l'endroit découvert.

\*\*\*

Comment faut-il parer à ces corrosions, les combattre ou les éviter ?

Il convient d'avoir tout d'abord un métal aussi homogène que possible de composition et de structure physique, puis de le soustraire aux actions extérieures de détérioration, en l'in-

duisant d'un produit anticorrosif qui ferme hermétiquement tous les pores du métal sur lequel on l'étend, que ce produit fasse intimement corps avec le métal et y adhère fortement. Tout le secret de cette efficacité réside dans cette protection et liaison intime. Il faut ensuite par une surveillance active et un entretien soigneux maintenir cette protection. (Comme nous envisageons ici plutôt la marine de commerce, nous ne parlerons pas des blindages employés dans la marine de guerre ou des cas spéciaux.)

Quand les tôles et les profilés sortent des laminaires, ils ne présentent pas une surface absolument nette et propre. Le laminage leur a laissé une pelure d'oxyde, couche lisse de calamine, qui tient très fort au métal. Nous avons signalé l'action galvanique corrosive de ces oxydes. Les recouvrir de peinture, mettons, serait du très mauvais travail, car le tout s'écaillerait, tomberait, l'humidité s'intercalerait sous cette écaille de peinture et de rouille.

Il faut donc débarasser les tôles de toutes les impuretés qui les couvrent. Dans les chantiers, le travail en plein air, les martelages, chocs, dus au transport, à la mise en place, au rivetage, matage, l'influence des agents atmosphériques, font que ces matières tombent. Mais cela ne veut pas dire que les tôles seront propres et lisses après tout cela. On est souvent obligé d'en faire le décapage ou le nettoyage; le mieux est avant la mise en œuvre. On les passe dans un bain d'acide chlorhydrique très dilué d'eau (1 à 19) les y laissant quelque temps; puis on les lave à grande eau douce, en les frottant énergiquement à la brosse métallique; on les enduit d'huile brute ou bouillie et on les laisse exposées à l'air quelques jours.

On décape aussi les pièces au jet de sable, non de façon superficielle comme en fonderie, mais d'une façon complète. En examinant avec la loupe, il faut que tous ces petits points, ces poches minuscules ne présentent plus la moindre trace de rouille ou d'oxyde. Mais on ne pousse guère cette minutie aussi loin et bien à tort.

Ce décapage est usuellement employé pour la galvanisation au bain. La galvanisation est un excellent procédé d'enrobage, mais est néanmoins coûteux.

Les chantiers Palmers à Jarrow (Angleterre) traitent 10 à 12,000 tonnes de tôles et de profilés, par un procédé de galvanisation à chaud permettant de traiter des tôles de 45' × 5' 6" et de 30' × 10' 6", des profilés de 60' de longueur.

Observons toutefois que l'usage de métaux électropositifs

par rapport à l'acier, comme dans la galvanisation et d'autres procédés de recouvrement métallique, offre une préservation qui n'est pas sans risque pour des pièces continuellement immergées dans l'eau de mer; la couche de zinc étant électropositive par rapport à l'acier est plus soluble et se corrode plus vite; une fois l'acier découvert, l'attaque se fait rapidement, un piquage se produit localement avant qu'une autre partie se trouve être non protégée. Pour le bordé, une fois que la galvanisation disparaît, il n'y a plus moyen de la renouveler. Il faut donc bien recouvrir les pièces galvanisées de peinture adéquate. (Pour le zinc, éviter le minium de plomb.)

Notons aussi un procédé récent, celui de la métallisation ou recouvrement métallique, par projection du métal en fusion, après décapage des pièces.

On compte 600 à 900 grammes de zinc au mètre carré pour une protection normale contre l'action atmosphérique. Pendant la construction du « Normandie », les chantiers de Penhoët ont utilisé pendant deux ans consécutifs 15 pistolets de métallisation. Ce procédé de préservation est d'ailleurs assez bien en usage dans la construction métallique (réservoirs, charpentes, ponts, gazomètres, etc.).

La question de la peinture est une question importante à laquelle il convient de donner tous les soins voulus pour bénéficier du meilleur résultat à en attendre.

