

VI) TRAITEMENT D'EAU

a) Traitement des eaux usées

Les eaux rejetées par les toilettes, services, cuisines, etc. ne peuvent plus être envoyées directement à la mer. Elles sont dirigées sur une caisse de digestion et d'épuration, afin d'éviter les pollutions. La figure suivante donne un exemple typique d'une telle caisse à bord d'un navire. Cette caisse consiste en trois compartiments :

- A) Les eaux usées sont agitées et aérées par de l'air comprimé. Les boues en suspension supportent des bactéries spéciales qui se nourrissent des matières organiques contenues dans l'eau. L'avantage de ce procédé est d'être très peu coûteux, entièrement automatique et dépourvu de gaz malodorants.
- B) Les eaux digérées de la partie A débordent dans le compartiment B où s'opère une décantation des boues qui sont reprises au fond et ramenées en A où elles continuent à travailler.
- C) Les eaux claires de B débordent vers un compartiment C où elles sont soumises à une javellisation puis rejetées à l'extérieur.

Mise en œuvre

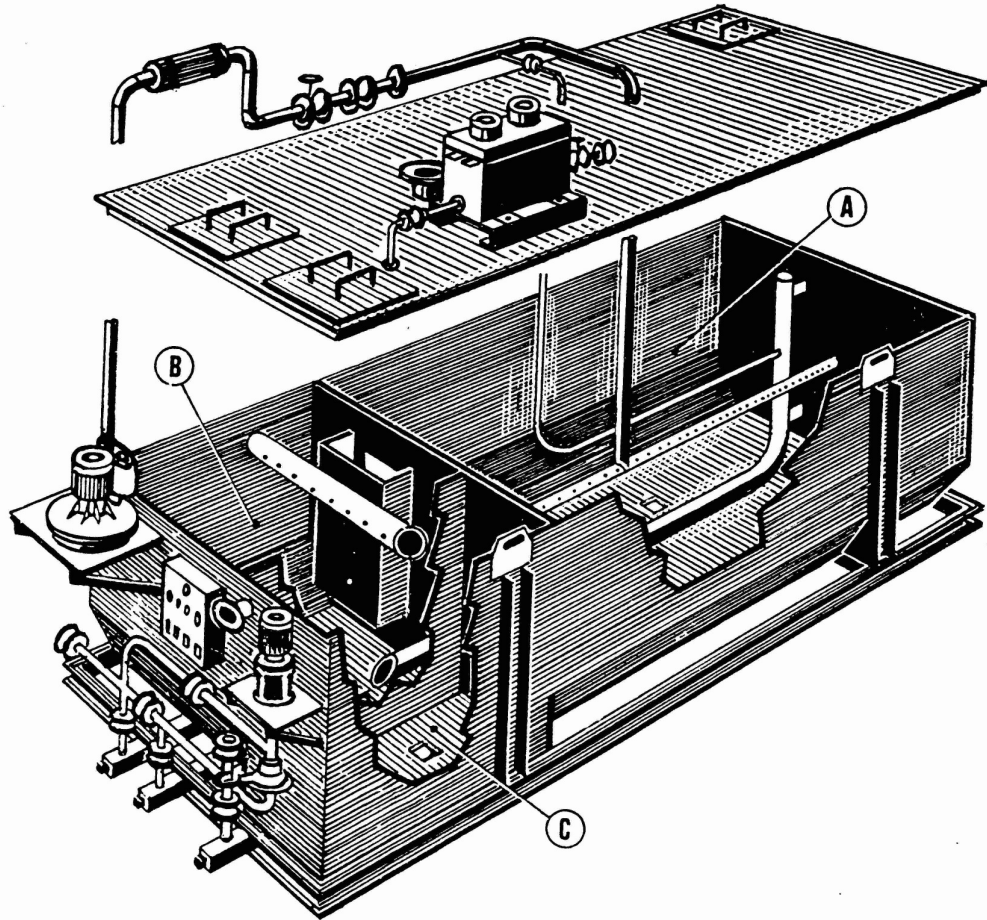
Cette unité Oxingain doit travailler en continu, tout étant automatique, l'injection d'air se faisait périodiquement à l'aide d'une horloge programmée. Après un arrêt, le lit de boues activées demandera 2 à 3 semaines pour se reconstituer de lui-même. Toutefois un démarrage en 24 heures peut être obtenu par ensemencement bactérien à l'aide d'une poudre à base de bactéries et d'enzymes sélectionnés.