A quel moment faut-il peindre, comment peindre, quelle peinture y a-t-il lieu d'employer?

Il ne faut jamais peindre que des parties absolument sèches, débarrassées entièrement de toutes impuretés et bien nettoyées; opérer par temps sec, éviter la gelée.

On applique une première couche, à l'état bien fluide pour ainsi dire, composée principalement d'huile et l'étendre progressivement de manière que tous les pores, toutes les rugosités soient bien pénétrées, qu'elle fasse prise intime avec la surface à couvrir. Quand la couche sera bien sèche, y appliquer une deuxième couche de fluidité moyenne. Ces couches seront de composition anticorrosives hydrofuges et de la meilleure qualité. La troisième couche sera, pour les parties sous eau de la qualité dite « antifouling », contre le salissage des carènes, et pour les autres surfaces de la meilleure couleur hydrofuge, étudiée spécialement pour combattre l'humidité.

D'excellents produits ont fait leurs preuves et sont bien connus des armateurs qui ont chacun leurs préférences. Ce qu'il y a d'essentiel, c'est que la couleur puisse présenter le



même coefficient d'expansion que le métal qu'elle recouvre, sinon elle se fendillera et pèlera.

Il y a des couleurs anticorrosives qui ne sont pas absolument imperméables à l'humidité ou à l'eau; il faut dans ce cas appliquer une couche de couleur supplémentaire bien imperméable à l'eau. La couleur anticorrosive doit être telle que si de l'humidité s'infiltré et passe, elle soit à même d'élever le potentiel du liquide qui s'est introduit à un point plus élevé que le métal qui va se trouver exposé; les particules constituantes de la couleur doivent donc être d'une série électrolytique plus élevée que le métal à couvrir.

La surveillance des peintures doit se faire fréquemment; il faut enlever la rouille, bien nettoyer et gratter le métal à vif et repeindre aux enduits nécessaires; cependant, il vaudrait mieux laisser une vieille peinture recouvrant une pellicule de rouille bien sèche que de la remplacer par une peinture qui n'adhérerait pas aussi fortement ou qui ne s'appliquerait plus sur une surface aussi sèche. Tout renouvellement de peinture doit se faire sur une surface absolument sèche.

Les dérivés asphaltiques des résidus de distillation du pétrole ont ouvert le champ à une série de produits imperméables et hydrofuges, dont on fait emploi dans les enduits ou peintures bien connus sous le nom de « bitumastic ». Ce produit est un excellent agent de conservation, dans les cas de causes d'oxydation continues. Il doit être appliqué à chaud et par des spécialistes.

On emploie depuis peu d'années une peinture absolument permanente, prétend-on, à base de plomb liquéfié.

Quelquefois on fait usage, pour le bordé de fond, d'un enduit de zinc fondu et de suif, préservatif excellent, mais d'application assez lente et qui requiert un temps tout à fait sec et sans gelée quand on l'emploie.

Nous avons dit que la couche de peinture finale appliquée sur la partie de la coque immergée était une composition « antifouling » (désincrustante) dont les propriétés doivent empêcher le dépôt des végétations et des incrustations qui finissent par recouvrir la coque quand le navire est resté longtemps à flot. Ces dépôts peuvent s'accroître rapidement dans certaines mers, surtout dans les eaux tropicales. Il faut s'en débarrasser de façon à maintenir le bordé lisse, car l'on sait que toutes les rugosités sont préjudiciables à la bonne marche du navire et réduisent sa vitesse, par suite de l'augmentation de la résistance de frottement de la carène sur l'eau, ou s'il faut

maintenir la vitesse, cette résistance provoque une augmentation sensible de la puissance des machines.

Naturellement, l'importance de cette question a donné lieu à de multiples recherches pour trouver le moyen d'empêcher ces adhérences, ou de les faire se détacher au fur et à mesure qu'elles apparaissaient. De très nombreux remèdes ont été préconisés : peintures et vernis gras, peintures empoisonnées, feuilles métalliques, plaques de verre, émaux, ciments spéciaux, etc., etc. Tout cela a été abandonné, cela donnait peu de chose.

A titre documentaire, disons qu'entre 1861 et 1868 plus d'une centaine de procédés ont été brevetés pour combattre ces dépôts... et que d'autres depuis ! Mais l'efficacité de tout ce qui a été préconisé n'a été que partielle et non absolue. Le seul résultat auquel on est arrivé, c'est que les compositions actuelles sont bien améliorées, et peuvent être appliquées rapidement pendant le carénage. Il est à présumer que vu les données spéciales du problème on ne trouvera jamais la solution adéquate et complète qui donnerait une satisfaction absolue, par un enduit.

\*\*\*

Parcourons succinctement les procédés usuels de protection que l'on observe dans les navires.

\*\*\*

### **La Coque.**

On la peint soit avant, soit après le lancement.

Dans le premier cas, ne pas différer plus de six mois la mise en cale sèche; enlever toute peinture attaquée et refaire celle-ci comme nous l'avons indiqué.

Dans le deuxième cas, l'action galvanique s'exerce après la mise à l'eau, la rouille, l'oxyde s'écaille et se détache, et lors de la mise en cale sèche, brosser, nettoyer la carène et appliquer les 3 couches de couleur usuelles.

Pour toute coque ancienne, enlever carrément toute vieille peinture et appliquer les peintures nouvelles directement sur le métal bien nettoyé à sec.

### **Les Ponts.**

Il faut étudier la construction, les assemblages et le bordé, de façon à ce que l'eau ne reste stagnante nulle part et puisse

toujours s'écouler rapidement, par une disposition adéquate des pièces.

Si un pont en fer est recouvert d'un pont en bois, il faut enduire les tôles, à l'état sec, d'un bon goudron soit végétal (Stockholm) soit minéral (débarassé des éléments nuisibles au fer). Les planches doivent être fortement serrées contre le fer et directement, sans cales ni lattes.

Le calfatage doit être particulièrement soigné, en matières de qualité et en main-d'œuvre, les boulons bien enduits de céruse, pour que l'eau ne puisse s'infiltrer. De même, protéger les barrots sur lequel est assujetti le bordage, par de la peinture, enduits spéciaux, minium, feutrer ou quelquefois placer des plaques de zinc à l'endroit des joints. Le bois des ponts doit se sécher uniformément; si l'on s'aperçoit qu'aux joints ou à certaines places le séchage ne s'est pas produit, quand le reste du pont est sec, c'est qu'il y a eu là un défaut, une pénétration d'eau.

Comme l'eau toutefois pourrait s'infiltrer, il faut aménager des drains d'écoulement pour empêcher la corrosion et conduire l'eau dans la cale.

Enfin, on donne une couche d'un mélange de térébenthine et d'huile pour protéger le bois.

### **Causes de détériorations en service.**

Echouage sur fonds pierreux; frottement contre murs de quai; rencontre de projections; heurts de marchandises, etc. Il faut noter que la corrosion attaque plus rapidement les parties qui ont souffert; les clins, les joints, le matage, le rivetage peuvent avoir été déforcés et l'eau peut s'introduire. Un examen régulier s'impose donc. Aux endroits des écoutilles, il est bon de chanfreiner le bord des virures.

### **Les parties intérieures de la coque.**

Les bouchains forment le réceptacle des eaux et matières drainées dans les cales et ces eaux, qui contiennent toutes sortes de choses, constituent un liquide très corrosif. Il faut porter le vaigrage bien contre la muraille, de manière à éviter le passage de matières provenant de la cargaison entre le vaigrage et le bordé.

Il faut aussi aménager des boîtes de regard, pour faciliter la surveillance. Comme préventif, on recourt au cimentage des fonds des bouchains.

Le *double fond* se trouve soumis à toutes sortes de variations; ou bien rempli d'eau, ou vide, jamais à l'air sec; les pompes ne savent pas pomper les quelques derniers centimètres d'eau, et ce qui reste, balloté par le mouvement du navire, mouille continuellement l'intérieur, qui n'est que très difficilement ventilé ou pas même du tout, d'où milieu corrosif très humide.