Boite à graisse

A la sortie des cuisines est, en général, disposée une boite à graisse, dont le rôle est de décanter les graisses et d'éviter les bouchages des tuyauteries par ces corps gras qui agglomèrent d'autres déchets. Le nettoyage des boîtes à graisse est fait généralement une fois par semaine. Pour faciliter ce nettoyage, il est meilleur d'utiliser un produit chimique ou bactérien pour la dégradation des graisses.

Chasses à l'eau de mer

Certains navires sont équipés de circuits eau de mer pour les chasses des toilettes. Ces eaux peuvent rejoindre sans inconvénient l'unité de traitement des eaux usées.



b)Le traitement de l'eau de refroidissement d'un moteur diesel.

Problèmes

1. Les dépôts de tartre risquent de limiter l'efficacité du refroidissement.
2. Par la présence d'acides et surtout de l'oxygène dans l'eau de refroidissement on peut s'attendre à de la corrosion. Contrairement à la situation dans les chaudières, on ne peut pas compter sur la couche protectrice de magnétite: par les vibrations du bloc moteur même ce magnétite se détache des parois (on aura de la cavitation entre la masse d'eau et la couche de magnétite).
3. Il est souhaitable que l'eau de refroidissement soit lubrifiante. Ainsi on limite l'usure des joints dans les pompes et surtout dans les tubes télescopiques (moteurs à crosse).
4. Les particules flottantes (sédiments) rendent la circulation plus difficile et peuvent même donner des obstructions.
5. Surtout dans des installations qui sont longtemps inutilisées on peut avoir de la corrosion bactériologique: des bactéries se développent qui forment des produits corrosifs.

Solutions

La qualité de l'eau.

Un bon échangeur d'ions ou évaporateur nous donne automatiquement la qualité requise. Surtout dans les autres cas il faut observer les points suivants.

Afin d'éviter la corrosion les teneurs en chlorides et sulfates doivent rester limitées: ces produits forment des acides à des températures élevées.

Afin de limiter les dépôts il faut limiter la dureté de l'eau, ainsi que la matière solide dissoute.

La liste suivante donne une idée des limites imposées.

	<i>Deutz</i>	<i>Detroit Diesel</i>
<i>Chlorides</i>	<i>100 mg/l</i>	<i>40 mg/l</i>
<i>Sulfates</i>	<i>100 mg/l</i>	<i>100 mg/l</i>
<i>Dureté temporaire</i>	<i>au moins 3 gH</i>	
<i>Dureté totale</i>	<i>3 à 12 gH</i>	<i>170 ppm CaCO₃ 10 gH</i>
<i>pH</i>	<i>7 à 8,5</i>	
<i>Matière solide dissoute</i>		<i>340 mg/l</i>

Une teneur en chlorites élevée peut aussi perturber le fonctionnement d'un adoucisseur d'eau - échangeur d'ions d'une telle façon que les ions de Ca et de Mg rentrent en solution.

Traitement

On utilise des inhibiteurs, des produits qui forment un film protecteur sur les surfaces métalliques. On évite ainsi un contact direct entre l'eau et les surfaces métalliques et donc la corrosion.

Afin d'éviter des dépôts de tartre on utilise des polyélectrolytes, qui facilitent la dispersion du tartre. Ce produit rend d'ailleurs tous les sédiments flottants et est aussi lubrifiant.

En général on ne peut pas avoir du zinc dans le circuit d'eau de refroidissement quand on utilise des inhibiteurs, puisque

- la corrosion du zinc avance de plus en plus vite quand la température s'approche de 60°C.
- une polarisation du zinc peut se produire au-delà de 60°C: le fer ira en solution pour protéger le zinc.

Aussi le magnésium pose des problèmes: il se dissout et se dépose à nouveau aux endroits les plus chauds, où le transfert de la chaleur devient alors plus difficile.