Les parties les plus exposées à la corrosion sont les parties sous la tôle du plafond, les cornières longitudinales de fond, les endroits près des anguilliers, dans les varangues.

Sous les chaudières, l'air humide du D. F. est encore plus corrosif, car il est chauffé par la chaleur qui lui est transmise, et la partie supérieure du D. F. s'attaque rapidement. L'endroit où le D. F. se rattache longitudinalement au bordé, dans les bouchains, est également un endroit faible.

En conséquence, le D. F. requiert une attention tout spéciale. Indiquons sommairement quelques moyens de préservation : application sur les fonds d'un lait de ciment, plutôt que de ciment qui se craquelerait. Enduits bitumastiques; galvanisation de la structure sous les chaudières; faciliter l'écoulement des eaux vers les succions; que les anguilliers soient découpés presque à ras du fond; augmenter l'épaisseur aux endroits voulus, par exemple à l'endroit des chaudières, assèchement par courant d'air et ventilation, etc. On a quelquefois employé des tôles en fer sous la chaudière au lieu de tôles d'acier.

En cas de vaigrage du D. F., on s'en tient aux précautions indiquées plus haut pour les ponts, après avoir recouvert les tôles d'un bon goudron végétal aspergé de ciment. Cependant, le vaigrage n'est plus tant usité; on le maintient parfois aux endroits des écoutilles, principalement pour les chocs et les chutes de marchandises.

Dans le même ordre d'idées que le D. F. des précautions de préservation sont à prendre dans les coquerons, les réservoirs d'eau, les citernes, deep-tanks, les soutes; celles-ci requièrent des enduits spéciaux, car soumise à des dégagements de gaz ou de vapeurs corrosives, une peinture ordinaire ne tiendrait pas.

Il faut surtout assurer à toutes ces parties une ventilation des plus efficaces, et, par les détails de construction appropriés, permettre l'accès à tous les coins. Il y a eu des cas d'intoxication mortelle, en n'éliminant pas l'air tellement em-

poisonné de certains endroits, qu'une bougie n'aurait pu rester allumée.

Pour des endroits absolument inaccessibles, le mieux est de les cimenter très soigneusement, ainsi que les fentes et crevasses.

### **Intérieur des cales et des aménagements.**

C'est ici encore que la ventilation doit contrecarrer la formation de matières humides ou toxiques.

Pour des pétroliers, des charbonniers, certaines marchandises spéciales, la ventilation est d'une importance capitale. C'est sous les barrots des ponts que la corrosion s'avère, ainsi que sur les membrures des cales.

L'ossature présente ordinairement une surface fraîche, très vaste, sur laquelle inévitablement viennent se condenser les vapeurs humides ambiantes. On dirait que les tôles et les cornières sont soumises à une transudation. Des gouttelettes se forment, de l'eau tombe et, pour de longs voyages, la cargaison peut être endommagée. Il faut donc examiner si éventuellement cette eau ne se déposerait pas, ou ne séjournerait pas à tel endroit : goussets d'assemblages, carlingues de cale, renforts de cloisons, etc., dans l'affirmative forer un trou pour l'écouler vers la cale.

C'est donc par une bonne sérieuse ventilation et un entretien constant des peintures, le maintien propre des surfaces, que l'on obviendra à tous ces inconvénients. L'enduit usuel des cales est une peinture au minium de plomb et d'huile de lin.

Il faut également vérifier le bordé par l'intérieur des cales, voir s'il n'y a pas de fuite d'eau, de fissures, d'assemblage défectueux; voir si les vannes, les dalots, les tuyauteries fixées au bordé ne laissent apparaître aucun suintement, etc.

Là où l'action galvanique peut se produire, par exemple aux tuyaux d'aspiration des cales, utiliser des métaux qui n'aient pas d'influence corrosive l'un par rapport à l'autre, sinon les peindre, les vernir, les recouvrir de toile, etc.

Dans les aménagements, c'est encore la ventilation effective qui détruira l'effet nuisible des condensations.

Une bonne méthode est de recouvrir la structure métallique d'une peinture épaissie par du liège en poudre, ce qui diminue considérablement la condensation sur les surfaces métalliques froides.

Il faut que les cloisonnages et vaigrages soient aisément démontables ou enlevables par panneaux, pour pouvoir rapide-

ment et facilement examiner ce qui se passe derrière. Cette remarque est également importante dans les navires frigorifiques ou les compartiments réfrigérés.

\*\*\*

Toutes ces observations que nous avons relevées pour la coque et la structure d'un navire peuvent s'étendre aux machines, aux chaudières, aux appareils accessoires, etc.

Une machine en service se recouvre d'elle-même d'une couche huileuse qui la protège, mais si la machine est au repos, pour un temps assez long, il convient de la recouvrir de peinture.

L'intérieur des condenseurs, filtres, surchauffeurs ne peut être préservé comme leurs parties extérieures. Par suite des différences d'expansion, les essais qu'on a voulu faire n'ont pu être appliqués uniformément.

C'est par la composition du métal même, qu'il faut rendre le plus homogène possible, qu'on obtiendra le meilleur degré de préservation.

Pour les chaudières, la question est plus complexe. Nous ne pouvons songer à l'analyser. Disons pourtant que dans la chaudière ordinaire à retour de flamme les parties qui s'abîment le plus vite sont : le dessus des foyers, la partie postérieure des tubes et le dôme de la chambre de combustion; les foyers se piquent, présentent des craquelures et s'affaissent; les tubes se piquent, se crevassent et se distordent; les joints et les abouts suintent. On voit donc le vaste champ d'investigation qui se présente dans l'étude de la corrosion des chaudières, et même celle-ci est absolument irrégulière; certaines chaudières sont corrodées en très peu de temps, d'autres identiques et traitées de la même façon, pour un même genre de service, subissent une corrosion normale. Des corrosions locales peuvent se manifester, s'il y a irrégularité de composition de la matière.

La conduite d'une chaudière est liée à sa longévité.

Il faut régler les feux pour éviter les à-coups, éviter les contractions brusques, tant au chauffage qu'au refroidissement, tenir la chaudière propre, la débarrasser de l'huile qui aurait pénétré; maintenir une alcalinité suffisante (jamais inférieure à 2 %). Cette alcalinité a plus d'influence qu'une eau acidulée (par l'oxydation des huiles, par exemple). Si l'eau n'est pas assez alcaline, la chaudière se détériorera aux

endroits faibles; si cette alcalinité est forte, aucune corrosion ne se produira.

Quant aux canalisations (vapeur, eau chaude, circulation), il existe d'excellents moyens de préserver les surfaces internes des ces conduites. C'est surtout précieux pour les hautes pressions et les vapeurs surchauffées.

\*\*\*

Comme nous le voyons, dans cet exposé sur la corrosion, nous ne possédons pas de moyens radicaux qui puissent la rendre impossible ou la combattre irréductiblement. Nous ne disposons que de deux remèdes : l'attention et les palliatifs de préservation. Pourtant la question est importante, surtout pour les grandes compagnies, où l'entretien de leur flotte demande une telle surveillance qu'elles en chargent à demeure des spécialistes, très au courant d'ailleurs de la construction navale, bien qu'elles aient leurs inspecteurs d'armement qui auparavant remplissaient cet office.

Peut-être qu'un jour viendra où la construction navale pourra disposer d'un métal absolument inattaquable. Certains essais d'alliages ont été faits pour des petites unités; mais, qui sait? Si le prix de production du nickel, par exemple, diminuait, ne pourrait-on pas produire un alliage idéal qui serait à la fois anticorrosif et désincrustant? La science et les chercheurs n'ont pas dit leur dernier mot; cette solution est donc très possible.

Au fond, la matière coûterait-elle plus cher, quelle économie n'en résulterait-il pas dans toute cette série de frais d'entretien, d'immobilisation, de carénage, réparations et autres, inséparables actuellement de la conservation et du bon entretien des navires?

---