On utilise deux sortes d'inhibiteurs.

- des chromates: (Na_2CrO_4 ou chromate de sodium)
 - Ils sont toxiques. De l'eau de refroidissement contenant des chromates ne peut pas chauffer un évaporateur qui fournit de l'eau potable. Aussi le déversement pose des problèmes.
 - On ne peut pas les combiner avec le glycol d'éthylène, un antigel important: une sorte de bave verte $\text{Cr}(\text{OH})_2$ se forme alors.
- Des mélanges de nitrites: (surtout du NaNO_2 ou nitrite de sodium, avec aussi des nitrates et des borates)

Ils n'ont pas les désavantages des chromates. Ceci implique qu'ils ne sont pas toxiques en état dilué dans le circuit d'eau, mais bien dans leurs concentrations de commercialisation. Ils ont pourtant deux autres désavantages:

 - ils donnent plus de sédiments.
 - ils sont corrosifs pour l'aluminium.

C'est l'inhibiteur le plus fréquemment utilisé pour le moment.

Quand il y a du cuivre ou de l'aluminium dans le circuit on ajoute parfois des inhibiteurs particuliers.

Aussi bien les chromates que les nitrites sont très alcalins. Ils provoquent donc une augmentation considérable du pH. Ce sont tous les deux des bactéricides.

Surtout les chromates ne peuvent pas être touchés les mains nues.

Des nitrites purs en poudre peuvent attiser le feu.

Les inhibiteurs sont disponibles sous forme de poudres, de liquides, de "filtres" ou comme composante d'un produit antigel.

Pour certains inhibiteurs les exigences à l'eau d'appoint sont plus sévères que pour d'autres.

À l'époque, et encore toujours sur certains navires, on utilisait certaines huiles émulgentes (= solubles dans l'eau) au lieu des inhibiteurs. Cette solution est moins coûteuse mais est à déconseiller pour les raisons suivantes:

- Il est très difficile d'obtenir un film d'une épaisseur uniforme.
- Par la moindre perturbation du pH ou de la dureté l'épaisseur du film protecteur sera réduite. En pratique il semble être impossible de garder le pH et la dureté de l'eau entre les limites nécessaires. (Une dureté minimale stabilise le pH et peut aider)
- Elle donne une formation de sédiments plus importante.
- Ces huiles peuvent attaquer certaines sortes de caoutchouc.
- Ce film d'huile a une mauvaise influence sur le transfert de la chaleur et donc le refroidissement.

Les avantages des ces huiles sont

- Leur prix modique.
- Le film protecteur reste bien plus longtemps après l'arrêt du
- Elles ne sont pas toxiques, ce qui limite les conflits avec les réglementations concernant la protection de l'environnement (en cas de déversement ou de fuites).

Quelques noms de produits commercialisés:

- *BP-Ferodo M*
- *ESSO Kutwell 40*
- *Fina Purfisol S*
- *Mobil Oil Coolant Inhibitor*
- *Shell Dromus B*
- *Valvoline S-2*
- *Veedol Anorust 50*

Quelques produits antigel.

Le glycol d'éthylène, le plus utilisé

Le propanole méthylique: moins bon puisque

- les non-métaux sont attaqués
- un point d'ébullition trop bas

Le propanole méthoxylique

- attaque des élastomères fluoriques
- ne peut pas du tout être combiné avec le glycol d'éthylène: en passant de l'un produit à l'autre, le circuit doit être très bien nettoyé (aussi la rouille et le tartre doivent être éliminés).

En utilisant de l'antigel, il faut faire spécialement attention

- à la concentration minimale en hiver
- au problème d'ébullition en été
- à l'état des joints

c) Traitement des eaux de service

Introduction

L'eau distillée produite par les évaporateurs ou des génératrices d'eau douce ne contient que des traces de sels minéraux et du CO₂ qui lui confère un pH acide. Cette eau dépourvue de sels minéraux est considérée impropre à la consommation humaine.

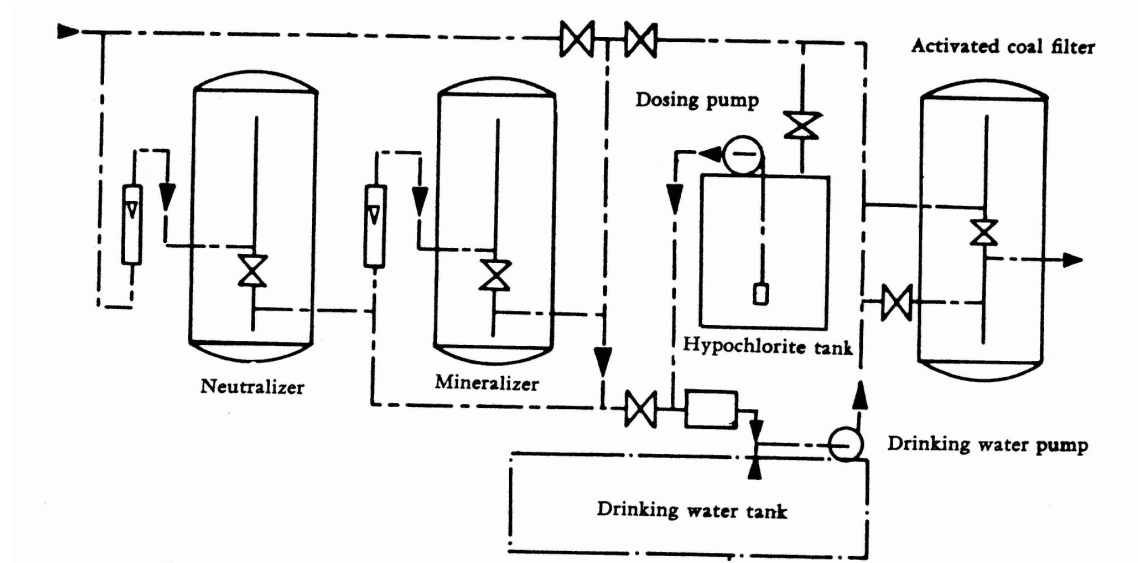
Enfin, l'eau distillée est agressive vis-à-vis de l'acier : le gaz carbonique provenant de la décomposition des bicarbonates de l'eau de mer se dégage pendant la distillation et se dissout dans l'eau distillée amenant le pH de celle-ci à une valeur voisine de 6.

L'eau de mer arrivant aux évaporateurs est inévitablement polluée par des matières organiques et des bactéries pathogènes. Un léger primage assure une communication permanente entre l'eau de mer et l'eau distillée. La température qui règne dans les corps des évaporateurs (environ 45 à 60°C) est insuffisante pour assurer la stérilisation thermique.

Le long séjour de cette eau dans les tanks et tuyauteries à températures ambiante favorise encore les développements bactériens.

Il est donc indispensable de traiter cette eau avant sa distribution dans les cabines et services. Ce traitement consiste en trois étapes fondamentales :

- neutralisation
- minéralisation
- stérilisation



La neutralisation

L'acidité carbonique, normalement dans l'eau distillée, doit être neutralisée pour une raison d'hygiène et pour éviter la corrosion. Cette neutralisation est obtenue par passage de l'eau distillée à travers une couche de CaCO_3 et de MgO . Par contact avec de l'eau distillée acide, deux réactions se superposent :

- Dissolution de CaCO_3 en proportion du CO_2 contenu dans l'eau pour former du bicarbonate de calcium $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_3$.
- Dissolution lente et progressive de MgO sous forme de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, hydrate de magnésie, qui élève le pH de l'eau.

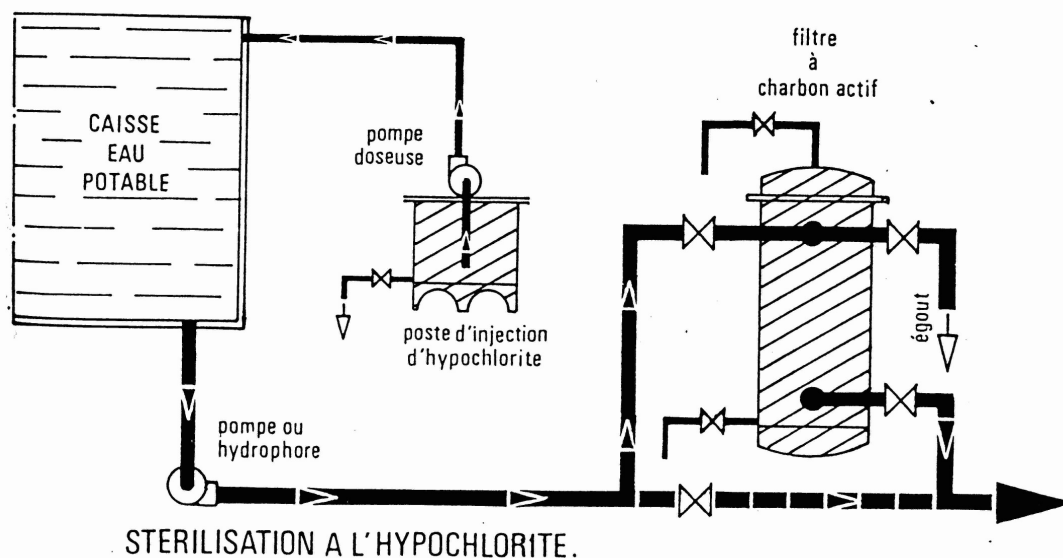
La minéralisation

L'eau de service doit contenir une certaine quantité de sels dissous dont une partie sous forme de dureté. Cette dureté est nécessaire pour répondre aux législations sur les eaux potables. La dureté de l'eau potable doit être de l'ordre de 8 à 12°fH.

La minéralisation s'obtient par filtration de l'eau à travers une couche de minéralité faite de sulfate de calcium qui est soluble dans l'eau.

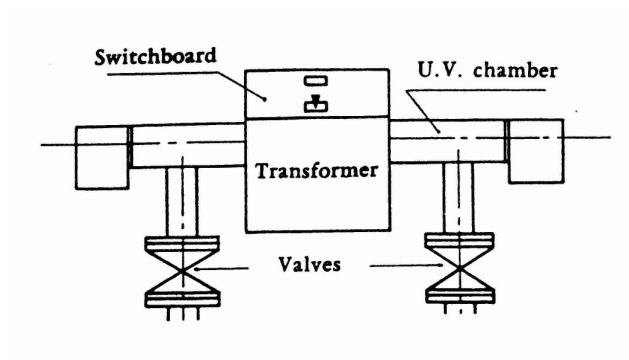
La stérilisation

La stérilisation par le chlore est ancienne, peu commode et remplacée progressivement par le procédé aux ultraviolets. La figure suivante schématise l'installation consistant à introduire un excès de chlore dans le tank d'eau potable et à retirer cet excès au moment de la distribution. Au moment de la distribution d'eau potable et le plus près possible de celle-ci se trouve un filtre à charbon actif chargé de supprimer l'excès de chlore résiduel dont le goût est désagréable.



Stérilisation par rayons ultraviolets

Une lampe à vapeur de mercure émet un rayonnement ultraviolet de longueur d'onde 253,7 nanomètres. Celle-ci est protégée par un tube de quartz autour duquel circule l'eau à stériliser. L'appareil peut contenir une ou plusieurs lampes en fonction du débit d'eau à stériliser. Aucun by-pass de l'appareil n'est autorisé et une alarme fonctionne en cas d'extinction de la lampe. Les lampes à vapeur de mercure sont prévues pour marcher en continu durant 4000 heures, en général 8000 heures et l'appareil a été conçu pour résister aux vibrations du bord. L'entretien de tels appareils est pratiquement nul et ils sont très efficaces. Il suffit de visiter l'appareil une fois par six mois pour nettoyage du tube de quartz, vérification générale des branchement et raccordements.



Stérilisation par les ions argent

Ce procédé consiste à introduire dans l'eau à traiter une quantité connue d'argent par électrolyse. Cette méthode n'est pas très applicable à bord car l'expérience a montré qu'il y a des bactéries qui ne s